Ministerul Educației

Victor Stoica
Corina Dobrescu
Florin Măceșanu
Ion Băraru

# Fizică

## Clasa a VII-a

7

Acest manual este proprietatea Ministerului Educației.

Acest manual școlar este realizat în conformitate cu Programa școlară aprobată
prin Ordinul ministrului educației naționale nr. 3393/28.02.2017.

119 – număr unic de telefon la nivel național pentru cazurile de abuz împotriva copiilor

116.111 – numărul de telefon de asistență pentru copii

Ministerul Educației

Victor Stoica
Corina Dobrescu
Florin Măceșanu
Ion Băraru

# Fizică

## Clasa a VII-a

7

Manualul școlar a fost aprobat de Ministerul Educației prin ordinul de ministru nr. 5420/04.07.2024.

Manualul este distribuit elevilor în mod gratuit, atât în format tipărit, cât și în format digital, și este transmisibil timp de patru ani școlari, începând din anul școlar 2024-2025.

Inspectoratul Școlar . . . . . .

Școala/Colegiul/Liceul . . . . . .

ACEST MANUAL A FOST FOLOSIT DE:

| Anul | Numele elevului | Clasa | Anul școlar | Aspectul manualului* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | format tipărit | | format digital | |
| | | | | la primire | la predare | la primire | la predare |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |

* Pentru precizarea aspectului manualului se va folosi unul dintre următorii termeni: ***nou***, ***bun***, ***îngrijit***, ***neîngrijit***, ***deteriorat***.

• Cadrele didactice vor verifica dacă informațiile înscrise în tabelul de mai sus sunt corecte.
• Elevii nu vor face niciun fel de însemnări pe manual.

**Referenți științifici:**
**Valentin BARNA**, profesor universitar doctor, Universitatea din București
**Delia Davidescu**, profesor doctor, gradul didactic I, Liceul Internațional de Informatică, București

Coordonator redacție: Cătălin Georgescu
Editor-coordonator: Ionuț Popa
Redactori: Irina Munteanu, Ionuț Popa
Design: Faber Studio
Tehnoredactor: Florin Paraschiv
Activități digitale interactive și platformă e-learning: Learn Forward Ltd. Website: https://learnfwd.com
Înregistrări și procesare sunet: ML Sistems Consulting
Voci: Camelia Pintilie
Credite video: Dreamstime, Pixabay
Filmări: SC Film Experience SRL

Ilustrații și fotografii: © Shutterstock: 7, 16, 18, 22, 24, 28, 48, 51, 62, 70, 75, 78, 79, 80, 87, 94, 100, 101, 108, 111, 113, 114, 115, 116, 120, 121, 123, 125, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 135, 137
© Dreamstime: 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 20, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 36, 38, 39, 40, 42, 43, 46, 47, 49, 51, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 76, 80, 82, 86, 87, 88, 89, 91, 92, 93, 95, 102, 105, 109, 121, 124
© Science Photo Library/Guliver: 18, 20, 22, 70, 87, 114, 122, 125, 126, 131, 135
© Corina Dobrescu, Victor Stoica, Florin Măceșanu, Ion Băraru

ISBN 978-606-076-822-7

Pentru comenzi puteți contacta Departamentul Difuzare
C.P. 12, O.P. 63, cod poștal 014880, sector 1, Bucureşti
Telefoane: 021.796.73.83, 021.796.73.80
Fax: 021.369.31.99
www.art-educational.ro

Toate drepturile asupra acestei lucrări sunt rezervate Editurii Art Klett.
Nicio parte a acestei lucrări nu poate fi reprodusă, stocată ori transmisă, sub nicio formă
(electronic, mecanic, fotocopiere, înregistrare sau altfel), fără acordul prealabil scris al editurii.

© Editura Art Klett, 2024

# Cuvânt-înainte

Fizica este una dintre științele care ne ajută să înțelegem complexitatea lumii înconjurătoare, explicând evoluția sistemelor, a fenomenelor și a proceselor din natură. De asemenea, fizica stă la baza tuturor tehnologiilor și dispozitivelor moderne utilizate atât în cercetările științifice, cât și în viața cotidiană. În ciuda descoperirilor importante din ultimele secole, există încă probleme deschise în fizică. Poate că o parte dintre elevii de azi vor deveni cercetătorii de mâine, care vor propune rezolvări pentru aceste probleme. Dar însușirea noțiunilor de bază din domeniul fizicii va permite fiecărui elev o adaptare mai rapidă la cerințele societății complexe în care trăim.

În acest context, autorii manualului au încercat să pună la dispoziția profesorilor și a elevilor de gimnaziu un ghid util în studierea fizicii, realizat pe baza programei școlare în vigoare. Fiecare lecție a fost concepută astfel încât elevul să observe, apoi să investigheze fenomenele și procesele fizice cu ajutorul experimentului, iar la final să formuleze concluzii.

S-a urmărit, pe de o parte, ca experimentele și exemplele propuse să fie legate de realitatea înconjurătoare, pentru a-i motiva astfel pe elevi să-și însușească noțiunile respective și să-și dezvolte o gândire logică și abilități de lucru în echipă. Pe de altă parte, s-a urmărit ca efectuarea temelor experimentale să necesite resurse materiale accesibile și să fructifice oportunitățile oferite de dispozitivele inteligente.

În clasa a VII-a elevul parcurge într-o manieră sistematică studiul fenomenelor mecanice, însă la un nivel superior clasei precedente, nivel adecvat capacității lui de înțelegere, de abstractizare și care face apel la competențele dobândite prin studiul celorlalte discipline din aria curriculară „Matematică și științe ale naturii".

Pentru că manualul se adresează unor elevi care nu sunt la prima experiență în învățarea fizicii, dar ale căror competențe sunt la un nivel incipient, tratarea a urmărit toate etapele de abordare propuse de programa școlară: proiectarea investigației științifice, interpretarea științifică a datelor și a dovezilor, explicarea științifică a fenomenelor.

Pe lângă formulările unor legi fizice de bază și ale unor noțiuni folosind limbajul matematicii, elevii care manifestă interes suplimentar pentru studierea fizicii vor întâlni în această lucrare probleme care, fără să meargă dincolo de competențele logico-matematice specifice clasei, deschid drumul către performanță. Problemele propuse, temele pentru investigații și eventuale dezbateri, proiectele teoretice și experimentale constituie atât metode adresate elevilor pentru formarea competențelor specifice, cât și metode diverse de evaluare, utile pentru profesori. Nu în ultimul rând, autorii consideră de interes informațiile cu caracter științific, istoric și bibliografic oferite în cadrul fiecărei unități de învățare.

Structurarea lucrării pe șase unități de învățare corespunde întru totul programei școlare, iar modul în care au fost sistematizate conținuturile a urmărit, pe lângă o expunere coerentă, și posibilitatea sintetizării noțiunilor, pentru a fi reținute mai ușor. Metodele de lucru propuse în manual dau posibilitatea colegilor profesori să realizeze un demers didactic bazat pe strategii euristice, care să centreze activitatea didactică la nivelul elevilor.

În elaborarea lucrării s-a ținut cont de standardele metrologice în vigoare impuse de Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți, publicate în *The International System of Units (SI)*, ediția a IX-a, decembrie 2022.

Autorii speră că această lucrare îi va sprijini pe elevi în observarea și înțelegerea lumii din care fac parte și le va crea motivații semnificative pentru a performa în activități din domeniul științific, specifice societății cunoașterii.

*Autorii*

# Prezentarea manualului

Manualul cuprinde:
**varianta tipărită + varianta digitală**, similară cu cea tipărită, care cuprinde, în plus, peste 100 de AMII, activități multimedia interactive de învățare.

- Activitate statică, de ascultare activă și observare dirijată a unei imagini semnificative
- Activitate animată (filmuleț sau scurtă animație)
- Activitate interactivă, de tip exercițiu sau joc, în urma căreia elevul are feedback imediat

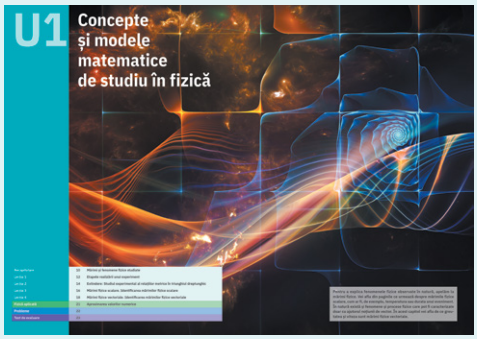
Modern, perfect adaptat formării și dezvoltării de competențe, manualul îi propune elevului de gimnaziu un model didactic bazat pe învățarea prin investigare.

Pe lângă abordarea fenomenelor și a proceselor specifice fizicii, lucrarea prezintă, pentru fiecare temă, legătura acestora cu realitatea cotidiană. În acest fel i se oferă elevului șansa de a conecta experiența personală, imediată, din orizontul apropiat și local, cu mecanismele generale ale realității fizice din jur.

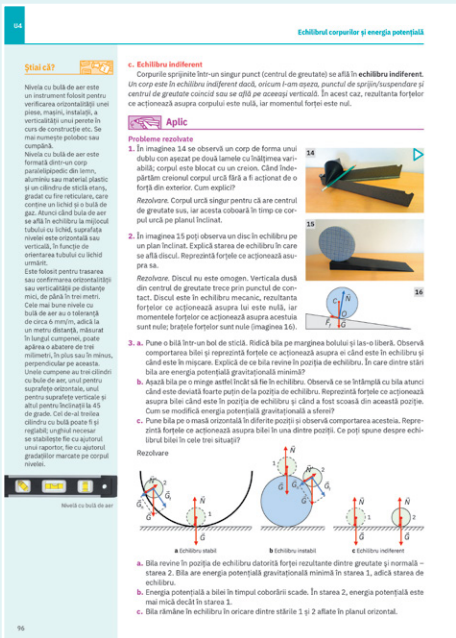
Manualul este structurat pe șase unități de învățare:

1. *Concepte și modele matematice de studiu în fizică*, în care elevul află despre etapele realizării unui experiment și despre tipurile de mărimi fizice;
2. *Fenomene mecanice. Interacțiuni*, unde sunt prezentate exemple de forțe și modul în care acestea acționează asupra unui corp;

## Manualul este structurat în 6 unități de învățare



## Structura unității de învățare: lecție de predare-învățare



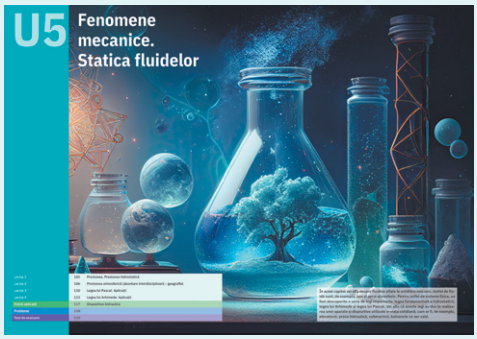
## Structura lecției: Un parcurs de învățare coerent și eficient în 7 pași didactici

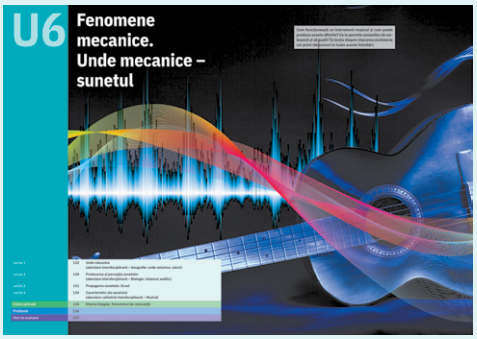
| Știu deja | Observ | Experimentez |
|---|---|---|
| Această secvență permite recapitularea unor cunoștințe învățate la Fizică, în clasa a VI-a. | Elevul își pune primele întrebări referitoare la ceea ce urmează să descopere în noua lecție. | Experimentele, propuse în număr generos, pot fi realizate de către elevi și profesor cu dispozitive aflate la îndemână. Prin intermediul acestei rubrici elevii învață cum să descifreze informațiile fizice ascunse în fenomenele cotidiene. După experiment, urmează o concluzie, care oferă sinteza fenomenului studiat. |

3. *Fenomene mecanice. Lucrul mecanic. Energie*, în care se vorbește despre diferite tipuri de energie și despre metode de conversie a energiei mecanice;
4. *Fenomene mecanice. Echilibrul corpurilor*, în care elevul află despre echilibrul de translație și echilibrul de rotație, dar și despre mecanisme utile precum pârghiile și scripeții;
5. *Fenomene mecanice. Statica fluidelor*, în care sunt descrise presiunea hidrostatică și presiunea atmosferică și legile descoperite de Pascal și Arhimede;
6. *Fenomene mecanice. Unde mecanice – sunetul*, în care elevul află despre modul în care se produc și se percep sunetele.

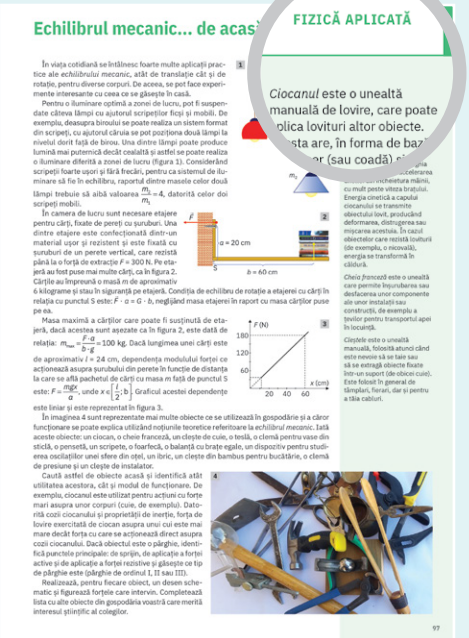
**Butoane folosite în varianta digitală**

- Butonul CUPRINS
- Mod de afișare 2 pagini (tip carte)
- Butonul ECRAN COMPLET
- Mod de afișare pagină lată (pagină sub pagină)
- Mod de afișare digital responsive
- Mod de afișare comutare automată
- Butonul NOTIȚE
- Secțiunea AJUTOR
- Navigare către pagina precedentă
- Navigare către pagina următoare

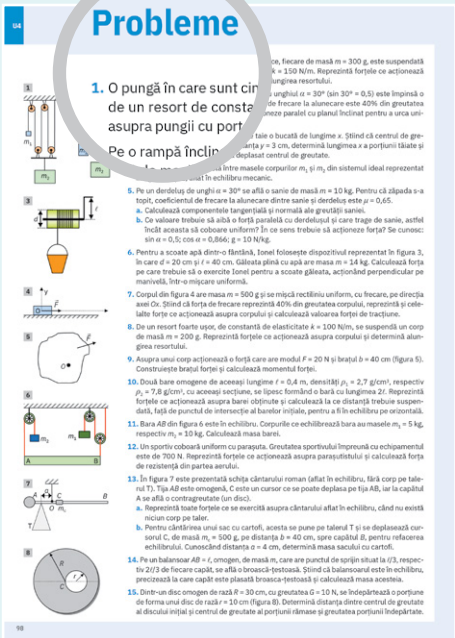


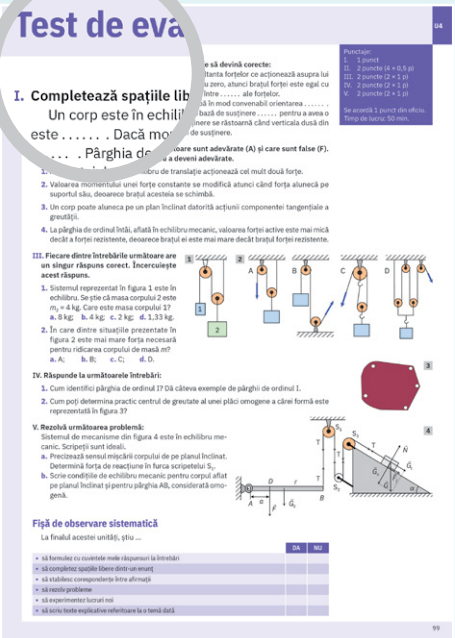

## fizică aplicată




## probleme




## evaluare




**Reține**

În această secvență se regăsește sinteza lecției, care conține noțiunile necesare dezvoltării competențelor asumate prin programa școlară.

**Aplic**

Propune probleme rezolvate, pentru fixarea cunoștințelor, dar și probleme de rezolvat, pentru verificarea noilor cunoștințe dobândite în contextul de învățare al temei.

**Portofoliu, Proiect, Investigație**

Aici se regăsesc diferite tipuri de metode complementare de evaluare.

**Știai că?**

Această rubrică oferă curiozități și informații fascinante din lumea înconjurătoare, legate în mod direct de cunoștințele acumulate în lecție.

# Cuprins


| | Nr. pag. | Lecții |
|---|---|---|
| **UNITATEA 1** Concepte și modele matematice de studiu în fizică | 10 | Recapitulare: Mărimi și fenomene fizice studiate |
| | 12 | L1: Etapele realizării unui experiment |
| | 14 | L2: *Extindere: Studiul experimental al relațiilor metrice în triunghiul dreptunghic* |
| | 16 | L3: Mărimi fizice scalare. Identificarea mărimilor fizice scalare |
| | 18 | L4: Mărimi fizice vectoriale. Identificarea mărimilor fizice vectoriale |
| | 21 | Fizică aplicată: Aproximarea valorilor numerice |
| | 22 | Probleme |
| | 23 | Test de evaluare. Autoevaluare |
| **UNITATEA 2** Fenomene mecanice. Interacțiuni | 26 | L1: Interacțiunea. Efectele interacțiunii (static, dinamic). Interacțiuni prin contact și prin influență |
| | 28 | L2: Forța – măsură a interacțiunii. Forțe de contact și de acțiune la distanță |
| | 30 | L3: Principiul inerției |
| | 31 | L4: Principiul acțiunii și reacțiunii |
| | 32 | L5: Exemple de forțe: greutatea, forța de apăsare normală, forța de frecare, tensiunea în fir, forța elastică |
| | 39 | L6: Măsurarea forțelor. Dinamometrul |
| | 40 | L7: Mișcarea unui corp sub acțiunea mai multor forțe |
| | 43 | L8: Compunerea forțelor. Regula paralelogramului |
| | 45 | L9: Regula poligonului pentru compunerea mai multor vectori |
| | 47 | L10: Mișcarea unui corp pe un plan înclinat |
| | 49 | L11: Descompunerea unei forțe după două direcții reciproc perpendiculare |
| | 51 | Fizică aplicată: Fenomene și proprietăți mecanice întâlnite în sporturi |
| | 52 | Probleme |
| | 53 | Test de evaluare. Autoevaluare |
| **UNITATEA 3** Fenomene mecanice. Lucrul mecanic. Energie | 56 | L1: Lucrul mecanic efectuat de forțe constante. Unitate de măsură |
| | 59 | L2: Puterea mecanică. Unități de măsură ale puterii. Randamentul |
| | 62 | L3: Energia cinetică |
| | 64 | L4: Energia potențială gravitațională |
| | 66 | L5: *Extindere: Energia potențială elastică* |
| | 68 | L6: Energia mecanică |
| | 70 | L7: Conservarea energiei mecanice |
| | 72 | L8: *Extindere: Metode de conversie a energiei mecanice* |
| | 75 | Fizică aplicată: Un șantier plin de... energie |
| | 76 | Probleme |
| | 77 | Test de evaluare. Autoevaluare |
| **UNITATEA 4** Fenomene mecanice. Echilibrul corpurilor | 80 | L1: Echilibrul de translație |
| | 82 | L2: Momentul forței. Unitate de măsură. Echilibrul de rotație |
| | 84 | L3: Pârghia (tratare interdisciplinară – pârghii în sistemul locomotor) |
| | 88 | L4: Scripetele |
| | 92 | L5: Centrul de greutate |
| | 94 | L6: Echilibrul corpurilor și energia potențială |
| | 97 | Fizică aplicată: Echilibrul mecanic... de acasă |
| | 98 | Probleme |
| | 99 | Test de evaluare. Autoevaluare |
| **UNITATEA 5** Fenomene mecanice. Statica fluidelor | 102 | L1: Presiunea. Presiunea hidrostatică |
| | 106 | L2: Presiunea atmosferică (abordare interdisciplinară – geografie) |
| | 110 | L3: Legea lui Pascal. Aplicații |
| | 113 | L4: Legea lui Arhimede. Aplicații |
| | 117 | Fizică aplicată: Dispozitive hidraulice |
| | 118 | Probleme |
| | 119 | Test de evaluare. Autoevaluare |
| **UNITATEA 6** Fenomene mecanice. Unde mecanice – sunetul | 122 | L1: Unde mecanice (abordare interdisciplinară – Geografie: unde seismice, valuri) |
| | 128 | L2: Producerea și percepția sunetelor (abordare interdisciplinară – Biologie: sistemul auditiv) |
| | 131 | L3: Propagarea sunetelor. Ecoul |
| | 134 | L4: Caracteristici ale sunetului (abordare calitativă interdisciplinară – Muzică) |
| | 135 | Fizică aplicată: Efectul Doppler. Fenomenul de rezonanță |
| | 136 | Probleme |
| | 137 | Test de evaluare. Autoevaluare |
| | 138 | Modele de probleme rezolvate |
| | 140 | Sinteze |
| | 142 | Test final |
| | 144 | Răspunsuri |

# Competențe generale și specifice

| Competențe specifice |
|---|
| 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2 |
| 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2 |
| 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2 |
| 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2 |
| 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2 |
| 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2 |
| 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2 |

## Competențe generale

1 Investigarea științifică structurată, în principal experimentală, a unor fenomene fizice simple, perceptibile

2 Explicarea științifică a unor fenomene fizice simple și a unor aplicații tehnice ale acestora

3 Interpretarea unor date și informații, obținute experimental sau din alte surse, privind fenomene fizice simple și aplicații tehnice ale acestora

4 Rezolvarea de probleme/situații problemă prin metode specifice fizicii

## Competențe specifice

**1.1.** Explorarea proprietăților și fenomenelor fizice în cadrul unor investigații simple proiectate dirijat

**1.2.** Utilizarea unor metode simple de înregistrare, de organizare și prelucrare a datelor experimentale și teoretice

**1.3.** Formularea unor concluzii argumentate pe baza dovezilor obținute în investigația științifică

**2.1.** Încadrarea în clasele de fenomene fizice studiate a fenomenelor fizice simple identificate în natură și în diferite aplicații tehnice

**2.2.** Explicarea calitativă și cantitativă, utilizând limbajul științific adecvat, a unor fenomene fizice simple identificate în natură și în diferite aplicații tehnice

**2.3.** Identificarea independentă a riscurilor pentru propria persoană, pentru ceilalți și pentru mediu asociate utilizării diferitelor instrumente, aparate, dispozitive

**3.1.** Extragerea de date și informații științifice relevante din observații proprii și/sau surse bibliografice recomandate

**3.2.** Organizarea datelor experimentale/științifice în forme simple de prezentare

**3.3.** Evaluarea critică a datelor obținute și a evoluției propriei experiențe de învățare

**4.1.** Utilizarea unor mărimi și a unor principii, teoreme, legi, modele fizice pentru a răspunde la întrebări/probleme de aplicare

**4.2.** Folosirea unor modele simple în rezolvarea de probleme/situații problemă experimentale/teoretice

# U1 Concepte și modele matematice de studiu în fizică

| | | |
|---|---|---|
| Recapitulare | 10 | Mărimi și fenomene fizice studiate |
| Lecția 1 | 12 | Etapele realizării unui experiment |
| Lecția 2 | 14 | *Extindere: Studiul experimental al relațiilor metrice în triunghiul dreptunghic* |
| Lecția 3 | 16 | Mărimi fizice scalare. Identificarea mărimilor fizice scalare |
| Lecția 4 | 18 | Mărimi fizice vectoriale. Identificarea mărimilor fizice vectoriale |
| Fizică aplicată | 21 | Aproximarea valorilor numerice |
| Probleme | 22 | |
| Test de evaluare | 23 | |

**Pentru a explica fenomenele fizice observate în natură, apelăm la mărimi fizice. Vei afla din paginile ce urmează despre mărimile fizice scalare, cum ar fi, de exemplu, temperatura sau durata unui eveniment. În natură există și fenomene și procese fizice care pot fi caracterizate doar cu ajutorul noțiunii de vector. În acest capitol vei afla de ce greutatea și viteza sunt mărimi fizice vectoriale.**

# 1 Mărimi și fenomene fizice studiate

## A. Fenomene fizice

### Știu deja

*Fenomenele fizice* sunt clasificate în mai multe categorii:

- *fenomene mecanice* – fenomenele legate de mișcarea corpurilor sau a sistemelor fizice; fenomene legate de interacțiunea dintre corpuri;
- *fenomene termice* – fenomene ce caracterizează starea de încălzire, starea de agregare a unui sistem fizic și procesele care duc la modificarea acestor stări;
- *fenomene optice* – fenomene specifice luminii;
- *fenomene electrice* – fenomene referitoare la proprietatea de electrizare a corpurilor și fenomene specifice curentului electric ce parcurge circuitele electrice;
- *fenomene magnetice* – fenomene produse de magneți, electromagneți și anumite corpuri cerești, cum este Pământul.

### Aplic

Un fenomen fizic reprezintă un proces, o transformare, o evoluție, un efect observat în mediul înconjurător.

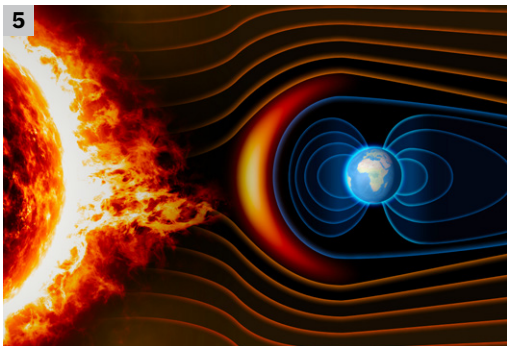
▶ Identifică în imaginile 1-6 câteva dintre fenomenele fizice studiate în clasa a VI-a și denumește-le. Realizează pe caiet un tabel de tipul celui de mai jos și completează-l cu fenomenul fizic identificat și categoria din care acesta face parte. Găsește un alt exemplu de fenomen fizic asemănător și notează-l în ultima coloană a tabelului.

1

2

3

4

5


6

| Numărul imaginii | Fenomenul fizic | Categoria de fenomene fizice | Exemplu de fenomen fizic din aceeași categorie |
|---|---|---|---|
| 1. | mișcarea | fenomene mecanice | interacțiunea |
| 2. | | | |
| 3. | | | |
| ... | | | |

Metoda ştiințifică de studiu a fenomenelor fizice presupune realizarea următoarelor etape:

**a** observarea fenomenului;
**b** formularea unor ipoteze;
**c** experimentul (reproducerea fenomenului respectiv);
**d** elaborarea unui model;
**e** formularea teoriei specifice modelului.

# B. Mărimi fizice, unități de măsură

## Aplic

**6.** În imaginile 7-9 sunt prezentate câteva dintre sporturile olimpice. Analizează aceste imagini, identifică fenomenele fizice studiate și găsește mărimea fizică ce caracterizează fiecare fenomen fizic identificat. Notează aceste informații în caiet.

7

8

9

**7.** Utilizăm o multitudine de aparate și dispozitive care ne ajută în activitățile de zi cu zi. Observă imaginile 10-12 și identifică fenomenul fizic care permite funcționarea aparatului sau a dispozitivului. Notează în caiet fenomenul identificat, mărimea fizică ce îl caracterizează și unitatea de măsură specifică.

10

11

12

**8.** Amintește-ți noțiunile învățate în clasa a VI-a și completează un tabel similar celui de mai jos.

| Nr. crt. | Mărimea fizică fundamentală SI | Simbol | Unitatea de măsură fundamentală SI | Simbol |
|---|---|---|---|---|
| 1. | lungime | ... | ... | m |
| 2. | masă | *m* | ... | ... |
| 3. | ... | *t* | secundă | ... |
| 4. | intensitatea curentului electric | ... | ... | ... |
| 5. | ... | *T* | kelvin | K |
| 6. | cantitatea de substanță | ... | mol | ... |
| 7. | intensitatea luminoasă | ... | ... | cd |

### Știu deja

Fenomenele și proprietățile fizice sunt caracterizate cu ajutorul mărimilor fizice. Fiecare *mărime fizică* are *o unitate de măsură*. Mărimile fizice pot fi măsurate direct, cu ajutorul unui instrument de măsură, sau indirect, prin măsurarea directă a altor mărimi fizice, legate de mărimea fizică respectivă prin *relații matematice*.

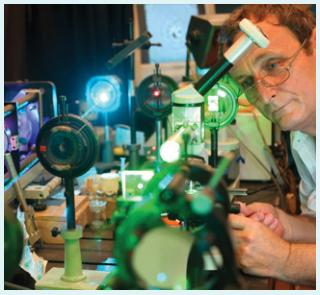
*Unitățile de măsură* se pot fixa arbitrar, dar, pentru a exista un consens internațional, a fost stabilit Sistemul Internațional de unități de măsură, cu abrevierea SI. Acesta are șapte unități fundamentale independente, din care se obțin toate celelalte unități, adică *unitățile de măsură SI derivate*. Pentru definirea unităților fundamentale ale SI, se folosesc fenomene fizice reproductibile.

Pe lângă cele 7 unități fundamentale, există 22 derivate cu denumiri specifice, alte mărimi derivate fără denumiri specifice și alte câteva mărimi tolerate. SI a fost stabilit în 1960, an în care a fost adoptat și de România. SI este forma modernă a sistemului metric introdus în Franța imediat după Revoluția Franceză.

# 2 Etapele realizării unui experiment

## Știai că?

Pentru oamenii de știință, experimentele sunt testul final al realității, deoarece acolo, în laborator, ei au puterea de a confirma sau de a infirma ipotezele legate de nașterea, natura sau evoluția Universului. În urma experimentelor științifice s-au distrus mituri, s-au dezlegat mistere, s-au produs supertehnologii și, nu în ultimul rând, s-a modificat percepția noastră asupra vieții, asupra realității, asupra a ceea ce suntem.



Un om de știință lucrează cu un laser.

## Investigație

Studiază mișcarea utilizând cuburi din lemn, mașinuțe sau biluțe din staniol, cronometru și riglă. Pune în mișcare corpurile și observă cum se deplasează și când încep să se deplaseze. Notează concluziile în caiet. Determină viteza medie a corpurilor lansate pe un plan înclinat confecționat din carton și sprijinit pe un teanc de cărți. Pentru care dintre corpuri viteza medie este mai mare? Dar mai mică?

## Experimentez

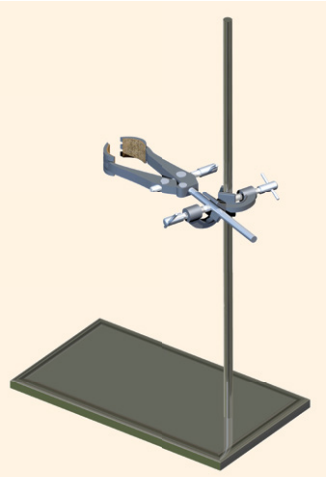
### Determinarea densității unui corp

**Materiale necesare:** corpuri de diferite dimensiuni, dar din același material, un dinamometru, un stativ cu suport, un cilindru gradat, apă, o riglă gradată, o sfoară.

**Modul de lucru**

- Leagă fiecare corp cu o sfoară subțire, pentru a-l putea suspenda.
- Agață un corp de dinamometrul fixat de suportul cu stativ și citește indicația dinamometrului. Trece apoi valoarea citită într-un tabel de tipul celui de mai jos, unde $G$ este greutatea care acționează asupra corpului, măsurată cu dinamometrul.
- Toarnă apă în cilindrul gradat și citește volumul apei ($V_1$), apoi notează valoarea în tabel.
- Introdu ușor corpul în cilindrul gradat, ținându-l de sfoară, și apoi citește noua valoare a volumului din cilindru ($V_2$).
- Repetă experimentul pentru cel puțin patru corpuri din același material; notează datele în tabel.

| Nr. det. | $G$ (N) | $V_1$ (ml) | $V_2$ (ml) |
|---|---|---|---|
| 1. | | | |
| ... | | | |



Materiale necesare în experiment

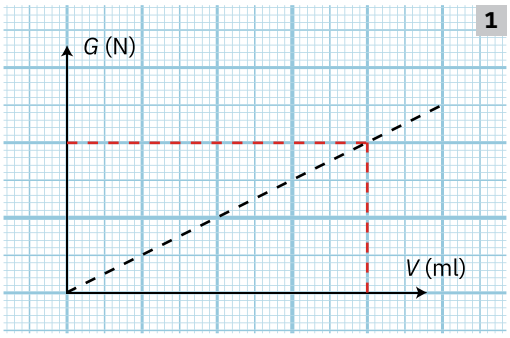
**Prelucrarea datelor experimentale**

- Determină volumul fiecărui corp făcând diferența dintre volumele de apă măsurate cu cilindrul gradat. Notează rezultatul într-un tabel de prelucrare a datelor experimentale de tipul celui de mai jos:

| Nr. det. | $G$ (N) | $V_1$ (ml) | $V_2$ (ml) | $V_{magnet}$ (ml) | $\rho$ (kg/m³) | $\rho_m$ (kg/m³) | $\delta\rho$ | $\delta\rho_m$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | | | | |
| ... | | | | | | | | |

- Știind că expresia de calcul a greutății unui corp este $G = m \cdot g$, determină densitatea fiecărui corp, utilizând formula de definiție a densității: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{G}{g \cdot V}$, unde $g$ este accelerația gravitațională: $g \cong 9{,}8$ N/kg.
- Calculează valoarea medie a densității corpurilor, folosind formula $\rho_m = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \cdots + \rho_n}{n}$.
- Calculează eroarea de măsură pentru fiecare determinare: $\delta\rho = |\rho - \rho_m|$.
- Calculează eroarea medie: $\delta\rho_m = \frac{\delta\rho_1 + \delta\rho_2 + \cdots + \delta\rho_n}{n}$.
- Găsește intervalul de valori în care se poate afla valoarea densității: $\delta\rho \in |\rho_m - \delta\rho_m; \rho_m + \delta\rho_m|$.

- Reprezintă grafic greutatea ($G$) în funcție de volum ($V$), utilizând hârtie milimetrică, după modelul din imaginea 1. Trasează o dreaptă care trece prin originea axelor de coordonate și prin punctele ale căror coordonate le-ai determinat. Alege un punct arbitrar pe această dreaptă, citește valorile greutății $G$ și volumului $V$, apoi calculează densitatea $\rho$, utilizând relația anterioară.
- Documentează-te și identifică tipul materialului utilizat.




Principalele erori sunt:

- erori datorate preciziei instrumentelor de măsură (dinamometru și cilindru gradat);
- erori de citire;
- erori datorate aproximării valorilor calculate.

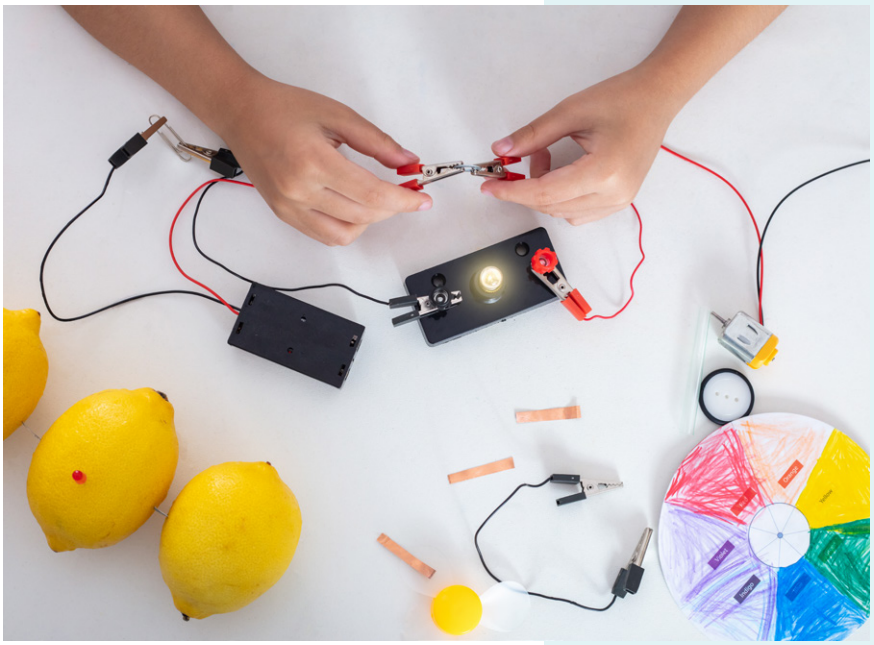
**Concluzie**

- Densitatea corpurilor, determinată din grafic, se găsește în intervalul de valori: $|\rho_m - \delta\rho_m; \rho_m + \delta\rho_m|$.

## Reț in

Pentru realizarea unui experiment este necesar să se parcurgă următoarele etape:

1. stabilirea obiectivului urmărit în cadrul experimentului; de exemplu, măsurarea unei mărimi fizice sau analiza unui fenomen fizic;
2. identificarea noțiunilor teoretice necesare în cadrul experimentului;
3. stabilirea instrumentelor de măsură și a dispozitivelor necesare;
4. identificarea normelor de protecție personală, în cadrul experimentului, și respectarea acestora;
5. găsirea metodei optime de realizare a experimentului;
6. efectuarea determinărilor experimentale și înregistrarea datelor într-un tabel;
7. identificarea surselor de eroare și îmbunătățirea metodei de lucru;
8. prelucrarea datelor experimentale, utilizând metodele de calcul al erorilor și metoda grafică;
9. analiza rezultatelor obținute în urma experimentului și formularea concluziilor referitoare la obiectivul experimentului;
10. discutarea rezultatelor obținute de către toți elevii participanți la experiment și formularea de opinii în legătură cu activitatea de învățare realizată.



Un copil face un experiment în care sucul din lămâie are rolul unui electrolit.

## Aplic

▶ Realizează un referat în care să descrii experimentul realizat anterior, ce a avut drept scop determinarea densității unor corpuri și identificarea materialului din care au fost confecționate acestea. În referat trebuie să respecți etapele realizării experimentului.

### Știai că?

Magneți din materiale diverse

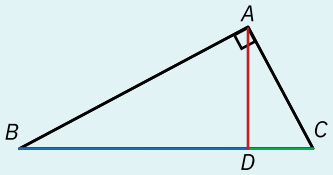
Diferite tipuri de materiale magnetice au densități diferite. Astfel:

- magneții cu neodim au o densitate de până la 7,5 g/cm³;
- densitatea magneților AlNiCo (aliaj de fier, aluminiu, nichel și cobalt) variază în funcție de clasă, de la 6,9 g/cm³ până la 7,3 g/cm³;
- densitatea magneților de samariu-cobalt variază, în funcție de clasă, de la 8,2 g/cm³ până la 8,4 g/cm³;
- magneții din ferită au o densitate de 5 g/cm³;
- magneții flexibili au o densitate de 3,5 g/cm³.

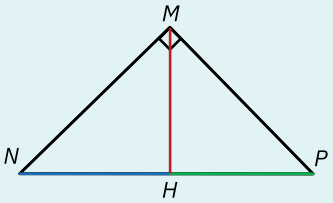
# Extindere: Studiul experimental al relațiilor metrice în triunghiul dreptunghic*

## Știu deja

În desenele de mai jos sunt reprezentate două triunghiuri dreptunghice, *ABC* și *MNP*. Aceste triunghiuri au fiecare un unghi drept, unghiul *A* și, respectiv, unghiul *M*. Laturile triunghiului dreptunghic care formează unghiul drept se numesc *catete*, iar latura opusă unghiului drept se numește *ipotenuză*.




Catete: *AB* și *AC*
Ipotenuză: *BC*
Înălțime: *AD*
Proiecția catetei *AB* pe ipotenuză: *BD*
Proiecția catetei *AC* pe ipotenuză: *CD*




Catete: *MN* și *MP*
Ipotenuză: *NP*
Înălțime: *MH*
Proiecția catetei *MN* pe ipotenuză: *NH*
Proiecția catetei *MP* pe ipotenuză: *PH*

## Experimentez

Într-un triunghi dreptunghic, perpendiculara construită din vârful unghiului drept pe ipotenuză este înălțimea triunghiului (*h*). Această perpendiculară împarte ipotenuza în două segmente ce reprezintă **proiecțiile catetelor pe ipotenuză**.

### Stabilirea relațiilor metrice în triunghiul dreptunghic

**Materiale necesare:** riglă gradată, echer, coală de hârtie cu pătrățele sau hârtie milimetrică.

**Modul de lucru**

- Desenează pe o coală de hârtie cu pătrățele (sau pe hârtia milimetrică) două triunghiuri dreptunghice de dimensiuni diferite și notează vârfurile acestora.
- Construiește, pentru fiecare triunghi, înălțimea corespunzătoare ipotenuzei și notează piciorul perpendicularei pe ipotenuză.
- Notează catetele, ipotenuza, înălțimea și proiecțiile catetelor pe ipotenuză.
- Măsoară, cu ajutorul riglei sau hârtiei milimetrice, fiecare dintre segmentele notate anterior și scrie valorile corespunzătoare într-un tabel de tipul celui de mai jos. (Am notat cu $cat_1$ și $cat_2$ cele două catete, cu *ip* – ipotenuza, cu *h* – înălțimea triunghiului, iar cu $pr_1$ și $pr_2$ proiecțiile catetelor pe ipotenuză.)

| Triunghiul | $cat_1$ (cm) | $cat_2$ (cm) | *ip* (cm) | *h* (cm) | $pr_1$ (cm) | $pr_2$ (cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *ABC* | *AB* ... | *AC* ... | *BC* ... | *AD* ... | *BD* ... | *CD* ... |
| *MNP* | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

#### A. Teorema înălțimii

**Prelucrarea datelor experimentale**

- Utilizând măsurătorile realizate în decursul experimentului, completează un tabel de tipul celui de mai jos.
- Compară valorile obținute în ultimele două coloane ale tabelului, pentru cele două triunghiuri, și formulează o concluzie.

| Triunghiul | *h* (cm) | $pr_1$ (cm) | $pr_2$ (cm) | $h^2$ (cm$^2$) | $pr_1 \cdot pr_2$ (cm$^2$) |
|---|---|---|---|---|---|
| *ABC* | *AD* ... | *BD* ... | *CD* ... | $AD^2$ ... | *BD* · *CD* ... |
| *MNP* | ... | ... | ... | ... | ... |

**Concluzii**

- Pentru triunghiul *ABC*, cu înălțimea *AD*, se găsește egalitatea: $AD^2 = BD \cdot CD$.
- Pentru triunghiul *MNP*, cu înălțimea *MH*, se găsește egalitatea: $MH^2 = NH \cdot PH$.

#### B. Teorema catetei

**Prelucrarea datelor experimentale**

- Utilizând măsurătorile realizate în decursul experimentului, completează un tabel de tipul celui de mai jos. Pentru fiecare triunghi, ia în considerare cele două catete.
- Compară valorile obținute în ultimele două coloane ale tabelului, pentru cele două triunghiuri, și formulează o concluzie.

| Triunghiul | *cat* (cm) | *pr* (cm) | *ip* (cm) | $cat^2$ (cm$^2$) | *ip* · *pr* (cm$^2$) |
|---|---|---|---|---|---|
| *ABC* | *AB* ... | *BD* ... | *BC* ... | $AB^2$ ... | *BC* · *BD* ... |
| *ABC* | *AC* ... | *CD* ... | *BC* ... | $AC^2$ ... | *BC* · *CD* ... |
| *MNP* | ... | ... | ... | ... | ... |
| *MNP* | ... | ... | ... | ... | ... |

* Conținutul marcat prin *Extindere* este prevăzut în programa școlară în vigoare și poate fi abordat de către profesori în cadrul a 25% din numărul total de ore alocate disciplinei, pentru asigurarea unui parcurs de învățare diferențiat, potrivit nevoilor și intereselor elevilor capabili de performanță.

**Concluzii**

- Pentru triunghiul *ABC*, cu înălțimea *AD*, teorema catetei se scrie: $AB^2 = BC \cdot BD$; $AC^2 = BC \cdot DC$.
- Pentru triunghiul *MNP*, cu înălțimea *MH*, teorema catetei se scrie: $MN^2 = NP \cdot NH$; $MP^2 = NP \cdot PH$.

### *C. Teorema lui Pitagora*

**Prelucrarea datelor experimentale**

- Utilizând măsurătorile realizate în cadrul experimentului, completează un tabel de tipul celui de mai jos.
- Compară valorile obținute pentru pătratul ipotenuzei și suma pătratelor celor două catete, pentru cele două triunghiuri, și formulează o concluzie.

| Triunghiul | *ip* (cm) | $cat_1$ (cm) | $cat_2$ (cm) | $ip^2$ (cm²) | $cat_1^2$ (cm²) | $cat_2^2$ (cm²) | $cat_1^2 + cat_2^2$ (cm²) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *ABC* | *BC* ... | *AB* ... | *AC* ... | $BC^2$ ... | $AB^2$ ... | $AC^2$ ... | $AB^2 + AC^2$ ... |
| *MNP* | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

**Concluzii**

- Pentru triunghiul *ABC*, se găsește egalitatea: $BC^2 = AB^2 + AC^2$.
- Pentru triunghiul *MNP*, se găsește egalitatea: $NP^2 = MN^2 + MP^2$.

## Rețin

În urma măsurătorilor efectuate, se pot enunța următoarele teoreme:

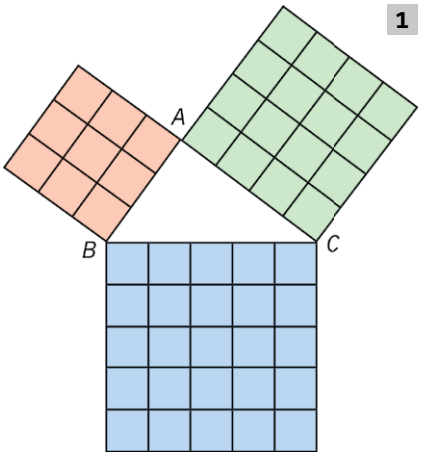
- *Teorema înălțimii într-un triunghi dreptunghic.* Înălțimea unui triunghi dreptunghic la pătrat este egală cu produsul proiecțiilor celor două catete pe ipotenuză: $h^2 = pr_1 \cdot pr_2$.
- *Teorema catetei într-un triunghi dreptunghic.* Cateta unui triunghi dreptunghic la pătrat este egală cu produsul dintre ipotenuză și proiecția acestei catete pe ipotenuză: $cat^2 = ip \cdot pr$.
- *Teorema lui Pitagora pentru un triunghi dreptunghic.* Într-un triunghi dreptunghic, pătratul ipotenuzei este egal cu suma pătratelor celor două catete: $ip^2 = cat_1^2 + cat_2^2$.

## Aplic

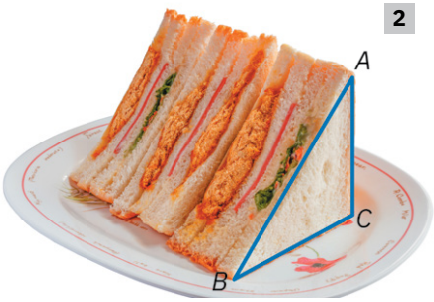
**1. a.** Desenează, pe o coală de hârtie milimetrică, un triunghi dreptunghic cu catetele de 3 centimetri, respectiv 4 centimetri. Măsoară ipotenuza acestui triunghi, apoi completează tabelul de mai jos cu valorile laturilor triunghiului *ABC*.

| Triunghiul | *ip* (cm) | $cat_1$ (cm) | $cat_2$ (cm) |
|---|---|---|---|
| *ABC* | *BC* | *AB* | *AC* |
| | | | |

**b.** Construiește câte un pătrat pe fiecare latură a triunghiului dreptunghic, ca în imaginea 1. Calculează aria fiecărui pătrat. Analizează valorile celor trei arii și formulează o concluzie.




**2.** Unele magazine comercializează sandvișuri triunghiulare (precum cel din imaginea 2). Știind că triunghiurile sunt dreptunghice și isoscele, iar baza sandvișurilor (ipotenuza triunghiurilor) are 15 centimetri, determină lungimea celor două catete ale triunghiului. Consideră că $\sqrt{2} \cong 1{,}41$.




### Știai că?

Statuia lui Pitagora din Pythagorion, insula Samos

Pitagora a fost un filosof și matematician grec, întemeietorul pitagorismului. Adepții lui Pitagora credeau că toate lucrurile sunt făcute din numere. Numărul 1 reprezenta originea tuturor lucrurilor, iar numărul 2 reprezenta materia.

Învățăturile sale politice și religioase au influențat teoriile filosofice ale lui Platon, Aristotel și, prin ei, filosofia Europei vestice. Tradiția îi atribuie teorema din geometrie care îi poartă numele.

**Numere pitagoreice**

Un triplet pitagoreic este format din trei numere naturale nenule *a*, *b* și *c*, cu proprietatea că $a^2+b^2= c^2$. Acest triplet este de obicei notat (*a*, *b*, *c*), iar printre exemplele cele mai întâlnite se numără tripletul (3, 4, 5). Dacă (*a*, *b*, *c*) este un triplet pitagoreic, atunci (*ka*, *kb*, *kc*) este tot un triplet pitagoreic, pentru oricare număr întreg pozitiv *k*. Un triplet pitagoreic primitiv este un triplet format din *a*, *b* și *c*, luate astfel încât numerele să fie prime între ele. Numele este derivat din denumirea teoremei lui Pitagora; astfel, tripletele pitagoreice descriu trei laturi cu lungimi numere naturale ale unui triunghi dreptunghic.

# 4 Mărimi fizice scalare. Identificarea mărimilor fizice scalare

## Știu deja

Din punct de vedere matematic, mărimea fizică se exprimă ca produs dintre valoarea sa numerică și unitatea de măsură:

mărime fizică =
valoare numerică
×
unitate de măsură

De aici rezultă că, pentru a exprima doar valoarea numerică a unei mărimi, scrierea corectă este, de exemplu, $l$/cm=10,5. Din acest motiv, în tabelele de date experimentale, precum și scrierea mărimilor fizice și a unităților lor de măsură pe reprezentările grafice poate fi făcută ca în exemplul prezentat.

## Știai că?

William Thomson, Baron Kelvin, Grădina Botanică, Belfast

**Lordul Kelvin** (1824-1907) a fost un fizician britanic, renumit îndeosebi pentru lucrările sale științifice în domeniul termodinamicii.

Pe lângă teoria temperaturii absolute, Kelvin a propus un mod de calcul pentru a determina vârsta Pământului, o problemă foarte dezbătută și controversată la mijlocul anilor 1800. A conceput prima linie de telegraf care traversa Atlanticul.

## Observ

► Identifică mărimile fizice care pot fi puse în relație cu corpurile din imaginile 1-6, apoi notează în caiet mărimea fizică, simbolul și unitatea de măsură corespunzătoare.

1

2

3

4

5

6

**Concluzie**

Mărimile fizice sunt: *temperatura* (1), notată cu $T$, care are unitatea de măsură kelvinul (K); *volumul* (2), notat cu $V$, care are unitatea de măsură metrul cub; *densitatea* (3), notată cu litera grecească $\rho$, care are unitatea de măsură kg/m$^3$; *tensiunea electrică* (4), notată cu $U$, care are unitatea de măsură voltul (V); *timpul* (5), notat cu $t$, care are unitatea de măsură secunda (s); *masa* (6), notată cu $m$, care are unitatea de măsură kilogramul (kg).

## Experimentez

Împărțiți-vă în trei grupe; fiecare grupă va realiza câte un experiment ce are drept obiectiv determinarea unor mărimi fizice, iar la final va prezenta concluziile.

### Grupa 1

**Materiale necesare:** un cilindru gradat, apă, o riglă gradată, o balanță cu mase marcate, monede de diferite dimensiuni.

Cilindru gradat

**Modul de lucru**

- Măsurați cu rigla diametrul a trei monede diferite.
- Cântăriți cu balanța monede diferite ca dimensiune și notați valoarea mărimii fizice măsurate.
- Puneți apă în cilindrul gradat și măsurați volumul de apă.
- Puneți în cilindrul gradat ce conține apă trei sau patru monede de același tip; citiți noul volum al apei.

**Prelucrarea datelor experimentale**

- Ce mărimi fizice învățate caracterizează monedele analizate? Cu ce instrumente se pot măsura aceste mărimi fizice?
- Cum se poate determina volumul unei monede?
- Pentru a identifica materialul din care au fost confecționate monedele, ce mărime fizică trebuie să determinați? Cum puteți face acest lucru cu datele avute la dispoziție?

## Grupa 2

Multimetru

**Materiale necesare:** baterii de 1,5 V și 4,5 V, becuri pentru lanternă, conductori de conexiune, un multimetru.

**Modul de lucru**

- Conectați un bec la o baterie, apoi conectați multimetrul, reglat ca voltmetru, la bec. Notați indicația aparatului.
- Conectați mai multe becuri în serie la bornele aceleiași baterii. Conectați multimetrul, reglat ca ampermetru, în serie cu becurile și notați indicația aparatului.
- Conectați două baterii în serie cu becurile și ampermetrul. Ce indică aparatul în acest caz?
- Conectați becurile în paralel la bornele unei baterii. Conectați voltmetrul la bornele becurilor, citiți indicația acestuia și notați-o. Apoi conectați ampermetrul în serie cu bateria, citiți indicația și notați-o.

**Prelucrarea datelor experimentale**

- Ce mărime fizică indică voltmetrul?
- Ce mărime fizică indică ampermetrul?
- Comparați indicațiile ampermetrului, pentru cazuri diferite, și explicați diferența dintre valori.
- Comparați indicațiile voltmetrului, pentru cazuri diferite, și explicați diferența dintre aceste valori.

## Grupa 3

**Materiale necesare:** o minge de ping-pong, o mașinuță de jucărie, monede, o riglă, un cronometru.

**Modul de lucru**

- Aruncați o minge de ping-pong în sus și cronometrați timpul în care ajunge mingea la sol.
- Aruncați apoi mingea sub un unghi ascuțit față de orizontală, în sus, și cronometrați timpul în care ajunge la sol.
- Construiți din hârtie o pistă pentru mașinuță, amplasată orizontal. Trasați pe pistă câteva repere, măsurați și notați distanțele dintre repere. Lansați mașinuța și cronometrați duratele parcurgerii distanțelor dintre diferite repere.
- Puneți o monedă pe mașinuță și lansați mașinuța, fără să atingeți moneda, printr-un șoc. Apoi, țineți mașinuța și moneda în contact și lansați-le simultan. Opriți brusc doar mașinuța. Repetați de câteva ori și observați ce se întâmplă cu moneda.

**Prelucrarea datelor experimentale**

- Specificați în care dintre cazuri timpul de zbor al mingii de ping-pong este mai mare.
- Indicați două caracteristici generale ale mărimii fizice.
- Pentru a analiza rapiditatea mișcării mașinuței este nevoie de două mărimi fizice. Care sunt acestea?
- Ce proprietate fizică manifestă moneda în experimentele realizate? Ce mărime fizică măsoară această proprietate? Ce unitate de măsură are această mărime?

## Reține

Mărimile fizice caracterizate prin valoare numerică și unitate de măsură se numesc **mărimi scalare**. Exemple de mărimi fizice scalare: distanța parcursă de un corp $[d]_{SI}$ = m ; timpul $[t]_{SI}$ = s; masa unui corp $[m]_{SI}$ = kg; volumul unui corp $[V]_{SI}$ = m$^3$; densitatea unei substanțe $[\rho]_{SI}$ = kg/m$^3$; temperatura unui corp $[T]_{SI}$ = K; intensitatea curentului electric $[I]_{SI}$ = A.

## Aplic

- Identifică mărimile fizice scalare ce pot fi puse în relație cu corpurile menționate în textul de mai jos, apoi notează în caiet mărimea fizică, simbolul și unitatea de măsură corespunzătoare.

„Pentru realizarea experimentelor, elevii din grupul de lucru au decis că au nevoie de: coli de hârtie A3 și A4 și hârtie milimetrică, rigle gradate de 20 cm, 30 cm, 40 cm, ruletă, cilindri gradați, corpuri din lemn, plastic sau carton, balanță și corpuri cu mase marcate, dinamometre, arcuri și elastice diferite, cronometru, termometre, mașinuțe de jucărie, bile din plastic, lemn sau sticlă.“

### Știai că?

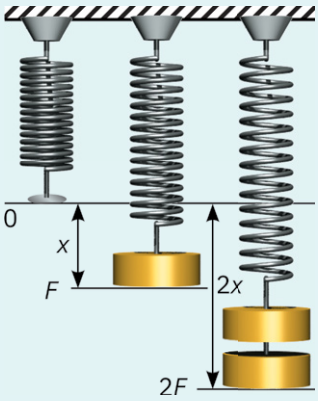
Alessandro Volta, Universitatea din Pavia, Italia

**Alessandro Volta** (1745-1827), fizician italian, a dat numele unității de tensiune electrică (volt). Volta a inventat electroforul (un instrument pentru acumularea de electricitate statică, care stă la baza condensatoarelor utilizate astăzi), electroscopul (un instrument care permite evidențierea diferențelor de potențial), dar și prima baterie electrică din istorie, așa-numita „pilă voltaică“, ce permitea transformarea energiei chimice în energie electrică.

# 5 Mărimi fizice vectoriale. Identificarea mărimilor fizice vectoriale

## Știu deja

- *Viteza* este mărimea fizică ce caracterizează rapiditatea mișcării unui corp pe traiectorie. *Viteza medie* a unui corp reprezintă distanța parcursă în unitatea de timp: $v_m = \frac{d}{\Delta t}$, unde $d$ reprezintă distanța parcursă în intervalul de timp $\Delta t$; $[v]_{SI} = \frac{m}{s}$.
- *Accelerația medie* este mărimea fizică ce caracterizează variația vitezei în unitatea de timp: $a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$; unitatea de măsură în SI este $[a]_{SI} = \frac{m}{s^2}$.
- *Forța* este mărimea fizică ce caracterizează interacțiunea dintre corpuri și se notează cu $F$; unitatea de măsură este newtonul: $[F]_{SI} = N$. Forța se măsoară cu dinamometrul.
- *Forța elastică* ia naștere într-un corp elastic deformat și tinde să aducă corpul elastic la starea nedeformată: $F_e = k \cdot \Delta l$, unde $k$ este *constanta elastică* a resortului, $[k]_{SI} = \frac{N}{m}$, iar $\Delta l = l - l_0$ reprezintă deformarea resortului.

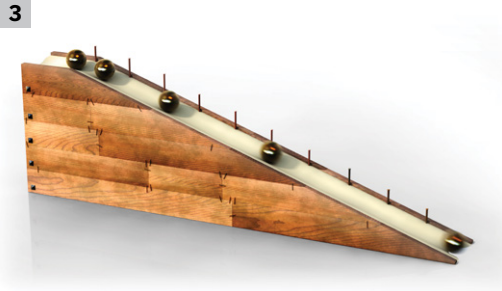



## Observ

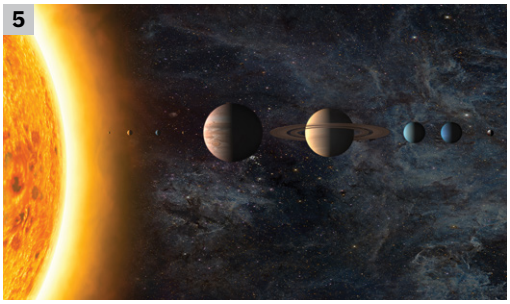
▶ Analizează imaginile 1-6 și identifică mărimile fizice necesare descrierii proceselor fizice evidențiate. Notează în caiet mărimile fizice identificate, specificând simbolul, unitatea de măsură utilizată în SI și instrumentul de măsură.

1

2

3


4

5


6

**Concluzie**

Procesele și fenomenele fizice prezentate în imagini sunt caracterizate de următoarele mărimi fizice: viteză, accelerație, forță elastică, forță gravitațională și tensiune în sfoară.

## Experimentez

Împărțiți-vă în trei grupe; fiecare grupă va realiza câte un experiment ce are drept obiectiv determinarea unor mărimi fizice, iar la final va prezenta concluziile.

### Grupa 1

**Materiale necesare:** un plan înclinat cu înălțime reglabilă, hârtie milimetrică, monede, o riglă gradată, un cronometru.

**Modul de lucru**

- Lipiți hârtia milimetrică pe planul înclinat și pe o porțiune orizontală de la baza acestuia.
- Fixați o înălțime a planului înclinat și marcați pe acesta o poziție din care veți lăsa să alunece o monedă.
- Reglați cronometrul la zero, apoi lăsați liberă moneda și porniți cronometrul. Opriți cronometrul atunci când s-a oprit moneda. Măsurați distanța parcursă de monedă până la oprire. Moneda își poate continua mișcarea pe planul orizontal cu care se continuă planul înclinat. Notați datele într-un tabel.
- Repetați experimentul de trei sau patru ori, fixând planul înclinat la diferite înălțimi.

**Prelucrarea datelor experimentale**

- Cum se pot determina cazurile în care moneda s-a deplasat mai repede, respectiv mai încet? Ce mărime fizică puteți defini, pentru a caracteriza acest fenomen?
- Calculați, pentru fiecare situație, mărimea fizică identificată pentru mișcarea monedei; găsiți situația în care moneda s-a deplasat cel mai repede, respectiv cel mai încet.
- Ce caracteristici are această mărime fizică?

## Grupa 2

**Materiale necesare:** un plan înclinat cu înălțime reglabilă, hârtie milimetrică, bile din metal sau plastic, o riglă gradată, un cronometru.

**Modul de lucru**:

- Lipiți hârtia milimetrică pe planul înclinat și pe o porțiune orizontală de la baza acestuia.
- Fixați o înălțime a planului înclinat, marcați pe hârtia milimetrică o poziție din care veți lăsa să alunece o bilă de-a lungul planului înclinat.
- Marcați poziții aflate la distanțe de câte 10 centimetri.
- Reglați cronometrul la zero, fixați, în dreptul primei poziții marcate, o riglă care va opri bila, apoi lăsați liberă bila și porniți cronometrul. Opriți cronometrul atunci când bila a ajuns în dreptul primei poziții. Notați timpul și distanța parcursă de bilă într-un tabel.
- Repetați experimentul pentru bila lăsată liberă din aceeași poziție pe planul înclinat, dar pentru distanțe de 20 de centimetri și 30 de centimetri; notați datele în tabel.
- Repetați experimentul pentru o înălțime mai mare a planului înclinat.
- Calculați viteza medie a bilei lăsate libere pe planul înclinat, pentru cele trei distanțe. Cum se modifică viteza medie a bilei?
- Ce fel de mișcare are bila la coborârea pe planul înclinat?

## Grupa 3

**Materiale necesare:** resorturi elastice, corpuri cu mase marcate, o riglă, un suport cu stativ.

**Modul de lucru**

- Agățați un resort elastic de suportul cu stativ și fixați o riglă sau hârtie milimetrică pe suport, astfel încât să puteți măsura lungimea resortului.
- Măsurați lungimea resortului nedeformat ($l_0$) și notați-o într-un tabel de tipul celui de mai jos:

| Nr. det. | $l_0$ (cm) | $l$ (cm) | $m$ (g) |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |

- Agățați de capătul liber al resortului un corp cu masa cunoscută și măsurați noua lungime a resortului. Notați datele în tabel.
- Repetați experimentul de trei sau patru ori, agățând de resort corpuri cu mase diferite. Nu utilizați corpuri cu mase prea mari, căci resortul își poate pierde proprietățile elastice!

**Prelucrarea datelor experimentale**

- De ce se deformează resortul? Prin ce mărime fizică se poate explica fenomenul observat? Descrieți caracteristicile mărimii fizice identificate.
- Calculați greutatea care acționează asupra corpurilor agățate. Ce reprezintă greutatea? Ce unitate de măsură are?
- După îndepărtarea corpurilor agățate de resort, ce se întâmplă cu resortul? Ce mărime fizică este caracteristică acestui proces?
- Calculați constanta elastică a resortului, utilizând datele din tabel. Ce legătură există între greutate și forța elastică din resort?

## Proiect

### Istoria unităților de măsură

**Scopul proiectului.** Realizarea istoricului unor unități de măsură: cum au fost definite în diferite momente din istorie unitățile de măsură fundamentale și importanța acestora în domeniul științelor și al ingineriei. Tema poate fi realizată individual sau în echipă.

**Ce veți urmări?** Veți stabili o listă de unități de măsură despre care veți căuta informații.

**Ce veți învăța?** Veți învăța despre cum se schimbă perspectiva din care sunt privite anumite unități de măsură și despre modul în care evoluția științei determină adoptarea unor definiții diferite ale unităților de măsură.

**Cum veți proceda?**
1. Veți consulta site-uri de internet (cum ar fi wikipedia), dar și lucrări precum *Cum măsurau strămoșii. Metrologia medievală pe teritoriul României* de Nicolae Stoicescu (Editura științifică, 1971) sau alte surse de informații.
2. Veți stabili ce informații sunt relevante pentru proiectul vostru.
3. Veți expune cronologic schimbările referitoare la definirea unităților de măsură alese.

**Cum veți prezenta proiectul?** Veți realiza o prezentare *powerpoint* cu text și imagini.

**Cum se evaluează proiectul?** Criterii: *calitatea documentării, selectarea informațiilor relevante, acuratețea prezentării*. Cereți colegilor să vă acorde calificative, să vă pună întrebări și să vă facă sugestii.

## Știai că?

James Clerk Maxwell (1831-1879)

Regula de adunare a doi vectori este atât de intuitivă, încât originea sa este necunoscută. Se spune că a fost menționată prima oară într-o lucrare pierdută a lui Aristotel (384-322 î. Hr.). Cert este că o găsim în legile mecanicii formulate de Isaac Newton (1642-1727), în *Principia Mathematica* (1687), în care Newton s-a ocupat în mare măsură de mărimile fizice vectoriale (de exemplu, viteza și forța), dar fără a folosi conceptul de *vector*.

Acest concept s-a născut în primele două decade ale secolului al XIX-lea. După mai multe încercări, în anul 1843, William Rowan Hamilton (1805-1865) a inventat o expresie matematică numită *cuaternion*, alcătuită din două părți distincte: prima parte a fost numită *scalar*, iar a doua parte *vector*.

James Clerk Maxwell a împărțit mărimile fizice în două categorii, *scalari* și *vectori*.

## Rețin

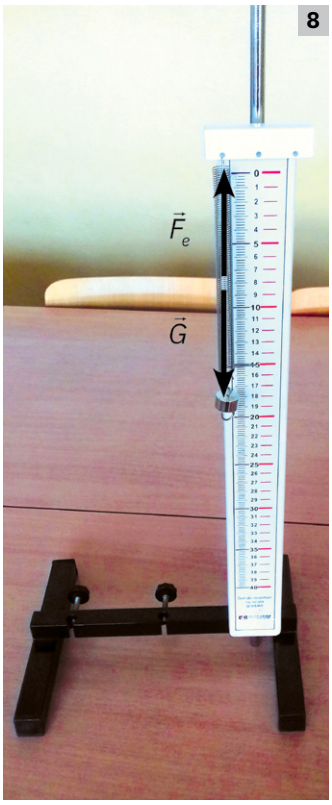
Mărimile fizice caracterizate prin valoare numerică, unitate de măsură și orientare (punct de aplicație, direcție și sens) se numesc **mărimi vectoriale**.

Exemple de mărimi fizice vectoriale: viteza unui corp $[v]_{SI}$ = m/s ; forța $[F]_{SI}$ = N; accelerația unui corp $[a]_{SI}$ = m/s².

**a.** Viteza șalupei este o mărime fizică vectorială care are direcția și sensul mișcării șalupei (imaginea 7).

7

**b.** Forța de greutate care acționează asupra corpului are direcția verticală și este orientată către centrul Pământului. Forța elastică din resortul de care este agățat corpul are direcția resortului și este orientată în sensul aducerii resortului în stare nedeformată (imaginea 8).




8

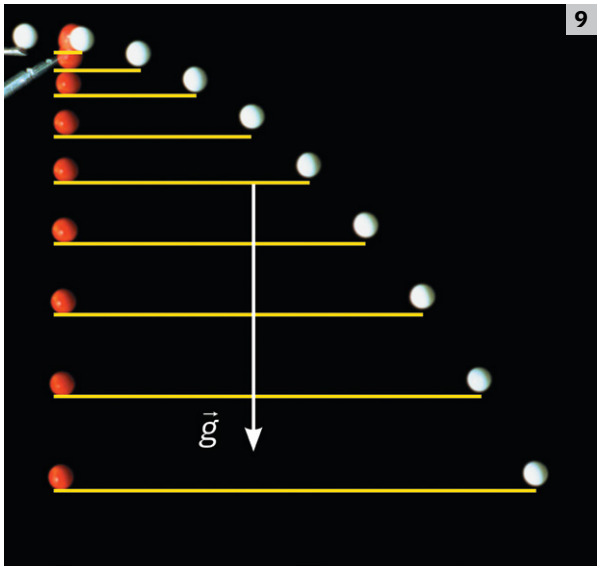
**c.** Corpurile aflate în cădere liberă în apropierea Pământului se deplasează accelerat, cu accelerația gravitațională care are direcția verticală și este orientată către centrul Pământului.

## Aplic

**1.** Notează următoarele mărimi fizice într-un tabel similar celui de mai jos: masa, greutatea, volumul, lungimea, viteza, timpul, forța, temperatura, aria, accelerația, densitatea.

| Mărimi scalare | Mărimi vectoriale |
|---|---|
| | |

**2.** Observă imaginea 9, în care este prezentată mișcarea a două bile. Bila roșie este lăsată să cadă liber pe verticală, iar bila albă este aruncată cu o viteză pe orizontală.
Mișcarea bilelor are loc în apropierea Pământului. Imaginile bilelor au fost înregistrate cu un stroboscop, reglat să fotografieze la intervale de timp egale.
Ce poți spune despre mișcarea bilelor din imagine? Dar despre viteza lor?
Ce mărime fizică se definește pentru a caracteriza astfel de mișcări?




9

# Aproximarea valorilor numerice

Fizica se bazează pe experiment, deci pe măsurători ale unor mărimi fizice, fie pentru verificarea presupunerilor teoretice, fie pentru determinarea legăturilor dintre mărimile fizice corespunzătoare legilor care guvernează un fenomen fizic. Evaluarea mărimilor fizice se face, în majoritatea situațiilor, prin calcule care operează cu valori numerice aproximative, rezultate în urma măsurătorilor. Imprecizia măsurătorilor efectuate se transmite, prin calcule, rezultatului final.

Metrologia este știința care se ocupă cu studiul măsurărilor. În contextul standardelor metrologice actuale, diferența dintre valoarea medie a unei mărimi fizice obținute prin măsurare, considerată adevărată, și oricare dintre valorile măsurate se numește **incertitudine**. Aceasta se consideră mai potrivită decât eroarea de măsură în aprecierea acurateței unei măsurători.

## Adunarea valorilor numerice aproximative

Folosind scrierea simbolică, suma a două numere $a \pm \delta a$ și $b \pm \delta b$ poate avea o valoare minimă $(a - \delta a) + (b - \delta b)$ sau $(a + b) - (\delta a + \delta b)$ și una maximă $(a + \delta a) + (b + \delta b) = (a + b) + (\delta a + \delta b)$. Pe scurt, rezultatul însumării este $(a + b) \pm (\delta a + \delta b)$, unde $a$ și $b$ reprezintă valori ale unor mărimi fizice, iar $\delta a$, respectiv $\delta b$ reprezintă **incertitudinile (erorile) absolute** cu care au fost determinate mărimile fizice. Relația $\delta a + \delta b$ reprezintă incertitudinile care afectează suma $a + b$. Incertitudinea $\delta a + \delta b$ este incertitudinea maximă care afectează suma. Concluzia este că, atunci când se adună două numere aproximative, incertitudinile absolute se adună.

## Scăderea valorilor numerice aproximative

Această diferență se scrie astfel: $(a \pm \delta a) - (b \pm \delta b) = (a - b) \pm (\delta a + \delta b)$. În cazul scăderii, la fel ca și în cazul adunării, **incertitudinile absolute se adună, deoarece nu există măsurători cu incertitudine nulă**.

## Înmulțirea valorilor numerice aproximative

Operația de înmulțire este foarte frecvent întâlnită la calcularea diverselor mărimi fizice.

Aria, de exemplu, poate avea o valoare minimă, $A_{min} = (a - \delta a)(b - \delta b)$, și o valoare maximă, $A_{max} = (a + \delta a)(b + \delta b)$.

$A = (a \pm \delta a)(b \pm \delta b) = ab \pm a\delta b \pm b\delta a \pm \delta a\delta b \cong ab \pm a\delta b \pm b\delta a = ab \pm ab(\frac{\delta a}{a} + \frac{\delta b}{b})$, de unde rezultă: $\delta A = ab(\frac{\delta a}{a} + \frac{\delta b}{b}) \Rightarrow \frac{\delta A}{A} = \frac{\delta a}{a} + \frac{\delta b}{b}$.

A se reține și relația $\varepsilon_{ab} = \varepsilon_a + \varepsilon_b$, unde $\varepsilon_a$, respectiv $\varepsilon_b$, se definesc prin relațiile $\varepsilon_a = \frac{\delta a}{a}$, respectiv $\varepsilon_b = \frac{\delta b}{b}$; $\varepsilon_a$ și $\varepsilon_b$ se numesc **incertitudini relative**. Acestea se pot exprima și în procente.

## Împărțirea valorilor numerice aproximative

$$Q = \frac{a \pm \delta a}{b \pm \delta b} = \frac{a(1 \pm \frac{\delta a}{a})}{b(1 \pm \frac{\delta b}{b})} = \frac{a}{b}\frac{(1 \pm \frac{\delta a}{a})(1 \pm \frac{\delta b}{b})}{1 - (\frac{\delta b}{b})^2} \cong \frac{a}{b}(1 \pm \frac{\delta a}{a} \pm \frac{\delta b}{b}),$$ de unde rezultă

$\delta Q = \frac{a}{b}(\frac{\delta a}{a} \pm \frac{\delta b}{b}) \Rightarrow \frac{\delta Q}{Q} = \frac{\delta a}{a} \pm \frac{\delta b}{b}$. În acest caz, $\varepsilon_{\frac{a}{b}} = \varepsilon_a + \varepsilon_b$.

## Cifrele semnificative ale părții zecimale a unei valori numerice

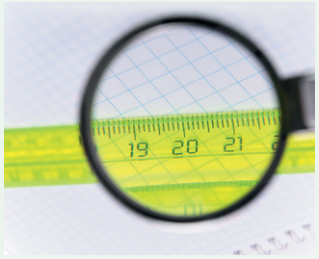
Valoarea numerică a unei mărimi fizice măsurate trebuie să conțină atâtea cifre câte sunt semnificative pentru măsurătoarea efectuată. Să presupunem că am măsurat trei lungimi și am obținut valorile: $\ell_1$ = 110,2 cm, $\ell_2$ = 110,3 cm, $\ell_3$ = 110,2 cm, fiecare determinată cu o incertitudine (eroare absolută) de 0,1 cm.

Mărimea fizică pe care ne propunem să o calculăm reprezintă media aritmetică a celor trei valori numerice. În acest context, valoarea calculată este un număr cu o infinitate de cifre ale părții zecimale $\ell$ = 110,23333333... cm. Câte din aceste cifre păstrăm pentru a exprima rezultatul? Dacă, de exemplu, am păstra toate cifrele scrise anterior pentru valoarea lui $\ell$, atunci ultima cifră 3 ar corespunde nanometrilor. Pare însă ciudat să vorbim de nanometri când incertitudinea fiecărei măsurători este 0,1 cm. Având în vedere că incertitudinea fiecărei măsurători este de ordinul a 0,1 cm (un milimetru), toate cifrele pe care le scriem pentru valoarea numerică după cifra care reprezintă numărul de milimetri nu au nicio semnificație. Se înțelege astfel că incertitudinea măsurătorii este de ordinul de mărime al ultimei cifre semnificative.

În exemplul prezentat, rezultatul conține o singură cifră zecimală semnificativă. Altfel spus, numărul de cifre semnificative folosit la scrierea rezultatului unei măsurători este dat de valoarea incertitudinii măsurătorii și nu de numărul de cifre de pe ecranul calculatorului folosit la calcule.

## Aplicații practice

Pentru a monta o ușă sau o fereastră, se pot face măsurători cu o ruletă. Rezultatul trebuie notat luând în considerare atât incertitudinea ruletei (cea mai mică diviziune utilizată), cât și incertitudinea de citire. Pentru micșorarea erorii de citire, măsurarea se face privind perpendicular pe gradațiile ruletei.




**Evaluarea perimetrului unei suprafețe dreptunghiulare**
Fie situația în care se dorește evaluarea perimetrului unei suprafețe dreptunghiulare, pentru care se măsoară lungimile celor două laturi distincte ca valoare. Instrumentul de măsură a fost o riglă gradată; s-au găsit valorile: $\ell_1 = (10{,}4 \pm 0{,}05)$ cm, respectiv $\ell_2 = (5{,}6 \pm 0{,}05)$ cm. Pentru lungimea care reprezintă perimetrul respectiv va rezulta: $\ell = 2 \cdot (\ell_1 + \ell_2)$, adică $\ell = 2 \cdot (10{,}4 + 5{,}6) \pm$ $\pm\, 4 \cdot 0{,}05 = (32 \pm 0{,}2)$ cm.

**Evaluarea ariei unei suprafețe dreptunghiulare**
Fie situația în care se dorește evaluarea ariei suprafeței dreptunghiulare, pentru care se măsoară lungimile celor două laturi distincte, ca mai sus. În acest caz, eroarea absolută pentru aria respectivă este: $\delta A = \ell_1 \cdot \ell_2 \cdot (\frac{\delta \ell}{\ell_1} + \frac{\delta \ell}{\ell_2})$.

Rezultă $\delta A = 58{,}24 \cdot (\frac{0{,}05}{10{,}4} + \frac{0{,}05}{5{,}6}) \simeq 0{,}8\ cm^2$.

# Probleme

**1.** Realizează următoarele experimente, respectând etapele necesare realizării unui experiment, și scrie câte un referat în care să notezi datele experimentale, prelucrarea datelor, discuția erorilor și concluziile.

**Experimentul 1.** Studiază fenomenul mecanic de deformare, utilizând un resort, un suport cu stativ, o riglă și corpuri cu masa marcată. Cu ajutorul acestor materiale determină constanta elastică a resortului.

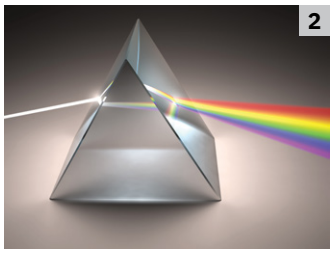
1

**Experimentul 2.** Studiază fenomenele termice care duc la schimbarea stării de agregare, utilizând două vase în care se află apă caldă, respectiv apă rece, gheață, un cilindru gradat, un cronometru și un termometru (imaginea 1). Folosind apă caldă și apoi apă rece, determină cât de repede se topește gheața.

**Experimentul 3.** Studiază fenomenele magnetice datorate magnetizării, utilizând pilitură de fier pusă într-un pahar din sticlă, magneți de diferite forme și coli de hârtie. Urmărește comportarea pilitului de fier aduse în apropierea magneților și desenează pe colile de hârtie formele obținute cu pilitura de fier împrăștiată pe aceste coli.

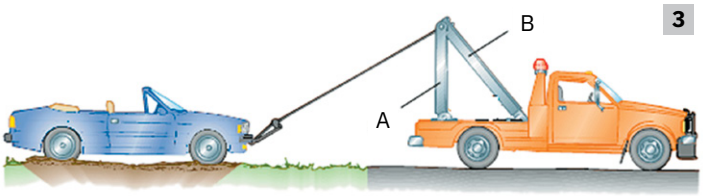
**Experimentul 4.** Studiază fenomenele electrostatice datorate electrizării, utilizând baloane din cauciuc, rigle din plastic, biluțe din polistiren și din staniol, figurine din hârtie, mănuși din lână sau blană. Urmărește comportarea corpurilor după ce au fost frecate cu mănușile și formulează concluzii.

**Experimentul 5.** Studiază fenomenele electrice datorate curentului electric, utilizând baterii pătrate de 4,5 V, becuri cu tensiunea electrică potrivită bateriilor folosite, fire de legătură, un ampermetru și un voltmetru. Desenează schema circuitului electric pe care dorești să îl realizezi, apoi construiește montajul electric; măsoară intensitatea curentului prin circuit și tensiunea electrică la bornele elementelor de circuit. Realizează cel puțin trei montaje diferite.


2

**Experimentul 6.** Studiază fenomenele optice datorate propagării luminii, utilizând o lanternă, o minge de tenis, un pahar cu apă, creioane, o riglă, o monedă, o prismă optică (imaginea 2). Poziționează lanterna și mingea de tenis astfel încât să formezi umbră și penumbră. Pune creionul în apa din pahar și privește creionul din lateral. Ce observi? Pune o monedă într-un pahar de sticlă gol, apoi toarnă lent apă în pahar și privește moneda din lateral. Ce observi, pentru un anume nivel al apei din pahar? Trimite lumina de la lanternă pe prisma optică. Ce observi?

**2. a.** Analizează imaginea 3 și identifică mărimile scalare, respectiv vectoriale corespunzătoare corpurilor, apoi completează tabelul de mai jos, specificând unitatea de măsură a fiecărei mărimi fizice identificate.



3

| Mărime fizică scalară | | | Mărime fizică vectorială | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Denumire | Notație | Unitate de măsură în SI | Denumire | Notație | Unitate de măsură în SI |
| | | | | | |
| | | | | | |

**b.** Reprezintă grafic, astfel încât să reiasă orientarea mărimii fizice, fiecare mărime fizică vectorială identificată.

**c.** Desenează în caiet un triunghi dreptunghic asemănător cu profilul macaralei din camionetă și notează vârfurile triunghiului. Stabilește catetele și ipotenuza triunghiului. Știind că lungimile porțiunilor A și B ale macaralei sunt $\ell_A = 3$ m, respectiv $\ell_B = 5$ m, calculează lungimea porțiunii orizontale a suportului macaralei. Construiește apoi înălțimea triunghiului dreptunghic și calculeaz-o. Identifică proiecțiile catetelor pe ipotenuză și calculează-le.

# Test de evaluare

Punctaje:
1. 1 punct
2. 2 puncte
3. 2 puncte
4. 2 puncte
5. 1 punct
6. 1 punct

Se acordă 1 punct din oficiu.
Timp de lucru: 50 min.

**1.** Stabilește care dintre mărimile fizice specificate în diagrama de mai jos sunt mărimi fizice scalare și care sunt mărimi fizice vectoriale, realizând corespondența.

| | | |
|---|---|---|
| Timpul | | Viteza |
| Forța elastică | Mărime fizică vectorială | Accelerația |
| Masa | | Tensiunea electrică |
| Densitatea | Mărime fizică scalară | Greutatea |
| Temperatura | | Sarcina electrică |

**2.** O pistă de atletism este rectilinie și are lungimea $L$ egală cu 50 de metri. Din capetele pistei pornesc simultan doi elevi, Dan și Lia. Din capătul A pleacă Dan cu viteza $v_1$ = 6 m/s, iar din capătul B pleacă Lia cu viteza $v_2$ = 4 m/s; cei doi elevi aleargă unul spre celălalt. La ce distanță față de capătul A se vor întâlni elevii? Încercuiește litera corespunzătoare răspunsului corect.

**a** 40 m; **b** 30 m; **c** 20 m; **d** 10 m.

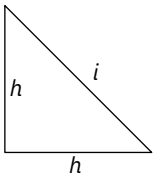
**3.** Un corp din sticlă are volumul exterior $V_1$ = 40 cm³, iar în interior are o cavitate vidată de volum $V_2$ = 12 cm³. Știind că densitatea sticlei este $\rho$ = 2,5 g/cm³, care este masa corpului? Încercuiește litera corespunzătoare răspunsului corect.

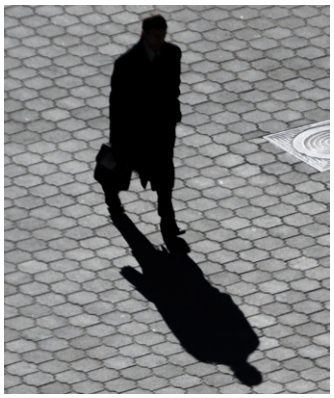
**a** 80 g; **b** 70 g; **c** 20 g; **d** 10 g.

**4.** Un cub din lemn de brad are densitatea $\rho$ = 0,95 g/cm³ și latura $l$ = 5 cm. Agățând cubul de un resort, acesta se alungește cu $\Delta l$ = 23,75 cm. Considerând accelerația gravitațională $g$ = 10 N/kg, care este valoarea constantei elastice a resortului? Încercuiește litera corespunzătoare răspunsului corect.

**a** 5 N/m; **b** 50 N/m; **c** 500 N/m; **d** 5000 N/m.

**5.** Dimensiunea umbrei unui om, formată pe un trotuar, este egală cu înălțimea omului, $h$ = 2 m. Umbra apare datorită razelor de lumină ce vin de la Soare și cad, sub un anume unghi, pe omul ce se află în poziție verticală. Ce valoare are acest unghi și ce dimensiune are ipotenuza $i$ a triunghiului format de raza de lumină cu capul omului și al umbrei? Încercuiește litera corespunzătoare răspunsului corect.



**a** 45°; 2,8 m; **b** 30°; 2 m; **c** 45°; 4 m; **d** 30°; 3 m.

**6.** Un cilindru gradat conține apă. Un cub de metal cu latura de 2 cm este cufundat în apa din cilindru. Andrei observă că nivelul apei din cilindru a urcat până la indicația 64 cm³. Care este volumul apei din cilindru? Încercuiește litera corespunzătoare răspunsului corect.

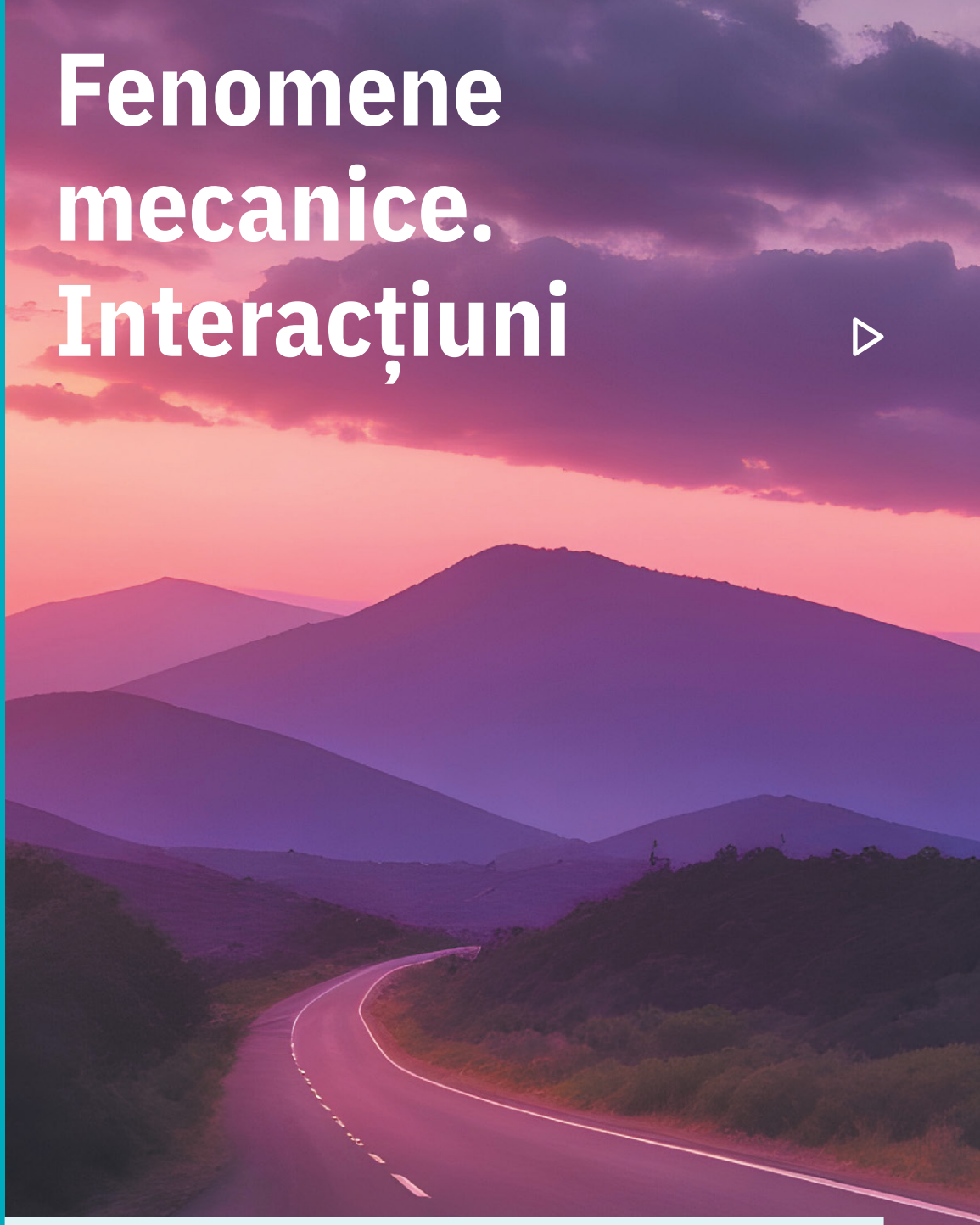
**a** 64 cm³; **b** 56 cm³; **c** 72 cm³; **d** 68 cm³.

## Fișă de observare sistematică

La finalul acestei unități, știu ...

| | DA | NU |
|---|---|---|
| • să formulez cu cuvintele mele răspunsuri la întrebări | | |
| • să completez spațiile libere dintr-un enunț | | |
| • să stabilesc corespondențe între afirmații | | |
| • să rezolv probleme | | |
| • să experimentez lucruri noi | | |
| • să scriu texte explicative referitoare la o temă dată | | |

# U2 Fenomene mecanice. Interacțiuni




| | | |
|---|---|---|
| Lecția 1 | 26 | Interacțiunea. Efectele interacțiunii (static, dinamic). Interacțiuni prin contact și prin influență |
| Lecția 2 | 28 | Forța – măsură a interacțiunii. Forțe de contact și de acțiune la distanță |
| Lecția 3 | 30 | Principiul inerției |
| Lecția 4 | 31 | Principiul acțiunii și reacțiunii |
| Lecția 5 | 32 | Exemple de forțe: greutatea, forța de apăsare normală, forța de frecare, tensiunea în fir, forța elastică |
| Lecția 6 | 39 | Măsurarea forțelor. Dinamometrul |
| Lecția 7 | 40 | Mișcarea unui corp sub acțiunea mai multor forțe |
| Lecția 8 | 43 | Compunerea forțelor. Regula paralelogramului |
| Lecția 9 | 45 | *Extindere: Regula poligonului pentru compunerea mai multor vectori* |
| Lecția 10 | 47 | Mișcarea unui corp pe un plan înclinat |
| Lecția 11 | 49 | Descompunerea unei forțe după două direcții reciproc perpendiculare |
| Fizică aplicată | 51 | Fenomene și proprietăți mecanice întâlnite în sporturi |
| Probleme | 52 | |
| Test de evaluare | 53 | |

**Urcarea corpurilor la diferite înălțimi este posibilă, în multe cazuri, prin construirea de planuri înclinate. În acest capitol vei afla informații despre utilitatea planului înclinat în construirea șoselelor montane, a funicularului, dar și a rampelor pentru urcarea mărfurilor.**

# Interacțiunea. Efectele interacțiunii (static, dinamic). Interacțiuni prin contact și prin influență

## Știu deja

*Interacțiunea* este acțiunea reciprocă dintre două corpuri, ce se realizează prin contact direct sau la distanță, prin intermediul unui câmp (magnetic, gravitațional, electric).

*Câmpul gravitațional* se găsește în jurul corpurilor cu masă și se manifestă prin acțiuni gravitaționale asupra altor corpuri aflate în acest câmp. Exemple: câmpul gravitațional al Pământului, al Lunii, al Soarelui.

*Câmpul magnetic* este generat de magneți sau de conductori metalici parcurși de curent electric și poate fi pus în evidență prin acțiuni asupra altor magneți, asupra acului magnetic sau asupra corpurilor ce conțin fier.

*Câmpul electric* este produs de către corpurile electrizate și poate fi observat prin acțiuni asupra altor corpuri electrizate. De exemplu, un balon din cauciuc frecat cu o mănușă din lână atrage bucățele din hârtie sau fire de păr.

## Portofoliu

Realizează un scurt eseu cu tema „Interacțiunea și efectele interacțiunii“, în care să urmărești:

**a** identificarea cauzelor și efectelor interacțiunilor în care ești implicat într-o zi de școală;

**b** aplicarea unor reguli de protecție personală și a colegilor pentru ca efectele interacțiunilor la care participi să nu afecteze sănătatea ta și a colegilor tăi.

*Adună toate materialele pe care le realizezi pentru Portofoliu într-o mapă.*

## Observ

▶ Observă imaginile 1-6 și stabilește corpurile care interacționează, precum și efectele interacțiunilor. Notează-le în caiet.

1

2

3

4

5

6

**Concluzii**

- În urma interacțiunii dintre tac și bila de biliard, bila se va mișca rectiliniu până când va ciocni o altă bilă. Apoi viteza primei bile se va modifica, iar cea de-a doua bilă va căpăta viteză și se va deplasa (efect dinamic).
- Mișcarea mingii de baschet ajunse în coș este influențată de plasă. În urma acestei interacțiuni, se vor modifica atât traiectoria și viteza mingii, cât și starea de mișcare a plasei.
- Parașutistul interacționează cu Pământul prin intermediul câmpului gravitațional, care îl atrage accelerat către Pământ. Viteza parașutistului crește până la deschiderea parașutei; viteza este limitată de interacțiunea dintre parașută și aer și el ajunge la sol în siguranță.
- Datorită interacțiunii dintre mingea de tenis și rachetă, viteza mingii se modifică, iar corzile rachetei se deformează elastic.
- Deltaplanul interacționează cu Pământul, fiind atras de acesta cu forța de greutate, dar interacționează și cu aerul care îl ajută să zboare și să planeze.
- Utilajul din imagine presează solul pentru construirea unui drum, acționând cu o forță de apăsare asupra solului.

## Experimentez

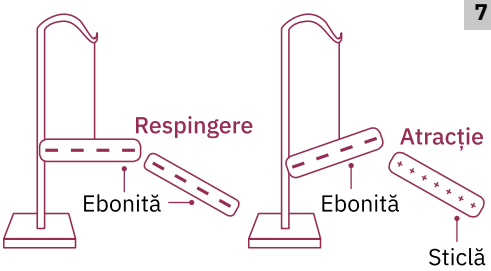
### Observarea acțiunilor dintre corpuri

**Materiale necesare:** minge de tenis de câmp, bucăți din sârmă de cupru de diferite diametre, bucăți din carton de diferite grosimi, suport cu stativ, resort elastic, mase marcate, cârlig pentru mase marcate, bilă din fier, magnet permanent, baghete din ebonită/sticlă/celuloid, bucăți de stofă sau mănușă din lână.

**Modul de lucru**

- Aruncă mingea de tenis cu viteze diferite, ce sunt orientate vertical în sus, cât și orizontal. Urmărește mișcarea mingii, desenează traiectoria mingii în fiecare caz și identifică tipul mișcării (uniformă, accelerată, rectilinie sau curbilinie).
- Îndoaie bucățile de sârmă de cupru cu diametre diferite și apoi bucățile de carton cu grosimi diferite. Ce observi? Care dintre bucățile de cupru sau de carton se deformează mai ușor? Dar mai greu? Notează concluziile în caiet.

- Înfășoară o bucată de sârmă de cupru pe un creion, astfel încât să obții un resort. Fixează un capăt al resortului de suport și suspendă de celălalt capăt al resortului cârligul cu câteva mase marcate. Îndepărtează apoi suportul cu mase marcate. Ce proces fizic a suferit resortul? Ce proprietate fizică a resortului este pusă în evidență? Notează în caiet.
- Pune pe masă un magnet permanent și lansează o bilă din fier către magnet, astfel încât bila să treacă prin apropierea acestuia. Desenează și explică traiectoria bilei. Ce tip de interacțiune are loc între bilă și magnet?
- Suspendă una dintre baghete printr-un fir textil, astfel încât bagheta să fie orizontală. Electrizează prin frecare unul dintre capetele baghetei, apoi o altă baghetă. Electrizarea prin frecare se produce utilizând bucăți din stofă sau mănuși din lână. Apropie pe rând fiecare baghetă electrizată de capătul electrizat al baghetei suspendate și urmărește atent modul de interacțiune a baghetelor (imaginea 7). Notează în caiet ce ai observat.



7

**Concluzii**

- Când mingea este aruncată vertical în sus, viteza ei se micșorează. Mingea se oprește când ajunge la înălțimea maximă, datorită atracției gravitaționale. Când mingea revine la sol, viteza ei crește tot datorită atracției gravitaționale. La aruncarea pe orizontală, traiectoria mingii este curbată, datorită atracției gravitaționale, iar viteza acesteia crește.
- Bucățile din sârmă de cupru cu diametru mare, precum și bucățile din carton cu grosime mare se îndoaie mai greu decât bucățile mai subțiri, care se deformează mai ușor.
- Resortul din cupru se deformează sub acțiunea cârligului cu mase marcate și nu mai revine la lungimea inițială după încetarea interacțiunii. Spunem că deformarea lui este plastică.
- Traiectoria bilei este curbilinie, iar curbarea se datorează interacțiunii cu magnetul. Magnetul și bila din fier interacționează la distanță, prin intermediul câmpului magnetic.
- Baghetele electrizate interacționează fie respingându-se, fie atrăgându-se reciproc, în funcție de natura materialului din care sunt făcute.

## Rețin

Acțiunea reciprocă dintre două corpuri se numește **interacțiune**. Interacțiunea corpurilor poate produce modificări ale valorilor unor mărimi fizice, modificări ce se numesc efecte ale interacțiunii. Interacțiunea dintre corpuri se realizează fie prin contact, fie prin influență, iar efectele pot fi dinamice și/sau statice. Interacțiunile prin influență sunt în general de trei tipuri: *interacțiuni gravitaționale*, de tipul celor exercitate de Pământ, *interacțiuni electrice*, între corpurile electrizate, și *interacțiuni magnetice*, între magneți sau electromagneți.

**Efectul dinamic al interacțiunii** dintre corpuri constă în schimbarea stării de mișcare a corpurilor, adică în variația valorii vitezei și/sau a direcției mișcării.

**Efectul static al interacțiunii** dintre corpuri constă în deformarea corpurilor. Deformarea poate fi elastică, atunci când dispare după încetarea interacțiunii, sau plastică, atunci când se menține și după încetarea interacțiunii.

## Aplic

▶ În cadrul unui joc, elevii trebuie să lanseze bile pe o suprafață orizontală, astfel încât acestea să ajungă cât mai aproape de o țintă plasată într-o anumită poziție. Doi elevi lansează simultan câte o bilă către țintă, de la linia de start. O bilă se deplasează pe o traiectorie rectilinie către țintă, iar cealaltă, după ce se deplasează pe o traiectorie rectilinie paralelă cu traiectoria celeilalte bile, începe să devieze și se deplasează pe o traiectorie curbilinie, îndepărtându-se de țintă. Ce tip de interacțiune a putut să influențeze doar traiectoria uneia dintre bile?

a

*Corpurile elastice* se deformează în urma interacțiunilor cu alte corpuri și revin la forma inițială (a) după încetarea interacțiunii. Corpurile care, în urma unor interacțiuni, nu mai revin la forma inițială se numesc corpuri *deformate plastic* (b).

b

O altă categorie de corpuri se sparg atunci când se acționează asupra lor, de exemplu sticla, creta, zahărul, gheața, nucile. Aceste corpuri au proprietatea de a fi *casante* (c).

c

Alte corpuri au proprietatea de a fi *dure* (d), de exemplu granitul sau diamantul. Aceste corpuri nu se sparg și nu se deformează în urma unor acțiuni obișnuite.

d

Uneori, deformarea corpurilor în urma interacțiunilor este destul de greu de observat.

# 2 Forța – măsură a interacțiunii. Forțe de contact și de acțiune la distanță

## Știai că?

*Interacțiunile la distanță* sunt caracterizate de forța gravitațională, forța electrostatică și forța magnetică.
Forțele gravitaționale se stabilesc între oricare două corpuri din univers. De exemplu, Soarele este o stea care menține în jurul ei toate planetele Sistemului Solar. La fel, planetele mențin în jurul lor sateliții naturali sau artificiali.

*Interacțiunile electrice* pot produce fulgere și scântei în anumite condiții, așa cum se observă în globul cu plasmă din imagine.

*Interacțiunea magnetică* dintre Pământ și particulele din vânturile solare determină formarea aurorei polare în zona polilor magnetici ai Pământului.

## Observ

Cum este mai ușor: să tragem un cărucior sau să-l împingem? (1) Dar în cazul unui bagaj cu rotile? (2) Pe o minge de fitness se așază un copil, apoi un adult. Deformarea mingii este la fel în ambele cazuri? (3)

O saltea cu arcuri este utilizată atât de copii, cât și de adulți. Ce se poate spune despre deformarea arcurilor saltelei? În care dintre cazuri este mai mare deformarea? (4)

1

2

3

**Concluzie**

Comparând efectele unor interacțiuni diferite asupra aceluiași corp, se poate stabili care dintre interacțiuni au efect mai puternic. Putem, așadar, să măsurăm interacțiunea prin efectele pe care aceasta le produce. Marimea fizică ce măsoară interacțiunea se numește *forță*.

4

## Experimentez

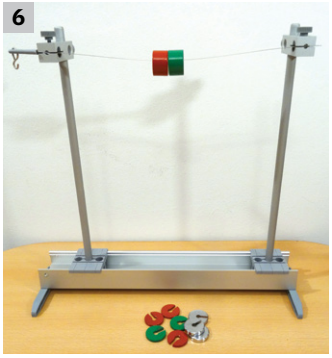
### Determinarea efectelor acțiunii unei forțe

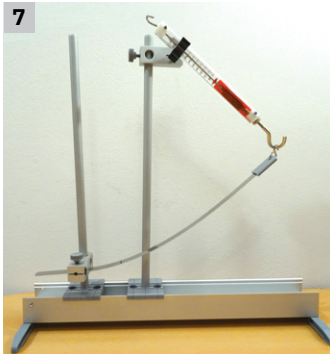
5

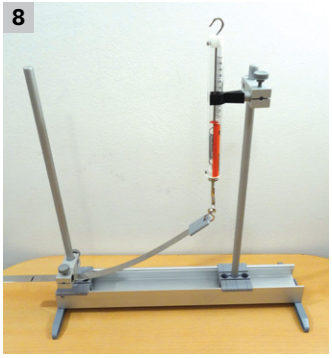
**Materiale necesare:** corp paralelipipedic cu cârlige și dinamometru (imaginea 5), lamelă elastică din oțel, suporți, mase marcate (imaginile 6-8).

**Modul de lucru**

- Pune corpul paralelipipedic pe masa de lucru orizontală. Trage de corp cu ajutorul dinamometrului fixat succesiv de fiecare cârlig și observă efectul produs atât asupra corpului, cât și asupra dinamometrului, pentru acțiuni din ce în ce mai intense. Notează efectele acțiunii asupra dinamometrului și asupra corpului.
- Fixează capetele lamelei de două suporturi și prinde de lamelă mase marcate în diferite locuri (imaginea 6). Analizează deformarea lamelei în funcție de locul prinderii masei marcate și notează în caiet concluziile.

6


7


8


- Fixează numai unul dintre capetele lamelei, iar la celălalt capăt acționează cu dinamometrul pe diferite direcții (imaginile 7 și 8). Urmărește indicația dinamometrului și forma lamelei în fiecare caz. Notează observațiile în caiet și formulează concluzii.

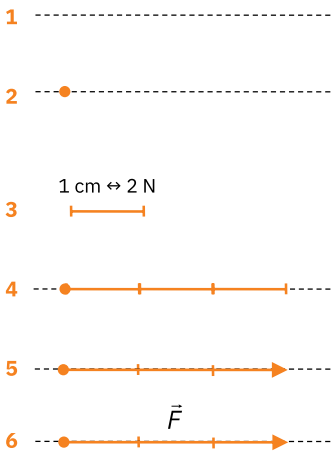
**Concluzii**

- Dacă tragem de corp cu dinamometrul pe diferite direcții, un capăt al corpului se poate ridica, se poate roti, se poate mișca pe masă; așadar, efectul produs de forță este diferit și depinde de direcția de acțiune a forței. Dacă schimbăm locul în care acționează forța, efectul produs este diferit. Dacă tragem corpul sau îl împingem, acesta se poate deplasa într-un sens sau în altul. În urma acțiunii asupra dinamometrului, acesta se deformează și acționează, la rândul său, asupra corpului paralelipipedic.
- Corpul poate rămâne în repaus ori se poate deplasa orizontal sau vertical, în funcție de:
  - intensitatea forței de tracțiune;
  - punctul de aplicație al forței (locul în care a fost fixat dinamometrul);
  - direcția și sensul de acțiune al forței de tracțiune.
- Forma lamelei din oțel depinde de orientarea forței de tracțiune (orientarea dinamometrului) și de intensitatea acesteia (indicația dinamometrului).

## Reț in

**Etape în reprezentarea unei forțe**

1. Reprezentăm dreapta pe care acționează forța; aceasta este direcția forței.
2. Pe dreapta-suport figurăm punctul de aplicație al forței, adică originea (locul în care acționează forța).
3. Alegem în mod convenabil o unitate de măsură. În acest exemplu, unui segment cu lungimea de 1 centimetru îi corespunde o forță de 2 N.
4. Segmentul ales ca unitate de măsură este multiplicat pe direcția forței de câte ori ne indică valoarea forței; în acest exemplu, de trei ori, pentru că forța aleasă este de 6 N.
5. În extremitatea segmentului punem un vârf de săgeată, care ne indică sensul forței.
6. Notăm forța reprezentată cu $\vec{F}$.



Etape în reprezentarea unei forțe

**Forța** este o mărime fizică vectorială, ce caracterizează orice acțiune care poate modifica starea de mișcare a corpurilor sau le poate deforma, precum și orice rezistență la aceste eventuale schimbări. Efectul produs de forță poate fi diferit, în funcție de mărimea forței, de locul în care aceasta este aplicată, de direcția pe care acționează, precum și de sensul în care acționează.

**Interacțiunea** se realizează **prin contact** sau **la distanță**, prin intermediul unui câmp (gravitațional, electric, magnetic). Forța de tracțiune ce acționează direct asupra unui corp și forța cu care dinamometrul acționează asupra corpului sunt **forțe de contact**. Forțele cu care două baghete electrizate se atrag sau se resping sunt **forțe de acțiune la distanță**. De asemenea, forțele exercitate între magneți sunt forțe de acțiune la distanță.

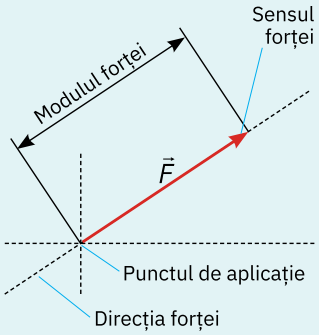
**Unitatea de măsură** pentru forță este $[F]_{SI} = \text{N}$. Un newton reprezintă forța care, acționând asupra unui corp cu masa de 1 kilogram, îi provoacă o variație a vitezei de 1 m/s, după fiecare interval de timp de 1 secundă: $1\,\text{N} = 1\,\text{kg} \cdot 1\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1}{\text{s}}$.

Instrumentul de măsură folosit pentru măsurarea forțelor este **dinamometrul**.

## Aplic

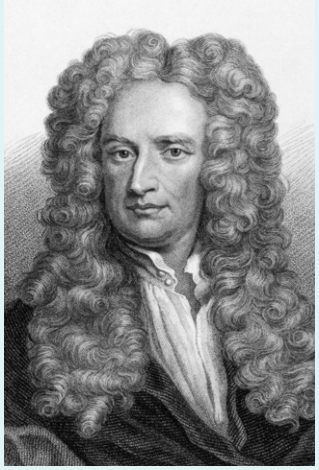
▶ Trage un penar cu o forță orizontală de valoare $F = 0{,}4$ N, de-a lungul mesei de lucru, spre dreapta. Reprezintă grafic vectorul forță.

### Știu deja




Reprezentarea unei forțe presupune a desena vectorul forță cu toate caracteristicile sale.

### Știai că?



Prima afirmație explicită cu privire la relațiile existente între forță și mișcare, două mărimi fizice vectoriale, a fost făcută în secolul XVII de către Sir Isaac Newton, matematician și fizician englez. A doua lege a mișcării este: *o forță care acționează asupra unui corp îi imprimă acestuia o accelerație proporțională cu forța și invers proporțională cu masa acelui corp*.

# 3 Principiul inerției

## Proiect

### Istoria formulării principiilor mecanicii

**Scopul proiectului.** Identificarea perioadelor istorice în care au fost descoperite și formulate legile mecanicii, începând cu Aristotel, continuând cu Galileo Galilei, Isaac Newton și Albert Einstein. Evidențierea importanței acestor descoperiri pentru dezvoltarea științei și tehnicii, dar și pentru dezvoltarea societății. Tema poate fi realizată individual sau în echipă.

**Ce veți învăța?** Veți învăța ce importanță au legile și principiile mecanicii în viața cotidiană și cum pot aceste descoperiri să influențeze evoluția societății.

**Cum veți proceda?**
1. Veți consulta site-uri de internet precum wikipedia, dar și lucrări precum *Mecanica fenomenologică* de Nicolae Sfetcu (MultiMedia Publishing, 2018) sau alte surse de informații.
2. Veți stabili ce informații sunt relevante pentru proiectul vostru.
3. Veți expune cronologic cele mai importante legi ale mecanicii care au fost descoperite în decursul istoriei și veți prezenta importanța acestora în dezvoltarea societății.

**Cum veți prezenta proiectul?** Veți realiza o prezentare powerpoint cu text și imagini.

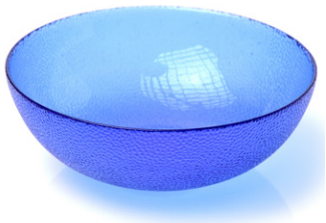
**Cum se evaluează proiectul?** Criterii: *calitatea documentării, selectarea informațiilor relevante, acuratețea prezentării.* Cereți colegilor să vă acorde calificative, să vă pună întrebări și să vă facă sugestii.

## Experimentez

### Observarea efectelor inerției

**Materiale necesare:** bilă de biliard, suprafață plană și orizontală lucioasă (podeaua sau suprafața lucioasă a mesei de lucru), un tac pentru biliard, un bol din sticlă, de dimensiuni mari, mai multe cărți, trei mere de dimensiuni asemănătoare, o scândură, un cui și un ciocan.

1

2


3

**Modul de lucru**

- Așază bila de biliard pe suprafața orizontală și lucioasă (imaginea 1), apoi lovește-o ușor cu tacul. Observă mișcarea bilei și notează concluziile în caiet.
- Pune bila de biliard la marginea superioară a bolului din sticlă sau a unui profil în formă de arc de cerc (imaginea 2) și las-o liberă. Observă mișcarea bilei și notează concluziile în caiet.
- Așază cărțile pe cele trei mere, pune scândura peste cărți și bate cuiul cu ciocanul în scândură (imaginea 3). Observă comportarea merelor. Se vor strivi merele? Notează concluziile în caiet.

**Concluzii**

- În urma interacțiunii dintre tac și bila de biliard, aceasta se va deplasa rectiliniu și uniform până când va fi oprită de un obstacol sau până când ajunge la marginea suprafeței netede.
- Bila lăsată liberă la marginea superioară a bolului se va deplasa cu viteză crescătoare către fundul bolului, sub acțiunea forței de greutate. După ce ajunge la fundul vasului, bila urcă, datorită inerției, către marginea superioară a bolului. Apoi coboară din nou și mișcarea se repetă. După o nouă coborâre, bila va urca din ce în ce mai puțin, până când bila se va opri pe fundul bolului. Bila este oprită de forțele de rezistență; în lipsa acestora, mișcarea ar continua la nesfârșit.
- În urma lovirii cuiului cu ciocanul, acesta va pătrunde în scândură, iar merele nu se vor strivi datorită proprietății de inerție a cărților, care tind să rămână în repaus și se opun deplasării.

## Rețin

**Principiul inerției:** „Orice corp își păstrează starea de repaus sau de mișcare uniformă rectilinie în care se află, cu condiția ca nicio forță să nu acționeze asupra corpului și să nu-l constrângă să-și schimbe starea“ (Isaac Newton, *Principiile matematice ale filosofiei naturale*, 1686).

**Principiul fundamental al mecanicii clasice:** Dacă asupra unui corp de masă $m$ acționează o forță $\vec{F}$, atunci corpul se va deplasa cu o accelerație $\vec{a}$, care are direcția și sensul forței și este dată de relația: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$. Aplicând principiul fundamental al mecanicii clasice pentru deplasarea unui corp sub acțiunea greutății, se obține relația dintre greutate, masă și accelerația gravitațională: $\vec{G} = m \cdot \vec{g}$.

## Aplic

- Dintr-un avion care zboară orizontal este lăsat să cadă liber un pachet cu medicamente și alimente, destinat locuitorilor unui sat izolat în urma unei alunecări de teren. Va cădea pachetul pe sol într-un loc situat pe aceeași verticală cu locul din care a fost eliberat? În zona respectivă nu bate vântul în timpul căderii pachetului. Desenează traiectoria pachetului ce cade către sol și explică forma acesteia.

# Principiul acțiunii și reacțiunii

4

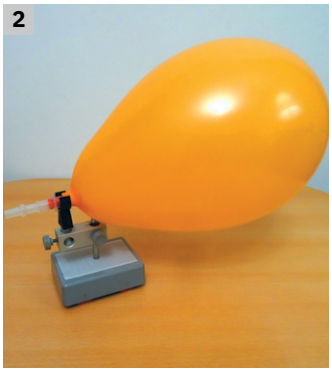
U2

## Experimentez

### Studierea efectelor acțiunilor reciproce ale unor corpuri

**Materiale necesare:** balon, disc cu orificiu de conectare a tubului, tub flexibil cu robinet, cărucior, tijă scurtă, mufă, role sau skateboard.

1


2

3

**Modul de lucru**

- Conectează balonul la disc prin intermediul tubului flexibil cu robinet (imaginea 1). Deschide apoi robinetul astfel încât aerul să poată ieși din balon și să ajungă sub disc. Ce observi? Explică fenomenul observat identificând corpurile care interacționează; notează concluziile în caiet.
- Montează balonul pe cărucior (imaginea 2) și apoi eliberează aerul din balon prin deschiderea robinetului. Observă deplasarea căruciorului față de sensul în care iese aerul din balon. Explică deplasarea căruciorului, identificând forțele ce acționează asupra sa, și notează concluziile în caiet.
- Fixează-ți rolele sau urcă-te pe skateboard și împinge cu mâinile într-un perete aflat în apropiere (imaginea 3). Ce efect are această interacțiune asupra ta? Figurează forțele ce se exercită în această interacțiune.

**Concluzii**

- La evacuarea aerului din balon, acesta va exercita o forță asupra mesei, care la rândul ei exercită o altă forță asupra aerului. Aerul va acționa asupra discului, ridicându-l și deplasându-l pe masă, iar discul va acționa asupra aerului ce iese din balon.
- Deschizând robinetul, aerul va ieși din balon și va interacționa cu aerul din cameră, care la rândul lui va acționa asupra căruciorului; astfel, căruciorul va fi deplasat pe masă. Deplasarea căruciorului are loc în sens invers ieșirii aerului din balon.
- Când împingi în perete cu o forță, peretele exercită la rândul lui o forță asupra ta, care va avea ca efect îndepărtarea ta de perete. Cele două forțe au punctele de aplicație pe corpuri diferite și acționează pe aceeași direcție, însă în sens opus.

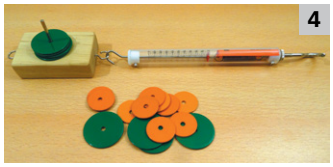
## Reține

Forțele *acțiune* și *reacțiune* sunt forțe pereche, efectul acțiunii lor asupra corpurilor fiind acela de a le modifica starea de mișcare, de a le deforma sau de a se opune la aceste schimbări.

**Principiul acțiunii și reacțiunii:** Dacă un corp acționează asupra altui corp cu o forță numită *acțiune*, atunci cel de al doilea corp acționează asupra primului corp cu o forță numită *reacțiune*. Acțiunea și reacțiunea au același modul, aceeași direcție și sens opus.

## Aplic

- În imaginea 4 este reprezentat un corp paralelipipedic, ce este tras cu un dinamometru pe o masă orizontală. Reprezentați forțele ce acționează asupra corpului.


4

Baschetbalistul acționează asupra mingii, iar mingea acționează asupra lui. Pământul atrage baschetbalistul cu forța gravitațională, iar acesta atrage și el Pământul.

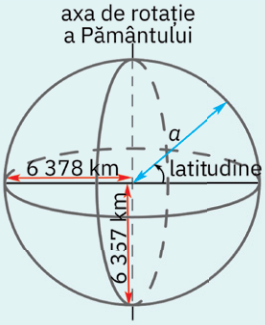
Mingea apasă asupra solului cu o forță, iar acesta acționează asupra mingii cu o forță de susținere. Pământul atrage mingea cu o forță, iar mingea, la rândul ei, atrage Pământul cu o altă forță.

Copilul lovește mingea cu o forță, iar mingea acționează asupra piciorului acestuia cu o altă forță.

# Exemple de forțe: greutatea, forța de apăsare normală, forța de frecare, tensiunea în fir, forța elastică

## A. Greutatea ($\vec{G}$)

### Știu deja



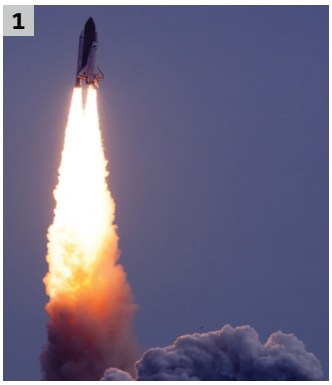

Greutatea variază odată cu altitudinea și cu latitudinea. Latitudinea unui punct este unghiul dintre direcția ce unește centrul Pământului și acel punct și planul ecuatorului.
Dacă punctul respectiv este situat la nord de ecuator, latitudinea se numește latitudine nordică, iar dacă punctul este situat la sud de ecuator, latitudinea se numește latitudine sudică. În figura de mai sus, $\alpha$ este raza Pământului la latitudinea considerată.
Accelerația gravitațională medie, la suprafața Pământului, are valori ce variază între
$g_{Ecuator} \cong 9{,}78\ m/s^2$
și $g_{Pol} \cong 9{,}83\ m/s^2$.

### Observ

Ce forță trebuie învinsă la lansarea unei rachete (imaginea 1)?

Pe masa de lucru se află un ghiozdan. Ridică ghiozdanul și spune ce forță trebuie să învingi. Cum este orientată această forță? Mai multe corpuri (o radieră, un creion, o piatră etc.), lăsate să cadă liber de la diferite înălțimi, ajung inevitabil la sol. Care este forța ce determină căderea lor?

În sportul extrem *bungee jumping*, putem afirma că sportivul înfruntă gravitația (imaginea 2)?


1

2

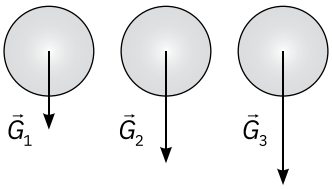
**Concluzii**

- La lansarea rachetei trebuie învinsă forța de greutate exercitată de către Pământ, care atrage racheta.
- Când ridici ghiozdanul de pe masă, simți că trebuie să învingi o forță ce acționează pe direcție verticală în jos. Corpurile lăsate liber la o anumită înălțime față de suprafața Pământului cad sub acțiunea unei forțe care este orientată pe verticală în jos.
- Sportivul care face *bungee jumping* cade datorită greutății, iar coarda elastică se alungește. Coarda elastică alungită va opri sportivul aflat în cădere și apoi îl va ridica, acționând împotriva gravitației. După ce oscilațiile încetează, sportivul rămâne suspendat de coarda elastică.

### Experimentez

#### Observarea legăturii dintre greutate și masă

**Materiale necesare:** trei mingi de tenis de masă, tăviță cu nisip fin, pâlnie, vas cu apă, seringă fără ac, plastilină, balanță.




**Modul de lucru**

- În două dintre mingi, realizează câte un mic orificiu, cu ajutorul unei foarfeci. Umple apoi una dintre mingi cu nisip, utilizând o pâlnie; umple cealaltă minge cu apă, utilizând seringa. Acoperă orificiile cu plastilină.
- Măsoară masele celor trei mingi, folosind o balanță sau un cântar, și notează-le, în ordinea crescătoare a maselor, cu 1, 2, 3.
- Simultan, lasă cele trei mingi să cadă liber, de la aceeași înălțime, în tăvița cu nisip și observă care dintre acestea ajunge prima în tăviță. Pentru a studia mai bine căderea celor trei mingi, filmeaz-o cu telefonul mobil.
- Care dintre cele trei mingi produce o urmă mai pronunțată în tăvița cu nisip? Ce poți spune despre vitezele cu care ajung mingile la sol? Care a avut viteză mai mare? Depinde viteza avută de minge de masa sa? Notează observațiile și concluziile în caiet. Reprezintă grafic forța ce determină căderea fiecărei mingi.

**Concluzie**

Contrar așteptărilor, cele trei mingi ajung simultan pe sol, însă urmele lăsate de acestea în nisip sunt diferite. Mingea plină cu nisip lasă urma cea mai adâncă. Forțele exercitate de

Pământ asupra celor trei mingi sunt diferite și direct proporționale cu masele pe care le au mingile respective.

## Rețin

Forța de atracție exercitată de Pământ asupra unui corp se numește **greutate** și este o mărime fizică vectorială. Direcția greutății este orientată pe verticala locului, sensul este către centrul Pământului, iar punctul de aplicație al greutății se află în centrul de greutate al corpului. Modulul greutății este egal cu produsul dintre masa corpului și accelerația gravitațională: $G = mg$; valoarea accelerației gravitaționale la latitudinea de 45 de grade și la altitudine zero (nivelul marii) este $g = 9{,}81$ N/kg.

Greutatea este o mărime fizică vectorială: $\vec{G} = m\vec{g}$ , unde $\vec{g}$ este vectorul accelerație gravitațională și are aceeași direcție, același sens și același punct de aplicație ca și vectorul greutate.

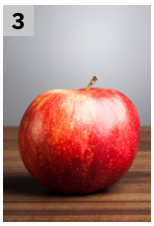
## Aplic

- În ce loc este mai mică forța necesară decolării unei rachete: atunci când baza de lansare este la malul mării sau în vârful muntelui? Pentru o lansare mai ușoară a rachetei, unde este mai bine să fie plasată baza de lansare: la poli sau la ecuator? Documentează-te și formulează un răspuns.

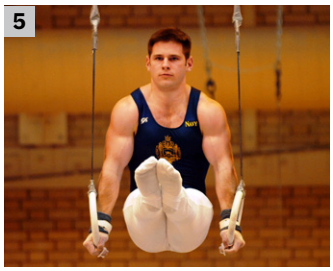
# B. Forța de apăsare normală ($\vec{N}$)

## Observ

Orice corp este atras de Pământ cu o forță numită greutate. Atunci de ce nu cad corpurile din imaginile alăturate sub acțiunea greutății? Cum explici starea de repaus a mărului aflat pe masă (imaginea 3), a mingii (imaginea 4) și a sportivului (imaginea 5)?

3


4

5


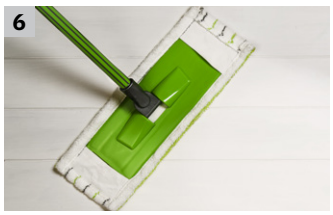
**Concluzii**

- Mărul nu cade sub acțiunea greutății; acesta exercită asupra mesei o forță de apăsare, iar, conform principiului acțiunii și reacțiunii, suportul acționează asupra mărului cu o forță egală în modul cu forța de apăsare a mărului, pe aceeași direcție, însă în sens opus.
- Sportivii din imaginea 4 apasă asupra mingii cu două forțe care vor compensa efectul greutății mingii; astfel, mingea rămâne în repaus.
- Sportivul din imaginea 5 împinge în fiecare inel cu o forță, iar forțele de reacțiune din inele, exercitate asupra lui, vor compensa greutatea acestuia și sportivul va rămâne în repaus.

## Experimentez

### Determinarea forței de apăsare a unui corp ce se sprijină pe alt corp

**Materiale necesare:** minge de tenis, două paralelipipede din lemn, mop, prismă din lemn, burete, cutie cu mase marcate.

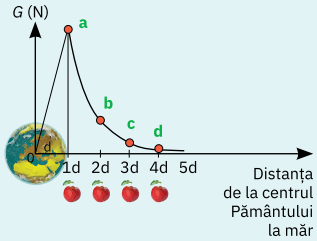
6


**Modul de lucru**

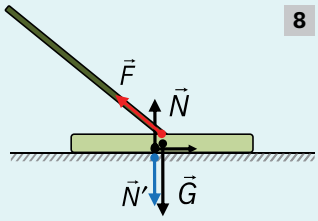
- Trage mopul pe podea și apoi împinge-l (imaginea 6). În care caz forța de apăsare normală exercitată de mop asupra podelei este mai mare: când mopul este tras sau împins?

### Știai că?

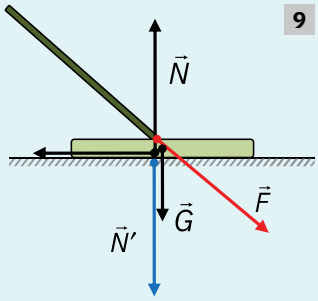
Greutatea unui corp aflat la diferite distanțe față de centrul Pământului variază în funcție de distanța dintre corp și centrul Pământului. Greutatea corpului crește începând din centrul Pământului până la nivelul mării, apoi scade. Astfel, în interiorul Pământului greutatea corpului crește proporțional cu distanța de la centrul Pământului la corp, iar în exteriorul Pământului, greutatea scade odată cu creșterea distanței.



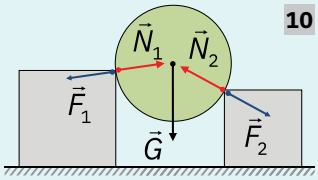

a Greutatea mărului este de 1 N.
b Greutatea mărului este de 1/4 N.
c Greutatea mărului este de 1/9 N.
d Greutatea mărului este de 1/16 N.

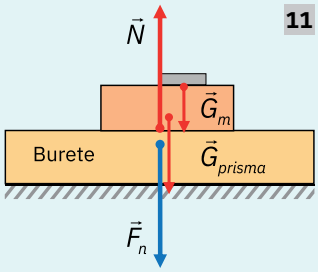


Mopul este tras.

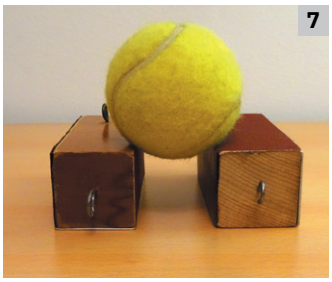


Mopul este împins.




$\vec{F}_n$ este forța de apăsare asupra buretelui, iar $\vec{N}$ – forța normală de reacțiune exercitată de către burete asupra ansamblului *prismă – mase marcate*.




- Așază mingea pe două paralelipipede din lemn (7). Reprezintă forțele exercitate asupra mingii și forțele de apăsare exercitate de minge asupra celor două paralelipipede.
- Măsoară grosimea buretelui. Așază prisma din lemn pe burete și măsoară grosimea buretelui. Pune mase marcate peste prisma din lemn și măsoară din nou grosimea buretelui. Înregistrează rezultatele măsurătorilor într-un tabel de tipul celui de mai jos:

| Nr. det. | Grosimea buretelui (cm) | Forța de apăsare (N) | Forța de reacțiune (N) |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |

**Concluzii**

- Forța de apăsare $\vec{N}'$ exercitată de mop asupra podelei în cele două cazuri este reprezentată în figurile 8 și 9 din coloana alăturată. Forța de apăsare normală este mai mare în cazul împingerii mopului decât în cazul tragerii acestuia.
- Forțele $\vec{G}$, $\vec{N}_1$ și $\vec{N}_2$ ce acționează asupra mingii sunt reprezentate în figura 10 din coloana alăturată. Forțele $\vec{F}_1$ și $\vec{F}_2$ sunt forțele exercitate de minge asupra celor două cuburi.
- Forța de apăsare exercitată asupra buretelui (figura 11) este egală cu greutatea totală (greutatea prismei plus greutatea maselor marcate).

## Rețin

**Normala** $\vec{N}$ este forța de contact cu care acționează un corp de sprijin asupra unui alt corp ce se sprijină pe el. *Normala* are direcția perpendiculară pe suprafața de sprijin, *sensul* este orientat către corpul ce se sprijină, *punctul de aplicație* este aflat pe suprafața de contact a corpului sprijinit, iar modulul depinde de forțele ce acționează asupra corpului sprijinit.

Normala reprezintă forța normală de reacțiune a planului pe care se află corpul sprijinit și este reacțiunea forței de apăsare normale pe suprafața de sprijin. Dacă suprafața de sprijin este *plană*, normala și forța de apăsare normală au *direcția perpendiculară pe suprafața plană*, iar dacă suprafața este *sferică*, aceste forțe au *direcția razei de curbură a suprafeței*, ca în figurile 9-10.

## Aplic

Pune într-un pahar transparent o minge de ping-pong. Realizează un desen în care să figurezi forțele ce acționează asupra mingii și asupra paharului plasat pe o masă orizontală.

# C. Forța de frecare ($\vec{F}_f$)

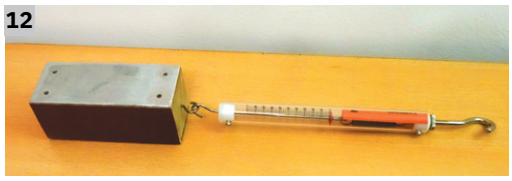
## Experimentez

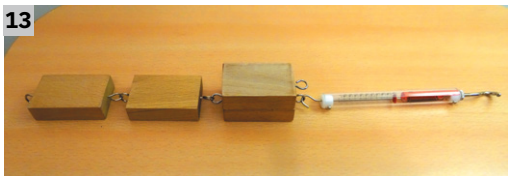
### Determinarea relației prin care se exprimă forța de frecare la alunecare

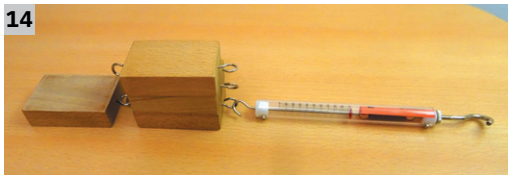
**Materiale necesare:** corp paralelipipedic din lemn cu suprafețe prelucrate diferit, trei sau patru corpuri paralelipipedice identice, prevăzute cu cârlige, dinamometru, mase marcate/discuri de mase cunoscute.

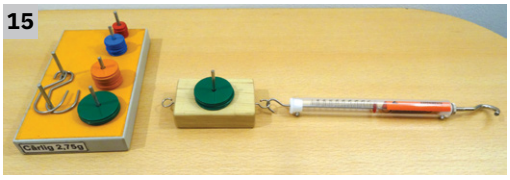
**Modul de lucru**

- Trage corpul paralelipipedic cu dinamometrul într-o mișcare uniformă (imaginea 12), pe o suprafață orizontală. Notează forța indicată. Repetă operația, deplasând corpul pe o altă suprafață de contact. Compară forțele și formulează o concluzie despre forța ce trebuie învinsă la punerea corpului în mișcare uniformă, în funcție de natura și felul suprafeței pe care alunecă acesta.


12


13


14


15

- Măsoară suprafața unuia dintre corpuri. Pune cele trei corpuri paralelipipedice unul după altul, astfel încât să formeze un trenuleț, și trage de primul corp cu dinamometrul, astfel încât mișcarea să fie uniformă (imaginea 13). Cele trei corpuri trebuie să aibă suprafețele de contact de același tip. Notează forța indicată de dinamometru. Repetă măsurătoarea, punând ultimul corp peste primul și trăgând de primul corp cu dinamometrul, astfel încât mișcarea să fie uniformă (imaginea 14). Pune cele trei corpuri unul peste altul și repetă măsurarea forței ce mișcă uniform sistemul format. Colectează valorile măsurate într-un tabel similar celui de mai jos.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S$ ($cm^2$) | | | |
| $F = F_f$ ($N$) | | | |

  ▶ Formulează o concluzie despre forța ce trebuie învinsă la punerea corpului în mișcare uniformă, în funcție de aria suprafeței de contact a corpului ce alunecă.

- Măsoară greutatea unuia dintre cele trei corpuri din lemn. Trage corpul cu dinamometrul, astfel încât mișcarea lui să fie uniformă. Repetă operația, punând peste corp diferite mase a căror greutate ai determinat-o (imaginea 15). Colectează valorile măsurate într-un tabel de tipul celui de mai jos. Analizează datele din tabel și formulează o concluzie despre forța ce trebuie învinsă pentru punerea corpului în mișcare uniformă și despre forța ce apasă perpendicular pe suprafața de contact.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $F_n = G(N)$ | | | |
| $F = F_f(N)$ | | | |

  ▶ Reprezintă grafic forța de frecare la alunecare $F_f$, în funcție de forța de apăsare normală pe suprafața de contact $F_n$.

**Concluzie**

La suprafața de contact dintre două corpuri ce alunecă unul peste altul se exercită o forță numită *forță de frecare la alunecare*, care se opune mișcării unui corp față de celălalt. Forța de frecare la alunecare depinde de felul în care sunt șlefuite suprafețele aflate în contact, de forța normală de apăsare pe suprafața de contact și nu depinde, în general, de aria suprafeței de contact.

Din grafic se observă că forța de frecare la alunecare este direct proporțională cu forța normală de apăsare exercitată pe suprafața de contact.

## Rețin

**Legile frecării**

Forța de frecare la alunecare nu depinde, în general, de aria suprafeței de contact.

- Forța de frecare la alunecare acționează pe *direcția mișcării corpului* și are *sensul opus mișcării corpului*.
- *Modulul forței de frecare la alunecare* este direct proporțional cu modulul forței normale de apăsare pe suprafața de contact și are expresia matematică: $F_f = \mu N$, unde $\mu$ este *coeficientul de frecare la alunecare*. Acest coeficient este o constantă adimensională, care exprimă dependența forței de frecare la alunecare de felul în care sunt prelucrate suprafețele de contact ale corpurilor ce alunecă unul peste celălalt, cât și de natura materialelor din care sunt alcătuite corpurile.

La deschiderea parașutei, forța de rezistență din partea aerului crește foarte mult și astfel scade semnificativ viteza parașutistului.

Motociclistul nu alunecă la descrierea curbei datorită acțiunii forței de frecare care se opune derapării roților motocicletei.

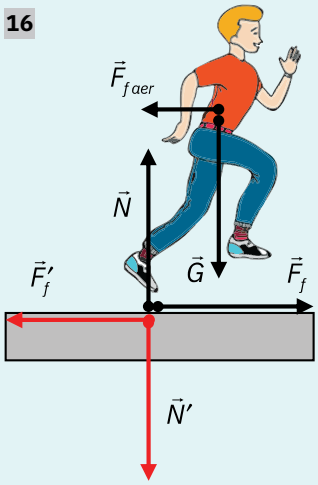
Sportiva poate alerga datorită forței de frecare dintre pantofi și șosea; această forță este reacțiunea forței cu care sportiva împinge șoseaua (pe o direcție paralelă cu șoseaua).

## Aplic

**1. Problemă rezolvată.** Un om aleargă pe o pistă orizontală, ca în figura 16. Reprezintă forțele care acționează asupra omului și forțele exercitate de om asupra pistei de alergare.

*Rezolvare.* Forțele care acționează asupra omului sunt: $\vec{F}_f$ – forța de frecare pe care pista de alergare o exercită asupra omului, $\vec{G}$ – forța de greutate, $\vec{N}$ – normala din partea pistei, $\vec{F}_{f\,aer}$ – forța de frecare pe care aerul o exercită asupra omului. Omul acționează asupra pistei de alergare cu forțele: $\vec{N}'$ – forța de apăsare normală exercitată de om asupra pistei de alergare, $\vec{F}_f'$ – forța de frecare pe care omul o exercită asupra pistei de alergare (forța cu care omul împinge în sol, pe direcție tangențială).

16




Forțele care acționează asupra omului și forțele exercitate de om asupra pistei de alergare

**2.** Un dicționar este împins pe o masă orizontală cu o forță orizontală, astfel încât acesta se mișcă uniform. Reprezintă forțele care acționează asupra dicționarului și forțele exercitate de dicționar asupra mesei.

# D. Tensiunea în fir

## Observ

- Un copil trage o sanie prin intermediul unei sfori. Care este forța ce trage de sanie (imaginea 17)?
- Câinii sunt legați de sanie prin cabluri. Ce forțe de interacție se stabilesc între corpurile din imaginea 18?
- Ce forță acționează asupra semiremorcii pentru a o pune în mișcare (imaginea 19)?

17

18

19

**Concluzii**

- Interacțiunile dintre corpurile prezentate în imaginile 17-19 se realizează și prin intermediul firelor și barelor de legătură.
- Forța exercitată de copil asupra firului legat de sanie se transmite și asupra saniei, prin intermediul firului tensionat.
- Câinii trag de firele legate de sanie și firele tensionate deplasează sania.
- Semiremorca este trasă de mașină prin intermediul barei de legătură tensionate.

## Investigație

Doi elevi au vrut să pună la încercare atenția și cunoștințele colegilor. Au fotografiat o bilă grea (de 8 kilograme!), pe care au prins-o cu o sfoară groasă și rezistentă (ca în imagine), apoi au cerut colegilor să reprezinte forțele care acționează asupra bilei și să determine valorile lor numerice. Au precizat că accelerația gravitațională are valoarea de 9,8 N/kg și că dimensiunile din fotografie sunt proporționale cu cele din realitate.
Tu ce soluție propui?

## Experimentez

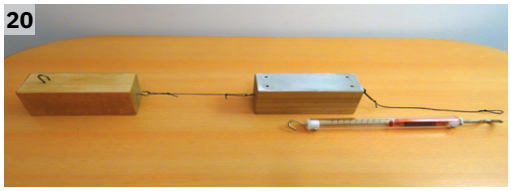
### Determinarea tensiunii dintr-un fir

**Materiale necesare:** două corpuri paralelipipedice din lemn, sfoară, dinamometru.

**Modul de lucru**

- Trage un corp cu ajutorul dinamometrului (menținut paralel cu suprafața de sprijin), prin intermediul unui fir, astfel încât corpul să se deplaseze uniform. Citește și notează forța indicată de dinamometru ($F_1$) într-un tabel de tipul celui alăturat.

20



| Nr. det. | $F_1$ (N) | $F_2$ (N) | $F_3$ (N) | $T_{legătură}$ (N) |
|---|---|---|---|---|
| $T$ (N) | | | | |

- Trage celălalt corp cu dinamometrul prin intermediul firului, într-o mișcare uniformă. Notează forța indicată de dinamometru ($F_2$). Leagă printr-un fir cele două corpuri și trage

de primul corp cu dinamometrul, prin intermediul firului, într-o mișcare uniformă (imaginea 20). Notează forța indicată ($F_3$). Ce forțe apar la interacțiunea dintre dinamometru și fir? Determină tensiunea din firul de legătură dintre dinamometru și corp ($T$), în cele trei cazuri, și tensiunea din firul ce leagă cele două corpuri, în ultimul caz ($T_{\text{legătură}}$).

**Concluzie**

Tensiunea din firul ce leagă dinamometrul de corp reprezintă reacțiunea forței cu care dinamometrul trage de fir și îl întinde. Conform principiului acțiunii și reacțiunii, tensiunea în fir are modulul egal cu forța indicată de dinamometru. Forța de tensiune din firul care leagă cele două corpuri este egală cu forța indicată de dinamometru atunci când a tras uniform al doilea corp.

## Rețin

**Tensiunea** din fir reprezintă reacțiunea firului la o forță de întindere exercitată asupra lui. În orice secțiune a unui fir întins de o forță acționează două forțe egale în modul, dar opuse ca sens, *acțiunea* și *reacțiunea*, cu care o parte a firului acționează asupra celeilalte părți. Oricare dintre aceste forțe se numește *tensiune*. Dacă firul este de masă neglijabilă, atunci tensiunea are aceeași valoare în orice punct al firului. Dacă firul are masă, atunci tensiunea în fir are valori diferite în puncte diferite. Tensiunea într-un fir sau într-o bară se transmite din aproape în aproape, de-a lungul întregului fir sau de-a lungul întregii bare.

*Forțele de tensiune apar atât în firele și tijele întinse, cât și în tijele comprimate.* La cele întinse, la contactul dintre corp și fir/tijă, tensiunea este orientată *de la corp către fir/tijă*. La tijele comprimate, tensiunea este orientată *de la tijă către corp*.

## Aplic

**Problemă rezolvată.** Un elev trage, prin intermediul unei sfori, un pachet de cărți pe o masă orizontală.

**a.** Reprezintă forțele rezultate din interacțiunile mână-sfoară și pachet de cărți-sfoară.

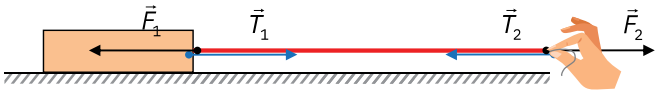
**b.** Reprezintă forțele ce acționează asupra pachetului de cărți.

*Rezolvare*

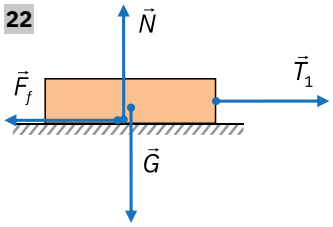
**a.** Interacțiunea pachet-sfoară: forța $\vec{F}_1$ este exercitată de pachet asupra capătului sforii, $\vec{T}_1$ este forța exercitată de capătul sforii asupra pachetului (imaginea 21).
Interacțiunea sfoară-mână: forța $\vec{F}_2$ este exercitată de mână asupra capătului sforii, $\vec{T}_2$ este forța exercitată de capătul sforii asupra mâinii.

**b.** Forțele ce acționează asupra pachetului de cărți sunt reprezentate în imaginea 22.

**21**




**22**




# E. Forța elastică

## Observ

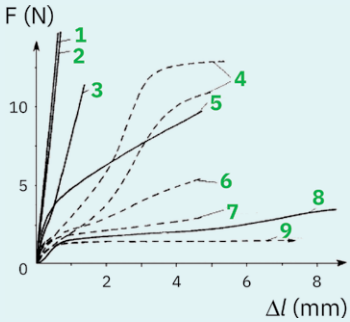
Fixează de un suport prevăzut cu hârtie milimetrică un capăt al unui resort. Suspendă de resortul elastic un corp și observă comportarea resortului. Îndepărtează corpul și observă lungimea resortului. Ce forțe acționează asupra corpului aflat în repaus?

**Concluzie**

Resortul se alungește sau se comprimă sub acțiunea forței exercitate de corp. La îndepărtarea corpului, resortul revine la lungimea inițială, sub acțiunea unei forțe ce acționează pe direcția forței deformatoare, însă în sens opus. Această forță este numită *forța elastică* $\vec{F}_e$.

### Știai că?

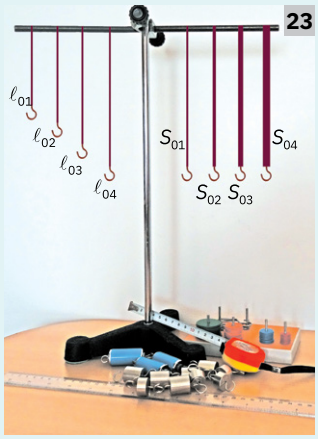
În viața cotidiană sunt utilizate multe tipuri de fire, de exemplu fire din bumbac, lână, mătase, in, ramie, vâscoză, pentru confecționarea țesăturilor și cablurilor. Toate firele au o anumită tensiune de rupere, care depinde de materialul din care sunt realizate și de dimensiunile acestora. Fiecare fir are un domeniu de elasticitate în care deformarea este proporțională cu forța deformatoare, dacă aceasta este mai mică decât o anumită valoare limită, $F_{\text{limită}}$. Dacă această valoare a forței este depășită, firul este deformat plastic și, pe măsură ce forța crește, firul se subțiază din ce în ce mai mult, până se rupe. Această valoare a forței se numește forță de rupere, $F_{\text{rupere}}$. În diagrama de mai jos este reprezentat modul de variație al deformării unor fire, în funcție de forța de tracțiune aplicată.




1 – in
2 – ramie
3 – bumbac
4 – poliamidă
5 – mătase
6 – vâscoză
7 – acetat
8 – lână
9 – lanital

## Experimentez

### Determinarea constantei de elasticitate a unui elastic




| Nr. det. | 1 | 2 |
|---|---|---|
| $m$ (g) | | |
| $F = mg$ (N) | | |
| $\ell_0$ (cm) | | |
| $\ell$ (cm) | | |
| $S_0$ (cm²) | | |
| $\Delta\ell$ (cm) | | |
| $\frac{F}{\Delta\ell}\left(\frac{N}{m}\right)$ | | |
| $\left(\frac{F}{\Delta\ell}\right)_{medie}\left(\frac{N}{m}\right)$ | | |

**Materiale necesare:** elastice cu lungimi, în stare nedeformată, și cu secțiuni diferite, suport pentru elastic (tijă lungă, tijă scurtă, mufă), riglă, cârlig pentru mase marcate.

**Modul de lucru**

- Realizează un montaj ca în imaginea 23; măsoară lungimea inițială a unui elastic (când nu este deformat), $\ell_{01}$, respectiv diametrul secțiunii transversale a acestuia, $d_1$, apoi calculează aria secțiunii transversale cu formula corespunzătoare ariei unui cerc: $S_1 = \pi \cdot \frac{d_1^2}{4}$, unde $\pi \cong 3{,}14$. Suspendă de elastic câteva mase marcate și măsoară lungimea elasticului deformat $\ell$. Repetă măsurătorile pentru mase diferite puse pe cârlig (minimum patru măsurători, însă fără a deforma ireversibil elasticul). Înregistrează rezultatele într-un tabel de forma celui din coloana alăturată. *Atenție! Elasticele trebuie să se afle în permanență în limita de elasticitate, adică să își păstreze proprietățile elastice.* Calculează rapoartele dintre forța deformatoare și alungirea elasticului în fiecare caz, apoi calculează media aritmetică a acestor rapoarte. Mărimea fizică exprimată prin raportul dintre forța deformatoare și alungirea elasticului se numește constantă de elasticitate ($k$).
- Alege un al doilea elastic cu aceeași secțiune transversală, de arie $S_1$, dar de lungime diferită în stare nedeformată, $\ell_{02}$, și repetă măsurătorile, completând tabelul. Se modifică raportul dintre forța deformatoare și deformare? Cum?
- Alege un al treilea elastic cu lungimea $\ell_{01}$, dar cu o secțiune transversală $S_2$; repetă măsurătorile. Se modifică raportul dintre forța deformatoare și deformare? În ce fel?
- Alege un al patrulea elastic, care are aceeași lungime în stare nedeformată, $\ell_{01}$, aceeași arie a secțiunii transversale $S_1$, dar este confecționat din alt material, și repetă măsurătorile, completând tabelul. Se modifică raportul dintre forța deformatoare și deformare?

**Concluzii**

În limita de elasticitate a corpului respectiv, constanta de elasticitate $k$:

- variază invers proporțional cu lungimea elasticului în stare nedeformată;
- variază direct proporțional cu aria secțiunii transversale $S$;
- depinde de natura materialului din care este realizat elasticul.

## Rețin

**Forța elastică** apare într-un corp elastic deformat (alungit sau comprimat) și are un astfel de sens încât se opune deformării. *Direcția* forței elastice este pe direcția forței deformatoare $(\vec{F})$/deformării $(\Delta\vec{\ell})$, iar *sensul* ei este opus forței deformatoare/deformării.

*Modulul forței elastice* este direct proporțional cu deformarea: $F_e = k \cdot \Delta\ell$, iar *expresia vectorială* a vectorului forță elastică este $\vec{F}_e = -k \cdot \Delta\vec{\ell}$. Ultima relație oferă informații și despre sensul forței elastice, care este opus deformării.

Constanta de elasticitate a resortului depinde de caracteristicile acestuia și este dată de relația: $k = \frac{F}{\Delta\ell} = \frac{E \cdot S}{\ell_0}$. Acest rezultat se obține din legea lui Hooke: $\frac{F}{S} = \frac{E \cdot \Delta\ell}{\ell_0}$, lege determinată experimental, unde $E$ este *modulul de elasticitate longitudinal* (modulul lui Young), o constantă specifică fiecărui material elastic. Unitatea de măsură pentru constanta de elasticitate este $[k]_{SI} = \frac{[F_e]_{SI}}{[\Delta\ell]_{SI}} = \frac{N}{m}$, iar pentru modulul lui Young: $[E]_{SI} = \frac{[k]_{SI} \cdot [\ell_0]_{SI}}{[S]_{SI}} = \frac{N}{m^2}$.

## Aplic

1. Reprezintă grafic alungirea unui elastic în funcție de modulul forței deformatoare.
2. Determină din graficul de la punctul **1** constanta de elasticitate a resortului.

### Știai că?

*Modulul lui Young* este o măsură a rigidității unui material elastic. Conceptul a fost denumit după Thomas Young, om de știință britanic din secolul al XVIII-lea. Iată valori ale modulului lui Young, exprimate în GN/m², pentru câteva materiale:

- aluminiu – 69;
- beton de înaltă rezistență – 30;
- cauciuc – între 0,01 și 0,1;
- nailon – între 2 și 4;
- sticlă – între 50 și 90;
- țesut osos compact – între 4 și 27;
- țesut osos spongios – între 1 și 11.

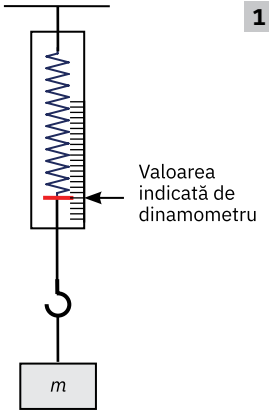
# Măsurarea forțelor. Dinamometrul

6

U2

## Observ

În imaginea 1 se poate observa un dinamometru de care a fost suspendat un corp. Ce indică acesta? Dacă de dinamometru se suspendă corpuri de mase diferite, acesta va indica valori diferite. De ce indicațiile dinamometrului nu sunt aceleași? Ce fenomen fizic suferă resortul dinamometrului? Notează concluziile.



1

**Concluzie**

Resortul dinamometrului se deformează diferit sub acțiunea unor forțe deformatoare diferite. Când suspendăm de resortul dinamometrului un corp, asupra corpului acționează greutatea care tinde să deplaseze corpul în jos; astfel, corpul trage de resort, deformându-l. Resortul reacționează asupra corpului cu forța elastică, opunându-se deformării. Dinamometrul indică forța elastică ce se stabilește în resortul deformat. Modulul forței elastice este egal cu modulul forței deformatoare, conform principiului acțiunii și reacțiunii.

## Experimentez

### Construirea unui dinamometru

**Materiale necesare:** resort elastic, tijă cu indicator și cârlig, riglă, suport pentru resort, trepied, tije, mufă, corpuri de mase cunoscute (imaginea 2), hârtie milimetrică.

2

**Modul de lucru**

- Fixează tija cu cârlig și indicator de un capăt al resortului. Lipește hârtie milimetrică pe suportul pentru resort. Suspendă resortul cu indicator, astfel încât capătul inferior al resortului să fie în dreptul hârtiei milimetrice.
- Agață de cârligul dinamometrului o masă etalon $m_0$ (de 5 grame, 10 grame sau 20 de grame) și trasează pe hârtia milimetrică un semn în dreptul indicatorului de la dinamometru.
- Repetă operația anterioară, utilizând mase din ce în ce mai mari: $2m_0$, $3m_0$ și $4m_0$, suspendate de cârligul dinamometrului. Atenție! Utilizează mase marcate astfel încât limita de elasticitate a resortului să nu fie depășită. Fixează unitatea de măsură pentru etalonarea dinamometrului în unități din sistemul internațional de unități: 0,1 N sau 1 N. Ce observi?

**Concluzie**

Deformarea unui resort este direct proporțională cu forța ce acționează asupra acestuia, în limitele elasticității, ceea ce permite construirea unui **dinamometru**.

## Rețin

**Dinamometrul** este instrumentul cu ajutorul căruia se măsoară forța. Funcționarea acestuia se bazează pe efectul static al interacțiunii dintre corpuri.

## Aplic

▶ Poate fi folosit un cântar dinamometric etalonat pentru măsurarea masei la Ecuator pentru a determina masa unor corpuri la Polul Nord? Poate fi utilizat un dinamometru etalonat pe Pământ pentru măsurarea masei corpurilor pe Lună? Documentează-te și răspunde.

## Știu deja

Pentru o măsurare optimă, scările de măsură ale dinamometrelor trebuie să corespundă ordinului de mărime al forțelor de măsurat. De exemplu, pentru a măsura forțe mici, de sub 1 N, poate fi utilizată o scară de măsură de 1 N sau 100 mN, iar pentru a măsura forțe mari, de peste 1 N, poate fi utilizată o scară de măsură de 10 N sau 1 kN, în funcție de valorile forțelor de măsurat.

Dinamometre cu resort, ce pot măsura forțe până la 1 N, 2 N, 5 N sau 10 N

Dinamometru pentru măsurarea forței mâinii

Dinamometru digital

# 7 Mișcarea unui corp sub acțiunea mai multor forțe

## Știai că?

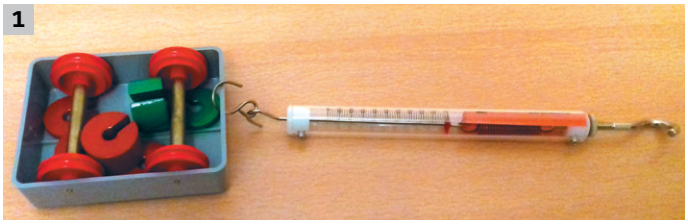
- Frații Montgolfier, Joseph-Michel Montgolfier și Jacques-Étienne Montgolfier, fabricanți de hârtie, inovatori și inventatori francezi, au fost primii care au zburat cu mașini mai grele decât aerul. Ei au inventat balonul cu aer cald. La data de 19 septembrie 1783, frații fac un experiment la Paris, cu un balon care poartă spre înalt trei animale (un miel, o rață și un cocoș), în prezența regelui. Animalele supraviețuiesc zborului cu balonul. Pe 21 noiembrie 1783, balonul se înalță cu fizicianul Pilâtre de Rozier și marchizul d'Arlandes. Zborul durează 25 de minute și se desfășoară fără incidente.

- Asupra unui balon cu aer cald acționează atât aerul din interiorul balonului, care determină urcarea acestuia în atmosferă, cât și greutatea, forțele de rezistență la înaintarea prin aer, forțele cu care aerul din exterior apasă pe suprafața balonului și tensiunea în firele ce leagă nacela de balon.

## Observ

Care poate fi starea mecanică a unui corp acționat simultan de mai multe forțe? Analizează imaginile 1-3 și notează observațiile, apoi formulează concluzii.

1



2

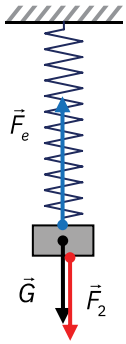
- Ce forțe acționează asupra căruciorului din imaginea 1, atunci când acesta este deplasat prin intermediul dinamometrului? Numește aceste forțe.
- Care sunt forțele ce acționează asupra primului corp agățat de resort (imaginea 2)? Figurează aceste forțe.
- Buretele așezat pe tablă nu cade (imaginea 3). De ce? Ce forțe acționează asupra lui?

3

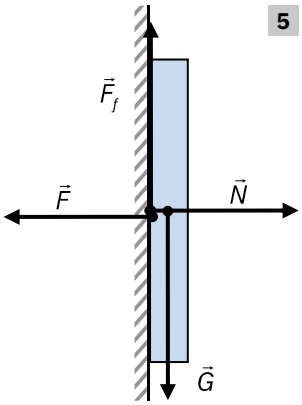
**Concluzii**

- Asupra căruciorului acționează greutatea $\vec{G}$, normala $\vec{N}$ determinată de suportul pe care se deplasează căruciorul, forța elastică $\vec{F}_e$ cu care acționează dinamometrul asupra căruciorului și forța de frecare la alunecare, $\vec{F}_f$, dintre cărucior și suport.
- Primul corp suspendat de resort este în repaus sub acțiunea forțelor (figura 4); $\vec{G}$ este greutatea corpului, $\vec{F}_e$ – forța elastică exercitată de resort asupra corpului 1, $\vec{F}_2$ – forța exercitată de al doilea corp asupra primului.
- Buretele este în repaus. Asupra buretelui magnetic acționează forțele reprezentate în figura 5, unde $\vec{G}$ – greutatea buretelui, $\vec{F}_f$ – forța de frecare statică, $\vec{F}$ – forța de atracție exercitată de tablă asupra buretelui magnetic, $\vec{N}$ – forța de reacțiune normală din partea tablei.

4




5




## Experimentez

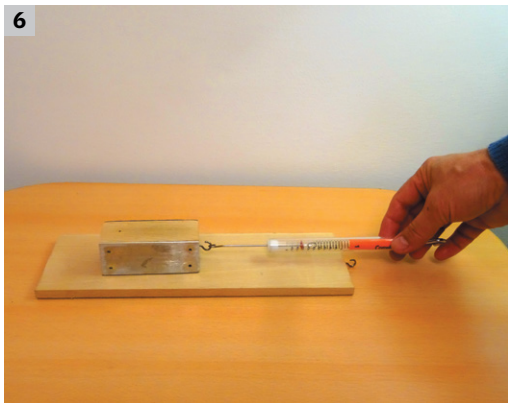
### Observarea mișcării unui corp asupra căruia acționează mai multe forțe

**Materiale necesare:** scândură de masă cunoscută *M*, corp paralelipipedic din lemn de masă cunoscută *m*, resort elastic, dinamometru.

**Modul de lucru**

- Așază corpul paralelipipedic pe scândură și trage cu dinamometrul de corpul paralelipipedic, astfel încât cele două corpuri să se miște împreună cu viteză constantă (imaginea 6). Reprezintă schematic, în caiet, forțele ce acționează asupra corpului paralelipipedic, respectiv asupra scândurii.
- Determină coeficientul de frecare la alunecare dintre scândură și masa de lucru.
- Leagă unul dintre capetele resortului de un suport fix, iar celălalt capăt de corpul paralelipipedic plasat pe scândură (imaginea 7). Măsoară lungimea resortului nedeformat. Trage

6



7

cu dinamometrul de scândură, citește forța indicată de dinamometru și măsoară alungirea corespunzătoare resortului fixat de corp. Înregistrează rezultatele obținute într-un tabel de forma celui alăturat.

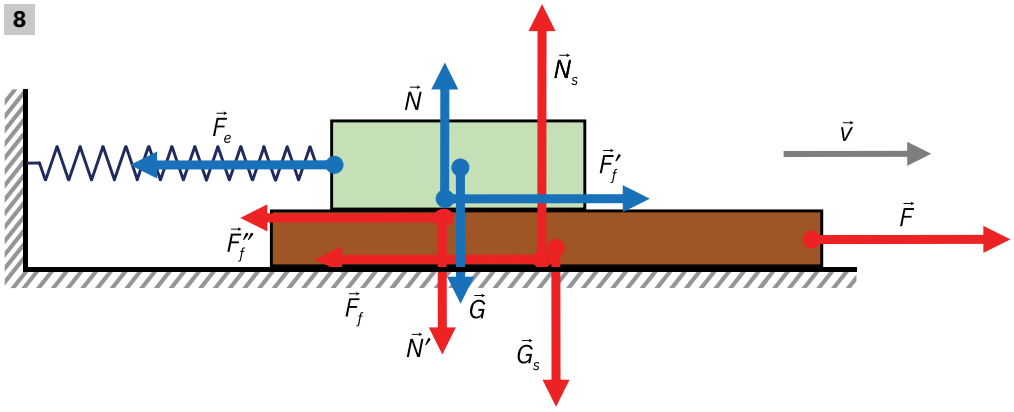
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $F$ (N) | 0 | | | |
| $\ell$ (cm) | | | | |
| $\Delta\ell$ (cm) | 0 | | | |

- Reprezintă grafic dependența alungirii resortului de forța indicată de dinamometru.
- Măsoară alungirea resortului când începe alunecarea și determină constanta de elasticitate a resortului și coeficientul de frecare la alunecare dintre corp și scândură.

**Concluzii**

- Pentru că forța de frecare statică dintre scândură și corpul paralelipipedic este mare, corpurile se mișcă împreună, pentru valori mici ale forței de tracțiune a corpului.
- Forța de frecare dintre scândură și masa de lucru este egală cu forța indicată de dinamometru, în condițiile în care sistemul scândură-corp se deplasează cu viteză constantă; $F_f = F$, unde $F_f = \mu \cdot N_s$, $\mu$ este coeficientul de frecare la alunecare dintre scândură și masă, iar $N_s = (M + m)g$ reprezintă normala cu care masa de lucru susține sistemul de corpuri (figura 8).

8

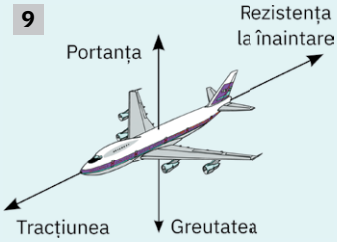



- Când corpul paralelipipedic este legat de suportul fix prin intermediul resortului elastic, la început până la o alungire maximă a resortului, corpurile se mișcă împreună, după care alungirea resortului nu se mai modifică, iar corpul începe să alunece peste scândură. În decursul alunecării scândurii pe sub corp, atât asupra scândurii, cât și asupra corpului acționează forțe de frecare la alunecare: asupra scândurii în sens opus mișcării ei ($\vec{F}_f''$), iar asupra corpului în sens invers ($\vec{F}_f'$). Această forță duce la deformarea resortului. Din acest motiv, resortul se alungește și acționează asupra corpului cu o forță elastică de modul egal cu cel al forței de frecare la alunecare dintre corp și scândură (corpul rămâne în repaus față de masa de lucru). Forța elastică este egală cu diferența dintre forța indicată de dinamometru și forța de frecare la alunecare dintre scândură și masă, determinată anterior ($\vec{F}_f$): $F_e = F_f' = F - F_f$.
- Constanta elastică a resortului se calculează astfel: $k = \frac{F_e}{\Delta l}$, atunci când scândura alunecă uniform pe masa de lucru și pe sub corpul aflat în repaus față de masă.
- Coeficientul de frecare la alunecare dintre corp și scândură se calculează astfel: $\mu' = \frac{F_e}{mg}$.

## Știai că?

Asupra unei aeronave aflate în zbor acționează patru forțe care trebuie să se afle în echilibru.

9




În timpul zborului, *greutatea* scade constant, prin consumarea combustibilului. Astfel, distribuția greutății și centrul de greutate se schimbă, iar pilotul trebuie să dea comenzile necesare pentru a ține avionul în echilibru.

*Forța de tracțiune* depinde de tipul motorului, de numărul de motoare, de viteza și înălțimea de zbor. În imaginea 9, cele patru motoare sunt dispuse sub aripi și orientate paralel cu fuzelajul, deci tracțiunea va acționa pe linia central longitudinală a fuzelajului.

*Forța de rezistență la înaintare* este forța aerodinamică ce se opune oricărui corp ce se deplasează într-un fluid. Mărimea acestei forțe este influențată de forma aeronavei, de densitatea și compoziția aerului, de viteza avionului față de aer.

*Forța portantă* este forța care ține avionul în aer. Poate fi generată de orice parte a aeronavei, dar la un avion obișnuit portanța este datorată în special formei secțiunii transversale a aripii.

## Știai că?

*Sateliții* sunt folosiți în scopuri diverse, de la asigurarea legăturilor telefonice la mare distanță la difuzarea directă a emisiunilor de televiziune și radio sau obținerea de informații geologice și meteorologice.
Sateliții au orbite diferite, în funcție de serviciul pe care trebuie sa îl asigure sau de aria deservită.
Întrucât sateliții se rotesc în jurul Pământului, sunt atrași de forța gravitațională exercitată de acesta. Dacă satelitul nu ar avea o anumită mișcare proprie, ar cădea pe Pământ, aprinzându-se în straturile superioare ale atmosferei. Însă mișcarea de rotație în jurul Pământului are asociată o forță centrifugă, care îndepărtează satelitul de Pământ.
Astăzi există aproximativ 1 100 de sateliți operaționali ce orbitează în jurul Pământului. Aproximativ 470 se află pe orbita joasă a Pământului, la doar câteva sute de kilometri altitudine (Stația Spațială Internațională, telescopul Hubble etc.).

## Rețin

Un corp supus acțiunii mai multor forțe se poate afla în una dintre următoarele stări mecanice, în raport cu un sistem de referință inerțial:

- *mișcare accelerată* – mișcare cu viteză crescătoare;
- *mișcare încetinită/frânată* – mișcare cu viteză ce scade în timp;
- *mișcare uniformă* – mișcare cu viteză constantă;
- *repaus*.

## Aplic

**1. Problemă rezolvată.** Ridică lent și cu viteză constantă un capăt al unui dinamometru fixat de un corp paralelipipedic de masă cunoscută *m* (imaginea 10).

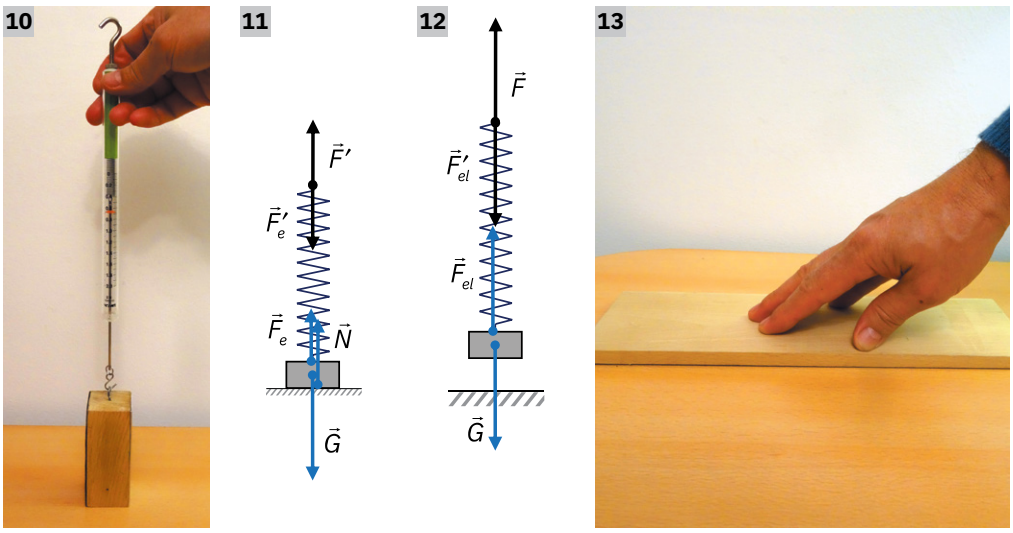
Reprezintă forțele ce acționează asupra corpului la un moment de timp *t*, înainte de desprinderea corpului de suportul pe care se află, și apoi, în alt desen, forțele ce acționează după desprindere.

Măsoară alungirea resortului dinamometrului în diferite momente și forța indicată de dinamometru. Înregistrează rezultatele obținute într-un tabel de tipul celui de mai jos. Determină normala ce acționează asupra corpului și completează tabelul.

| $t$ (s) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\Delta \ell$ (cm) | | | | | | |
| $F$ (N) | | | | | | |
| $N$ (N) | | | | | | |

Reprezintă grafic dependența normalei *N*, exercitată de masa de lucru asupra corpului, în funcție de timp.

Calculează constanta de elasticitate a resortului dinamometrului.




*Rezolvare.* Pe măsură ce resortul dinamometrului se alungește, normala ce acționează asupra corpului se micșorează, ajungând la zero atunci când corpul se desprinde de suportul pe care se află. Normala este egală cu diferența dintre greutatea corpului și forța indicată de dinamometru: $N = G - F$, atât timp cât corpul mai apasă pe masa de lucru (figura 11). Constanta elastică se calculează astfel: $k = \frac{F}{\Delta l}$, unde *F* și $\Delta l$ sunt valorile forței indicate de dinamometru, respectiv deformarea acestuia la orice moment de timp la care corpul se deplasează uniform pe verticală în sus (corpul nu se mai află pe masa de lucru) (figura 12).

**2.** O scândură este împinsă pe o suprafață orizontală cu o forță constantă, ce face cu direcția de mișcare a corpului unghiul $\alpha$ (în imaginea 13, forța este aplicată de mâna ce apasă pe scândură). Reprezintă forțele ce acționează asupra scândurii. Precizează ce fel de mișcare poate avea scândura și condițiile în care se realizează acest tip de mișcare.

# Compunerea forțelor. Regula paralelogramului

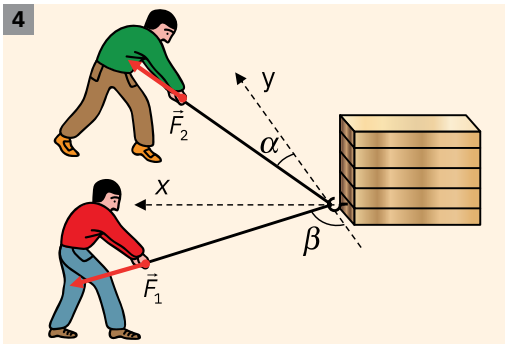
## Observ

1

2

3

- Ce poți spune despre forța cu care acționează grupurile de sportivi din imaginile 1 și 2, în raport cu forța exercitată de fiecare sportiv?
- Pentru ancorarea vaporului la chei se utilizează mai multe parâme (imaginea 3). Considerând că parâmele sunt legate la chei în același loc, ce valoare ar trebui să aibă forța dintr-o altă parâmă, ca să le poată înlocui pe celelalte?



4

- Pentru deplasarea unei lăzi, doi copii trag de aceasta prin intermediul a două fire, care fac între ele un unghi ascuțit (figura 4). Pe ce direcție se va deplasa lada? Profesorul îi înlocuiește pe copii, trăgând lada prin intermediul unui singur fir și cu aceeași viteză. Ce valoare are forța exercitată de profesor, prin comparație cu forțele exercitate de cei doi copii simultan?

**Concluzii**

- Când mai multe forțe paralele și de același sens acționează simultan asupra aceluiași corp, acestea își suprapun efectul și pot fi înlocuite cu o singură forță, având modulul egal cu suma modulelor forțelor ce acționează simultan.
- Vaporul este menținut la mal datorită acțiunii forțelor de tensiune din parâmele legate de suportul aflat pe mal. Forța dintr-o singură parâmă care le-ar înlocui pe cele existente trebuie să fie egală cu suma vectorială a tensiunilor din parâmele cu care este legat vaporul.
- Lada se va deplasa pe o direcție aflată între cei doi copii. Pentru a înlocui copiii, profesorul trebuie să tragă lada pe direcția determinată cu o forță ce poate avea o valoare diferită de valorile forțelor cu care acționează copiii.

## Experimentez

### Determinarea forței ce înlocuiește mai multe forțe care acționează asupra unui corp

**Materiale necesare:** Dispozitiv pentru compunerea forțelor (sau suport, tije, scripeți, disc gradat, cârlige), sfoară, mase etalon/discuri crestate.

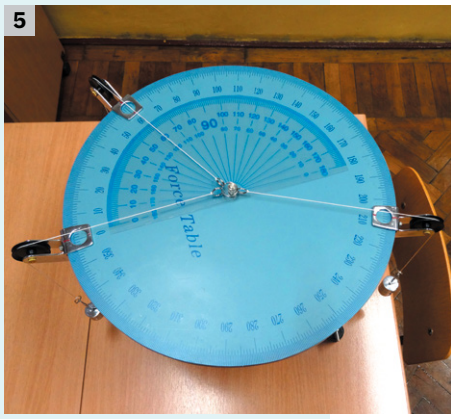
**Modul de lucru**

- Montează dispozitivul pentru compunerea forțelor concurente. Leagă trei fire de inelul dispozitivului aflat la centru și fixează unghiul dintre două fire. Pune apoi discuri crestate, cu mase marcate, pe cârligele de la capetele firelor, până ce firele se tensionează. În fire apar forțele de tensiune $\vec{F}_1$ și $\vec{F}_2$. Adaugă discuri pe cârligul de la capătul celui de al treilea fir și poziționează-l astfel încât inelul de care sunt legate cele trei fire să nu atingă cuiul din

**Exemple de situații în care sunt implicate mai multe forțe**

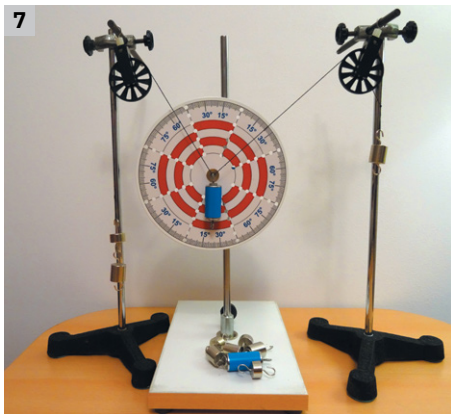
Atunci când își ia zborul, vrăbiuța apasă pe creangă cu o forță mai mare decât forța necesară pentru aterizare. Pentru a-și lua zborul, vrăbiuța împinge în creangă cu o forță care se adună la greutate.

Barca se mișcă datorită acțiunii sincronizate a sportivilor.



5

6

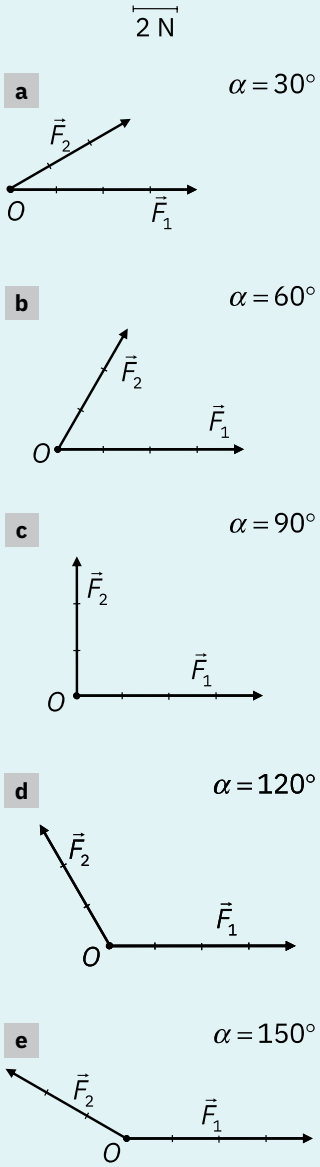

7

mijlocul dispozitivului (vezi imaginile 5-7). Repetă măsurătorile pentru alte unghiuri dintre direcțiile primelor două fire, fără a scoate discurile plasate pentru a le tensiona. Înregistrează rezultatele obținute într-un tabel.

- Menține aceeași valoare pentru unghiul dintre fire și mărește valorile forțelor $\vec{F}_1$ și $\vec{F}_2$, apoi pune discuri pe cârligul legat de al treilea fir, reorientat astfel încât inelul din mijloc să nu atingă cuiul. Înregistrează rezultatele obținute într-un tabel.

**Concluzie**

Se constată că modulul forței $\vec{F}$, ce reprezintă forța rezultantă a forțelor $\vec{F}_1$ și $\vec{F}_2$, scade pe măsură ce unghiul dintre direcțiile forțelor crește. Dacă unghiul dintre direcțiile forțelor se menține constant, iar modulul forțelor crește, modulul rezultantei crește.

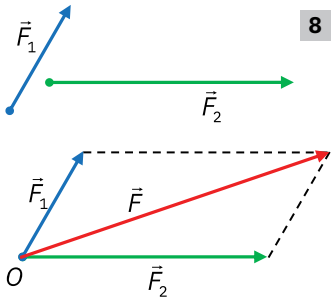



## Rețin

**Forțele concurente** au același punct de aplicație sau direcțiile lor se intersectează într-un punct. **Rezultanta** a două sau mai multe forțe concurente $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \ldots, \vec{F}_i$, care acționează simultan asupra unui corp, este o forță $\vec{F}$, ce produce același efect asupra acelui corp ca și forțele pe care aceasta le înlocuiește și este egală cu suma vectorială a acestor forțe: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots + \vec{F}_i$.

### Regula paralelogramului

Pentru a aduna două forțe, se translează vectorii asociați forțelor, astfel încât să aibă același punct de aplicație, apoi se construiește paralelogramul ce are ca laturi forțele concurente $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ (din vârful fiecărei forțe se duce câte o paralelă la direcția celeilalte forțe). Rezultanta forțelor este reprezentată de diagonala paralelogramului dusă din originea forțelor (imaginea 8). Modulul forței rezultante a două forțe concurente depinde de unghiul format de direcțiile celor două forțe, $\alpha$, și de modulele forțelor, astfel:



8

- scade pe măsură ce unghiul dintre direcțiile forțelor concurente $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ crește (sau crește pe măsură ce unghiul dintre direcțiile forțelor concurente $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ scade);
- crește, dacă modulele forțelor $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ cresc (unghiul dintre direcțiile forțelor este constant);
- are valoarea minimă, $F_{min} = |F_1 - F_2|$, când $\alpha = 180°$, și maximă, $F_{max} = F_1 + F_2$, când $\alpha = 0°$;
- respectă relația $|F_1 - F_2| \le F \le (F_1 + F_2)$.

## Aplic

▶ Se dau forțele concurente $\vec{F}_1$ și $\vec{F}_2$, de module $F_1 = 8$ N, respectiv $F_2 = 6$ N, astfel încât unghiul dintre direcțiile lor să fie:

**a.** $\alpha = 30°$; **b.** $\alpha = 60°$; **c.** $\alpha = 90°$; **d.** $\alpha = 120°$; **e.** $\alpha = 150°$.

Forțele $\vec{F}_1$ și $\vec{F}_2$ sunt reprezentate în imaginile a-e, aflate pe coloana din stânga. Figurează rezultanta celor două forțe concurente, pentru fiecare valoare a unghiului $\alpha$, și determină modulul forței, utilizând o riglă și un echer.

# Extindere: Regula poligonului pentru compunerea mai multor vectori

## Observ

1

2

3

- Fiecare jucător din grămadă (imaginea 1) acționează cu o forță. În ce sens se va deplasa grămada?
- Parașutiștii din imaginea 2 acționează cu câte o forță unul asupra celuilalt. Cum se poate determina rezultanta forțelor ce acționează asupra unuia dintre parașutiști?
- Fiecare dintre firele parașutei trage de parașutist cu o forță (imaginea 3). Ce valoare are rezultanta acestor forțe?

**Concluzii**

- Grămada jucătorilor se va deplasa în sensul rezultantei forțelor exercitate de jucători.
- Rezultanta forțelor ce acționează asupra unuia dintre parașutiști se poate determina prin regula paralelogramului, dacă se adună două forțe concurente, apoi rezultanta lor cu a treia forță ș.a.m.d.
- Rezultanta forțelor ce acționează asupra parașutistului se poate determina succesiv, prin regula paralelogramului, adunând primii doi vectori, apoi rezultanta acestora cu următorul vector ș.a.m.d.

## Experimentez

### Realizarea unei parașute, în scopul observării compunerii forțelor

**Materiale necesare:** folie de plastic (pungă de plastic), sfoară, un săculeț în care se pun pietricele, dinamometru.

**Modul de lucru**

- Taie din folie un cerc cu diametrul de aproximativ 30-40 de centimetri, împarte cercul în șase arce de cerc egale și trasează câte un semn la capetele lor. Taie șase bucăți de sfoară de aceeași lungime. Leagă un capăt al unei sfori de săculețul cu pietricele și celălalt capăt de folia de plastic, acolo unde există un semn. Repetă operația pentru toate cele șase bucăți de sfoară. Dă drumul de la înălțime parașutei astfel obținute și observă mișcarea acesteia.
- Repetă experimentul pentru diferite greutăți ale săculețului cu pietricele, până când vei obține o mișcare uniformă a parașutei. Determină cu ajutorul dinamometrului greutatea săculețului cu pietricele. Pentru situația în care parașuta are mișcare uniformă, reprezintă forțele ce acționează asupra săculețului cu pietricele și caută o metodă de a determina valoarea forței exercitate de una dintre bucățile de sfoară asupra săculețului cu pietricele.

**Concluzie**

Datorită simetriei parașutei, tensiunile în cele șase fire vor avea aproximativ aceeași valoare, iar unghiul făcut de fiecare fir cu verticala poate fi considerat același. Rezultanta forțelor de tensiune se poate determina adunând forțele aflate simetric față de verticală, două câte două, utilizând regula paralelogramului. Pentru a determina unghiul făcut de fire cu verticala, poți să utilizezi telefonul mobil, cu ajutorul căruia să filmezi mișcarea parașutei. Rezultanta tuturor tensiunilor este egală cu suma celor trei rezultante determinate anterior.

### Știai că?

- Prima testare reușită a unei parașute a fost realizată în 1617 în Veneția, de către inventatorul croat Faust Vrančić. Aparatul a fost numit *Homo Volans* (Omul Zburător).
- Parașuta modernă a fost inventată în 1783 de către francezul Sébastien Lenormand. La 26 decembrie 1783, acesta a efectuat un salt cu parașuta sa de pe turnul observatorului astronomic din Montpellier, aterizând cu bine.

- Pe 2 octombrie 1931, românca Smaranda Brăescu sare de la 6 000 de metri altitudine, lângă Slobozia, în Bărăgan, cu deschidere imediată, și bate recordul mondial feminin de înălțime. După șase luni, pe 19 mai 1932, la Sacramento, Smaranda Brăescu bate și recordul mondial masculin, stabilind un nou record absolut de înălțime, de 7 233 de metri.

## Știai că?

4

5

Podul din imaginilile 4-5 de mai sus (orașul Siaogangshan, Taiwan) este suspendat prin cabluri de un stâlp care are forma gâtului unei viori. Asupra stâlpului acționează mai multe cabluri ce susțin o parte a podului. Inginerii și arhitecții care au proiectat construcția au realizat calcule de compunere a forțelor care acționează asupra fiecărui element al podului.

## Rețin

**Regula triunghiului pentru compunerea a doi vectori.** Pentru a determina rezultanta a două forțe, $\vec{F}_1$ și $\vec{F}_2$, prin regula triunghiului, se plasează forțele una după cealaltă (punctul de aplicație al unei forțe coincide cu vârful celeilalte). Rezultanta celor două forțe are punctul de aplicație în punctul de aplicație al forței $\vec{F}_1$ și vârful în vârful forței $\vec{F}_2$.

**Regula poligonului pentru compunerea mai multor vectori.** Pentru a determina rezultanta mai multor forțe, se construiește poligonul ce are ca laturi forțele date, mutate astfel încât fiecare forță să aibă punctul de aplicație în vârful forței anterioare (forțele își păstrează orientarea și modulul): punctul de aplicație al forței $\vec{F}_2$ se află în vârful forței $\vec{F}_1$, apoi forța $\vec{F}_3$ are punctul de aplicație în vârful forței $\vec{F}_2$ ș.a.m.d. Rezultanta forțelor este forța ce închide poligonul tuturor forțelor date și are punctul de aplicație în originea primei forțe, iar vârful în vârful ultimei forțe.

## Aplic

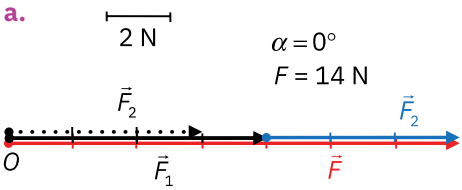
### Probleme rezolvate

**1. Regula triunghiului.** Reprezintă la scară forțele concurente $\vec{F}_1$ și $\vec{F}_2$, de module $F_1 = 8$N, respectiv $F_2 = 6$ N, astfel încât unghiul dintre direcțiile lor să fie: **a.** $\alpha = 0°$; **b.** $\alpha = 60°$.

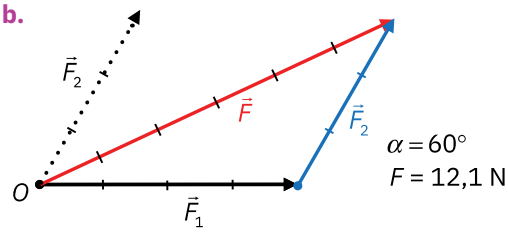
Construiește rezultanta celor două forțe concurente, pentru fiecare valoare a unghiului $\alpha$, utilizând regula triunghiului. Mută una dintre forțe cu punctul de aplicație în vârful celeilalte (păstrează aceeași orientare și același modul). Rezultanta celor două forțe are direcția laturii care închide triunghiul format cu aceste forțe și punctul de aplicație în originea primei forțe; vârful rezultantei coincide cu vârful celei de a doua forțe.

*Rezolvare.* Considerăm:

**a.**

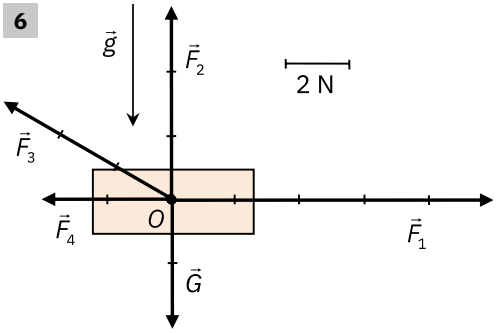



**b.**

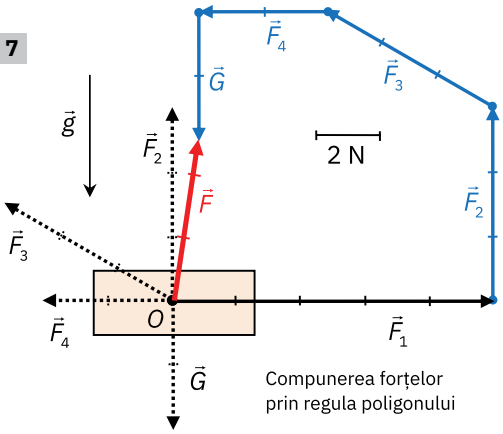



**2. Regula poligonului.** Asupra unui corp acționează în același plan vertical mai multe forțe, ca în figura 6. Reprezintă la scară sistemul de forțe. Determină rezultanta celor cinci forțe, prin regula poligonului.

6




7

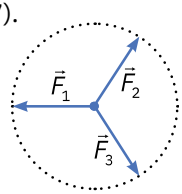



Compunerea forțelor prin regula poligonului

*Rezolvare.* Mută forța $\vec{F}_2$ cu punctul de aplicație în vârful forței $\vec{F}_1$, apoi mută forța $\vec{F}_3$ în vârful forței $\vec{F}_2$; în continuare, mută forța $\vec{F}_4$ în vârful forței $\vec{F}_3$, după care mută greutatea $\vec{G}$ în vârful forței $\vec{F}_4$. Rezultanta acestor forțe este forța ce închide poligonul forțelor: forța ce are originea în originea forței $\vec{F}_1$ și vârful în vârful ultimei forțe mutate, $\vec{G}$ (figura 7).

**3.** Asupra unei bile acționează trei forțe de module egale, care fac între ele unghiuri de valoare $\alpha = 120°$ (figura 8). Știind modulul fiecărei forțe $F = 10$ N, calculează, utilizând regula poligonului, valoarea forței rezultante ce acționează asupra bilei.

8



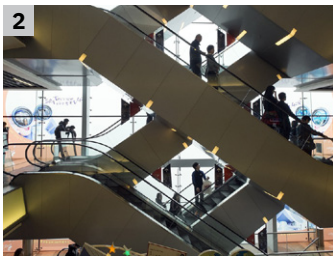
# Mișcarea unui corp pe un plan înclinat

10

U2

## Observ

1


2

3

- Șoselele *Transfăgărășan* și *Transalpina* sunt drumuri șerpuite. (În imaginea 1, se observă o secțiune din *Transfăgărășan*.) De ce crezi că s-a ales o astfel de soluție constructivă?
- La metrou și la marile magazine sunt atât scări rulante (imaginea 2), cât și scări fixe. Dacă scările rulante sunt oprite (însă este permisă folosirea lor), cum este mai ușor să ajungi la etajul superior, urcând scările fixe sau pe cele rulante? (Scările rulante sunt mai înclinate decât scările fixe.)
- La instituțiile publice și la magazine poți observa rampe cu diferite înclinații, necesare pentru accesul în clădiri al persoanelor cu dizabilități (imaginea 3). Care rampă este mai accesibilă, cea care are un unghi de înclinare mai mic sau cea cu unghi de înclinare mai mare?

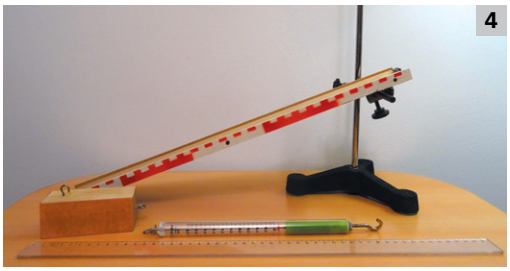
**Concluzii**

- Șoselele sunt șerpuite pentru ca înclinația pe diferite segmente să nu fie prea mare și astfel să poată fi urcate ușor.
- Accesul în stațiile de metrou sau în marile magazine, atunci când scările rulante nu funcționează, este mai ușor pe scările fixe, care au o înclinație mai mică față de înclinația scărilor rulante.
- Persoanele cu dizabilități pot urca mai ușor rampele cu înclinație mai mică. Scările și rampele sunt exemple de plane înclinate.

## Experimentez

### Studierea urcării uniforme a corpurilor

**Materiale necesare:** plan înclinat, corp paralelipipedic din lemn, riglă, dinamometru (imaginea 4).


4

**Modul de lucru**

- Ridică pe verticală corpul, într-o mișcare uniformă, cu ajutorul dinamometrului și notează forța indicată $\vec{F}_1 (F_1 = G)$, care are modulul egal cu greutatea care acționează asupra corpului.
- Fixează planul înclinat la o anumită înălțime și trage cu dinamometrul de corpul paralelipipedic astfel încât acesta să urce uniform. Notează în tabel forța indicată de dinamometru, $\vec{F}_2$, și înălțimea planului înclinat, $h$.

| Nr. det. | $h$ (cm) | $F_1$ (N) | $F_2$ (N) |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

- Măsoară forța necesară pentru ridicarea corpului în mișcare uniformă pe planul înclinat, pentru diferite înălțimi.
- Înregistrează valorile obținute într-un tabel de tipul celui de mai sus.
- Formulează concluzii referitoare la cele două forțe. Cum se modifică valoarea forței $\vec{F}_2$ când crește înălțimea planului înclinat?

**Concluzie**

Comparând cele două forțe, se constată că forța $\vec{F}_2$ are modulul mai mic decât forța $\vec{F}_1$. Modulul forței $\vec{F}_2$ este cu atât mai mic cu cât înălțimea planului înclinat este mai mică. Este mai ușor să ridicăm corpul pe planul înclinat decât pe verticală (la aceeași înălțime).

### Știai că?

Planul înclinat este utilizat la transportul pe canale. În imagine se pot observa Canalul Elblag din Polonia și o ambarcațiune care este transportată pe un plan înclinat până la apă.

### Portofoliu

Alcătuiește un eseu cu tema „Șosele montane”, în care să arăți:

**a** de ce șoselele montane au un traseu sinuos;

**b** dependența dintre componenta tangențială a greutății, înălțimea și lungimea pantei.

În cadrul eseului, prezintă exemple de astfel de șosele din lume și date despre acestea, cum ar fi altitudinea la care au fost construite, diferența de nivel dintre punctul cel mai de jos și cel aflat cel mai sus etc.

*Adună toate materialele pe care le realizezi pentru Portofoliu într-o mapă.*

## Știai că?

7

- Funicularul utilizează planul înclinat pentru urcare. În imaginea 7 se observă, funicularul din Hallstatt, Austria, în care cele două cabine au și rol de contragreutate una pentru celalaltă.

8

- Primul funicular din lume a fost cel care oferă acces la Castelul Hohensalzburg din Salzburg, Austria. Linia a folosit mai întâi șine de lemn și o coardă de transport făcută din cânepă, iar funicularul a fost operat de puterea oamenilor sau de cea a animalelor. Astăzi, funicularul funcționează pe șine din oțel, este tras de cabluri din oțel cu ajutorul unui motor electric, dar linia are aceeași rută prin fortificațiile castelului (imaginea 8).

## Rețin

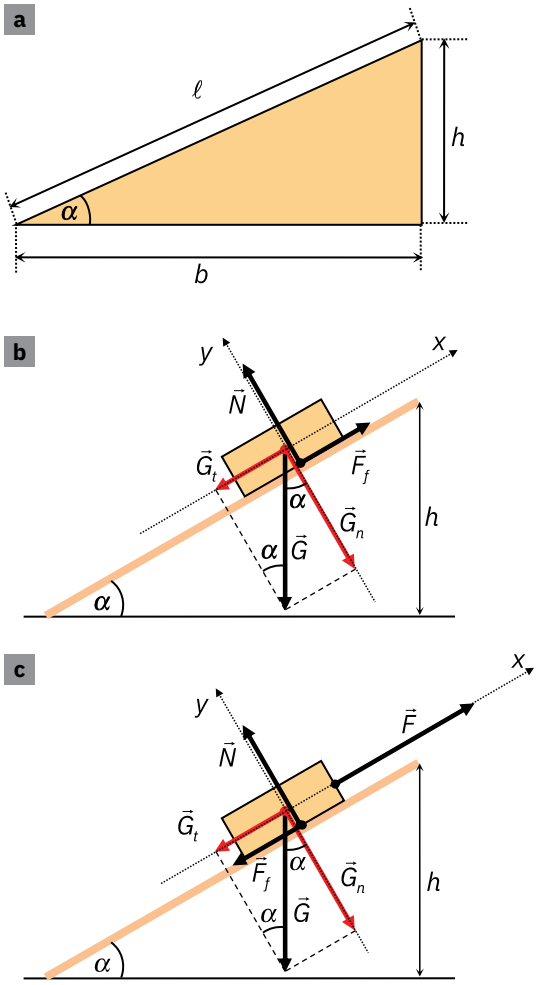
**Planul înclinat** este un plan ce formează cu planul orizontal un unghi ascuțit. În figura a este reprezentat un plan înclinat cu parametrii săi specifici: $h$ – înălțimea planului înclinat; $\ell$ – lungimea planului înclinat; $b$ – baza planului înclinat; $\alpha$ – unghiul planului înclinat.

Greutatea corpului se poate înlocui cu perechea de forțe $\vec{G}_t$ și $\vec{G}_n$. Forța $\vec{G}_t$ se numește componenta tangențială a greutății și acționează pe direcția mișcării $Ox$, iar forța $\vec{G}_n$ se numește componenta normală a greutății și acționează perpendicular pe direcția mișcării $Oy$. Greutatea este suma vectorială a forțelor $\vec{G}_t$ și $\vec{G}_n$: $\vec{G} = \vec{G}_t + \vec{G}_n$, iar modulele celor trei forțe sunt legate prin relația $G^2 = G_t^2 + G_n^2$, conform teoremei lui Pitagora, aplicată în triunghiul dreptunghic format de cele trei forțe.

Planul înclinat este reprezentat printr-un triunghi dreptunghic care este asemenea cu triunghiul dreptunghic format de greutate și componentele sale. Din asemănarea triunghiurilor precizate se găsesc relațiile: $G_t = G\frac{h}{\ell}$ și $G_n = G\frac{b}{\ell}$.

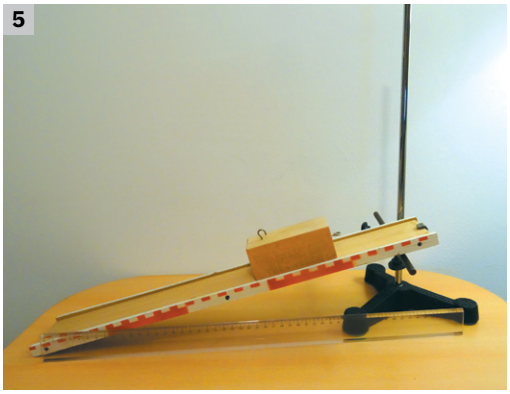
Corpul lăsat liber pe planul înclinat coboară uniform atunci când $G_t = F_f$ (figura b).

Forța necesară pentru ridicarea corpului în mișcare uniformă pe planul înclinat se obține din condiția de echilibru: $F = G_t + F_f = G\frac{h}{\ell} + F_f$. Dacă forța de frecare la alunecare se poate neglija, se observă că forța devine $F = G_t = G\frac{h}{\ell}$. Modulul forței este mai mic decât modulul greutății de atâtea ori de câte este mai mare lungimea planului înclinat față de înălțimea lui (figura c).

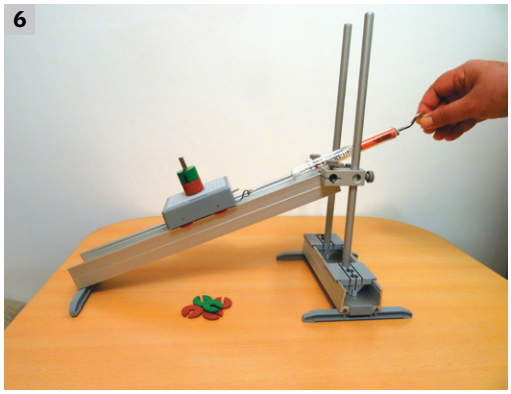



## Aplic

1. Figurează forțele care acționează asupra unui corp ce coboară liber cu viteză constantă, pe un plan înclinat (imaginea 5).
2. Figurează forțele care acționează asupra unui corp ce urcă uniform pe un plan înclinat, sub acțiunea unei forțe paralele cu planul (imaginea 6).



5



6

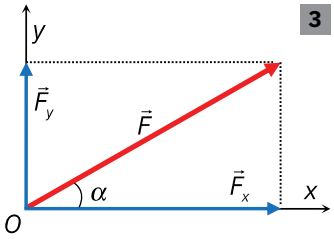
# Descompunerea unei forțe după două direcții reciproc perpendiculare

## Observ

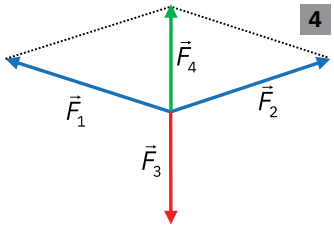
1

2

- În imaginea 1, un om trage o sanie prin intermediul unui fir. Cu ce forță apasă sania pe zăpadă? Adâncimea urmelor lăsate de încălțămintea omului sunt mai adânci atunci când acesta trage sania decât atunci când merge fără sanie. Reprezintă în caiet forțele care acționează asupra saniei și asupra omului, atunci când omul trage sania.
- În imaginea 2, un tânăr se află în mișcare pe cablul unei tiroliene. Ce forțe se exercită în cablu? Forța din cablu este mai mare decât forța exercitată de frânghia de care este suspendat băiatul? Reprezintă aceste forțe și compară-le.



3



4

**Concluzii**

- În imaginea 1, forța exercitată de firul legat de sanie se poate înlocui cu două forțe ce acționează pe direcția de mișcare a saniei, respectiv pe o direcție perpendiculară pe aceasta (imaginea 3).
- Forțele de tensiune exercitate în cablul de la tirioliană ($F_1$ și $F_2$) sunt mai mari decât tensiunea din cablul de susținere al băiatului ($F_3$) (imaginea 4).

## Experimentez

### 1. Determinarea modului în care se descompune tensiunea dintr-un fir

**Materiale necesare:** doi scripeți ficși, sfoară, cârlige cu discuri de mase cunoscute, raportor.

**Modul de lucru**

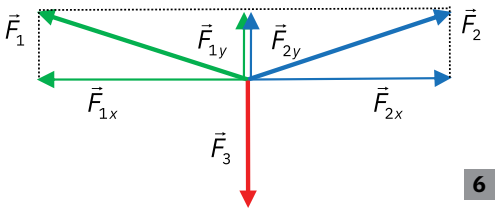
- Realizează un montaj similar celui din imaginea 5, astfel încât unghiul dintre fire să fie de 120°. Măsoară unghiul dintre fire ($\alpha$ = 120°) și măsoară greutățile cârligelor cu discuri ($G_1$, $G_2$, $G_3$).
- Descompune fiecare dintre tensiunile din cele două fire care fac între ele unghiul $\alpha$.
- Compară greutățile și găsește o relație între greutăți și tensiunile din fire, apoi găsește relații de legătură între componentele tensiunilor.

5

**Concluzie**

Descompunerea celor două tensiuni pe direcția orizontală $Ox$ și direcția verticală $Oy$ este prezentată în figura 6. Tensiunile din fire ($F_1$ și $F_2$) sunt egale cu greutățile corpurilor suspendate la capetele lor.

Între componentele tensiunilor există relațiile $F_{1x} = F_{2x}$ și $F_{1y} + F_{2y} = F_3$.



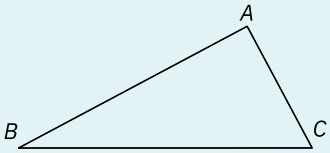
6

**Știai că?**

Hamacul este format din mai multe bucăți de pânză sau dintr-o împletitură din sfoară subțire, întinsă cu cabluri între două puncte ferme de ancorare, cum ar fi copaci sau stâlpi.

*Greutatea* persoanei care stă în hamac se descompune în mai multe componente, de-a lungul părților din hamac, și astfel forța de apăsare asupra materialului din care este făcut hamacul devine mai mică și permite susținerea persoanei.

## Știai că?




Într-un triunghi dreptunghic, rapoartele între catete și ipotenuză depind doar de unghiul corespunzător și sunt utilizate pentru ușurarea calculelor necesare în astfel de triunghiuri. Aceste rapoarte se numesc:

- *sinus*, definit ca fiind raportul dintre cateta opusă unghiului și ipotenuză ($\sin B = \frac{AC}{BC}$);
- *cosinus*, definit ca fiind raportul dintre cateta alăturată și ipotenuză ($\cos B = \frac{AB}{BC}$).

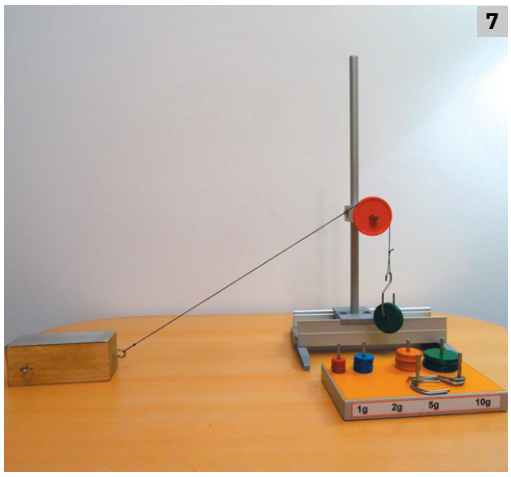
| $\alpha$ | $\sin\alpha$ | $\cos\alpha$ |
|---|---|---|
| 0° | 0 | 1 |
| 30° | $\frac{1}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ |
| 45° | $\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{\sqrt{2}}{2}$ |
| 60° | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ | $\frac{1}{2}$ |
| 90° | 1 | 0 |
| 180° | 0 | – 1 |

## 2. Observarea deplasării unui corp în funcție de tensiunea din firul de care este prins

**Materiale necesare:** corp paralelipipedic din lemn, scripete fix, sfoară, cârlig cu discuri de mase cunoscute, raportor.

**Modul de lucru**

- Realizează un montaj ca în imaginea 7.
- Pune discuri pe cârlig astfel încât corpul paralelipipedic să înceapă să alunece pe masa de lucru. Notează masa totală agățată de fir și unghiul dintre fir și marginea verticală a corpului paralelipipedic.
- Repetă măsurătorile pentru diferite unghiuri între fir și orizontală. Înregistrează valorile obținute într-un tabel similar celui de mai jos.
- Analizează rezultatele experimentului și găsește pentru ce unghiuri făcute de fir cu verticala este mai mare masa agățată de fir, necesară pentru a deplasa corpul.



7

| Nr. det. | $m$ (g) | $\beta$ (°) |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |

**Concluzie**

Corpul paralelipipedic se deplasează dacă $T_x$, componenta orizontală a forței de tensiune, este mai mare sau cel puțin egală cu forța de frecare la alunecare. În momentul deplasării corpului, tensiunea din fir este egală cu greutatea corpurilor agățate de fir. Masa corpurilor agățate de fir, necesară pentru deplasarea corpului paralelipipedic, este mai mică atunci când unghiul făcut de fir cu verticala este mai mare.

## Rețin

Dacă forțele ce acționează asupra unui corp nu sunt pe direcția pe care corpul se mișcă sau pe o direcție perpendiculară pe cea a mișcării, atunci forțele respective se descompun pe cele două direcții. Pentru descompunerea forței pe două direcții perpendiculare, ne folosim de regula paralelogramului.

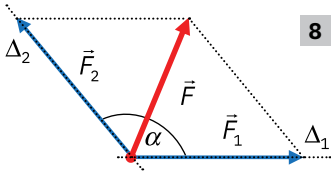
### Descompunerea unei forțe pe două direcții perpendiculare

Din vârful forței date $\vec{F}$ se duc perpendiculare pe cele două direcții (figura 3, pag. 49). Componentele forței pe cele două direcții perpendiculare vor fi forțele $\vec{F}_x$ și $\vec{F}_y$, obținute unind originea forței cu punctele de intersecție ale perpendicularelor construite anterior (componentele sunt laturile dreptunghiului a cărui diagonală este forța $\vec{F}$). Între forța $\vec{F}$ și componentele sale, $\vec{F}_x$ și $\vec{F}_y$, pe cele două direcții perpendiculare se scriu relațiile: $\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y$, $F^2 = F_x^2 + F_y^2$.

### Descompunerea unei forțe după două direcții date (care nu sunt perpendiculare)

Prin vârful forței $\vec{F}$ se duc paralele la cele două direcții $\Delta_1$ și $\Delta_2$. Componentele forței vor fi forțele $\vec{F}_1$ și $\vec{F}_2$, determinate pe cele două direcții, egale în modul cu laturile paralelogramului a cărui diagonală este $\vec{F}$.

Între forța $\vec{F}$ și componentele sale, $\vec{F}_1$ și $\vec{F}_2$, pe cele două direcții (care nu sunt perpendiculare), se scriu relațiile $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$, $F^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha$.



8

## Aplic

► O ladă este trasă pe o suprafață orizontală cu viteză constantă, prin intermediul unui fir care face cu orizontala un unghi $\alpha = 45°$. Reprezintă forțele ce acționează asupra lăzii și descompune forța care trage de ladă pe direcția mișcării și pe o direcție perpendiculară pe aceasta.

# Fenomene și proprietăți mecanice întâlnite în sporturi

## Principiul inerției

Curlingul este un joc sportiv pe echipe, practicat pe o suprafață de gheață (imaginea 1). Concurenții a două echipe lansează, pe rând, pe suprafața gheții, pietre speciale din granit în direcția țintei, numită *casă*. Jocul este originar din Scoția, din prima jumătate a secolului al XVI-lea, când se juca pe iazuri înghețate, utilizând pietre simple.

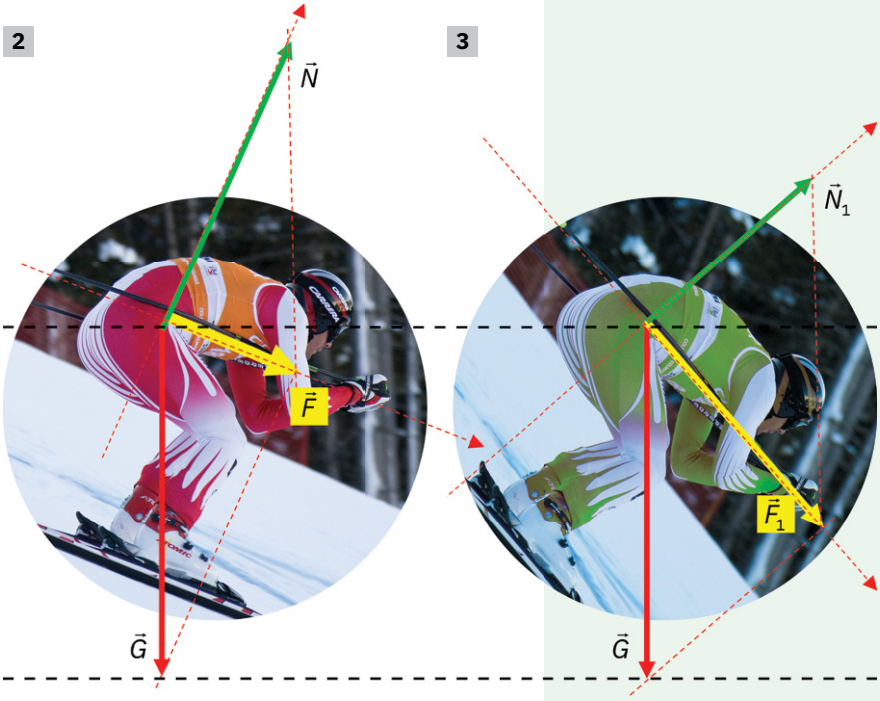
Curlingul a fost inclus pentru prima oară pe lista sporturilor olimpice la Chamonix, în 1924. Ca disciplină olimpică modernă, a fost repus în drepturi la Nagano, în 1998. Pietrele din granit sunt masive, au aproximativ 20 de kilograme și sunt foarte bine șlefuite. Deși aceste pietre se deplasează cu viteze mici, pot ajunge la distanțe mari față de locul lansării (aproximativ 30-40 de metri). Odată lansată, piatra de curling *își continuă mișcarea datorită inerției*, până când *forța de frecare*, foarte mică în această situație, o oprește.

1

## Principiul fundamental al mecanicii clasice

În imaginile 2 și 3 sunt figurate forțele ce acționează asupra a doi schiori cu mase aproximativ egale, aflați în mișcare pe pante acoperite cu zăpadă, de înclinări diferite. Frecările pot fi considerate neglijabile. S-a observat că schiorii ating viteze mari atunci când coboară pe pante cât mai înclinate. *Variațiile (creșterile) vitezelor* celor doi schiori raportate la *același interval de timp* sunt *diferite*. Cel de pe panta mai înclinată are cea mai mare accelerație. Deși greutatea sportivilor este aproximativ aceeași, *rezultanta tuturor forțelor diferă* de la un sportiv la altul. Forța rezultantă ce acționează asupra schiorilor este: $\vec{F} = m\vec{a} = \vec{G} + \vec{N}$, respectiv $\vec{F}_1 = m\vec{a}_1 = \vec{G} + \vec{N}_1$. Relația de tipul $\vec{F} = m\vec{a}$ reprezintă expresia matematică a principiului fundamental al mecanicii clasice, unde $\vec{F}$ reprezintă *rezultanta tuturor forțelor* care acționează asupra corpului dat.

2 3




## Principiul acțiunii și reacțiunii

În imaginile 4-6 sunt prezentate mobile a căror deplasare poate fi explicată cu ajutorul principiului acțiunii și reacțiunii.

Pentru a deplasa caiacul, sportivul împinge cu padela apa, care la rândul ei reacționează și împinge padela. Padela este ținută de sportivul aflat în caiac și determină în aceste condiții deplasarea sportivului cu ambarcațiunea. Sportivul este menținut în repaus față de caiac datorită forței de frecare statice dintre tălpi și suprafața interioară a ambarcațiunii.

*JetPack*-ul folosit azi de astronauți are la bază „rucsacul zburător“ inventat de românul Justin Capră în 1958. *JetPack*-ul este un dispozitiv fixat pe spatele unei persoane și utilizează jeturi de gaz sau lichid pentru a propulsa omul prin aer (imaginea 5). Această deplasare este explicată prin acțiunea reciprocă dintre fluidul ejectat și dispozitivul fixat de om.

*Flyboard*-ul este un dispozitiv care se atașează la o ambarcațiune (imaginea 6). Pilotul de pe *flyboard* este fixat cu legături de acesta și propulsat de jeturi de apă aruncate sub dispozitiv. Jeturile de apă trimise în jos permit ridicarea dispozitivului, conform principiului acțiunii și reacțiunii.

4

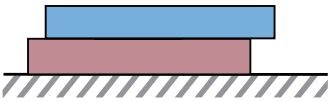
5

6

# Probleme

**1.** Reprezintă la scară vectorii corespunzători forțelor: $F_1$ = 24 N; $F_2$ = 1,2 N; $F_3$ = 450 N.

1



**2.** În imaginea 1 sunt reprezentate două cărți așezate pe masă. Figurează forțele care acționează asupra cărții aflate în contact cu masa.

**3.** Un cub din aluminiu, $\rho$ = 2,7 g/cm³, are latura $\ell$ = 10 cm. Calculează greutatea cubului.

**4.** Un resort elastic cu lungimea inițială (nedeformat) $\ell_0$ = 12 cm se alungește sub acțiunea unei forțe deformatoare cu $\Delta\ell$ = 4 cm. Știind constanta de elasticitate a resortului $k$ = 40 N/m, calculează lungimea resortului alungit și valoarea forței elastice din resort.

2

**5.** Reprezintă forțele care acționează asupra paralelipipedului din imaginea 2 și asupra scândurii, atunci când paralelipipedul începe să alunece.

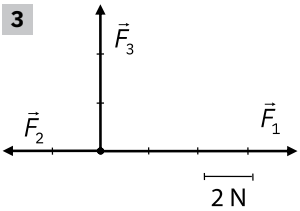
**6.** Consideră că masa scândurii de la problema 5 este $m_1$ = 130 g, iar masa paralelipipedului $m_2$ = 100 g. Știind că forța de frecare la alunecare între scândură și masa de lucru este 40% din forța de apăsare normală asupra mesei, calculează valoarea forței de frecare la alunecare.

**7.** Între ce valori poate fi cuprinsă rezultanta forțelor concurente $F_1$ = 10 N și $F_2$ = 6 N?

**8.** Poate fi rezultanta a două forțe concurente nulă? Exemplifică.

**9.** Trei forțe coplanare și concurente au modulele egale, iar unghiul dintre direcțiile oricăror două forțe este $\alpha$ = 120°. Reprezintă grafic forțele și determină rezultanta lor.

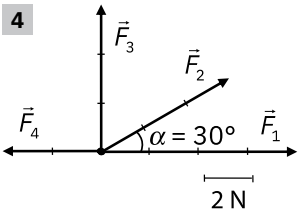
3




**10.** Valorile minimă și maximă ale rezultantei a două forțe concurente sunt $F_{min}$ = 1 N, respectiv $F_{max}$ = 7 N. Ce valoare are rezultanta lor când unghiul dintre direcțiile lor este $\alpha$ = 90°?

**11.** Compune forțele concurente $F_1$ = 8 N, $F_2$ = 4 N și $F_3$ = 6 N, a căror reprezentare grafică este redată în figura 3.

4

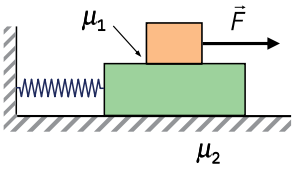



**12.** Compune prin regula poligonului forțele reprezentate în figura 4.

**13.** Componentele unei forțe pe două direcții perpendiculare sunt $F_x$ = 1,5 N și $F_y$ = 2 N. Calculează valoarea forței.

**14.** Un pescar vâslește cu viteza $v_1$ = 1 m/s, menținând barca perpendicular pe malurile unui râu care curge cu viteza $v_2$ = 0,75 m/s. Calculează viteza bărcii față de mal. Dacă lățimea râului este $\ell$ = 30 m, calculează distanța pe care este deplasată barca pescarului în aval (în sensul de curgere al râului și în timpul în care pescarul traversează râul). Consideră că viteza apei este aceeași pe toată lățimea râului.

5




**15.** În compartimentul pentru bagaje al trenului este fixat un resort orizontal de constantă elastică $k$ = 500 N/m, care menține în repaus un cufăr de masă $M$ = 10 kg (figura 5). Când trenul stă, Robert pune deasupra cufărului un geamantan de masă $m$ = 20 kg și apoi trage de geamantan cu diferite valori ale forței $\vec{F}$, pentru a vedea când se deplasează geamantanul sau cufărul. Dacă acționează cu forțe mai mici de 60 N, nu se deplasează nici geamantanul, nici cufărul. Dacă acționează cu forțe mai mari de 60 N, dar mai mici de 80 N, cufărul alunecă pe podeaua trenului, dar geamantanul nu alunecă pe suprafața cufărului. Acționând asupra geamantanului cu forțe mai mari de 80 N, geamantanul alunecă pe suprafața cufărului.

**a.** Determină valorile coeficientului de frecare la alunecare dintre cufăr și podea, cât și a coeficientului de frecare dintre geamantan și cufăr.

**b.** Calculează alungirea maximă a resortului în timp ce Robert acționează asupra geamantanului.

# Test de evaluare

Punctaje:
I. 1 punct
II. 1,5 puncte (3 × 0,5 p)
III. 2 puncte (4 × 0,5 p)
IV. 1,5 puncte (3 × 0,5 p)
V. 1 punct
VI. 2 puncte (2 × 1 p)

Se acordă 1 punct din oficiu.
Timp de lucru: 50 min.

**I. Completează spațiile libere astfel încât enunțurile să fie corecte:**

Efectul dinamic se manifestă prin ..... stării de mișcare a corpurilor ce ..... . Forța este mărime fizică definită prin punct de aplicație, ....., ....., valoare numerică și unitate de măsură. Forța elastică are sens opus forței ..... . Forța de frecare la alunecare este direct proporțională cu forța ..... exercitată pe suprafața de contact.

**II. Pentru întrebările următoare, doar unul dintre răspunsuri este corect. Încercuiește litera corespunzătoare răspunsului corect.**

1. Valoarea minimă a rezultantei forțelor concurente $F_1$ = 8 N și $F_2$ = 6 N este:
   **a.** 2 N; **b.** 7 N; **c.** 10 N; **d.** 14 N.
2. Newtonul se poate exprima, în funcție de unități din SI, prin relația:
   **a.** $N = \frac{kg \cdot m}{s}$; **b.** $N = \frac{kg \cdot m}{s^2}$; **c.** $N = \frac{kg \cdot m^2}{s^2}$; **d.** $N = \frac{kg \cdot m}{s^3}$.
3. Relația matematică pentru forța elastică, pentru un resort alungit, este:
   **a.** $F_e = -k(\ell - \ell_0)$; **b.** $F_e = k(\ell - \ell_0)$; **c.** $F_e = k\ell_0$; **d.** $F_e = k\ell$.

**III. Stabilește care dintre afirmațiile următoare sunt adevărate (A) și care sunt false (F). Reformulează afirmațiile false pentru a deveni adevărate.**

a. Forțele concurente sunt forțele care au același punct de aplicație sau ale căror direcții se intersectează.

b. Forțele de greutate a două corpuri aflate în locuri diferite pe suprafața Pământului pot să fie perpendiculare.

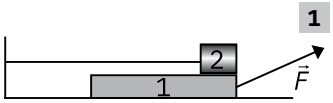
c. Forța elastică este direct proporțională cu deformarea și are sens opus forței deformatoare.

d. Conform principiului acțiunilor reciproce între acțiune ($\vec{F}_1$) și reacțiune ($\vec{F}_2$) se poate scrie relația: $\vec{F}_1 = \vec{F}_2$.

**IV. Răspunde la următoarele cerințe:**

1. Ce sunt mărimile scalare? Dă câteva exemple.
2. De cine și cum depinde rezultanta a două forțe concurente?
3. Ce este greutatea? Scrie relația matematică a acesteia. Care este deosebirea dintre masă și greutate?

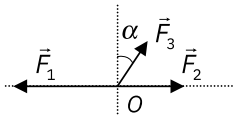
**V. Reprezintă forțele ce acționează asupra corpului 1 din figura 1, când acesta se mișcă uniform.**



1

**VI. Rezolvă următoarele probleme:**

1. Compune forțele concurente: $F_1$ = 12 N, $F_2$ = 7 N și $F_3$ = 5 N, ale căror direcții sunt reprezentate în figura 2 ($\alpha$ = 30°).



2

2. Un pescar dorește să traverseze un râu pe drumul cel mai scurt. El vâslește cu viteza $v$ = 1 m/s față de apă, iar viteza râului este constantă pe toată lățimea lui și are valoarea $v_a$ = 0,5 m/s. Determină unghiul sub care pescarul trebuie să orienteze barca față de mal în timpul traversării râului și viteza bărcii față de mal în acest caz.

## Fișă de observare sistematică

La finalul acestei unități, știu ...

| | DA | NU |
|---|---|---|
| • să formulez cu cuvintele mele răspunsuri la întrebări | | |
| • să completez spațiile libere dintr-un enunț | | |
| • să stabilesc corespondențe între afirmații | | |
| • să rezolv probleme | | |
| • să experimentez lucruri noi | | |
| • să scriu texte explicative referitoare la o temă dată | | |

# U3 Fenomene mecanice. Lucrul mecanic. Energie


| | | |
|---|---|---|
| Lecția 1 | 56 | Lucrul mecanic efectuat de forțe constante. Unitate de măsură |
| Lecția 2 | 59 | Puterea mecanică. Unități de măsură ale puterii. Randamentul |
| Lecția 3 | 62 | Energia cinetică |
| Lecția 4 | 64 | Energia potențială gravitațională |
| Lecția 5 | 66 | *Extindere: Energia potențială elastică* |
| Lecția 6 | 68 | Energia mecanică |
| Lecția 7 | 70 | Conservarea energiei mecanice |
| Lecția 8 | 72 | *Extindere: Metode de conversie a energiei mecanice* |
| Fizică aplicată | 75 | Un șantier plin de... energie |
| Probleme | 76 | |
| Test de evaluare | 77 | |

**În acest capitol vei descoperi ce este energia mecanică, de câte feluri este și cum se transformă între ele diferitele tipuri de energie mecanică. De asemenea, vei afla și despre posibilitatea de transformare a energiei mecanice în alte tipuri de energie și invers.**

# Lucrul mecanic efectuat de forțe constante. Unitate de măsură

## Știu deja

Vectorul forță $\vec{F}$ se poate descompune pe două direcții perpendiculare: axa mișcării, *Ox*, și axa perpendiculară pe direcția mișcării, *Oy*, componentele sale fiind $\vec{F}_x$ și $\vec{F}_y$.
Între vectorul forță și componentele sale există relațiile: $\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y$; $F^2 = F_x^2 + F_y^2$; $F_x = F \cdot \cos\alpha$; $F_y = F \cdot \sin\alpha$.

## Observ

► Urmărește imaginile 1-6 și identifică forțele utilizate pentru funcționarea sistemului fizic prezentat (tractor, macara, generator eolian) sau forțele exercitate de către cal și de către oameni. Care este scopul urmărit în fiecare proces prezentat în cele șase imagini? Cine depune efort în fiecare situație prezentată? Când este acest efort mai mare? Dar mai mic?

1

2

3

4

5

6

**Concluzii**

- Tractorul acționează, prin intermediul plugului, cu forțe de apăsare asupra solului pentru a săpa brazde. Tractorul depune un efort mai mare sau mai mic, în funcție de tipul solului și de lungimea brazdei. (1)
- Macaraua acționează cu anumite forțe asupra corpurilor grele pentru a le ridica. Efortul depus de macara este cu atât mai mare cu cât asupra corpurilor ridicate acționează o greutate mai mare și cu cât sunt ridicate la înălțimi mai mari. (2)
- Calul acționează cu o forță pentru deplasarea căruței cu fân. Efortul depus de cal este cu atât mai mare cu cât căruța este mai grea și cu cât distanța pe care este transportată este mai mare. (3)
- Aerul în mișcare acționează asupra elicelor generatoarelor eoliene și le pune în mișcare. Pentru deplasarea elicelor, este necesar un efort cu atât mai mare cu cât elicele sunt mai grele și cu cât deplasarea acestora este mai rapidă. (4)
- Oamenii acționează cu forțe asupra uneltelor de săpat, pentru a putea planta copaci. Efortul depus este cu atât mai mare cu cât adâncimea gropii necesare plantării copacului este mai mare și cu cât solul este mai dur. (5)
- Când urcă scările, un om trebuie să acționeze cu anumite forțe pentru ridicarea corpului. Efortul depus de om este cu atât mai mare cu cât greutatea care acționează asupra sa este mai mare și cu cât înălțimea la care urcă este mai mare. (6)

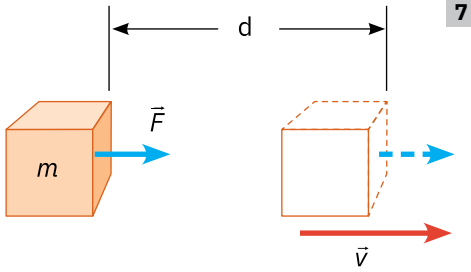
## Experimentez

### Determinarea efortului depus pentru deplasarea unui cărucior

**Materiale necesare:** cărucior greu cu cârlig, sfoară, dinamometru, raportor, riglă, coală de hârtie, carton, bandă adezivă, lipici.

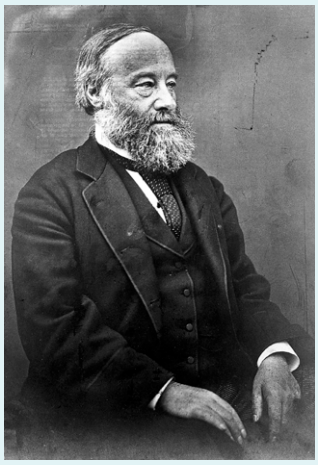
**Modul de lucru**

- Leagă un capăt al sforii de cârligul fixat de cărucior și celălalt capăt de cârligul dinamometrului. Taie o bucată de carton și



7

## Știai că?



**James Prescott Joule** (1818-1889) a fost un fizician englez autodidact. A devenit celebru datorită unei experiențe pe care a efectuat-o în anul 1842 și care avea drept scop determinarea echivalentului mecanic al caloriei. Prin această experiență, Joule a verificat principiul conservării și transformării energiei. Unitatea de măsură pentru energie și lucru mecanic în Sistemul Internațional de unități îi poartă numele.

lipește-o de cărucior lângă cârlig, astfel încât să se poată marca măsura unghiului făcut de fir cu orizontala. Lipește coala de hârtie pe masa de lucru orizontală, utilizând bandă adezivă. Fixează o poziție inițială a căruciorului, cât și o poziție finală în care vei aduce căruciorul. Trasează pe coala de hârtie cele două poziții alese.

- Trage de dinamometru cu o forță orizontală, astfel încât să deplasezi căruciorul rectiliniu și uniform între cele două poziții (imaginea 7). Măsoară distanța parcursă de corp și forța indicată de dinamometru. În aceste condiții, asupra căruciorului acționează forțe de frecare cu aerul ($F_f$) constante.
- Trage de cărucior cu o forță orizontală mai mare și deplasează căruciorul pe aceeași distanță, apoi notează datele în tabel. Trage de cărucior cu forțe de aceleași valori ca în cazurile anterioare, dar deplasează căruciorul pe distanțe mai mari; notează datele în tabel.
- Repetă experimentul, trăgând de cărucior sub diferite unghiuri față de orizontală. Măsoară unghiul dintre fir și suprafața orizontală a mesei de lucru ($\alpha$). Pentru aceasta, marchează pe bucățica de carton atașată căruciorului direcția firului, apoi utilizează un raportor. Notează datele experimentale într-un tabel de tipul celui de mai jos.

| Nr. det. | $F$ (N) | $d$ (m) | $\alpha$ (°) | cos $\alpha$ | $F_x = F \cdot \cos\alpha$ | $F_x \cdot d$ (N) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | 0 | | | |
| 2. | | | 30 | | | |
| 3. | | | 45 | | | |

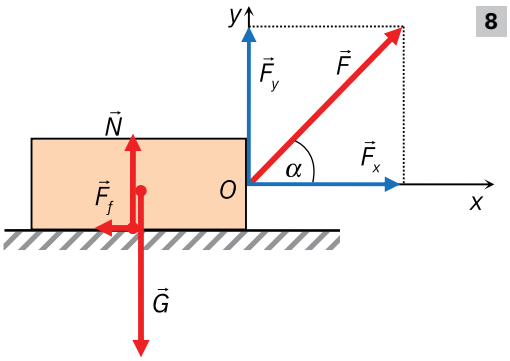
**Prelucrarea datelor experimentale**

- Calculează valoarea componentei forței $\vec{F}$ pe direcția mișcării $Ox$: $F_x = F \cdot \cos\alpha$. Analizează valorile obținute în tabel.
- Pentru ce unghi componenta $F_x$ are modulul mai mic, respectiv mai mare (imaginea 8)? În ce caz produsul din ultima coloană a tabelului are valoarea cea mai mare? Dar cea mai mică? În care caz efortul depus pentru deplasarea corpului este mai mare?

**Concluzii**

Modulul componentei $\vec{F}_x$ este cu atât mai mic în raport cu valoarea forței $\vec{F}$ cu cât unghiul dintre forță și direcția mișcării ($\alpha$) este mai mare. Efortul depus pentru deplasarea corpului este mai mare atunci când:

- forța are modulul mai mare;
- distanța parcursă este mai mare;
- unghiul dintre vectorul forță și deplasare este mai mare.



8

Se poate observa că produsul $F_x \cdot d$ dă indicații referitoare la efortul depus de către forța $\vec{F}$ pentru deplasarea căruciorului.

## Reține

**Lucrul mecanic** este mărimea fizică scalară ce caracterizează efortul depus de o forță pentru deplasarea unui corp. Lucrul mecanic al unei forțe constante este egal cu produsul dintre modulul componentei pe direcția mișcării a forței ce acționează asupra corpului și distanța parcursă de corp în timpul acestei acțiuni: $L = F_x \cdot d = F \cdot \cos\alpha \cdot d$.

Unitatea de măsură a lucrului mecanic este: $[L]_{SI}$ = J (*Joule*). **Un joule** reprezintă lucrul mecanic efectuat de o forță de 1 newton pentru deplasarea unui corp pe direcția și în sensul forței, pe o distanță de 1 metru: 1 J = 1 N · 1 m.

**Observații importante**

1. Lucrul mecanic al unei forțe este pozitiv dacă forța ajută la deplasarea corpului. Aceasta se întâmplă în cazul în care componenta vectorului forță pe direcția mișcării are sensul mișcării corpului. Forța al cărei lucru mecanic este pozitiv se numește **forță motoare**; de exemplu, forța de tracțiune exercitată de motorul unui vehicul.

## Proiect

### Forțele și lucrul mecanic

**Scopul proiectului**
Identificarea forțelor de orice natură (mecanică, electrică, magnetică etc.) care pot produce lucru mecanic motor sau rezistent și condițiile necesare producerii lucrului mecanic. Găsirea cazurilor particulare în care unele forțe nu produc lucru mecanic. Tema poate fi realizată individual sau în echipă.

**De ce vei/veți face?**
Vei/veți învăța despre efortul depus prin acțiunea forțelor asupra unui corp și natura acestui efort (motor, rezistent sau nul).

**Cum vei/veți face?**
1. Vei/veți consulta site-uri de internet precum wikipedia sau alte surse de informații.
2. Vei/veți stabili ce informații sunt relevante pentru proiectul vostru.
3. Vei/veți prezenta tipurile de forțe analizate și natura lucrului mecanic ce poate fi produs în anumite condiții.

**Cum vei/veți prezenta proiectul colegilor?**
Vei/veți realiza o prezentare powerpoint cu text și imagini.

**Cum se evaluează proiectul?**
Au înțeles colegii din celelalte echipe informațiile pe care le-ați prezentat? Cere/cereți să vi se acorde calificative, să vă pună întrebări și să vă facă sugestii.

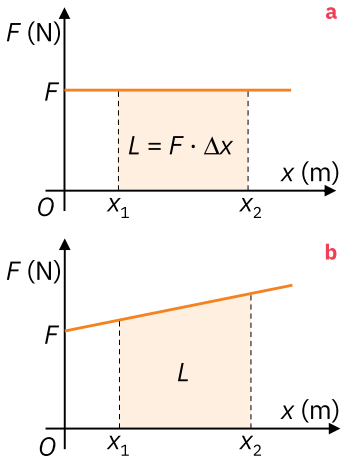
**Știai că?**

**Gaspard-Gustave Coriolis** (1792-1843), matematician, fizician, inginer francez, a devenit celebru mai ales pentru descoperirea și cercetarea a ceea ce mai târziu va fi denumit *efectul Coriolis*. Forța Coriolis este o forță de inerție, care acționează asupra unui corp când acesta este situat într-un sistem de referință aflat în mișcare de rotație.
Este primul care a utilizat termenul de *lucru al unei forțe*, într-un articol scris în 1826 și apoi în cartea *Du calcul de l'effet des machines*, apărută în 1829. Înainte de Coriolis, Nicolas Carnot se referea la acest concept numindu-l *putere motrice*. Denumirea de *lucru mecanic* a fost introdusă de Jean-Victor Poncelet.

2. Lucrul mecanic al unei forțe este negativ dacă forța se opune deplasării corpului. Aceasta se întâmplă în cazul în care componenta vectorului forță pe direcția mișcării are sens opus mișcării corpului. Forța al cărei lucru mecanic este negativ se numește **forță rezistentă**; de exemplu, forța de frecare la alunecare.
3. Lucrul mecanic al unei forțe este nul dacă forța nici nu ajută la deplasarea corpului, nici nu se opune deplasării. Aceasta se întâmplă în cazul în care vectorul forță este perpendicular pe direcția mișcării corpului. Normala este un exemplu de forță al cărei lucru mecanic este nul, atunci când deplasarea corpului este în lungul suprafeței.
4. **Lucrul mecanic total** al forțelor ce acționează asupra unui corp este egal cu suma lucrurilor mecanice efectuate de fiecare forță ce acționează asupra corpului: $L_{total} = L_1 + L_2 + ... L_n$. Lucrul mecanic total reprezintă lucrul mecanic al forței rezultante ce acționează asupra corpului.

Dacă asupra unui corp acționează o forță constantă $\vec{F}$, care deplasează corpul pe direcția forței *Ox*, graficul modulului forței în funcție de coordonata *x* este o dreaptă. Se observă în figura **a** că aria dreptunghiului format între graficul forței și axa *Ox* reprezintă lucrul mecanic efectuat de forță între coordonatele $x_1$ și $x_2$. Această observație se poate generaliza pentru orice formă a graficului ce reprezintă variația modulului forței, în funcție de deplasarea pe direcția forței (figura **b**).

Lucrul mecanic efectuat de o forță cu modul variabil, care își păstrează direcția și sensul neschimbate, este egal cu aria figurii dintre graficul modulului forței $\vec{F}$ și axa coordonatei *x*, limitată de coordonatele $x_1$ și $x_2$, între care se deplasează corpul.




## Aplic

1. Un om se grăbește să ajungă la casieria unui magazin înainte de închidere. El se deplasează cu viteză constantă pe o direcție orizontală și rectilinie, împingând căruciorul cu o forță constantă și orizontală de modul $F = 5$ N. Știind că omul a deplasat căruciorul pe distanța $d = 4$ m și că masa căruciorului este $m = 5$ kg, reprezintă grafic forțele ce acționează asupra căruciorului, apoi calculează modulele acestor forțe. Calculează lucrul mecanic al fiecărei forțe ce acționează asupra căruciorului în timpul deplasării acestuia. Determină lucrul mecanic total efectuat asupra căruciorului în timpul deplasării considerate și analizează rezultatul, formulând o concluzie. Consideră că accelerația gravitațională are valoarea: $g \simeq 9{,}8$ N/kg.

2. Un corp paralelipipedic (un pachet de șervețele sau o gumă de șters) este lăsat să coboare, de la o înălțime $h = 1$ m, întâi pe verticală, apoi pe un plan înclinat de lungime $\ell = AC$ și unghi $\alpha = 30°$. După aceea, corpul este lansat de la sol la înălțimea *h*, atât pe verticală, cât și pe planul înclinat.
   a. Cunoscând masa corpului $m = 200$ g și accelerația gravitațională $g \simeq 9{,}8$ N/kg, calculează lucrul mecanic efectuat de greutatea corpului în timpul coborârii de la înălțimea *h*, atât pe verticală, cât și pe planul înclinat.
   b. Calculează lucrul mecanic efectuat de greutatea corpului în timpul urcării de la sol la înălțimea *h*, atât pe verticală, cât și pe planul înclinat.

# Puterea mecanică. Unități de măsură ale puterii. Randamentul

## A. Puterea mecanică. Unități de măsură ale puterii

### Observ

▶ Analizează imaginile 1-6 și identifică ce forță efectuează un lucru mecanic și în ce scop. În situațiile prezentate în cele șase imagini are importanță timpul în care este efectuat lucrul mecanic? Discută cu colegii și profesorul, apoi notează în caiet observațiile și concluziile.

1

2

3

4

5

6

**Concluzie**

▷ În imaginea 1, forța de tracțiune a omului efectuează un lucru mecanic asupra halterei, pentru a o ridica, în scopul de a-și solicita mușchii. Este important ca ridicarea halterei să se producă într-un timp cât mai scurt. Cu cât efortul depus de om este mai mare, iar timpul în care îl produce este mai scurt, cu atât este omul mai puternic. Similar, în imaginea 2 copilul care merge cu trotineta depune un efort într-un timp mai scurt și o întrece pe fată. Forțele exercitate de picioarele tinerilor din imaginea 3 efectuează lucru mecanic pentru urcarea scărilor, iar cel care depune efort mai rapid și ajunge primul la capătul scărilor este considerat mai puternic decât ceilalți. Caii din imaginea 4 depun efort pentru săritură și deplasare, iar cel mai rapid câștigă cursa. Păsările din imaginea 5 depun efort pentru a zbura cât mai rapid către sursa de hrană. Pasărea care depune efortul în cel mai scurt timp ajunge prima la țintă; aceasta va impune respect celorlalte păsări și va fi considerată cea mai puternică. Mașinile aflate în cursă au motoare ce funcționează diferit (imaginea 6). Mașina care are motorul cel mai puternic are cele mai mari șanse de a câștiga cursa.

### Experimentez

#### Observarea funcționării unei moriști de vânt, în funcție de puterea curentului de aer

**Materiale necesare:** un pătrat de hârtie cu latura de 10-12 centimetri sau un hexagon din hârtie; un băț din lemn (bățul de la vata pe băț sau o țepușă pentru frigărui); un bold; un distanțier (o mărgică sau un mic sul de hârtie rulată); o foarfecă.

**Modul de lucru**

- Taie hârtia de-a lungul diagonalelor pătratului sau hexagonului, dar lasă un spațiu de aproximativ 0,5 centimetri față de centru. Înțeapă pe rând cu boldul colțurile bucăților de hârtie (patru pentru pătrat, șase pentru hexagon). În final, înțeapă centrul bucății de hârtie. Fixează morișca de băț prin intermediul unei mărgele sau a unui alt distanțier astfel încât palele moriștii să nu se lovească de băț.

**Portofoliu**

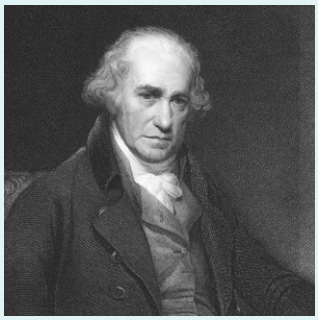
Realizează un referat pe tema „Mori de vânt și mori de apă în România“. Documentează-te utilizând site-uri de internet precum wikipedia sau alte surse de informații și identifică zonele din România unde s-au folosit mori de vânt sau mori de apă. În cadrul referatului răspunde la următoarele întrebări:

- În ce zone geografice au fost utilizate mori de vânt sau de apă?
- În ce scop erau utilizate aceste mori?
- Care este principiul de funcționare al unei mori de vânt, respectiv de apă?
- Se mai folosesc astfel de mori la ora actuală?
- Ce alte sisteme utilizate în ziua de astăzi funcționează pe același principiu fizic?

*Adună toate materialele pe care le realizezi pentru Portofoliu într-o mapă.*

## Știai că?

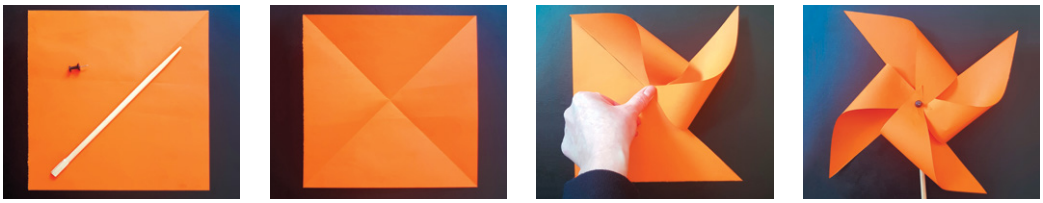
Noțiunea de *cal-putere (CP)* a fost introdusă de inventatorul scoțian James Watt. În sistemul metric, 1 cal-putere reprezintă puterea dezvoltată pentru a ridica un corp cu masa de 75 de kilograme la înălțimea de un metru, în timp de o secundă: 1 CP ≈ 735,5 W ≈ 736 W.



**James Watt** (1736-1819) a fost un inventator și inginer scoțian, care a adus îmbunătățiri funcționării mașinii cu abur concepută de Thomas Newcomen. Watt a fost inventatorul și deținătorul de patent al locomotivei cu abur.

## Știai că?

Strungurile modelează bucăți de material prin așchiere. Strungul prelucrează diferite materiale dure (operațiunea se face la viteze mici) sau mai puțin dure (prelucrate la viteze mari). Și în acest caz apare necesitatea unui schimbător de viteze, care să modifice transmiterea de putere de la motor la strung.



Morișcă de vânt din hârtie

- După ce ai realizat câteva moriști de vânt din hârtie, suflă în ele întâi mai încet, apoi mai puternic. Ce observi? Când se rotesc mai repede? Analizează împreună cu colegii funcționarea moriștilor și notează concluziile în caiet. Ce aplicații practice sunt realizate pe baza acestor fenomene?

**Concluzie**

Morișca se învârte cu atât mai repede cu cât aerul este suflat mai rapid către pale, adică atunci când aerul este suflat cu mai multă putere. O aplicație practică a acestor procese este moara de vânt (imaginea 7), folosită pentru măcinatul cerealelor; în prezent, fenomenul este utilizat în funcționarea generatorului eolian. Generatorul eolian (imaginea 8) este foarte important pentru protejarea mediului înconjurător, deoarece este o sursă nepoluantă de energie electrică. În viitorul apropiat, atât generatoarele eoliene, cât și panourile solare (imaginea 9) vor trebui să înlocuiască o parte importantă din sursele de energie poluante (centralele termice care funcționează cu combustibil solid sau lichid, respectiv centralele nucleare).

7

8

9

## Rețin

**Puterea mecanică** este mărimea fizică scalară ce reprezintă lucrul mecanic efectuat în unitatea de timp: $P = \frac{L}{\Delta t}$. În cazul mișcării rectilinii și uniforme a unui autovehicul, puterea mecanică este direct proporțională cu forța de tracțiune și cu viteza acestuia: $P = F \cdot v$. Unitatea de măsură pentru putere este: $[P]_{SI}$ = W (watt).

Un watt reprezintă lucrul mecanic de 1 joule efectuat într-o secundă: $1\,\text{W} = \frac{1\,\text{J}}{1\,\text{s}}$.

## Aplic

Un automobil cu masa de 2 576 kilograme se deplasează rectiliniu și uniform, pe orizontală, cu viteza de 72 Km/h, iar forțele de frecare reprezintă 10% din greutatea automobilului. Consideră că accelerația gravitațională are valoarea $g \approx 10\frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

1. Identifică forțele ce acționează asupra automobilului și calculează modulul fiecăreia.
2. Calculează lucrul mecanic efectuat de forța de tracțiune în timp de o oră.
3. Determină puterea motorului exprimată în W și în CP.
4. Găsește relația de legătură dintre forța de tracțiune a motorului, viteza mașinii și puterea motorului.
5. Pentru o putere constantă a motorului mașinii, în ce situație atinge mașina viteza maximă?

# B. Randamentul

## Observ

Un plan înclinat poate avea foarte multe utilizări practice. Urmărește imaginile 1-4 și identifică, pentru fiecare caz, utilitatea planului înclinat. Discută cu colegii și profesorul, apoi notează concluziile în caiet.

1

2

3

4

**Concluzie**

Planul înclinat este utilizat la: urcarea corpurilor în camion (imaginea 1), deprinderea de a utiliza un skateboard (imaginea 2), ridicarea minereului din mină (imaginea 3), accesul în clădiri al persoanelor cu dizabilități (imaginea 4).

## Rețin

**Randamentul unui dispozitiv** este raportul dintre lucrul mecanic necesar realizării unei acțiuni utile și lucrul mecanic consumat prin intermediul acelui dispozitiv sau raportul dintre puterea utilă și puterea consumată. Randamentul se notează cu litera grecească $\eta$ și se obține prin formula: $\eta = \frac{L_{util}}{L_{consumat}} = \frac{P_{utilă}}{P_{consumată}}$. Randamentul nu are unitate de măsură. Spunem că randamentul este o *mărime fizică adimensională*; valoarea randamentului este pozitivă și subunitară: $0 < \eta < 1$.

**Randamentul la ridicarea uniformă a unui corp pe planul înclinat** este egal cu raportul dintre lucrul mecanic necesar pentru ridicarea uniformă a unui corp pe verticală și lucrul mecanic consumat pentru urcarea uniformă a corpului pe planul înclinat: $\eta = \frac{L_{util}}{L_{consumat}} = \frac{G \cdot h}{F \cdot \ell}$.

## Aplic

O ladă cu materiale de construcție este ridicată uniform pe o rampă, în remorca unui camion. Lada are masa $m$ = 50 kg, înălțimea rampei este $h$ = 60 cm, iar lungimea, de $\ell$ = 2,5 m. Știind că valoarea coeficientului de frecare la alunecare dintre rampă și ladă are valoarea $\mu$ = 0,5, iar accelerația gravitațională se consideră g ≈ 10 N/kg, determină:

**a.** forțele ce acționează asupra lăzii pentru urcarea pe rampă; reprezintă-le apoi într-un desen;
**b.** forța de tracțiune paralelă cu planul înclinat, necesară urcării uniforme a lăzii;
**c.** lucrul mecanic util, necesar urcării uniforme a lăzii pe verticală la înălțimea $h$ = 60 cm;
**d.** lucrul mecanic efectuat de forța de tracțiune pentru a urca lada pe rampă, la înălțimea $h$ = 60 cm;
**e.** randamentul planului înclinat utilizat la urcarea uniformă a lăzii în camion.

### Știai că?

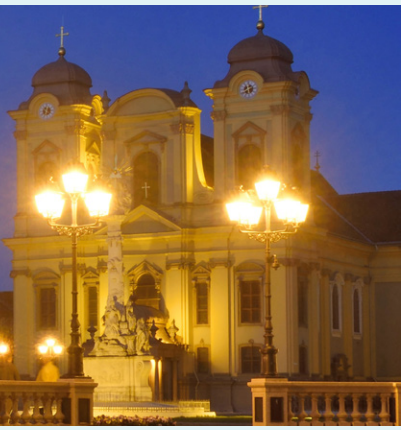
- *Un perpetuum mobile de speța I* ar fi un dispozitiv sau un sistem fizic ce ar funcționa fără să consume energie.
  *Un perpetuum mobile de speța a II-a* ar fi un dispozitiv sau un sistem fizic care ar produce lucru mecanic cu randament de 100%.
  În universul nostru nu există perpetuum mobile de speța I sau perpetuum mobile de speța a II-a.
- Randamentul unor sisteme fizice care produc putere mecanică, consumând putere de alt tip (termică, electrică, chimică) poate avea valori diferite în funcție de natura sistemului fizic:
  - motor termic: 10-50%;
  - motor electric:
    70-99,99% (P > 200 W);
    50-90% (P între 10 W și 200 W);
    30-60% (P < 10 W);
  - mușchii unui om: 14-27%.

# 3 Energia cinetică

## Știai că?

**Energia mecanică** poate fi transformată în energie electrică. Acest lucru se întâmplă în cazul unei hidrocentrale, a unui generator eolian, a unei lanterne ce funcționează dacă se rotește manivela atașată.

Pe baza **energiei termice** se poate obține lucru mecanic, de exemplu, în cazul unui vulcan sau al unui gheizer. Același principiu este folosit la funcționarea motorului cu abur.



**Energia electrică** este produsă de generatoarele care determină funcționarea aparatelor electrice, de exemplu aparatul de radio, frigiderul, becul. În data de 12 noiembrie 1884, Timișoara devenea primul oraș european iluminat electric.

## Observ

În imaginile 1-6 sunt prezentate câteva situații în care se efectuează lucru mecanic. Identifică, pentru fiecare imagine, cine are capacitatea de a efectua lucru mecanic; găsește și alte situații similare. Discută cu colegii și cu profesorul, apoi notează concluziile în caiet.

1

2

3

4

5

6

**Concluzie**

Capacitatea de a efectua lucru mecanic o au: apa ce curge de la înălțime (1); sportiva care lovește mingea cu racheta de tenis (2); copiii și tânăra care sar pe trambulină (3); camionul care transportă automobile (4); sportivul care escaladează un perete în timpul unui antrenament (5); vulcanul care erupe și aruncă lavă în exterior (6).

## Experimentez

### Studierea energiei cinetice a unui iaht terestru

**Materiale necesare:** mașinuțe de jucărie fără motor, bețișoare din lemn de 30-40 de centimetri, folie din plastic sau hârtie subțire, lipici, adeziv, pahare din plastic.

**Modul de lucru**

- Taie din folia de plastic sau din hârtie un dreptunghi cu dimensiunile de aproximativ 20 și, respectiv, 25 de centimetri. Lipește două bețișoare unul de altul, astfel încât să faci litera T, care va reprezenta un catarg. Lipește apoi dreptunghiul din plastic de bețișoare. Fixează de mașinuță catargul, cu folia din plastic în poziție verticală. Ai realizat o mașinuță ce poate fi propulsată cu ajutorul vântului (un iaht terestru).
- Pune la un capăt al mesei de lucru câteva pahare de plastic cu gura în jos. Apoi pune în mișcare mașinuța suflând către velă, până aceasta lovește paharele din plastic. Suflă apoi mai rapid și observă diferența față de cazul anterior. Cum se va mișca acum mașinuța? În care situație mașinuța lovește mai puternic paharele?
- În care caz mașinuța va avea o energie mai mare? De ce? Repetă experimentul cu o mașinuță mai grea sau leagă de mașinuță un corp greu (o piatră sau o cheie metalică). Ce diferențe apar între mașinuța mai grea și cea mai ușoară, în urma impactului cu paharele de plastic? Depinde energia mașinuței de masa sa? Experimentează împreună cu colegii și discută despre procesele fizice care au loc. Notează observațiile și concluziile în caiet.

**Concluzie**

Mașinuța se deplasează cu atât mai rapid cu cât aerul este suflat mai rapid. Când mașinuța are viteză mai mare, lovește mai puternic paharele și le aruncă mai departe. În acest caz putem spune că mașinuța are energie mai mare. De asemenea, observăm că energia mașinuței este cu atât mai mare cu cât masa acesteia este mai mare.

## Reț in

**Energia** este mărimea fizică ce caracterizează capacitatea unui corp de a efectua lucru mecanic. Unitatea de măsură pentru energie este joulul (J). Energia poate fi de mai multe tipuri: energie mecanică, energie termică, energie electrică și magnetică, energie luminoasă, energie chimică, energie nucleară etc.

**Energia mecanică** a unui sistem de corpuri reprezintă capacitatea acelui sistem de a efectua lucru mecanic datorită masei corpurilor, a poziției lor și a vitezelor corpurilor față de un referențial dat.

**Energia cinetică** a unui corp măsoară capacitatea acestuia de a efectua lucru mecanic datorită mișcării și are expresia: $E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$, unde $m$ este masa, iar $v$, modulul vitezei corpului în raport cu un sistem de referință ales.

## Aplic

Problemă rezolvată. În cadrul unui joc olimpic numit curling, sunt lansate pe gheață, către o țintă, corpuri grele din granit. O piatră de curling are masa $m$ = 20 kg și este lansată de unul dintre concurenți cu o viteză de modul $v_0$ = 2 m/s. Coeficientul de frecare dintre piatră și gheață este considerat constant și are valoarea $\mu$ = 0,008, iar accelerația gravitațională se poate considera g ≈ 10 N/kg. După lansare, piatra s-a deplasat rectiliniu încetinit și s-a oprit după ce a parcurs distanța $d$ = 25 m.

**a.** Calculează energia cinetică a pietrei de curling imediat după lansare.

**b.** Identifică forțele care acționează asupra pietrei în timpul alunecării pe gheață și reprezintă-le grafic.

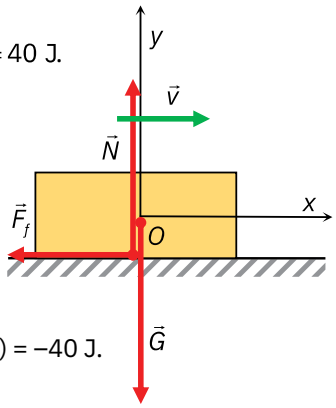
**c.** Calculează lucrul mecanic efectuat de fiecare forță în parte, cât și lucrul mecanic total ce acționează asupra pietrei în timpul deplasării pe gheață.

**d.** Găsește relația de legătură dintre variația energiei cinetice a pietrei și lucrul mecanic total efectuat asupra ei în timpul deplasării.

*Rezolvare*

**a.** Energia cinetică a pietrei imediat după lansare: $E_c = \frac{m \cdot v_0^2}{2} = 40$ J.

**b.** Forțele ce acționează asupra pietrei sunt reprezentate în desenul alăturat.

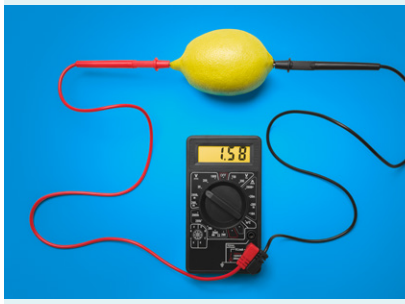



**c.** Lucrul mecanic efectuat de greutate:
$L_G = G \cdot d \cdot \cos 90° = m \cdot g \cdot d \cdot \cos 90° = 200\ \text{N} \cdot 25\ \text{m} \cdot 0 = 0$ J.
Lucrul mecanic efectuat de normală:
$L_N = N \cdot d \cdot \cos 90° = 200\ \text{N} \cdot 25\ \text{m} \cdot 0 = 0$ J.
Lucrul mecanic al forței de frecare este:
$L_{F_f} = F_f \cdot d \cdot \cos 180° = \mu \cdot N \cdot d \cdot (-1) = 0{,}008 \cdot 200\ \text{N} \cdot 25\ \text{m} \cdot (-1) = -40$ J.
Lucrul mecanic total efectuat asupra pietrei este:
$L_{total} = L_{F_f} + L_G + L_N = -40$ J.

**d.** Variația energiei cinetice a pietrei este: $\Delta E_c = 0 - \frac{m \cdot v_0^2}{2} = -40$ J, iar lucrul mecanic total efectuat asupra pietrei în timpul deplasării, de la lansare până la oprire, are valoarea $L_{total} = -40$ J. Se observă că cele două mărimi fizice sunt egale: $\Delta E_C = L_{total}$.

### Știai că?

**Energia luminoasă** produsă de Soare poate fi utilizată la producerea de curent electric în panourile solare sau la prepararea mâncării în cuptorul solar.



**Energia chimică** este utilizată în pilele electrice care produc curent electric. Fenomene de acest gen se pot realiza cu ajutorul lămâilor. Lămâile conectate la un circuit electric prin electrozi din zinc și cupru pot determina funcționarea anumitor dispozitive electrice, care au tensiuni nominale mici (de ordinul milivolților).

**Energia nucleară** este energia produsă prin reacțiile nucleare în centralele nucleare sau în stele, de exemplu în Soare.

# 4 Energia potențială gravitațională

## Știai că?

O hidrocentrală transformă energia mecanică a apei în energie electrică.
O hidrocentrală are un baraj de acumulare a apei pe cursul unui râu, ceea ce permite acumularea energiei potențiale gravitaționale a apei.
Această energie potențială din lacul de acumulare se transformă în energie cinetică în timpul căderii. Apa aflată în cădere interacționează cu paletele turbinelor hidrocentralei și determină rotirea acestora.
Această mișcare de rotație este transmisă mai departe, printr-un angrenaj de roți dințate, generatorului de curent electric, care transformă energia mecanică în energie electrică.

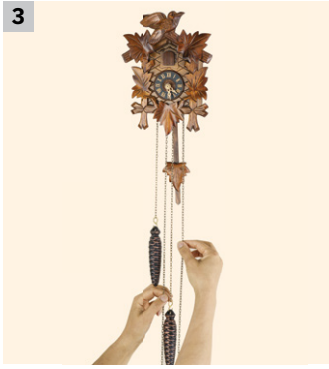
Hidrocentrala Itaipu este cel mai mare producător de energie hidroelectrică din lume. Complexul energetic se află pe râul Paraná, la granița dintre Brazilia și Paraguay. În 2018, a generat 96 585 596 megawați oră.
Cea mai mare cascadă din lume, cascada Guaíra, a dispărut atunci când a fost realizat rezervorul Itaipu. În 1994, Societatea Americană a Inginerilor Civili a ales barajul Itaipu drept una dintre cele șapte minuni moderne ale lumii.

## Observ

În anul 2013, presa internațională de specialitate a nominalizat cascada Bigăr, situată în Valea Minișului din județul Caraș-Severin, drept cea mai frumoasă cascadă din lume (imaginea 1). De ce curge apa din cascadă? Ce tip de energie are apa înainte de cădere? De ce, la coborârea pe pârtie, un schior poate atinge viteze foarte mari (imaginea 2)? Ce energie are schiorul înainte de coborâre? În imaginea 3 se observă cum un ceas cu greutăți este potrivit pentru a funcționa. Cum funcționează ceasul cu cuc și cu greutăți? Ce tip de energie trebuie să aibă greutățile ceasului astfel încât acesta să meargă? În imaginea 4 este surprinsă o moară de apă. Cui se datorează funcționarea morii? La ce folosește o astfel de moară?

1

2


3

4

**Concluzie**

Apa din cascadă curge datorită forței de atracție gravitațională exercitate de Pământ; astfel, în cădere, greutatea care acționează asupra apei efectuează lucru mecanic în raport cu apa de la baza cascadei (apa care curge de la înălțime lovește apa din râu), și se produce efectul spectaculos care atrage turiștii. Apa are energie mecanică datorată gravitației Pământului. Schiorul coboară pe pârtie datorită forței gravitaționale și poate efectua astfel lucru mecanic. Se poate spune că schiorul are energie gravitațională. Ceasul cu cuc funcționează dacă greutățile ceasului sunt depărtate una de cealaltă, pe verticală, astfel încât greutatea aflată în poziția superioară să tragă de lanțul atașat și să pună în mișcare mecanismul ceasului. Ceasul funcționează datorită energiei gravitaționale pe care o capătă una dintre greutăți în urma ridicării la nivelul superior. După ce greutatea coboară, pentru ca acest ceas să funcționeze în continuare, greutatea trebuie ridicată din nou.

Moara de apă funcționează datorită căderii de apă care pune în mișcare roata morii. Apa, ce are energie gravitațională, cade de la înălțime pe paletele roții și o pune în mișcare. Mișcarea roții este utilizată la măcinarea cerealelor pentru obținerea făinii.

## Experimentez

### Dependența energiei potențiale gravitaționale a unei bile de masă și înălțime

**Materiale necesare:** bile de diferite mase, din lemn, plastic sau sticlă, cutie cu nisip fin (înălțimea stratului de cel puțin 10 centimetri), ruletă și riglă.

**Modul de lucru**

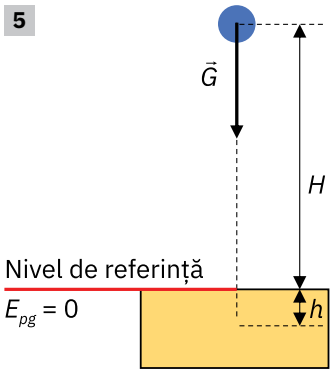
- Cântărește bilele și află masele acestora. Trebuie să ai cel puțin trei tipuri de bile, cu mase diferite. Pentru a obține bile de mase diferite, poți să umpli cu apă sau nisip bile goale, pe care să le astupi apoi cu plastilină.
- Măsoară cu ruleta înălțimea ($H$) de la care lași să cadă liberă o bilă, deasupra vasului cu nisip. Această înălțime trebuie să fie mai mare de un metru. Măsoară apoi cu rigla adâncimea $h$ la care a intrat bila în nisip. Notează datele experimentale într-un tabel de tipul celui alăturat. Repetă experimentul pentru mai multe înălțimi de la care să eliberezi bila. Repetă măsurătorile pentru două bile cu mase diferite, dar lăsând bilele libere de la aceleași înălțimi ca în cazul anterior; notează datele într-un tabel similar celui alăturat.

| Nr. det. | $m$ (g) | $H$ (cm) | $h$ (cm) | $L_G$ (J) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | |
| 2. | | | | |
| 3. | | | | |

**Prelucrarea datelor experimentale**

- Calculează lucrul mecanic efectuat de greutatea bilelor în timpul căderii de la înălțimea $H$ și completează tabelul.
- Compară valorile lucrului mecanic efectuat de greutate și găsește în ce cazuri adâncimea de pătrundere a bilelor în nisip este mai mare/mai mică.

5



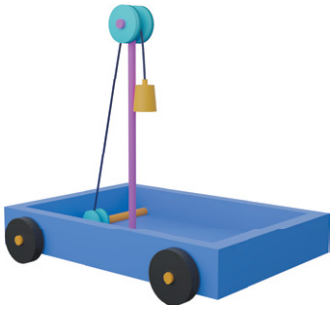

**Concluzie**

Efectul căderii bilelor în nisip (adâncimea $h$) este direct proporțional cu lucrul mecanic efectuat de greutatea bilelor în timpul căderii (imaginea 5). Se poate spune că bilele au cu atât mai multă energie cu cât sunt lăsate să cadă liber de la o înălțime mai mare. De asemenea, adâncimea de afundare în nisip depinde direct proporțional de masa bilelor. Energia bilelor cu masă mai mare este mai mare; adâncimea la care bila pătrunde în nisip este mai mare pentru o masă mai mare (de la aceeași înălțime $H$).

## Reține

**Energia potențială gravitațională** caracterizează capacitatea unui corp de a efectua lucru mecanic sub acțiunea greutății sale și depinde de poziția corpului în raport cu un nivel de referință. Energia potențială este o mărime fizică ce caracterizează starea unui corp și se poate defini numai pentru forțe conservative, așa cum sunt greutatea și forța elastică.

**Teorema de variație a energiei potențiale gravitaționale.** Variația energiei potențiale gravitaționale a unui corp este egală cu lucrul mecanic efectuat de greutatea corpului, considerat cu semnul minus: $\Delta E_{pg} = -L_G$. (Pe măsură ce cade corpul, lucrul mecanic al greutății este pozitiv, iar energia scade, deci variația energiei este negativă.)



Datorită energiei potențiale a corpului suspendat de fir, căruciorul se poate deplasa atunci când corpul coboară.

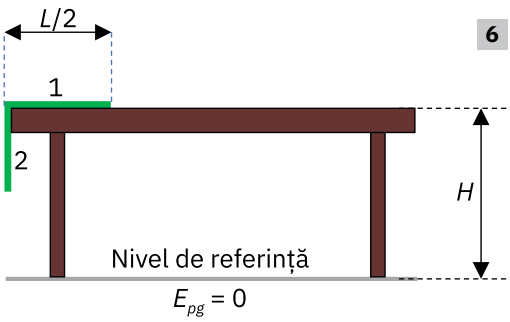
**Energia potențială gravitațională** a unui corp de masă $m$ este egală cu: $E_{pg} = mgh$, unde $g$ este accelerația gravitațională, iar $h$ este înălțimea la care se află **centrul de greutate** al corpului în raport cu un nivel de referință căruia i se atribuie prin convenție o energie potențială nulă.

De exemplu, pentru corpurile lăsate să cadă libere în apropierea solului, nivelul de referință pentru care energia potențială gravitațională este considerată nulă este suprafața solului. În general, nivelul de referință este ales la nivelul solului sau la nivelul cel mai de jos la care ajunge corpul în situația considerată.

## Aplic

Un cablu flexibil, omogen, de lungime $L$ = 75 cm este ținut pe o masă netedă, astfel încât jumătate atârnă pe verticală, iar cealaltă jumătate se află pe o masă orizontală. Masa se sprijină pe podea și are înălțimea $H$ = 75 cm, masa cablului este $m$ = 500 g, iar între cablu și masă frecarea este neglijabilă. Accelerația gravitațională se consideră $g \simeq 10$ N/kg.

6




**a.** Calculează energia potențială gravitațională a fiecărei porțiuni din cablu la momentul inițial (vezi imaginea 6) și energia potențială gravitațională a întregului cablu la acest moment.

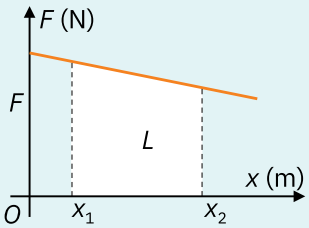
**b.** Cablul ținut în poziția din figura de mai sus este lăsat liber. Acesta va aluneca ușor, iar la un anume moment se va desprinde de suprafața orizontală a mesei și se va afla în poziție verticală. Determină energia potențială gravitațională a cablului în această situație.

**Știai că?**

Cel mai mare ceas cu cuc din lume se află în Germania, în Triberg-Schonach. A fost pus în funcțiune în anul 1994. Meșterii au folosit modele tradiționale din zona Pădurea Neagră, însă au confecționat piesele la dimensiuni de 60 de ori mai mari, comparativ cu un ceas obișnuit. Mecanismul ceasului are o înălțime de 4,6 metri și cântărește șase tone. Fabricarea mecanismului a durat cinci ani; trei ani mai târziu ceasul a fost înscris în *Guinness Book*.

# Extindere: Energia potențială elastică

## Știu deja




Lucrul mecanic efectuat de o forță cu modul variabil, care își păstrează direcția și sensul neschimbate, este egal cu aria figurii dintre graficul modulului forței $F$ și segmentul de pe axa coordonatei $x$, delimitat de coordonatele $x_1$ și $x_2$, între care se deplasează corpul.

## Portofoliu

Realizează un referat cu tema „Utilizarea practică a energiei elastice". Documentează-te, utilizând site-uri de internet precum wikipedia sau alte surse de informații, și identifică câteva aparate sau dispozitive care utilizează energia elastică. În cadrul referatului, realizează o listă de trei-patru aparate sau dispozitive fizice care utilizează energia potențială elastică și răspunde la următoarele întrebări:

- Cum este utilizată energia elastică pentru funcționarea aparatului sau dispozitivului analizat?
- Care este scopul funcționării aparatului sau dispozitivului analizat?

*Adună toate materialele pe care le realizezi pentru Portofoliu într-o mapă.*

## Observ

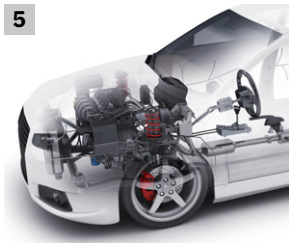
Analizează imaginile 1-5 și identifică, în fiecare dintre acestea, corpul elastic prezentat, cât și utilitatea practică a corpului elastic. Forța elastică efectuează lucru mecanic? Ce fel energie poate avea un corp elastic?

1

2

3

4


5

**Concluzii**

- Mușchii corpului uman sunt elastici; au proprietatea de a reveni la lungimea inițială, după încetarea acțiunii unei forțe externe deformatoare. În organism, în condiții normale, mușchiul se comportă ca un corp perfect elastic. Elasticitatea mușchilor permite realizarea de mișcări continue, neîntrerupte (imaginea 1).
- Pentru a fi sănătoși, trebuie să facem sport (imaginea 2). Un sport distractiv este *Kangoo Jumps*, care se practică cu ghete de care sunt fixate arcuri. Arcurile ghetelor protejează articulațiile de impactul piciorului cu suprafețele dure.
- În imaginea 3 se observă o persoană care trage cu arcul. Elasticitatea arcului permite lansarea săgeții.
- La șaua unei biciclete sunt fixate arcuri pentru amortizarea șocurilor ce se produc în timpul mersului cu bicicleta (imaginea 4).
- Tot pentru amortizarea șocurilor ce se pot produce în timpul deplasării se fixează resorturi la fiecare roată a unui autoturism (imaginea 5).

Forțele elastice din aceste corpuri produc lucru mecanic, iar acestea înmagazinează în timpul deformării energie potențială.

## Experimentez

### Studierea energiei potențiale a unui resort

**Materiale necesare:** resort, suport cu stativ, corpuri cu mase marcate, riglă.

**Modul de lucru**

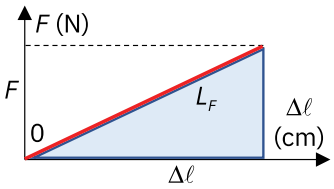
- Realizează un dispozitiv experimental ca în imaginea 6 și măsoară lungimea resortului nedeformat $\ell_0$. Apoi agață de resort cârligul cu o masă marcată și determină noua lungime a resortului. Notează datele într-un tabel de tipul celui de mai jos.
- Repetă experimentul de cel puțin șapte ori, adăugând de fiecare dată încă o masă marcată; notează datele în tabel.

6

| Nr. det. | $m$ (g) | $F = mg$ (N) | $\ell_0$ (cm) | $\ell$ (cm) | $\Delta\ell$ (cm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | |
| ... | | | | | |

**Prelucrarea datelor experimentale**

- Trasează graficul forței deformatoare $F$, în funcție de alungirea resortului. Graficul este liniar, de tipul graficului alăturat. Determină lucrul mecanic al forței ce deformează resortul, de la starea nedeformată până la starea cu deformare maximă pe care ai obținut-o, $L_F$. Ce valoare are lucrul mecanic al forței elastice, $L_{F_e}$, datorită deformării resortului? Ce valoare va avea lucrul mecanic efectuat de forța elastică în timpul revenirii resortului la starea nedeformată?




- În care situație se poate spune că resortul are energie potențială elastică? Cum se poate calcula energia potențială elastică? Care dintre stările resortului poate fi considerată stare de referință, astfel încât să i se poată asocia o energie potențială elastică nulă? Discută cu colegii și cu profesorul rezultatele obținute și formulează concluzii.

**Concluzie**

Resortul are energie elastică atunci când este deformat deoarece poate efectua lucru mecanic; în stare nedeformată nu are energie elastică deoarece nu produce lucru mecanic.

## Reț in

**Energia potențială elastică** este energia pe care o are un corp elastic deformat, care, datorită deformării, poate produce lucru mecanic.

1. **Lucrul mecanic efectuat de forța ce deformează resortul**, din starea nedeformată până în starea cu deformarea $\Delta\ell$, este egal cu aria figurii dintre graficul forței și axa alungirilor, arie limitată de coordonata $\Delta\ell$: $L_F = \frac{F \cdot \Delta\ell}{2} = \frac{k \cdot \Delta\ell^2}{2}$.
2. **Lucrul mecanic efectuat de forța elastică în decursul alungirii resortului** (de la 0 la $\Delta\ell$) este egal cu lucrul mecanic al forței deformatoare, dar are semnul minus, deoarece forța elastică se opune deformării resortului: $L_{F_e} = -\frac{F_e \cdot \Delta\ell}{2} = -\frac{k \cdot \Delta\ell^2}{2}$.
3. **Lucrul mecanic efectuat de forța elastică în timpul revenirii resortului** din starea deformată cu $\Delta\ell$ la starea nedeformată este egal ca valoare cu lucrul mecanic al forței elastice în timpul deformării resortului, dar este pozitiv, deoarece în acest caz forța elastică acționează în sensul revenirii resortului: $L_{F_e} = \frac{F_e \cdot \Delta\ell}{2} = \frac{k \cdot \Delta\ell^2}{2}$.
4. Energia potențială elastică se manifestă când resortul este deformat. Lucrul mecanic efectuat pentru deformarea resortului se regăsește în energia elastică acumulată în resort. Prin definiție, variația energiei potențiale elastice este egală cu lucrul mecanic al forței elastice, luat cu semnul „minus”: $\Delta E_p = E_{p,\Delta l} - E_{p,0} = -L_{F_e}$.
5. **Energia potențială elastică** este energia unui corp elastic deformat și caracterizează capacitatea acestuia de a efectua lucru mecanic: $E_{p_e} = \frac{k \cdot \Delta\ell^2}{2}$. Starea de referință, căreia i se atribuie energia potențială elastică nulă, este starea nedeformată a corpului elastic.

## Aplic

► Un copil confecționează o jucărie pentru un prieten; pentru a face acest lucru, trebuie să prindă o floare de un resort fixat în interiorul unei cutii. A făcut rost de un resort cu constanta de elasticitate $k$ = 200 N/m și lungimea în stare nedeformată $\ell_0$ = 30 cm, dar era prea lung și a decis să îl taie în două părți egale. A fixat apoi cele două bucăți de resort în interiorul cutiei, de partea inferioară a acesteia, iar de capetele superioare ale resorturilor a fixat floarea aleasă. Se știe că respectiva cutie are înălțimea $h$ = 10 cm. Când se pune capacul cutiei, floarea este împinsă în interiorul cutiei și resorturile sunt comprimate. Determină constanta elastică a unei jumătăți din resort. Ce valoare are energia înmagazinată în interiorul cutiei?

**Știai că?**

Ușile încăperilor, ușile obiectelor de mobilier, cât și porțile sunt prinse de toc cu ajutorul unor balamale (de tipul celor din imaginile de mai sus). În interiorul acestor balamale sunt fixate arcuri care permit închiderea și deschiderea ușilor cu ușurință datorită energiei elastice înmagazinate în resort.

# 6 Energia mecanică

## Știai că?

Un *watt-oră*, notat *Wh*, este o unitate de măsură pentru energie, egală cu cantitatea de energie transferată de un proces care dă sau primește o putere de un watt timp de o oră: 1 Wh = 3600 J = 3,6 kJ. Wattul-oră nu face parte din Sistemul Internațional de unități, în care unitatea de măsură pentru energie este joulul (J).
În practică, pentru specificarea cantităților de energie, se utilizează frecvent unități-multiplu ale wattului-oră. Acestea se folosesc îndeosebi pentru exprimarea cantităților de energie (electrică) produsă sau a consumurilor de energie electrică sau energie termică:

1 kWh = 3,6 MJ,
1 MWh = 3,6 GJ,
1 GWh = 3,6 TJ,
1 TWh = 3,6 PJ.

## Observ

În imaginile 1-4 sunt prezentate diferite corpuri care au capacitatea de a efectua lucru mecanic, adică au energie, indiferent cât de mari sau mici sunt. Analizează imaginile, identifică corpurile care au energie și notează ce tip de energie are fiecare corp. Pentru ce procese fizice este utilizată energia pe care o are fiecare dintre aceste corpuri?

1

2

3

4

**Concluzii**

- Biciclistul are capacitatea de a efectua lucru mecanic și de a pune în mișcare bicicleta; împreună, au energie cinetică.
- Broasca are limba elastică (limba este un mușchi), iar energia elastică înmagazinată o ajută să prindă musca.
- Racheta spațială trebuie să aibă o energie cinetică suficient de mare pentru a învinge forța de atracție gravitațională și a putea părăsi Pământul.
- Planetele din Sistemul Solar au energie mecanică, ceea ce le permite să rămână pe orbitele din jurul Soarelui.

## Experimentez

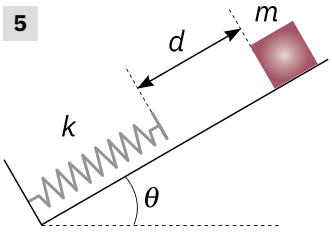
### Studierea energiei unui corp ce coboară pe un plan înclinat

**Materiale necesare:** plan înclinat cu unghi variabil, corp paralelipipedic cu cârlig, cântar, resort, riglă, raportor, hârtie milimetrică lipită pe planul înclinat, dinamometru.

| Nr. det. | $m$ (g) | $F$ (N) | $\mu$ |
|---|---|---|---|
| 1. | | | |
| 2. | | | |

**Modul de lucru**

- Cântărește corpul paralelipipedic cu cântarul și notează valoarea masei $m$.
- Lipește hârtia milimetrică pe planul înclinat, lăsat în poziție orizontală, și pune pe el corpul paralelipipedic. Trage ușor de corp cu ajutorul dinamometrului ținut orizontal, până când corpul începe să se deplaseze uniform. Notează forța indicată de dinamometru într-un tabel similar celui de mai sus.

5


- Fixează resortul la baza planului înclinat și măsoară lungimea resortului nedeformat ($\ell_0$). Fixează planul înclinat la un unghi de 30°. Stabilește o poziție a corpului pe planul înclinat din care să îl lași să coboare și marcheaz-o pe hârtia milimetrică. Trasează pe hârtia milimetrică un semn în dreptul capătului liber al resortului nedeformat și măsoară distanța, *d*, dintre corp și acest capăt al resortului (imaginea 5). Lasă corpul să coboare pe planul înclinat și măsoară deformarea maximă a resortului, $\Delta\ell$, produsă de interacțiunea cu corpul. Notează datele într-un tabel de tipul celui de mai jos. Repetă măsurătorile pentru o altă distanță *d*.

| Nr. det. | $\ell_0$ (cm) | $d$ (cm) | $\Delta\ell$ (cm) | $E_1$ (J) | $E_2$ (J) | $\Delta E$ (J) | $L_{F_f}$ (J) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | |

**Prelucrarea datelor experimentale**

- Calculează coeficientul de frecare la alunecare dintre corp și hârtia milimetrică: $\mu = \frac{F}{m \cdot g}$, unde accelerația gravitațională are valoarea $g \simeq 9{,}8$ N/kg.
- Calculează și notează în tabel energia potențială gravitațională a corpului:
  - la momentul inițial, când este lăsat liber: $E_{p_g1} = m \cdot g \cdot h_1 = m \cdot g \cdot (\ell_0 + d) \cdot \sin\theta$;
  - la momentul deformării maxime a resortului, atunci când s-a oprit: $E_{p_g2} = m \cdot g \cdot h_2 = m \cdot g \cdot (\ell_0 - \Delta\ell) \cdot \sin\theta$.
- Calculează energia potențială elastică a resortului la cele două momente de timp: $E_{p_e1} = \frac{k \cdot \Delta\ell_1^{\,2}}{2} = 0$ și $E_{p_e2} = \frac{k \cdot \Delta\ell_2^{\,2}}{2}$. Determină energia mecanică a sistemului corp-resort la cele două momente de timp și apoi variația energiei mecanice a corpului între cele două momente de timp: $E_1 = E_{c1} + E_{p_g1} + E_{p_e1} = 0 + E_{p_g1} + 0 = E_{p_g1}$; $E_2 = E_{c2} + E_{p_g2} + E_{p_e2} = 0 + E_{p_g2} + E_{p_e2} = E_{p_g2} + E_{p_e2}$ și $\Delta E = (E_2 - E_1)$(J). Calculează lucrul mecanic efectuat de forța de frecare ce acționează asupra corpului între cele două momente de timp: $L_{F_f} = -F_f \cdot (d + \Delta\ell) = -\mu \cdot N \cdot (d + \Delta\ell)$. *N* este forța normală cu care acționează planul înclinat asupra corpului și este egală cu componenta normală a greutății: $N = G_n = G \cdot \cos\theta = m \cdot g \cdot \cos\theta$.

Analizând rezultatele obținute, formulează o concluzie referitoare la energia mecanică a corpului în decursul coborârii pe planul înclinat și la lucrul mecanic al forței de frecare.

**Concluzie**

Se constată că variația energiei mecanice a corpului în timpul coborârii pe planul înclinat este egală cu lucrul mecanic al forței de frecare în decursul acestei deplasări.

## Reț in

**Energia mecanică** a unui corp este egală cu suma dintre energia cinetică și energia potențială a corpului: $E = E_c + E_p$.

**Teorema de variație a energiei mecanice**

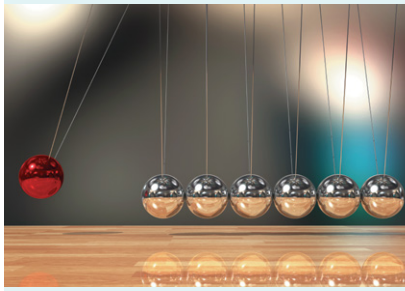
**Variația energiei mecanice** a unui corp sau a unui sistem de corpuri este egală cu lucrul mecanic al forțelor neconservative ce acționează asupra corpului în decursul variației considerate: $\Delta E = L_{F_{neconserv}}$. Forțele neconservative sunt forțele al căror lucru mecanic depinde de drumul parcurs, cum ar fi, de exemplu, forța de frecare, forța de tracțiune etc.

## Aplic

Un pinguin aflat în Antarctica are masa $m = 8$ kg; el coboară pe un tobogan din gheață de înălțime $h = 2$ m. Pinguinul era inițial în repaus, iar la baza toboganului atinge o viteză de modul: $v = 18$ km/h. Accelerația gravitațională are valoarea $g \simeq 9{,}83$ N/kg. Calculează lucrul mecanic efectuat de forța de frecare asupra pinguinului în decursul coborârii pe tobogan.

**Știai că?**

Furnicile au energia necesară pentru a transporta hrana la mușuroi; acestea dețin atât *energie cinetică* (efortul depus pentru a-și menține viteza), cât și *energie potențială* (efortul depus pentru a nu cădea de pe ramură și de a păstra bucățile de hrană).

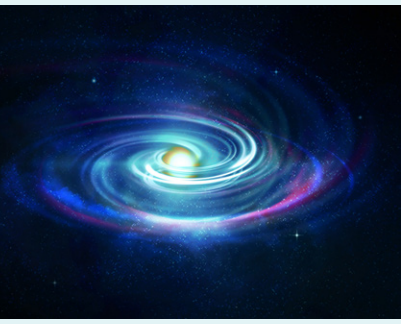


Bila îndepărtată de poziția de echilibru (poziția în care firul este vertical), după ce este lăsată liberă, capătă *energie cinetică* și pune în mișcare bila din capătul opus.

Meteorii care cad spre Pământ au o energie cinetică foarte mare, iar datorită frecării cu aerul se încălzesc puternic și pot arde complet, dacă nu au o masă prea mare. Meteorii au și *energie potențială gravitațională*, care scade pe măsură ce aceștia se apropie de Pământ.

# Conservarea energiei mecanice

## Știai că?



În anul 1940 fizicianul George Gamow a lansat ideea că Universul a luat naștere în urma unei explozii incandescente de materie și energie. Numele teoriei „Big Bang“ a fost dat de astronomul englez Fred Hoyle în 1950. *Teoria Big Bang-ului* explică modul în care au apărut materia, energia, spațiul și timpul, altfel spus, existența Universului. Termenul de Big Bang se referă la ideea că Universul s-a extins de la o singularitate primordială fierbinte și densă acum aproximativ 13,7 miliarde de ani. Această teorie încearcă să explice de ce universul se extinde permanent încă de la apariția sa.
Astronomul american Edwin Hubble pornește de la ideea că la început a existat doar un punct de o natură cu totul specială, o așa-numită singularitate, fără dimensiuni, dar cu o energie infinită. La *momentul zero*, acest punct a ieșit din starea lui de singularitate și și-a manifestat uriașa energie printr-o explozie care a determinat expansiunea Universului; această expansiune continuă și în ziua de azi.

## Observ

1

2

3

- Parcurile de distracție, dar și jucăriile se bazează pe fenomene fizice guvernate de anumite legi. În imaginile 1-3 sunt prezentate câteva metode ingenioase de amuzament. În prima imagine, o fată sare cu un băț *pogo*, care are ca element principal un resort. În a doua imagine, se vede un montagnes russes, în care trenulețul trebuie să parcurgă traseul curbat. În a treia imagine, o sportivă trece pe deasupra unui râu cu ajutorul unei tiroliene.
- Plecând de la noțiunea de energie, analizează imaginile și explică principiul de funcționare al acestor aparate. Discută cu colegii și cu profesorul, apoi notează concluziile în caiet.
- *Antilopa africană* (imaginea 4) are o înălțime de 1,5 metri și poate sări o lungime de 10 ori mai mare decât înălțimea sa. *Iepurele de câmp* (imaginea 5) este unul dintre cele mai rapide animale, care excelează și la capitolul sărituri. Acesta poate atinge o viteză de 72 km/h. *Oaia albastră* este un caprid care trăiește în munții Himalaya. Acesta este unul dintre cei mai buni săritori din lumea animalelor și poate ajunge cu ușurință de pe o stâncă pe alta.
- Analizează imaginile de mai jos și explică datorită cărei calități:
  - antilopa africană are capacitatea de a sări foarte sus;
  - iepurele de câmp poate atinge viteze foarte mari;
  - oaia albastră poate sări o lungime foarte mare (imaginea 6).

  Ce crezi că le ajută pe aceste animale să atingă aceste performanțe?

4

5

6

**Concluzii**

- Resortul de la bățul *pogo* înmagazinează energie elastică; aceasta este apoi eliberată și împinge fata în sus. Trenulețul din parcul de distracții poate urca o pantă datorită energiei cinetice pe care a câștigat-o în urma coborârii altei pante. Sportiva poate trece pe deasupra râului cu ajutorul tirolienei datorită energiei potențiale gravitaționale pe care a avut-o anterior, care îi permite să coboare pe cablu.
- Animalele prezentate în imagini au aceste performanțe remarcabile datorită mușchilor elastici care înmagazinează energie elastică, a tendoanelor care permit o mare mobilitate a corpului și datorită tehnicii prin care fiecare animal este capabil să utilizeze optim energia gravitațională și energia elastică.

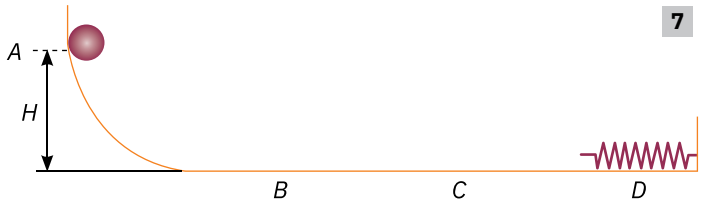
## Experimentez

### Observarea variației energiei mecanice a unei bile în mișcare

**Materiale utilizate:** carton, bilă din plastic sau lemn, resort cu constanta elastică cunoscută ($k$), riglă, cântar.

**Modul de lucru**

- Cântărește bila cu ajutorul cântarului și notează masa ei.
- Realizează o pistă din carton conform desenului din figura 7 și apoi fixează resortul la un capăt, astfel încât să fie plasat pe planul orizontal al pistei.




7

- Fixează o înălțime de la care vei lăsa bila să coboare liber pe pistă și măsoară această înălțime. Marchează pe pistă poziția capătului liber al resortului. Lasă bila să coboare liber pe pistă până când ajunge la resort și îl comprimă. Măsoară deformarea maximă a resortului, produsă de bilă. Notează datele într-un tabel de tipul celui de mai jos. Repetă experimentul pentru înălțimi diferite (cel puțin trei măsurători).

| Nr. det. | $m$ (kg) | $H$ (cm) | $\Delta\ell$ (cm) | $E_A$ (J) | $E_D$ (J) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | |
| ... | | | | | |

**Prelucrarea datelor experimentale**:

Calculează, pentru fiecare înălțime de la care este lansată bila, energia sistemului bilă-resort în poziția inițială: $E_A = m \cdot g \cdot H$. Accelerația gravitațională este: $g \simeq 9{,}8$ N/kg.

Calculează, pentru fiecare lansare, energia sistemului bilă-resort în poziția finală, adică poziția în care bila s-a oprit, iar deformarea resortului este maximă: $E_D = \frac{k \cdot \Delta\ell^2}{2}$.

Analizează valorile energiei sistemului bilă-resort și formulează concluzii.

**Concluzie**

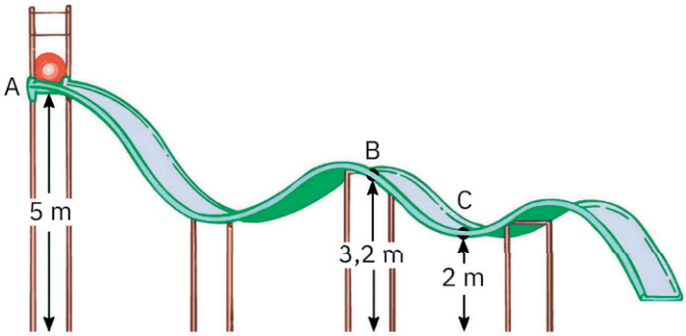
Energia sistemului bilă-resort are valori egale în cele două poziții: $E_A = E_D$. Se poate spune că energia sistemului se conservă.

## Rețin

**Legea conservării energiei mecanice.** Energia mecanică a unui corp sau a unui sistem de corpuri se conservă dacă asupra sa acționează numai forțe conservative.

## Aplic

În desenul alăturat este reprezentat un tobogan pentru parcul de distracții Aqua Park. Pentru a testa toboganul, un elev a lăsat să coboare, din punctul de start A, o bilă. Știind înălțimea la care se află anumite poziții ale toboganului (așa cum sunt marcate în desen), calculează viteza bilei în pozițiile B și C. În poziția inițială, bila este în repaus, iar frecările sunt considerate neglijabile. Accelerația gravitațională este: $g = 10$ N/kg.




## Știai că?

Cantitatea de energie din Univers rămâne constantă. Legea conservării energiei afirmă că energia nu poate fi creată sau distrusă; energia se transformă doar dintr-o formă în alta. De exemplu, într-o hidrocentrală, energia potențială gravitațională a apei se transformă în energie cinetică, iar aceasta pune în mișcare turbina cu palete; apoi, energia cinetică se transformă în energie electrică, prin intermediul unui generator.

# Extindere: Metode de conversie a energiei mecanice

## A. Conversia energie mecanică – energie electrică

### Observ

Analizează imaginile 1-8 și identifică rolul dispozitivelor prezentate. Ce procese fizice au loc în aceste dispozitive? Care este importanța lor pentru mediu? Identifică avantajele și dezavantajele pe care le prezintă acestea.

1

2

3

4

5

6

7

8

**Concluzie**

În imaginile 1-3 se pot observa generatoare eoliene de forme și puteri diferite. Forma generatorului este dată de modul în care se constituie curenții de aer în regiunea respectivă, dar și de puterea electrică ce se dorește a fi obținută. În imaginea 4 se observă dinamul unei biciclete; acesta are rolul de a produce energia electrică necesară funcționării instalațiilor electrice ale bicicletei. Toate dispozitivele din primele patru imagini au rolul de a transforma energia mecanică în energie electrică. În imaginile 5-8 sunt prezentate dispozitive care utilizează conversia energiei electrice în energie mecanică: hard disk-ul unui computer (imaginea 5), mașina electrică (imaginea 6), trenul electric (imaginea 7) și drona (imaginea 8) sunt puse în mișcare de motoare electrice cu puteri diferite.

### Rețin

Dispozitivul care transformă energia mecanică în energie electrică se numește **generator electric**. Atunci când curentul electric produs este continuu, generatorul electric se numește *dinam*, iar când curentul electric produs este alternativ, generatorul electric se numește *alternator*.

*Motorul electric* sau *electromotorul* este un dispozitiv care transformă energia electrică în energie mecanică. Motoarele electrice au foarte multe aplicații; motoarele de putere mică sunt utilizate la dispozitivele electronice (hard disk, imprimantă, jucării), motoarele de putere mare sunt folosite la acționări electrice (pompe, locomotive, macarale, vapoare).

### Avantajele și dezavantajele utilizării energiei eoliene

În contextul actual, caracterizat de creșterea alarmantă a poluării cauzate de producerea energiei prin arderea combustibililor fosili, devine din ce în ce mai importantă diminuarea dependenței de acești combustibili.

**Știai că?**

- Curentul continuu utilizat în viața de zi cu zi este produs de bateriile electrice de 1,5 V, 4,5 V, 9 V sau 12 V.

- Curentul alternativ este produs în centralele electrice și transportat cu ajutorul rețelelor electrice până la blocurile de locuințe, alte tipuri de clădiri etc.
- În Danemarca a fost fabricată și instalată pe malul mării o turbină eoliană gigantică, *cel mai mare generator eolian din lume.* În doar 24 de ore, această imensă instalație produce suficientă energie pentru a aproviziona sute de gospodării, vreme de o lună de zile. Construcția are o înălțime de 220 de metri, iar fiecare dintre palele elicei are o lungime de 80 de metri și cântărește 38 de tone. Turbina din Danemarca nu este doar cea mai înaltă, ci și cea mai puternică din lume. Poate produce 260 000 kWh. Transportul componentelor uriașei construcții a fost efectuat pe mare cu echipamente și nave speciale.

Energia eoliană s-a dovedit a fi o soluție foarte bună pentru problema energetică globală. Prin utilizarea acesteia se obțin următoarele avantaje:

- nu se emit substanțe poluante sau gaze cu efect de seră datorită faptului că nu se ard combustibili;
- nu se produc deșeuri;
- se obține energie electrică cu un cost scăzut;
- spre deosebire de centralele nucleare, de exemplu, unde costurile de scoatere din funcțiune pot fi de câteva ori mai mari decât costurile funcționării centralei, în cazul generatoarelor eoliene, costurile de scoatere din funcțiune, la capătul perioadei normale de funcționare, sunt minime, componentele generatorului eolian putând fi reciclate integral.

Principalele dezavantaje constau în faptul că distanța de la locul de producere al energiei electrice la locul de utilizare implică costuri suplimentare pentru transportul energiei electrice și nu se poate asigura o funcționare uniformă, deoarece viteza vântului este variabilă.

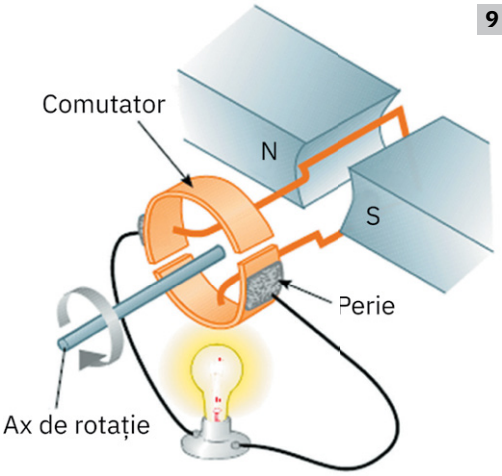
## Aplic

Principiul de funcționare a unui generator electric este prezentat schematic în imaginea 9.

**a.** Analizează imaginea și scrie un eseu (de cel mult o pagină) în care să prezinți forma de energie care este transformată în energie electrică şi exemple de aplicare practică a metodei de transformare a energiei corespunzătoare generatorului electric ilustrat.

**b.** Motorul electric poate funcționa cu același dispozitiv utilizat ca generator, dar cu unele modificări de principiu. Documentați-vă și arătați care sunt aceste modificări.

9

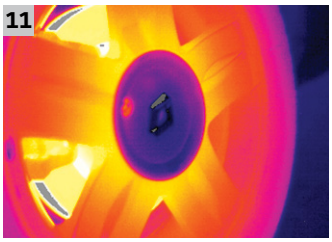



# B. Conversia energie mecanică – energie termică

## Observ

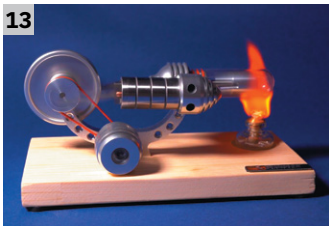
10

11

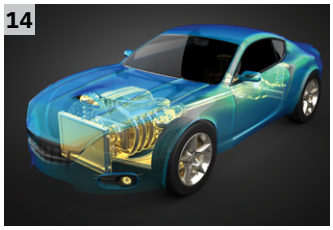


12

13



14

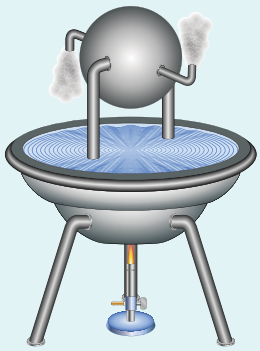


Analizează imaginile 10 și 11 și identifică fenomenul fizic evidențiat, cât și tipul de conversie a energiei. Discută cu colegii și profesorul, apoi notează în caiet concluziile.

În imaginile 12-14 sunt prezentate trei dispozitive care funcționează pe baza conversiei energiei dintr-o formă în alta. Despre ce tip de conversie este vorba? Găsește și alte dispozitive care au același principiu fizic de funcționare. Notează concluziile în caiet.

### Știai că?

15

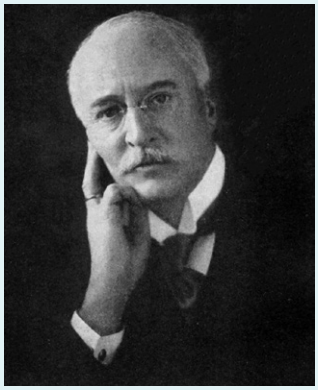


- *Prima mașină cu aburi* a fost inventată în secolul I d.Hr., de către inginerul grec Heron din Alexandria. O sferă goală în interior pivota pe două tuburi prin care trecea aburul dintr-un mic fierbător (ca în imaginea 15). Aburul umplea sfera și ieșea prin țevile diametral opuse. Jeturile de abur care țâșneau determinau sfera să se rotească. Totuși, în ciuda faptului că era o invenție interesantă, mașina nu avea utilizare practică.
- *Prima moară de vânt folosită pentru producerea electricității* a fost construita în Scoția, în anul 1887, de către profesorul James Blyth de la Colegiul Anderson din Glasgow. El a instalat turbina eoliană cu aripi din pânză și o înălțime de 10 metri în propria curte, pentru a folosi energia astfel produsă la iluminatul casei.
- *Mașina cu aer a lui Stirling* (cum a fost denumită în cărțile din epoca respectivă) a fost inventată de Robert Stirling și brevetată în anul 1816. Un motor construit de Stirling a fost utilizat pentru pomparea apei la o carieră de piatră în anul 1818.

## Știai că?

Nikolaus Otto

- În 1867, împreună cu inginerul Eugen Langen (1833-1895), Nikolaus Otto a construit un motor termic cu ardere internă, cu piston în patru timpi, care folosea combustibil gazos. În anul 1878, Otto a pus la punct un motor (denumit *motorul Otto*) în 4 timpi, alimentat cu combustibil lichid (benzină), care avea un randament de 22%.



Rudolf Diesel

- *Motorul Diesel* este un motor cu ardere internă, în care combustibilul (în acest caz, motorina) se aprinde datorită comprimării aerului necesar arderii. Inginerul german Rudolf Diesel a inventat motorul care îi poartă numele în anul 1892, iar în 1893 l-a patentat.

**Concluzii**

- În imaginea 10 este surprins un meteorit care, datorită mișcării rapide prin atmosferă, s-a încins și arde. Termograma din imaginea 11 prezintă o distribuție a temperaturii unei roți de mașină supraîncălzite. Deci imaginile 10 și 11 prezintă procese fizice în care energia mecanică este transformată în energie termică.
- În imaginile 12, 13 și 14 sunt prezentate locomotiva unui tren, ce funcționează pe baza motorului cu aburi, motorul termic (Stirling) și un automobil ce funcționează pe baza motorului cu ardere internă (Otto sau Diesel). Cele trei tipuri de motoare termice funcționează pe baza conversiei energiei termice în energie mecanică.

## Reț in

**Un motor termic** este o mașină care transformă energia termică în energie mecanică. Energia termică poate fi produsă prin arderea unui carburant (gaze naturale, benzină, motorină), prin utilizarea unui flux de aburi sau prin menținerea în contact cu o sursă caldă (în acest caz, poate fi utilizată energia geotermică ce vine din interiorul Pământului).

## Aplic

**1. Problemă rezolvată.** Un șofer a plecat la drum cu automobilul său, o mașină cu motor termic de putere $P$ = 90 CP și masă totală $M$ = 1020 kg. Mașina se deplasează accelerat, plecând din repaus până ce ajunge la viteza $v$ = 108 km/h.

**a.** Calculează lucrul mecanic efectuat de motorul mașinii în timpul deplasării accelerate din repaus până la viteza $v$ = 108 km/h, știind că lucrul mecanic al forțelor de rezistență în timpul acestei deplasări este $L_{F_{rez}}$ = –335,88 kJ.

**b.** Află în ce interval de timp a avut loc mișcarea mașinii, știind că 1 CP = 736 W.

**c.** Determină volumul de benzină consumat pentru accelerare, știind că randamentul motorului este $\eta$ = 25%, puterea calorică a benzinei: $q$ = 47,3 MJ/kg, iar densitatea benzinei: $\rho$ = 750 kg/m³.

*Rezolvare*

**a.** Lucrul mecanic total efectuat asupra mașinii se calculează aplicând teorema de variație a energiei cinetice: $\Delta E_c = L_{total}$; $\frac{mv^2}{2} = L_{motor} + L_{F_{rez}}$; $L_{motor} = \frac{mv^2}{2} - L_{F_{rez}} = 794{,}88$ kJ.

**b.** Puterea motorului este: $P = \frac{L_{motor}}{\Delta t}$, iar intervalul de timp are valoarea $\Delta t = \frac{L_{motor}}{P} = 12$ s.

**c.** Randamentul motorului termic este egal cu raportul dintre lucrul mecanic efectuat de motor și căldura produsă prin arderea benzinei: $\eta = \frac{L_{motor}}{Q}$. Căldura necesară are valoarea: $Q = \frac{L_{motor}}{\eta} = 3179{,}52$ kJ.

Puterea calorică a benzinei reprezintă căldura degajată prin arderea unui kilogram de benzină. Masa de benzină care trebuie să ardă pentru deplasarea mașinii este: $m = \frac{Q}{q}$, iar densitatea benzinei este: $\rho = \frac{m}{V}$. Volumul de benzină este: $V = \frac{Q}{\rho \cdot q} = 0{,}0896\,\text{dm}^3 = 89{,}6$ ml.

**2.** O turbină eoliană verticală de tip VAWT (*Vertical axis wind turbine*) asigură puterea electrică necesară unei stații de încărcare a mașinilor electrice de putere $P$ = 100 kW. Calculează energia mecanică convertită în energie electrică, necesară pentru a încărca o mașină electrică într-o jumătate de oră, știind că randamentul turbinei eoliene este $\eta$ = 56%.

# Un șantier plin de... energie

Mai jos este prezentat un raport științific întocmit de elevii care au vizitat un șantier naval, cu scopul de a evidenția **aplicațiile fizicii** în activitățile industriale curente. La fiecare obiectiv vizat, elevii au făcut observații și au găsit explicații științifice.

1

**1.** La intrarea în șantierul naval, o macara cu bilă demola o clădire veche (imaginea 1).

Bila, cu masa $m$ = 5 t, este balansată de brațul macaralei și, când ajunge în poziția de maximă viteză, izbește puternic obiectivul care trebuie demolat. Energia potențială a bilei din poziția cea mai depărtată de verticală se transformă în energie cinetică maximă în momentul ciocnirii.

Lanțul cu lungimea $l$ = 20 m, cu care este suspendată bila, este deviat de la verticală cu unghiul maxim $\alpha$ = 60°. Utilizând un desen explicativ, se pot determina energia cinetică și viteza bilei în momentul impactului. Se poate considera că energia mecanică a bilei se conservă în timpul coborârii: $E_1 = E_2$; $mgh = \frac{mv^2}{2}$, unde $h = l\,(1 - \cos\alpha)$. Se obține: $E_c$ = 500 kJ, $v \simeq 14$ m/s.

**2.** În altă parte a șantierului a început deja ridicarea noilor clădiri. O automacara ridică de pe sol, din poziție orizontală în poziție verticală, țevi cilindrice metalice cu lungimea $h$ = 10 m și masa $[m]_{SI}$ = 500 kg. Apoi le duce la o sonetă care le bate în sol, în locul stabilit pentru viitoarea hală industrială. La ridicarea fiecărei țevi, macaraua consumă energie atât pentru ridicarea cablurilor de legătură, cât și a dispozitivelor de cuplare.

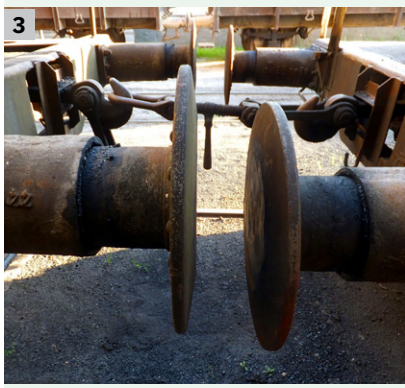
Cât va fi randamentul cu care este adusă o țeavă la verticală, cu consum energetic minim, dacă dispozitivele de cuplare ale macaralei au masa $m_D$ = 50 kg, iar cablurile de cuplare echivalează cu un singur cablu cu lungimea $l_C$ = 20 m și densitatea liniară de masă $\mu$ = 5 kg/m? Randamentul reprezintă raportul dintre lucrul mecanic efectuat pentru ridicarea țevii și lucrul mecanic efectuat pentru ridicarea țevii împreună cu dispozitivele și cablurile de cuplare: $\eta = \frac{L_{teavă}}{L_{total}} = \frac{mg\frac{h}{2}}{mg\frac{h}{2} + (m_D + \mu l_C)gh}$, $\eta$ = 62,5%.

2

Berbecul sonetei are masa $M$ = 3 t și cursa verticală $y$ = 8 m (imaginea 2). La fiecare cursă a berbecului, se consumă lucrul mecanic necesar ridicării lui pe distanța $y$. Apoi acesta este lăsat liber și energia potențială se transformă în energie cinetică. Aceasta este transferată parțial țevii care pătrunde în sol. Ce lucru mecanic este necesar pentru a introduce țeava în sol, știind că berbecul sonetei trebuie să efectueze $n$ = 25 de curse? Masa cablului care conduce berbecul sonetei este mică în raport cu celelalte mase implicate. Lucrul mecanic necesar introducerii parțiale a țevii în sol este: $L = nMgy$ = 6 MJ.

**3.** În zona de aprovizionare a șantierului au sosit vagoane cu materiale și utilaje. O automacara descarcă de pe un tren 120 de containere, care au masa $m$ = 4 t și înălțimea $H$ = 3 m, și le așază pe o platformă la același nivel cu platforma vagoanelor, în contact unele cu altele, astfel încât să formeze un paralelipiped dreptunghic. Containerele pot fi așezate în mai multe configurații. Pentru fiecare ridicare a unui container, exprimați lucrul mecanic efectuat împotriva greutății.

Deoarece în timpul deplasării containerelor, diferența de nivel este nulă, iar lucrul mecanic al greutății este nul. Cum containerele nu au energie cinetică nici în poziția inițială, nici în poziția finală, lucrul mecanic total este nul.


3

Din șirul de vagoane poziționate pe o pantă mică, s-au desprins accidental două vagoane de la un capăt, fără încărcătură; acestea au ajuns, cuplate, la capătul pantei, cu viteza $v$ = 0,2 m/s, unde au fost blocate de un sistem de oprire fixat rigid de sol și de calea de rulare (imaginea 3). Astfel, s-a produs comprimarea resorturilor identice de la tampoane cu $x$ = 0,1 m, fiecare.

Energia cinetică a vagoanelor se transformă în energie potențială elastică înmagazinată în resorturile tampoanelor. Numărați cu atenție resorturile care se deformează!

Ce valoare are constanta de elasticitate a unui resort, dacă masa unui vagon este $m_V$ = 6 t?

Egalând energia potențială a resorturilor celor două tampoane cu energia cinetică a vagoanelor se obține: $2\frac{kx^2}{2} = 2\frac{m_V v^2}{2}$, de unde $k$ = 24 kN/m.

# Probleme

**1.** O forță orizontală constantă, cu modulul 10 N, acționează asupra unui corp și îl deplasează rectiliniu și uniform pe o direcție orizontală, căreia i se asociază axa *Ox*, cu originea în poziția inițială a corpului.

**a** Reprezintă grafic modulul forței *F*, în funcție de coordonata corpului *x*, pentru deplasarea corpului din poziția inițială până într-o poziție aflată la o distanță de 8 metri.

**b** Calculează lucrul mecanic efectuat de forța *F* pentru deplasarea corpului între pozițiile de coordonate $x_1$ = 2 m și $x_2$ = 8 m.

**c** Calculează aria suprafeței cuprinse între graficul forței și axa *Ox*, între cele două poziții de la punctul anterior. Ce observi?

**d** Determină valoarea lucrului mecanic al tuturor forțelor care acționează asupra corpului.

1

**2.** Un sportiv ridică uniform o halteră cu masa de 140 de kilograme la înălțimea de 2 metri. Calculează lucrul mecanic efectuat de sportiv în timpul ridicării halterei și lucrul mecanic al greutății halterei în decursul mișcării (imaginea 1).

**3.** O pisică cu masa de 2 kilograme urcă uniform pe o bară fixă și verticală, cu lungimea de 6 metri.

**a** Calculează lucrul mecanic al forței cu care bara acționează asupra pisicii și lucrul mecanic efectuat de greutatea pisicii în timpul urcării pe bară.

**b** Determină viteza pisicii, știind că în timpul urcării aceasta are puterea de 40 W.

**c** Calculează durata urcării pisicii pe bară.

2

**4.** Un hotel are parter și șapte etaje, iar la fiecare nivel sunt câte patru camere pentru oaspeți. Proprietarul hotelului dorește să pună în fiecare cameră câte un bol cu o plantă ornamentală, fiecare de masă *m* = 350 g (imaginea 2). Înălțimea dintre două etaje consecutive este *h* = 3 m, iar accelerația gravitațională poate fi considerată: g ≃ 10 N/kg.

Calculează lucrul mecanic necesar transportării bolurilor, atunci când pune în fiecare cameră de oaspeți câte un bol cu flori, știind că toate bolurile se găsesc inițial la parterul hotelului.

**5.** O bilă de masă *m* = 400 este lansată vertical în sus cu o viteză $v_0$ = 2 m/s, de la o înălțime $h_0$ = 1 m. În decursul mișcării bilei, frecările sunt neglijabile. Accelerația gravitațională este constantă și are valoarea aproximativă: g ≃ 10 N/kg.

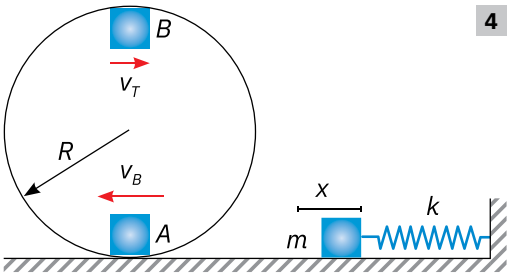
**a** Calculează energia mecanică a bilei, în raport cu nivelul solului, în momentul lansării.

**b** Determină înălțimea maximă la care ajunge bila.

**c** Află viteza cu care ajunge bila la sol.

3

**6.** Ioana și Ștefan sunt fascinați de mecanismul unui montagnes russes (imaginea 3), așa că și-au propus să construiască un dispozitiv experimental pentru a studia mișcarea unui corp lansat pe o porțiune circulară. Ei au realizat o buclă de rază *R* = 1 m, utilizând o bandă metalică de lungime *L* = 6,28 m. Corpul de masă *m* = 500 g a fost lansat utilizând un resort ușor, cu constanta elastică *k* = 450 N/m, ca în figura 4.



4

**a** Comprimând resortul cu *x* = 0,4 m, corpul lansat a intrat pe buclă și a ajuns în punctul A, aflat la baza buclei, după care a atins punctul B, aflat în punctul cel mai înalt al buclei. Determină viteza corpului în punctul A, știind că deplasarea pe suprafața orizontală se face fără frecare.

**b** Calculează viteza cu care ajunge corpul în punctul B, știind că, în timpul deplasării pe suprafața circulară, banda metalică acționează asupra corpului cu o forță de frecare constantă *F* = 7 N.

# Test de evaluare

Punctaje:
1. 2 puncte
2. 2 puncte
3. 1 punct
4. 1 punct
5. 2 puncte
6. 1 punct

Se acordă 1 punct din oficiu.
Timp de lucru: 50 min.

**1.** Completează cu noțiunile adecvate spațiile punctate din următorul text:

- Lucrul mecanic este o mărime fizică ....., care se măsoară în SI în ..... . Valorile lucrului mecanic pot fi exprimate în ....., ..... și ..... .
- Puterea mecanică a unui motor are valoarea: 50 CP = ..... W.
- Energia cinetică a unui corp crește proporțional cu ....., mărime fizică ce se măsoară în SI în ..... .
- Energia potențială se poate defini numai pentru forțe ....., care sunt: ..... .
- Energia mecanică a unui corp se poate ..... dacă asupra sa acționează numai forțe ..... .
- Conversia energiei mecanice în energie electrică are loc în centrale ..... , în ..... sau în ..... unei biciclete.
- Dispozitivul în care are loc conversia energiei electrice/termice în energie mecanică se numește ..... .

**2.** Răspunde la următoarele întrebări:

- Dacă asupra unui corp acționează o forță rezultantă al cărei lucru mecanic este pozitiv, ce poți spune despre viteza corpului? Crește aceasta sau scade?
- Pentru un corp aflat în repaus, asupra căruia acționează mai multe forțe, ce se poate spune despre lucrul mecanic total cheltuit? Dar dacă același corp se mișcă rectiliniu și uniform?
- Energia cinetică a unui corp depinde de direcția vitezei acestui corp?
- Un resort este alungit cu 2 centimetri și apoi este comprimat cu 2 centimetri. Ce poți spune despre energia potențială a resortului în cele două stări?

**3.** Un automobil cu puterea $P$ = 85 CP se deplasează pe un plan orizontal rectiliniu și uniform cu viteza $v$ = 72 km/h. Calculează forța de tracțiune exercitată de motor în timpul acestei deplasări.

**4.** O mașină cu masa de 2 tone se deplasează rectiliniu și uniform cu viteza $v$ = 54 km/h față de șosea. Ce valoare are energia cinetică a mașinii față de șosea? Dar față de șoferul mașinii?

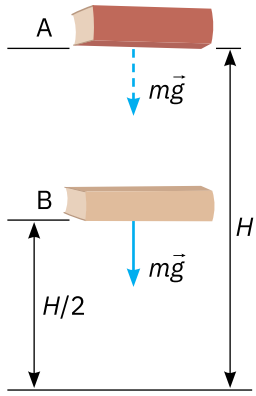
**5.** O carte cu masa de 5 kilograme este lăsată să cadă liber de la înălțimea de $H$ = 2 m față de sol (solul fiind nivelul de referință), așa ca în figura 1. Știind că forțele de frecare sunt neglijabile și că accelerația gravitațională se poate considera g ≃ 10 N/kg, determină:

**a** energia mecanică a cărții în poziția inițială;

**b** viteza cărții atunci când ajunge la jumătatea înălțimii față de sol;

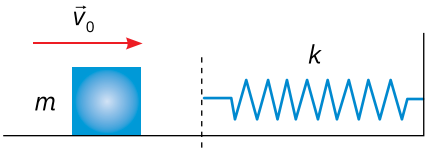
**c** viteza corpului la atingerea solului.

1




**6.** Un resort orizontal are constanta de elasticitate $k$ = 50 N/m și este fixat la un capăt, ca în figura **2**. Un corp de masă $m$ = 250 g este lansat pe orizontală cu o viteză inițială $v_0$ = 5 m/s către resortul nedeformat. Știind că frecările sunt neglijabile, iar accelerația gravitațională se poate considera g ≃ 10 N/kg, determinați deformarea maximă a resortului.

2




## Fișă de observare sistematică

La finalul acestei unități, știu ...

| | DA | NU |
|---|---|---|
| • să formulez cu cuvintele mele răspunsuri la întrebări | | |
| • să completez spațiile libere dintr-un enunț | | |
| • să stabilesc corespondențe între afirmații | | |
| • să rezolv probleme | | |
| • să experimentez lucruri noi | | |
| • să scriu texte explicative referitoare la o temă dată | | |

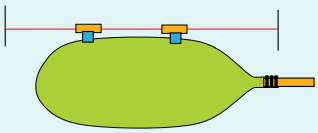
# U4 Fenomene mecanice. Echilibrul corpurilor

| | | |
|---|---|---|
| Lecția 1 | 80 | Echilibrul de translație |
| Lecția 2 | 82 | Momentul forței. Unitate de măsură. Echilibrul de rotație |
| Lecția 3 | 84 | Pârghia (tratare interdisciplinară – pârghii în sistemul locomotor) |
| Lecția 4 | 88 | Scripetele |
| Lecția 5 | 92 | Centrul de greutate |
| Lecția 6 | 94 | Echilibrul corpurilor și energia potențială |
| Fizică aplicată | 97 | Echilibrul mecanic... de acasă |
| Probleme | 98 | |
| Test de evaluare | 99 | |

**În viața cotidiană utilizăm o serie de sisteme fizice care trebuie rotite, de exemplu, în cazul scripeților, mecanismele de bază utilizate în rețelele de transport pe cablu: teleschi, telescaun, telecabină, telegondolă, volanul unui automobil. Pentru a caracteriza efortul depus la rotația unui corp se definește o mărime fizică numită moment al forței. Vei afla informații despre această mărime fizică și legătura acesteia cu echilibrul de rotație în lecția despre momentul forței.**

# 1 Echilibrul de translație

## Investigație



**Materiale necesare:** un balon din cauciuc, sfoară, paie (pentru suc), scotch.

Pune pe sfoară două bucăți de paie, cu lungimea de aproximativ 2-3 centimetri, și întinde sfoara între două puncte (ca în schița de mai sus). Fixează la capătul balonului o bucată dintr-un pai, apoi umflă balonul și astupă paiul. Prinde balonul cu scotch de cele două paie și eliberează aerul din balon.

Observă mișcarea balonului, determină viteza de mișcare a balonului și explică cele constatate. Ce forță determină deplasarea balonului? Reprezintă această forță pe desen.

## Observ

1

2

3

4

De ce nu cade copilul din imaginea 1 sub acțiunea forței de greutate? Reprezintă forțele ce acționează asupra lui. Identifică forțele ce acționează asupra corpurilor din imaginile 2, 3 și 4. Precizează ce fel de mișcare au corpurile din imaginile 1-4.

**Concluzie**

Copilul din imaginea 1 nu cade deoarece se sprijină cu picioarele pe bară. Asupra copilului acționează greutatea, dar și reacțiunea din partea barei. Corpurile prezentate în imaginile 2, 3 și 4 au mișcare de translație față de Pământ, iar copilul din imaginea 1 se află în repaus față de sol.

## Experimentez

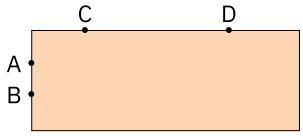
### Studierea mișcării punctelor unui corp pe planul înclinat

**Materiale necesare:** plan înclinat, corp paralelipipedic din lemn, riglă/ruletă, cronometru.

**Modul de lucru**

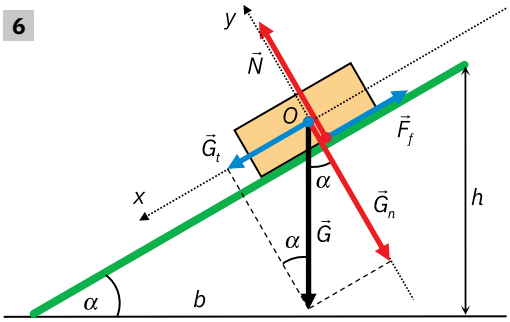
- Reglează înălțimea planului înclinat astfel încât corpul să alunece cu viteză constantă pe acesta (lovește ușor cu degetele în planul înclinat pentru a determina alunecarea uniformă a corpului). Notează pe o față laterală și pe fața superioară a corpului paralelipipedic câte două puncte A și B, respectiv C și D (vezi figura 5). Precizează ce traiectorii au aceste puncte, în timpul mișcării corpului paralelipedic.
- Modifică înălțimea planului înclinat și observă dacă forma traiectoriilor punctelor A, B, C, D se schimbă. Notează observațiile în caiet.
- Determină viteza medie a corpului paralelipipedic ce coboară pe planul înclinat. Precizează în ce relație se află vitezele punctelor A, B, respectiv C, D, notate pe fețele corpului, la un anume moment, în decursul mișcării corpului pe planul înclinat. Notează în caiet concluziile. Măsoară înălțimea planului înclinat ($h$) și baza acestuia ($b$). Colectează datele într-un tabel de forma celui alăturat.
- Reprezintă forțele ce acționează asupra corpului atunci când acesta este în mișcare și explică de ce mișcarea acestuia este uniformă. Stabilește o relație între forțele ce acționează asupra corpului și determină valoarea coeficientului de frecare la alunecare dintre corp și planul înclinat.

5




| Nr. det. | $h$ (cm) | $b$ (cm) | $\mu$ |
|---|---|---|---|
| 1. | | | |
| ... | | | |
| ... | | | |

6




Forțele ce acționează asupra corpului ce coboară liber cu viteză constantă pe planul înclinat

**Concluzii**

- Traiectoriile punctelor A, B, C, D, marcate pe cele două fețe ale corpului, sunt paralele, iar viteza acestor puncte la un moment dat este aceeași.
- Corpul alunecă cu viteză constantă sub acțiunea forțelor: $\vec{G}_t$ și $\vec{F}_f$ pe direcția mișcării, iar perpendicular pe această direcție acționează forțele: $\vec{G}_n$ și $\vec{N}$. Rezultantele acestor forțe pe cele două direcții sunt nule: $\vec{G}_t + \vec{F}_f = \vec{0}$, $\vec{G}_n + \vec{N} = \vec{0}$ (imaginea 6).

## Reț in

Un corp solid rigid are **mișcare de translație** atunci când toate punctele lui descriu traiectorii paralele și au în orice moment viteze egale. Pentru un corp solid rigid aflat în mișcare de translație, oricare două puncte ce aparțin corpului determină o dreaptă ce se deplasează paralel cu ea însăși pe toată perioada deplasării.

Un corp solid rigid se află în **echilibru de translație** atunci când rezultanta tuturor forțelor ce acționează asupra corpului este nulă. Corpul aflat în echilibru de translație este fie în repaus, fie în mișcare rectilinie uniformă.

Schiorul are o mișcare de translație.

## Aplic

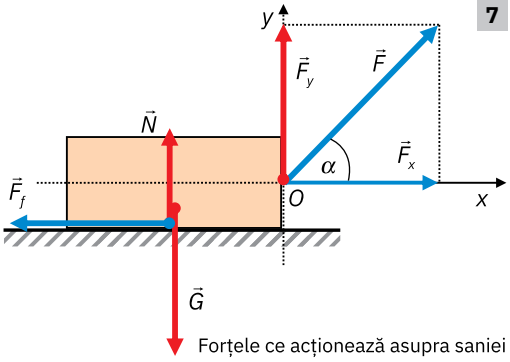
**1.** Problemă rezolvată. Adi trage cu o forță constantă o sanie pe care o deplasează uniform pe un drum orizontal. Forța face cu direcția mișcării unghiul $\alpha = 45°$. Sania are masa $m = 10$ kg, iar coeficientul de frecare la alunecare dintre sanie și zăpadă este $\mu = 0{,}05$.

**a.** Reprezintă forțele ce acționează asupra saniei.

**b.** Determină modulul forței exercitate de Adi asupra saniei.

*Rezolvare*

**a.** Forța $\vec{F}$ se descompune în două componente $\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y$. Pe direcția mișcării *Ox* acționează componenta $\vec{F}_x$ a forței $\vec{F}$ exercitate de Adi și forța de frecare la alunecare $\vec{F}_f$, exercitată de suprafața pe care alunecă; pe direcția *Oy* acționează componenta $\vec{F}_y$ a forței $\vec{F}$ exercitate de Adi, greutatea $\vec{G}$ și forța normală de reacțiune din partea suprafeței de sprijin (figura 7).



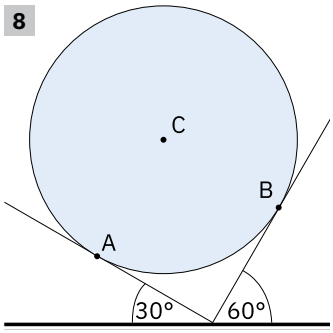

Forțele ce acționează asupra saniei

**b.** Pentru ca mișcarea să fie uniformă, este necesar și suficient ca rezultanta forțelor ce acționează pe fiecare direcție să fie nulă; astfel, pentru *Ox*: $\vec{F}_x + \vec{F}_f = \vec{0}$, iar pentru *Oy*: $\vec{F}_y + \vec{N} + \vec{G} = \vec{0}$. Deci, pentru *Ox*: $F_x - F_f = 0$ (1), iar pentru *Oy*: $N + F_y - G = 0$ (2). Ținând cont de definiția forței de frecare la alunecare, $F_f = \mu N$ și $F_x = F\cos\alpha$, $F_y = F\sin\alpha$, relația 1 devine: $F\cos\alpha - \mu(G - F\sin\alpha) = 0 \Leftrightarrow F(\cos\alpha + \mu\sin\alpha) - \mu mg = 0$, de unde rezultă $F = \dfrac{\mu mg}{\cos\alpha + \mu\sin\alpha} = 7{,}44$ N.

**2.** Un cilindru orizontal, de masă $M = 1$ kg, se află în echilibru de translație între două plăci plane care formează cu suprafața orizontală unghiuri de 30°, respectiv 60° (ca în figura 8). Frecările cilindrului cu cei doi pereți se consideră neglijabile, iar accelerația gravitațională poate fi considerată $g \cong 10$ N/kg.

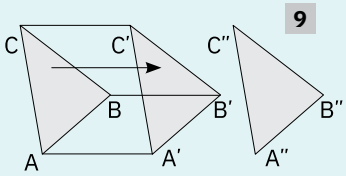
**a.** Reprezintă forțele care acționează asupra cilindrului.

**b.** Calculează valorile forțelor normale cu care acționează cele două plăci asupra cilindrului în punctele A și B.




**Știai că?**

În țara noastră, unele clădiri au fost salvate de la demolare printr-o metodă brevetată de inginerul Eugen Iordăchescu. Clădirile erau ridicate și puse pe platforme care erau deplasate cu grijă, astfel încât să fie în permanență în echilibru de translație față de platformă.

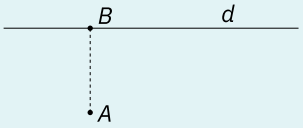



În geometria euclidiană, o *translație* este o deplasare a unei figuri geometrice în urma căreia fiecare punct al figurii se deplasează la aceeași distanță și în aceeași direcție (figura 9).

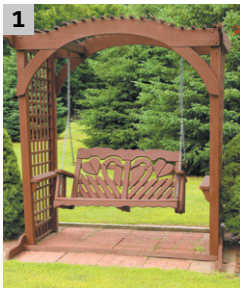
# Momentul forței. Unitate de măsură. Echilibrul de rotație

## Știu deja

Distanța dintre un punct *A* și o dreaptă *d* este perpendiculara dusă din punctul *A* pe dreapta *d*, adică lungimea segmentului [*AB*].

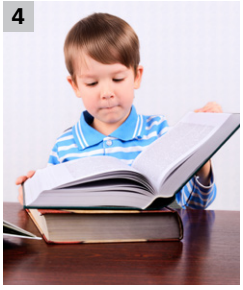



## Observ


1

2

3


4

Punctele leagănului din imaginea 1 se pot mișca față de bara orizontală pe care se sprijină. Ce traiectorie au punctele leagănului în raport cu bara? Ce fel de mișcare pot avea pedalele monociclului din imaginea 2? Punctele de pe timona bărcii din imaginea 3 pot descrie traiectorii sub forma unor cercuri sau arce de cerc, cu centrul pe axul timonei. Cum se poate denumi mișcarea timonei? Când deschidem sau închidem o carte (imaginea 4), coperta cărții se deplasează. Ce fel de mișcare are coperta cărții în aceste situații?

**Concluzie**

Un corp solid rigid are **mișcare de rotație** față de o axă fixă, numită axă de rotație, dacă orice punct al corpului descrie o traiectorie de forma unui arc de cerc cu centrul pe axa de rotație.

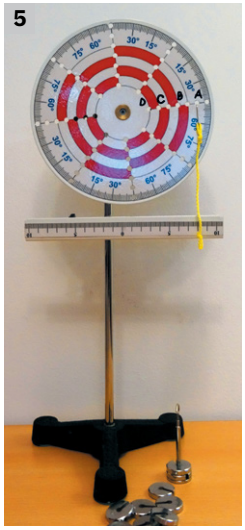
## Experimentez

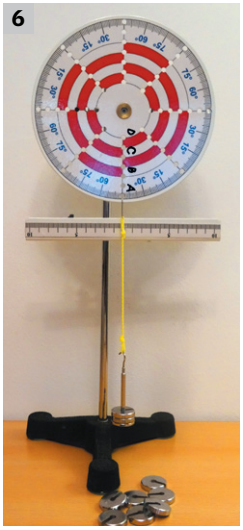
### Studierea efectelor unor forțe care acționează asupra unui disc

1. **Materiale necesare:** disc cu perforații, fir prevăzut la un capăt cu un mic cârlig (poți să-l confecționezi dintr-o agrafă de birou), discuri marcate, cârlig pentru discuri, riglă.

**Modul de lucru**

- Montează discul ca în imaginea 5. La un capăt al firului pune cârligul cu discuri marcate și prinde celălalt capăt în diferite perforații (*A*, *B*, *C*, *D*) ale discului.
- Măsoară distanța *b* de la axul de rotație al discului la direcția pe care acționează forța exercitată de cârligul cu discuri (direcția firului întins). Observă cum se comportă discul pentru diferite valori ale distanței *b*.
- De ce nu se rotește discul din imaginea 6, deși este acționat de forța de tensiune în fir?
- Păstrează aceeași distanță *b* și observă cum se comportă discul pentru diferite valori ale maselor prinse pe cârlig, atunci când discul este rotit astfel încât punctele *A*, *B*, *C* și *D* sunt pe o dreaptă orizontală.
- Înregistrează valorile măsurătorilor într-un tabel precum cel alăturat.


5


6

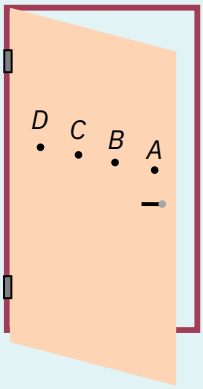
| Nr. det. | $m$ (g) | $b$ (cm) | $F = mg$ (N) | $F \cdot b$ (N · cm) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | |
| 2. | | | | |

- Analizează rezultatele obținute și identifică situația în care produsul din ultima coloană are valoarea cea mai mare, respectiv cea mai mică. Discută cu colegii și formulează concluzii.

**Concluzie**

Acțiunea unei forțe asupra unui corp poate avea un efect de rotație. Mărimea fizică numită momentul forței (*M*) ce măsoară efectul de rotație al unui forțe asupra unui corp depinde de mărimea forței și de distanța dintre direcția forței și axa de rotație sau centrul de rotație.

## Investigație

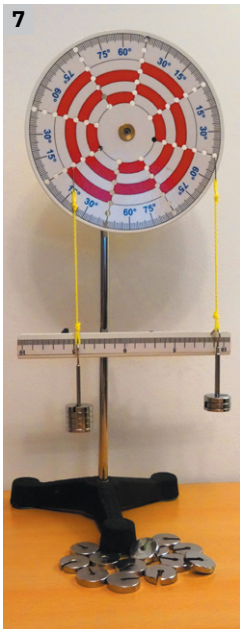


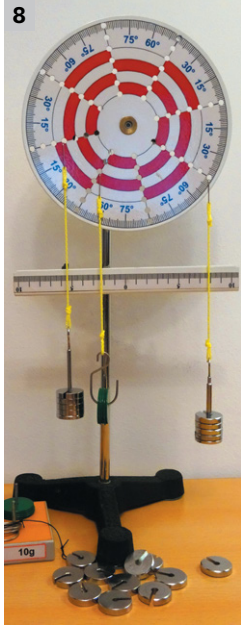

Deschide ușa, ca în imaginea de mai sus, apoi împinge în ușă cu mâna, de la diferite distanțe față de axa balamalelor, pentru a o închide.
Notează observațiile; găsește o dependență între efortul depus și distanța dintre axa balamalelor și locul din care împingi în ușă. Desenează traiectoriile descrise de punctele *A*, *B*, *C*, *D* în timpul mișcării.

**2. Materiale necesare:** disc cu perforații, fire prevăzute la un capăt cu un mic cârlig, discuri marcate, cârlig pentru discuri, riglă.

**Modul de lucru**

- Montează discul ca în imaginea 7.
- Agață de una dintre perforațiile discului un fir ce are la celălalt capăt cârligul cu discuri marcate, de masă $m_1$, și observă sensul în care se rotește discul cu perforații.
- Agață apoi un alt fir de o altă perforație a discului și pune mase pe cârlig până când discul nu se mai rotește; notează cu $m_2$ masa cârligului încărcat cu discuri marcate.
- Măsoară brațul tensiunilor în fir ($b_1$, $b_2$), atunci când firele sunt verticale.
- Repetă măsurătorile pentru mase $m_1$, $m_2$ diferite și pentru brațe diferite.


7


8

- Notează rezultatele într-un tabel similar celui de mai jos:

| Nr. det. | $m_1$ (g) | $m_2$ (g) | $F_1$ (N) | $F_2$ (N) | $b_1$ (cm) | $b_2$ (cm) | $M_1 = F_1 \cdot b_1$ ($10^{-3}$ N · cm) | $M_2 = F_2 \cdot b_2$ ($10^{-3}$ N · cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | |

- Calculează forțele de tensiune ce acționează asupra discului: $F_1 = m_1 \cdot g$ și $F_2 = m_2 \cdot g$.
- În ce relație se află $M_1$ și $M_2$, pentru fiecare situație în parte?
- Repetă măsurătorile cu trei forțe (imaginea 8) ce tind să rotească discul și găsește condiția de echilibru de rotație pentru acest caz.

**Concluzie**

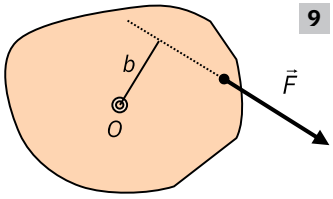
Din prelucrarea datelor obținute se constată că momentele forțelor $M_1 = F_1 \cdot b_1$ și $M_2 = F_2 \cdot b_2$ față de centrul de rotație sunt egale atunci când discul se află în echilibru de rotație: $M_1 = M_2$.

Dacă asupra discului acționează trei forțe, atunci la echilibrul de rotație, suma momentelor $M_1$ și $M_2$ care tind să rotească discul într-un sens este egală cu momentul forței ce tinde să rotească discul în sens opus.

## Rețin

**Momentul forței față de un punct** este o mărime fizică vectorială ce măsoară efectul de rotație al unei forțe $\vec{F}$ față de un punct $O$ (de pe axa de rotație).

Sub acțiunea unei forțe, un corp solid nedeformabil ce are o axă de rotație sau un centru de rotație se poate afla în mai multe stări mecanice: se rotește în sens orar sau în sens antiorar sau nu se rotește.



9

**Modulul momentului unei forțe față de un centru de rotație** este egal cu produsul dintre mărimea forței și brațul forței față de acel punct: $M_{\vec{F}(O)} = F \cdot b$ (imaginea 9). Unitatea de măsură pentru momentul forței este: $[M]_{SI} = [F]_{SI} \cdot [b]_{SI} = \text{N} \cdot \text{m}$.

**Momentul unei forțe nenule este nul** când direcția forței trece prin centrul de rotație, caz în care brațul forței față de punctul respectiv este nul.

Un corp solid nedeformabil este în **echilibru de rotație** când momentul forței ce rotește corpul în sens orar este egal cu momentul forței ce rotește corpul în sens antiorar.

Când asupra corpului nedeformabil acționează mai multe forțe, atunci acesta este în echilibru de rotație dacă suma modulelor momentelor forțelor ce rotesc corpul în sens orar este egală cu suma modulelor momentelor forțelor ce rotesc corpul în sens antiorar.

### Știai că?

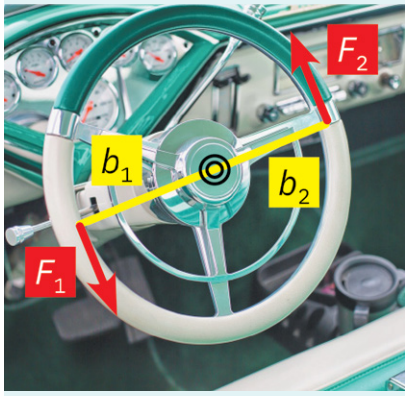
**Cuplul de forțe** este ansamblul format din două forțe paralele, de module egale și de sensuri opuse, ce acționează asupra unui corp, pe care îl pot roti în jurul unei axe sau al unui centru de rotație.

**Momentul cuplului de forțe** este egal cu suma vectorială a momentelor celor două forțe $M_C = M_1 + M_2 = F(b_1 + b_2) = F \cdot b_C$, unde $b_C = b_1 + b_2$ este brațul cuplului de forțe.

Tirbușon

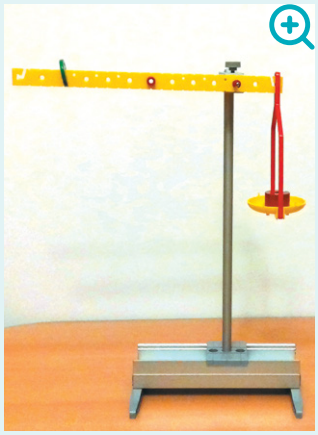
Pereche de clești

Cheia din broască



Volanul unui autovehicul

# Pârghia (tratare interdisciplinară – pârghii în sistemul locomotor)

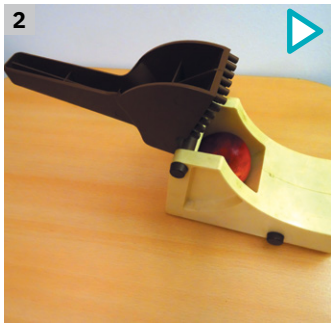


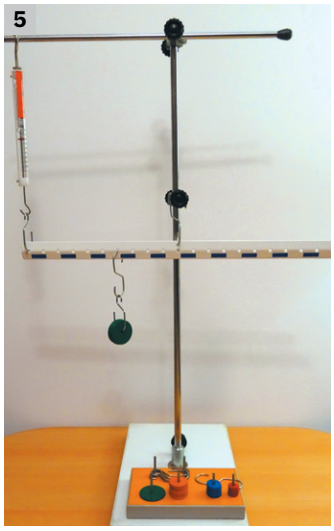
**Balanța cu brațe inegale**

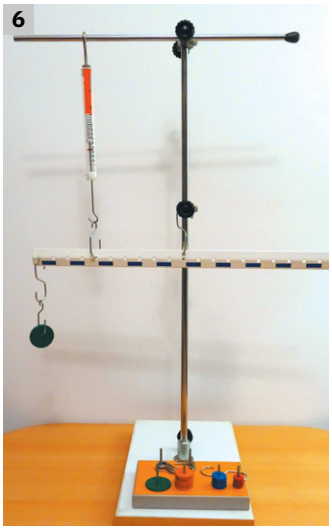
Pe taler se aşează corpul a cărui masă trebuie măsurată. Prin deplasarea greutății aflate pe brațul lung al balanței, se obține echilibrul la rotație al pârghiei. Având în vedere că masa care trebuie măsurată este direct proporțională cu brațul greutății, este posibilă etalonarea brațului lung cu valori numerice pentru masă.

## Observ

Care este utilitatea mecanismelor/uneltelor din imaginile 1, 2 și 3? Alege ustensile/unelte din imaginile 1 și 3 care au aceeași dispunere a punctului de sprijin și a punctelor de aplicație ale forțelor ce acționează asupra lor.






**Concluzie**

Toate uneltele se folosesc pentru a facilita diferite activități fizice. Forța indicată de dinamometru (imaginile 4, 5, 6) reprezintă forța activă, iar forța exercitată de cârligul cu mase marcate (discuri) reprezintă forța rezistentă (forța ce trebuie învinsă).

## Portofoliu

Scrie un eseu cu tema: *Mecanisme simple în gospodărie* în care să urmărești:

**a** clasificarea mecanismelor simple din gospodărie, în funcție de poziția punctului de rotație/sprijin față de punctele de aplicație ale forțelor exercitate;

**b** enumerarea mecanismelor simple la care forța exercitată de utilizator este mai mică în comparație cu forța ce trebuie învinsă;

**c** prezentarea a trei dintre mecanismele simple identificate, considerate mai eficiente. Motivează alegerea făcută.

*Adună toate materialele pe care le realizezi pentru Portofoliu într-o mapă.*

## Experimentez

### Studierea condițiilor de echilibru pentru o bară

**Materiale necesare:** trepied, tijă lungă și scurtă, clemă, bară rigidă cu orificii, dinamometru de 2 N, corp cu masa $M$ ($M$ > 100 g), cârlige, sfoară.

**Modul de lucru**

1. Montează bara cu orificii astfel încât punctul de sprijin al barei poziționate orizontal să se afle între punctele de aplicație ale celor două forțe care acționează asupra barei.

   Agață de bară, cu ajutorul unui cârlig, corpul paralelipipedic cu masa cunoscută și apoi trage în jos de bară cu ajutorul dinamometrului până când bara se va afla în poziție orizontală, în echilibru de rotație.

Notează greutatea corpului agățat ($R = G = m \cdot g$), care reprezintă **forța de rezistență** ce acționează asupra barei, și forța indicată de dinamometru ($F$), ce reprezintă **forța activă** de acțiune asupra barei, astfel încât aceasta să se afle în echilibru. Apoi măsoară brațele celor două forțe față de punctul de sprijin al barei. Notează valorile obținute într-un tabel similar celui de mai jos.

Repetă măsurătorile pentru alte valori ale brațelor celor două forțe.

| Nr. det. | $R$ (N) | $F$ (N) | $b_R$ (cm) | $b_F$ (cm) | $M_F$ (N · cm) | $M_R$ (N · cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | | |
| 2. | | | | | | |
| 3. | | | | | | |

2. Montează bara cu orificii astfel încât punctul de aplicație al forței rezistente să fie între punctul de sprijin și punctul de aplicație al forței active. Completează cu datele obținute un tabel asemănător cu cel de la punctul 1. Datele experimentale corespund situației în care montajul realizat se află în echilibru, în poziție orizontală.
3. Montează bara cu orificii astfel încât punctul de aplicație al forței active să fie între punctul de sprijin și punctul de aplicație al forței rezistente. Completează un tabel asemănător cu tabelul de la punctul 1 pentru situația când montajul realizat se află în echilibru.

**Prelucrarea datelor experimentale**

- Realizează o schiță pentru fiecare dintre situațiile de mai sus și reprezintă forțele ce acționează asupra barei atunci când se află în echilibru, în poziție orizontală.
- Calculează momentele celor două forțe în raport cu punctul de sprijin al barei și formulează o concluzie.
- Stabilește condiția de echilibru pentru fiecare dintre cele trei situații.

**Concluzie**

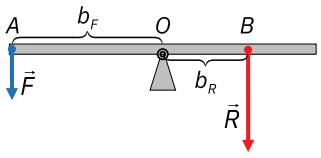
Bara este în echilibru de rotație atunci când momentul forței active este egal cu momentul forței rezistente: $M_F = M_R$; $F \cdot b_F = R \cdot b_R$.

## Reț in

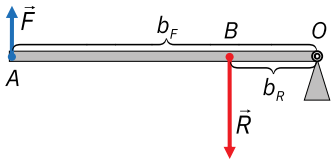
**Pârghia** este o bară rigidă ce se poate roti în jurul unui punct de sprijin, asupra căreia acționează două forțe: *forța activă* ($\vec{F}$) și *forța rezistentă* ($\vec{R}$).

În funcție de poziția punctului de sprijin și a punctelor de aplicație ale celor două forțe, activă și rezistentă, se definesc trei tipuri de pârghii:

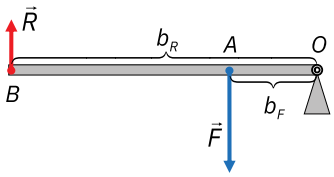
- **pârghia de ordinul I**, care are punctul de sprijin între punctul de aplicație al forței active, $\vec{F}$, și punctul de aplicație al forței rezistente, $\vec{R}$, cu $b_F$ – brațul forței active și $b_R$ – brațul forței rezistente. În aplicațiile practice, modulul forței active este mai mic (sau egal) cu modulul forței rezistente: $F \leq R$. Pârghia de ordinul întâi este o pârghie de echilibru. Exemple: foarfecele de tăiat hârtie, foarfecele pentru lăstari, patentul, cazmaua, ranga (levierul).




- **pârghia de ordinul II**, care are punctul de aplicație al forței rezistente, $\vec{R}$, între punctul de sprijin și punctul de aplicație al forței active, $\vec{F}$. În aplicațiile practice, modulul forței active este mai mic decât modulul forței rezistente: $F < R$. Pârghia de ordinul doi este o pârghie de forță, adică are rolul de a multiplica forța. Exemple: perforatorul, presa pentru usturoi, presa pentru cartofi, roaba.




- **pârghia de ordinul III**, care are punctul de aplicație al forței active, $\vec{F}$, între punctul de sprijin și punctul de aplicație al forței rezistente, $\vec{R}$. Modulul forței active este mai mare decât modulul forței rezistente: $F > R$. Pârghia de ordinul




### Portofoliu

Realizează un eseu cu tema: *De ce folosim pârghia?* Identifică cel puțin trei pârghii utilizate în viața cotidiană și descrie modul de funcționare al sistemelor care conțin pârghia identificată.

*Adună toate materialele pe care le realizezi pentru Portofoliu într-o mapă.*

### Investigație

Care dintre următoarele dispozitive: cleștele pentru spart nuci, foarfecele, presa de usturoi, capsatorul, balanța cu brațe egale, penseta, roaba, cleștele de scos cuie, constituie pârghie de ordinul 2, sau ansamblu de două pârghii de ordinul 2? Informează-te utilizând dispozitivele găsite acasă, sau folosind site-uri web de tipul wikipedia. Discută cu colegii, părinții și profesorul.

trei este o pârghie de viteză. Exemple: capsatorul, dispozitivul pentru scos sâmburi de cireșe/vișine, lopata, mătura cu coadă.

**Condiția de echilibru pentru pârghie**: $M_{F(O)} = M_{R(O)} \Leftrightarrow F \cdot b_F = R \cdot b_R$.

Dacă o pârghie este în echilibru, raportul forțelor este egal cu raportul invers al brațelor corespunzătoare: $\frac{F}{R} = \frac{b_R}{b_F}$.

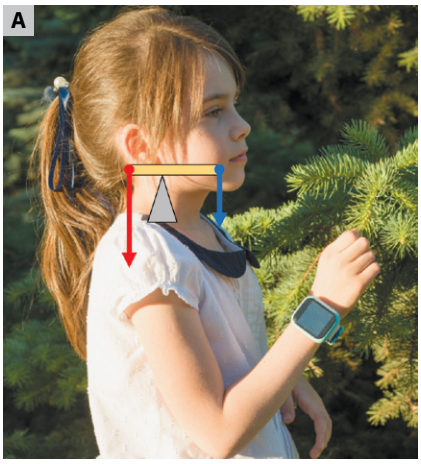
## Aplic

1. Identifică forțele ce acționează asupra cleștelui de spart nuci și găsește tipul pârghiei. Analizează uneltele și mecanismele folosite în gospodărie și identifică pârghii de același tip cu cleștele de spart nuci.

2. **Problemă rezolvată.** Reprezintă forțele ce acționează asupra capului (A), piciorului, atunci când stăm pe vârfuri (B), și antebrațului (C). Identifică poziția punctului de rotație/sprijin și a punctelor de aplicație ale forțelor ce acționează asupra acestora. Determină tipul pârghiei identificate. Găsește și alte pârghii de același ordin în sistemul locomotor uman.

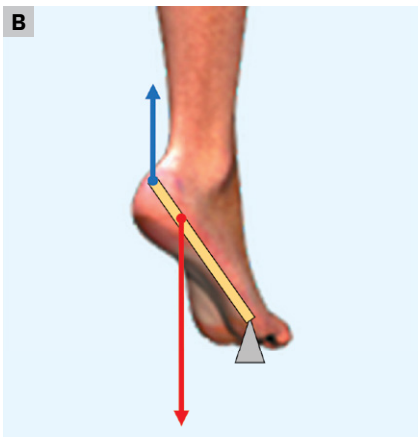
*Rezolvare*

**A.** Capul se sprijină pe coloana vertebrală, care este punctul de sprijin; forța rezistentă (*R*) este reprezentată de greutatea capului; forța activă (*F*) este determinată de inserția pe oasele craniului, prin tendoane, a mușchilor gâtului care realizează mișcarea. Este o pârghie de ordinul I.




**Pârghii de ordinul I în organismul uman:**
- trunchiul, când se află în echilibru pe picioare;
- capul, în echilibru pe coloana vertebrală. Punctul de sprijin este vertebra *atlas*, rezistența este reprezentată de greutatea capului, care tinde să cadă înainte, iar forța activă este dezvoltată de mușchii cefei, care opresc căderea capului înainte;
- antebrațul, în extensie. Când se face îndoirea și extinderea brațelor în poziția „stând în mâini“, antebrațul acționează ca o pârghie de ordinul I. Mușchii extensori preiau rolul de agoniști atât în mișcarea de extensie, cât și în cea de flexiune. Îndoirea brațelor în această poziție este realizată de către greutate și gradată de mușchii extensori (triceps), iar extensia coatelor este realizată de mușchii extensori;
- piciorul, când este fixat pe sol (la mers, alergare, momentul bătăii în săritură, în cădere de la înălțime). În această situație, segmentul gambei este tot o pârghie de ordinul I, cu punctul de sprijin la mijloc.

**B.** Punctul de sprijin al piciorului este pe degete, forța rezistentă (*R*) este reprezentată de greutatea sprijinită pe tibie, iar forța activă (*F*) este reprezentată de mușchiul gambei care realizează mișcarea. În acest caz, avem o pârghie de ordinul II.



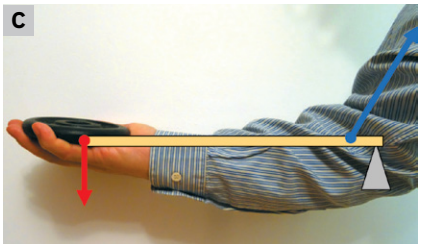

**Pârghii de ordinul II în organismul uman:**
- incisivii;
- caninii;
- piciorul, având ca rezistență greutatea corpului transmisă prin tibie. Greutatea corpului este aplicată la nivelul articulației tibio-tarsiene, astfel încât forța necesară pentru mișcare va fi dată de către mușchii inserați prin tendonul lui Ahile pe calcaneu. Punctul de sprijin, când stăm pe vârfuri, se află la extremitatea metatarsienelor în contact cu solul;
- segmentul membrului superior, în timpul executării flotărilor.

### Știai că?

Deși Arhimede nu a inventat pârghia, el a furnizat, în opera sa *Despre echilibrul planelor*, o explicație a principiului în baza căruia aceasta funcționează.
Descrieri mai vechi ale pârghiei au fost găsite la urmașii lui Aristotel din școala peripatetică; uneori descoperirea îi este atribuită lui Archytas. Conform lui Pappus din Alexandria, Arhimede ar fi exclamat: „Dați-mi un punct de sprijin și voi muta Pământul din loc“. Plutarh descrie cum a proiectat Arhimede scripetele compus, ceea ce a permis marinarilor să folosească principiul pârghiilor pentru a ridica corpuri care altfel ar fi fost prea greu de mutat. De asemenea, i se atribuie creșterea puterii și preciziei catapultei, precum și inventarea odometrului (pentru măsurarea distanțelor), în timpul Primului Război Punic. Odometrul a fost descris ca o căruță cu mecanism de transmisie care lăsa să cadă câte o bilă după fiecare milă.

**C.** Antebrațul funcționează ca o pârghie de ordinul III.

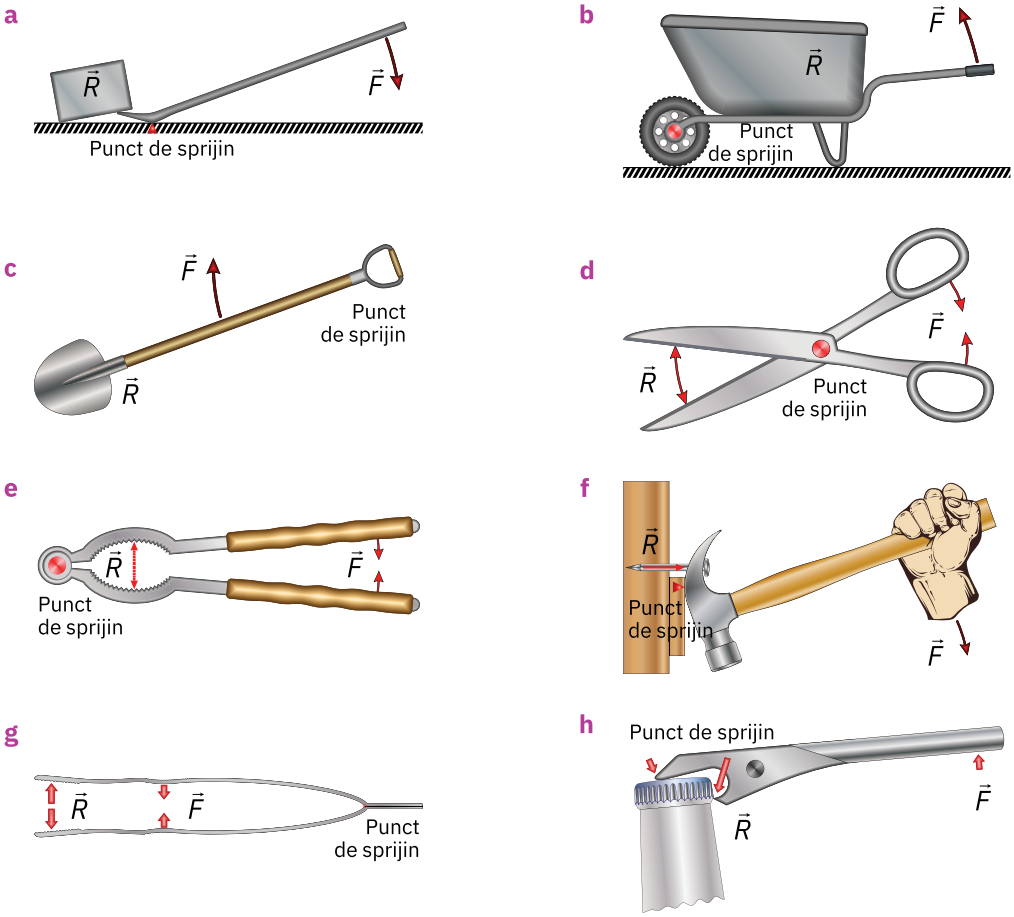
**Pârghii de ordinul III în organismul uman:**




- antebrațul în flexiune, când mușchii flexori se contractă pentru a-l ridica. Bicepsul se contractă și produce o forță care are punctul de aplicație pe antebraț. În acest caz, brațul forței active este de aproximativ 8 ori mai mic decât brațul forței rezistente, deci forța activă trebuie să fie de 8 ori mai mare decât forța rezistentă.
- coastele, în timpul respirației (inspirație și expirație). Articulația costo-vertebrală reprezintă punctul de sprijin, zonele de inserție a mușchiului pe coastă reprezintă punctul de aplicație al forței active, iar partea anterioară a coastelor reprezintă rezistența;
- gamba, la fotbal, în cazul unui voleu. În acest caz, piciorul nu este fixat pe sol, deci punctul de aplicație al forței active se află la mijlocul piciorului, iar rezistența este reprezentată de un ansamblu de forțe (greutatea mingii, greutatea piciorului etc.). Spre exemplu, însumând greutatea piciorului, greutatea gambei, greutatea obiectului lovit (mingea), forța de contracție a extensorilor gambei pe coapsă, rezultă că o minge de fotbal poate fi lovită cu o forță de aproximativ 2 kN, chiar de către un individ neantrenat;
- mâna, atunci când prinde corpurile ca o pensă.

**3.** Analizează imaginile a-h, identifică ordinul fiecărei pârghii și asociază-l cu numărul imaginii într-un tabel similar celui de mai jos.

Reprezintă schematic punctul de sprijin și forțele ce acționează asupra unei pârghii, în funcție de ordinul ei.



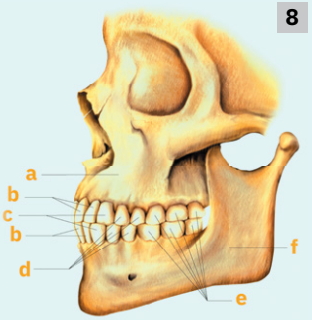

| Tipul pârghiei | Pârghie de ordinul I | Pârghie de ordinul II | Pârghie de ordinul III |
|---|---|---|---|
| Imaginea | | | |
| Schema pârghiei | | | |

## Știai că?

**1** Vertebra *atlas* este prima vertebră cervicală și punctul de sprijin al capului (imaginea 7). Capul în echilibru pe coloana vertebrală este o pârghie de ordinul I.

7

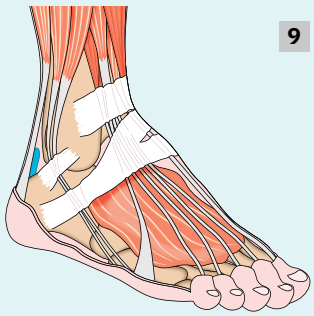
**2** Un adult are 32 de dinți, ce pot fi împărțiți în patru tipuri: 8 incisivi, 4 canini, 8 premolari și 12 molari (imaginea 8). Dintre aceștia, incisivii și caninii pot fi considerați pârghii de gradul II.



8

**a** – maxilar; **b** – incisivi; **c** – canini; **d** – premolari; **e** – molari; **f** – mandibulă

**3** Pentru a ne putea deplasa, piciorul uman are oase, mușchi și tendoane de susținere, așa cum se vede în imaginea 9. Gamba este o pârghie de ordinul III.


9

# 4 Scripetele

## Știai că?

*Șurubul lui Arhimede* este un mecanism spiralat al cărui scop este transferarea apei la un nivel mai înalt.
O mare parte a lucrărilor de inginerie ale lui Arhimede au fost create pentru a satisface nevoile locuitorilor orașului Siracuza. Scriitorul grec Athenaeus din Naucratis descrie cum regele Hieron II i-a comandat lui Arhimede proiectarea unei corăbii uriașe, numită *Syracusia*, care putea fi folosită pentru călătorii de lux, pentru transportul proviziilor sau ca navă de război. Deoarece pe o astfel de corabie se scurgea o cantitate foarte mare de apă în carenă, șurubul lui Arhimede a fost dezvoltat în primul rând ca pompă pentru a scoate apa din santină. Acest dispozitiv consta dintr-o lamă în formă de șurub rotativ, care se afla în interiorul unui cilindru. Era acționat cu mâna și era de asemenea folosit pentru a ridica apa din puțuri în canalele de irigație.

*Gheara lui Arhimede* era o armă care se pare că a fost proiectată pentru apărarea orașului Siracuza. Cunoscută și sub denumirea de mașina de scuturat corăbii, gheara semăna cu un braț de macara de care erau suspendate cârlige cu care se puteau înșfăca navele aflate în apropiere, care apoi erau zdruncinate puternic sau chiar scufundate.

## Observ

Poate un om, doar prin forța brațelor sale, să ridice un corp a cărui greutate este mult mai mare decât propria greutate?

Observă imaginile 1-4 și identifică diverse utilizări ale scripeților. Întocmește o listă cu activități în care se utilizează scripeți.

1

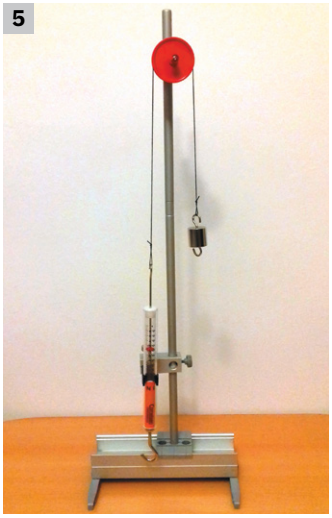
2

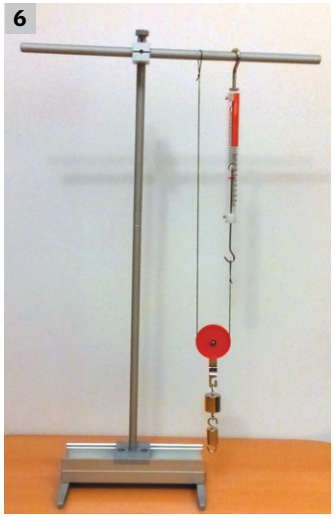
3

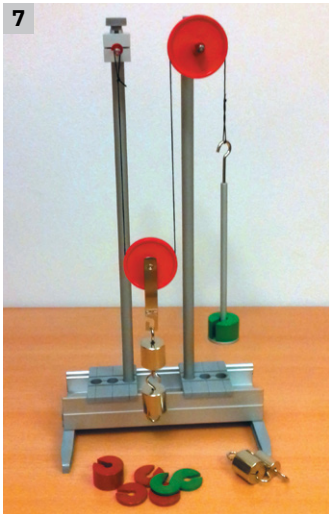
4

**Concluzie**

Un om poate ridica corpuri foarte grele dacă utilizează diferite mecanisme și dispozitive. Unul dintre mecanismele simple, care are multiple utilizări practice, este *scripetele*. Scripeții pot fi de mai multe tipuri: *scripete fix* (imaginea 5), *scripete mobil* (imaginea 6), *scripete compus* (imaginea 7) etc. Cu ajutorul scripeților se pot realiza diverse montaje și sisteme mecanice, care sunt utilizate în construcții sau în activitățile cotidiene: macarale de diverse dimensiuni, tiroliana, fântâna tradițională, mecanismul de ridicare/coborâre a unui pod etc.

5

Scripete fix

6

Scripete mobil

7

Scripete compus

## Experimentez

### Observarea funcționării scripeților

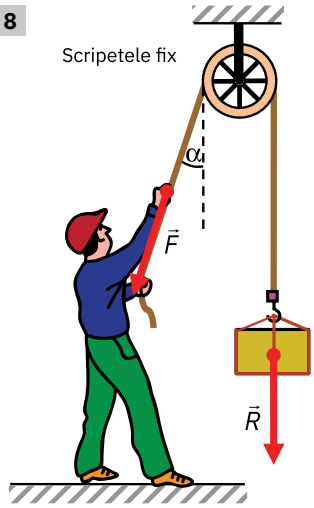
**Materiale necesare:** trepied, tijă lungă și scurtă, clemă, scripeți, dinamometru (2,5 N), corp paralelipipedic de masă $M$ ($M$ > 100 g), trusă cu discuri perforate, sfoară.

**Modul de lucru**

**1. Scripetele fix**

- Montează scripetele fix de suportul cu stativ (imaginea 8).
- Trece firul peste scripete și suspendă corpul paralelipipedic la un capăt; trage cu dinamometrul de celălalt capăt al firului, astfel încât sistemul să se deplaseze lent și uniform.
- Mărește unghiul dintre fir și verticală până când ajunge la 90°; notează într-un tabel de tipul celui de mai jos, pentru valori ale unghiului de 0°, 30°, 45°, 60° și 90°, valorile pentru greutatea corpului, forța indicată de dinamometru, distanța pe care urcă respectivul corp ($d_R$) și distanța pe care se deplasează cârligul dinamometrului ($d_F$). Greutatea corpului ridicat reprezintă forța rezistentă $R$, iar forța indicată de dinamometru reprezintă forța activă $F$.

8



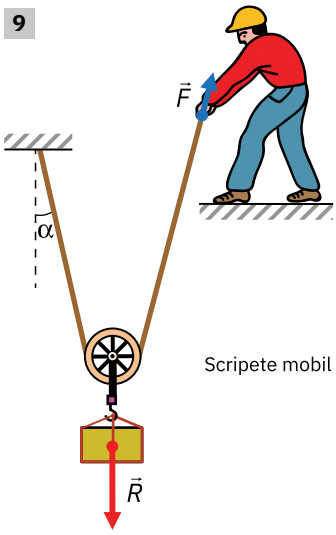

| Nr. det. | $\alpha$ (°) | $R$ (N) | $F$ (N) | $d_R$ (cm) | $d_F$ (cm) | $\frac{R}{F}$ | $\frac{d_R}{d_F}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 0 | | | | | | |
| 2. | 30 | | | | | | |
| 3. | 45 | | | | | | |
| 4. | 60 | | | | | | |
| 5. | 90 | | | | | | |

- Înlocuiește corpul paralelipipedic cu discuri puse pe cârlig și repetă măsurătorile pentru aceleași unghiuri între verticală și direcția firului ca în cazul anterior. Notează datele într-un tabel similar celui de mai sus.
- Identifică avantajul oferit de folosirea scripetelui fix.
- Stabilește condiția de echilibru pentru scripetele fix, precum și relația dintre distanța pe care urcă punctul de aplicație al forței rezistente și distanța pe care se deplasează punctul de aplicație al forței active.

**2. Scripetele mobil**

- Montează scripetele astfel încât să urce lent și uniform odată cu corpul paralelipipedic (imaginea 9).
- Mărește unghiul dintre fir și verticală până când ajunge la 60° și notează într-un tabel de tipul celui de mai jos, pentru valori ale unghiului de 0°, 30°, 45°, 60°, valorile pentru greutatea corpului, forța indicată de dinamometru, distanța pe care urcă respectivul corp și distanța pe care se deplasează cârligul dinamometrului. Greutatea corpului ridicat reprezintă forța rezistentă $R$, iar forța indicată de dinamometru reprezintă forța activă $F$.

9

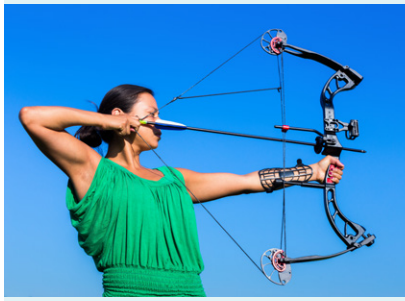



| Nr. det. | $\alpha$ (°) | $R$ (N) | $F$ (N) | $d_R$ (cm) | $d_F$ (cm) | $\frac{R}{F}$ | $\frac{d_R}{d_F}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 0 | | | | | | |
| 2. | 30 | | | | | | |
| 3. | 45 | | | | | | |
| 4. | 60 | | | | | | |

### Știai că?

- Scripeții sunt utilizați în deplasarea ambarcațiunilor.

- Scripeții sunt mecanismele de bază utilizate în rețelele de transport pe cablu: teleschi, telescaun, telecabină, telegondolă.

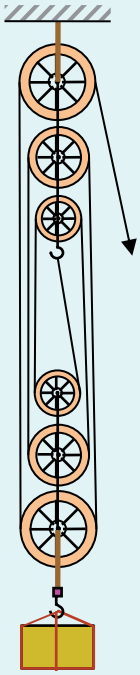


- Arcul compound reprezintă cea mai recentă formă de arc folosit la tir. Este o invenție relativ nouă, datând din anii 1970, care se bucură de o popularitate imensă în rândul arcașilor, fie aceștia cu experiență sau începători. Este gândit pentru acuratețe maximă. Dispune de elemente de ochire telescopică, aparate de stabilizare, iar pe capătul brațelor sunt montați scripeți, care reduc forța resimțită de către arcaș în momentul întinderii.

## Investigație

Dani invită câțiva colegi la atelierul mecanic al tatălui său. Tatăl lui Dani (inginer pasionat), încântat de inițiativa fiului său, îi însoțește și le explică modul de funcționare a fiecărei mașini și a fiecărui dispozitiv din atelier. Mare a fost mirarea copiilor când au aflat că un singur om poate ridica cu ajutorul unui palan manual o piesă cu o masă de aproximativ 3 tone. La ora de fizică, elevii realizează un model simplificat al palanului văzut în atelierul tatălui lui Dani (ca în figura 13). Calculează masa maximă pe o care o poate ridica un singur copil, știind că masa lui este $m$ = 60 kg.

13

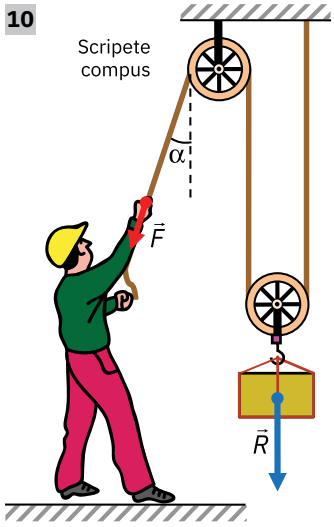


- Stabilește condiția de echilibru pentru scripetele mobil, precum și relația dintre distanța pe care urcă punctul de aplicație al forței rezistente și distanța pe care se deplasează punctul de aplicație al forței active.
- Formulează concluzii cu privire la utilitatea practică a scripetelui mobil.

**3. Sistem format din scripete fix și scripete mobil**

- Montează un scripete fix și unul mobil într-un singur sistem, astfel încât să îmbini avantajele oferite de scripetele fix și mobil (vezi figura 10).
- Deplasează sistemul lent și uniform astfel încât să ridici corpul agățat de scripetele mobil.
- Mărește unghiul dintre fir și verticală până la 60° și notează într-un tabel de tipul celui de mai jos, pentru valori ale unghiului de 0°, 30°, 45°, 60°, valorile pentru greutatea corpului, forța indicată de dinamometru, distanța pe care urcă respectivul corp și distanța pe care se deplasează cârligul dinamometrului. Greutatea corpului ridicat reprezintă forța rezistentă $R$, iar forța indicată de dinamometru reprezintă forța activă $F$.

10




| Nr. det. | $\alpha$ (°) | $R$ (N) | $F$ (N) | $d_R$ (cm) | $d_F$ (cm) | $\frac{R}{F}$ | $\frac{d_R}{d_F}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 0 | | | | | | |
| 2. | 30 | | | | | | |
| 3. | 45 | | | | | | |
| 4. | 60 | | | | | | |

- Stabilește condiția de echilibru pentru scripetele compus, precum și relația dintre distanța pe care urcă punctul de aplicație al forței rezistente și distanța pe care se deplasează punctul de aplicație al forței active.
- Formulează concluzii cu privire la utilitatea practică a scripetelui compus.

## Rețin

**Scripetele** este un mecanism simplu, cu rotație continuă, asupra căruia acționează două forțe: *forța rezistentă* $\vec{R}$ (forța ce trebuie învinsă) și *forța activă* $\vec{F}$ (forța care învinge forța rezistentă).

Scripetele este format dintr-un disc prevăzut pe muchie cu un canal prin care trece un cablu. Discul se rotește în jurul unui ax ce trece prin centrul său. De ax este prinsă o furcă prevăzută cu un cârlig.

În funcție de modalitatea de montare, identificăm: **scripetele fix** – furca scripetelui se fixează de o grindă, **scripetele mobil** – scripetele se mișcă odată cu corpul agățat de furca lui.

Un scripete ideal este un scripete care are masă neglijabilă în raport cu masa corpurilor utilizate, iar frecările sunt neglijabile. Scripeții ideali sunt cei utilizați la macarale, de exemplu.

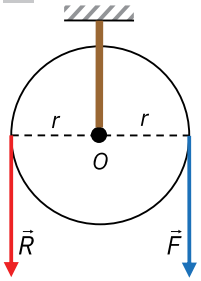
**1. Scripetele fix**

Pentru un scripete ideal fix, la echilibru, momentele celor două forțe ce acționează asupra scripetelui sunt egale: $M_{F(O)} = M_{R(O)}$, $F \cdot r = R \cdot r$, de unde se obține egalitatea: $F = R$ (figura 11). Scripetele se comportă ca o pârghie de ordinul I.

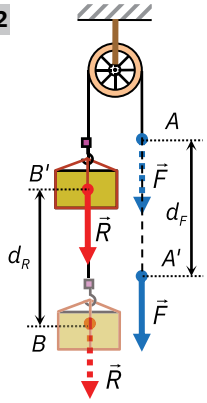
Deși modulele celor două forțe, la echilibru, sunt egale, scripetele fix oferă avantajul că direcția și sensul forței active pot fi schimbate în mod convenabil.

Distanța pe care se deplasează punctul de aplicație al forței rezistente și distanța pe care se deplasează punctul de aplicație al forței active sunt egale: $d_F = d_R$ (figura 12).

11




12

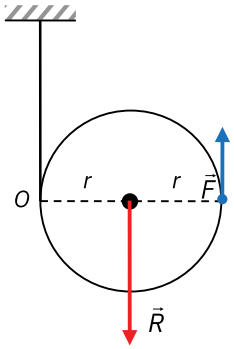


**2. Scripetele mobil**

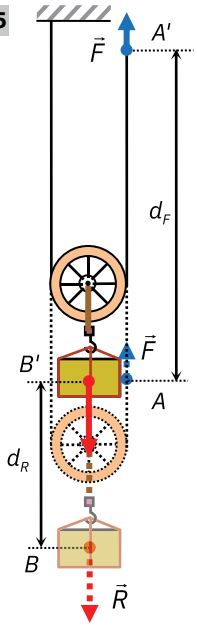
Pentru un scripete mobil, la echilibru, momentele celor două forțe ce acționează asupra scripetelui sunt egale: $M_{F(O)} = M_{R(O)}$, $F \cdot 2r = R \cdot r$, de unde se găsește relația: $F = \frac{R}{2}$ (figura 14).

Pentru scripetele mobil aflat în echilibru, forța activă este jumătate din forța rezistentă, iar distanța pe care se deplasează punctul de aplicație al forței active este dublă față de distanța parcursă de punctul de aplicație al forței rezistente: $d_F = 2d_R$ (figura 15).

14




15



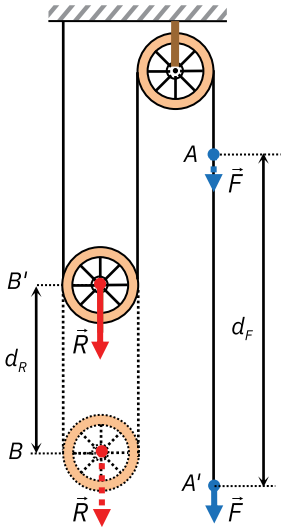

**3. Scripetele compus**

Pentru a îmbina avantajul scripetelui fix cu avantajul scripetelui mobil, se pot asocia un scripete fix cu unul mobil, obținând astfel un sistem de scripete compus.

La echilibru, pentru sistemul de scripete compus, forța activă este jumătate din cea rezistentă; putem să modificăm în mod convenabil orientarea forței active: $F = \frac{R}{2}$.

Pentru acest sistem de scripete, distanța pe care se deplasează punctul de aplicație al forței active este dublă față de distanța pe care se deplasează punctul de aplicație al forței rezistente: $d_F = 2d_R$ (figura 16).

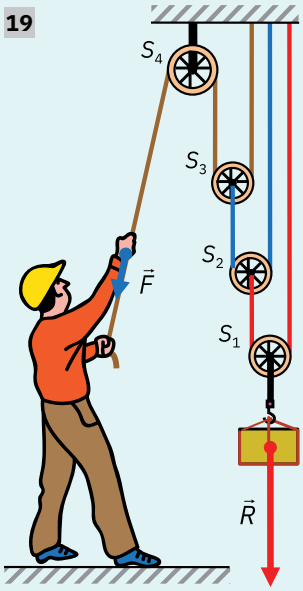
16




## Investigație

Analizează figura 19 și determină valoarea forței exercitate de muncitor pentru ridicarea uniforma a piesei cu masa $m$ = 32 **kg**. Consideră că scripeții sunt ideali.

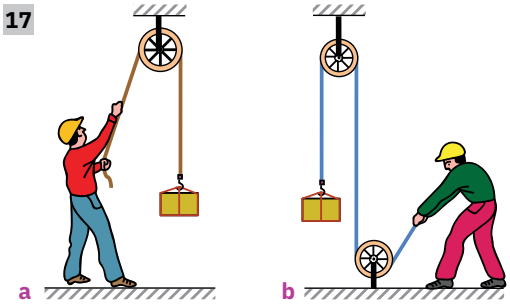
19




## Aplic

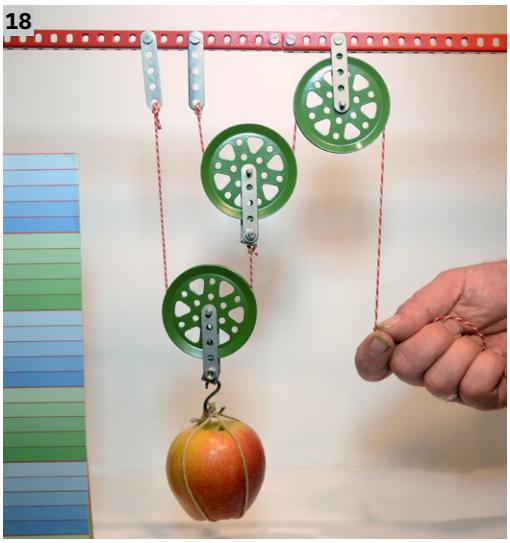
1. Doi muncitori de greutăți $G_1 = G_2 = 700$ N lucrează cu aparatele reprezentate în figura 17. Consideră că fiecare dintre acești muncitori poate dezvolta o forță musculară $F = 1200$ N. Observă aparatele utilizate de cei doi muncitori și precizează greutățile maxime pe care le pot ridica. Ce procese fizice limitează greutatea pe care o pot ridica muncitorii?

17




2. Un elev a realizat un montaj format dintr-un scripete fix și doi scripeți mobili (imaginea 18).
   a. Identifică forța activă și forța rezistentă din sistemul de scripeți.
   b. Cu ce forță $F$ trebuie să tragă copilul de firul trecut peste cei doi scripeți pentru a ridica uniform un măr cu greutatea $G = 2$ N?
   c. Determină distanța pe care se deplasează punctul de aplicație al forței active $F$, știind că înălțimea la care a fost ridicat mărul este $h = 25$ cm.

18



# Centrul de greutate

1

2

3

## Observ

În imaginea 1 de pe coloana alăturată poți observa un copil ce are un rucsac în spate. Cum explici poziția de aplecat în față a copilului?

Privește imaginile 2 și 3 și identifică verticala pe care se află centrul de greutate al fetei, respectiv al sistemului format din furculițe și scobitoare. Centrul de greutate este punctul de aplicație al greutății unui corp.

**Concluzii**

- Copilul este puțin aplecat în față deoarece poziția centrului său de greutate se modifică din cauza rucsacului pe care îl poartă în spate.
- Centrul de greutate al fetei și al sistemului de furculițe se află pe verticala ce trece prin punctul de sprijin al acestora.

## Experimentez

### Determinarea centrului de greutate al unor corpuri

Împărțiți-vă în cinci grupe; fiecare grupă va realiza câte un experiment, iar la final va prezenta concluziile.

#### 1 Figurine din carton

**Materiale necesare:** bucată mare de carton, foarfecă, creion, echer, riglă.

**Modul de lucru**

- Tăiați din bucata de carton câteva pătrate, dreptunghiuri, triunghiuri isoscele și echilaterale, trapeze, cercuri de suprafețe diferite.
- Trasați diagonalele pătratelor și dreptunghiurilor. La intersecția diagonalelor se află centrul de greutate.
- Verificați poziția centrului de greutate suspendând corpul în punctul aflat la intersecția diagonalelor.
- Procedați asemănător și pentru celelalte corpuri cu alte forme regulate.

#### 2 Figurine din lemn și plastic

**Materiale necesare:** corpuri neomogene de diferite forme, din lemn, plastic etc.; sfoară; suport (trepied, cu tijă lungă și scurtă și mufă); fir cu plumb (poți face firul cu plumb dintr-un fir de care legi o piuliță), marker cu vârf subțire.

**Modul de lucru**

- Suspendați de trepied un corp neomogen cu ajutorul unei bucăți de sfoară.
- Suspendați din același loc și firul cu plumb și trasați verticala pe corp (imaginea 4).
- Schimbați locul de suspendare a corpului și trasați cu ajutorul firului cu plumb o altă verticală.
- Identificați centrul de greutate.
- Repetați pentru alte corpuri și determinați în fiecare caz centrul de greutate.

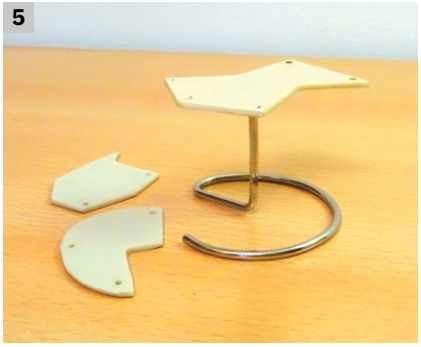
4

#### 3 Forme neregulate

**Materiale necesare:** o bucată de carton gros, foarfecă, creion, suport vertical, riglă negradată.

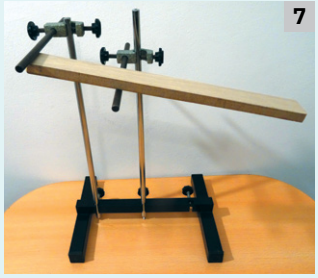
**Modul de lucru**

- Decupați din bucata de carton trei-patru figuri de forme neregulate.
- Așezați pe rând fiecare corp pe suportul vertical, astfel încât să rămână în echilibru (imaginea 5).
- Găsiți centrul de greutate al fiecărei bucăți de carton tăiate.


5

### Investigație

6


7

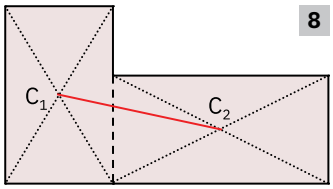
Alege câteva corpuri (trei sau patru) și găsește-le o poziție astfel încât să fie în echilibru. Te poți inspira din imaginile 6-7. Desenează schematic fiecare dintre corpurile alese și reprezintă grafic forța de greutate ce acționează asupra fiecărui corp.

### 4 Litera L

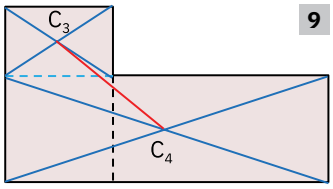
**Materiale necesare:** o bucată de carton în forma literei L, creion, riglă negradată.

**Modul de lucru**

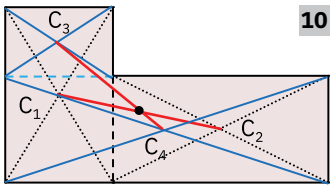
- Trasați o linie punctată astfel încât să împărțiți bucata de carton în două dreptunghiuri.
- Identificați centrul de greutate al fiecăruia dintre dreptunghiurile obținute și notați centrele de greutate cu $C_1$ și $C_2$ (figura 8).
- Trasați segmentul ce unește cele două centre de greutate, $C_1$ și $C_2$.
- Trasați o altă linie punctată, astfel încât să împărțiți bucata de carton în alte două dreptunghiuri (figura 9).
- Identificați centrul de greutate al fiecăruia dintre dreptunghiurile obținute și notați centrele de greutate cu $C_3$ și $C_4$.
- Trasați segmentul ce unește cele două centre de greutate, $C_3$ și $C_4$.
- Identificați centrul de greutate (figura 10) și verificați poziția acestuia, așezând corpul pe un suport vertical (ca la experimentul 3).



8



9



10

**Concluzie**

Un corp suspendat printr-un fir este *în echilibru* numai dacă centrul de greutate și punctul de care este suspendat se află pe aceeași verticală, iar centrul de greutate se află sub punctul de susținere.

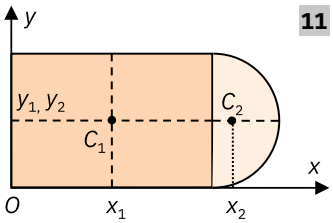
## Rețin

**Centrul de greutate** al unui corp omogen plan cu formă geometrică regulată se află:

- pentru bare, *la mijlocul lor*;
- pentru pătrat și dreptunghi, *la intersecția diagonalelor*;
- pentru triunghi, *la intersecția medianelor*, care se află la $\frac{1}{3}$ din lungimea medianei față de mijlocul laturii corespunzătoare.

Centrul de greutate al unui corp plan cu formă neregulată se află la intersecția verticalelor trasate, la echilibru, pentru diferite puncte de susținere ale corpului.

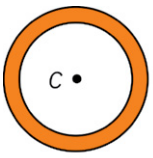
Coordonatele centrului de greutate pentru placa omogenă din figura 11 sunt date de relațiile: $x_C = \frac{G_1x_1 + G_2x_2}{G_1 + G_2}$, $y_C = \frac{G_1y_1 + G_2y_2}{G_1 + G_2}$, unde $G_1$ și $G_2$ sunt greutățile celor două părți ale plăcii, iar $C_1$ și $C_2$ sunt centrele de greutate ale acestora.



11

**Observații**

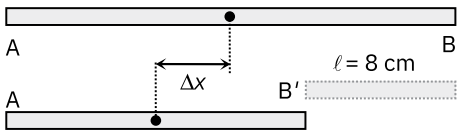
- Corpurile omogene au centrul de greutate pe axa de simetrie.
- Corpurile omogene ce prezintă un centru de simetrie au centrul de greutate în centrul de simetrie.
- Uneori centrul de greutate se află în afara corpului. Exemple: un inel, un covrig, o gogoașă etc. (imaginea 12).



12

## Aplic

Dintr-o bară omogenă se taie de la un capăt o bucată de lungime $\ell = 8$ cm (figura 13). Determină pe ce distanță s-a deplasat centrul de greutate și spre care dintre capetele barei.



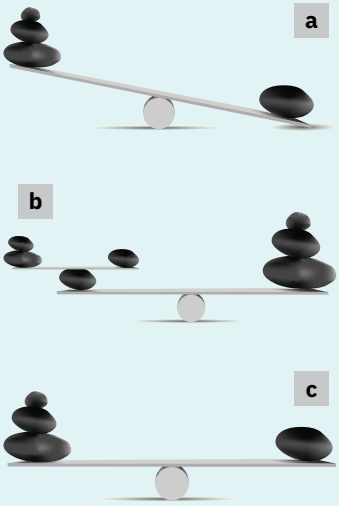
13

### Știai că?

*Turnul din Pisa* este cea mai faimoasă clădire înclinată din lume și punctul de reper al orașului Pisa, Italia. După doisprezece ani de la punerea pietrei de temelie, la 9 august 1173, când construcția ajunsese la etajul al treilea, din cauza proastei calități a solului, constituit din noroi argilos și nisip, turnul a început să se încline în direcția sud-est.
Timp de o sută de ani, construcția a fost stopată. Următoarele patru etaje au fost construite oblic, pentru a compensa partea înclinată. După aceea, construcția a trebuit să fie întreruptă din nou, până în 1372, când turnul-clopotniță a fost finalizat.
Turnul are o înălțime de 56 de metri, este construit din 14 200 de tone de marmură albă de Carrara și are șapte clopote. În 1990, turnul s-a aplecat la un unghi de 5,5 grade, dar în urma lucrărilor de remediere efectuate între 1993 și 2001, acesta a fost redus la 3,97 grade, ceea ce a determinat și o scădere a înălțimii cu 45 de centimetri. În decembrie 2001, turnul a fost declarat stabil și sigur pentru viitorii 300 de ani, iar publicului i s-a permis din nou accesul.

# 6 Echilibrul corpurilor și energia potențială

## Investigație




**Materiale necesare:** scânduri sau rigle, pietre de diferite dimensiuni.
Alege una dintre pietre pentru a fi suport pentru scândură (piatra trebuie să fie ovală, ca în imaginile **a**-**c**). Pune pietre la cele două capete ale unei scânduri astfel încât sistemul să fie în echilibru, iar scândura să fie orizontală. Realizează mai multe sisteme aflate în echilibru, utilizând mai multe scânduri și pietre. Desenează în caiet sistemele pe care le-ai realizat și notează observațiile referitoare la energia potențială gravitațională a sistemului aflat în echilibru. Ce poți spune despre energia potențială a sistemului aflat în echilibru în raport cu energia potențială a sistemului înainte de a ajunge în echilibru?

## Observ

Observă cu atenție și discută cu profesorul și colegii despre fiecare dintre imaginile de mai jos. ● Ce se întâmplă dacă sportivul și acrobatul din imaginile 1, respectiv 2, sunt împinși pe orizontală cu o forță de valoare redusă? Cum se modifică energia potențială gravitațională a acestora? ● De ce nu se răstoarnă statuia din imaginea 3? ● De ce autobuzul din imaginea 4 se folosește doar în transportul urban? ● Dacă ai fi șoferul camionului din imaginea 5, ți-ai face griji dacă ar trebui să mergi pe un drum înclinat, pe care roțile de pe partea dreaptă a camionului ar fi mai sus decât cele de pe partea stângă? ● În imaginea 6 poți observa că mașina de *Formula 1* este foarte joasă și are roțile late și distanțate. Ce argumente au stat la alegerea acestei soluții constructive?

1

2

3

4

5

6

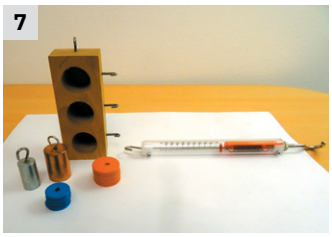
**Concluzii**

Sub acțiunea unei forțe orizontale, echilibrul sportivului/acrobatului (imaginile 1-2) se va anula, iar centrul de greutate va coborî. Se va produce o variație negativă a energiei potențiale gravitaționale. ● Statuia din imaginea 3 nu se răstoarnă pentru că verticala dusă din centrul de greutate cade în interiorul bazei de susținere. ● Autobuzul etajat are centrul de greutate mai sus față de un autobuz obișnuit, iar la viteze mai mari, cât și la viraje, echilibrul acestuia ar fi pus în pericol. ● Camionul din imaginea 5 are centrul de greutate mai sus datorită încărcăturii de deasupra și din acest motiv echilibrul lui este precar. În pante abrupte sau la viraje strânse s-ar putea răsturna. ● Mașina de Formula 1 este joasă; de aceea, are centrul de greutate foarte aproape de șosea și astfel se poate deplasa cu viteză mare în curbe.

## Experimentez

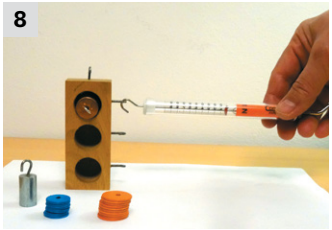
### 1. Răsturnarea unui corp paralelipipedic

**Materiale necesare:** corp paralelipipedic prevăzut cu orificii și cârlige (imaginea 7), dinamometru, mase marcate (sau discuri de mase cunoscute), bucată de carton rugos.


7

**Modul de lucru**

- Pune în orificiul de jos o masă marcată de 50/100 de grame.
- Așază corpul paralelipipedic pe bucata de carton și trage cu dinamometrul de cârligul de sus al paralelipipedului (imaginea 8). Notează forța indicată când începe răsturnarea corpului.
- Observă devierea de la verticală a paralelipipedului când începe răsturnarea.
- Pune masa marcată în orificiul de la mijloc și apoi în orificiul de sus și repetă măsurarea.
- Notează concluziile în caiet.


8

## 2. Studierea echilibrului unor corpuri înclinate

**Materiale necesare:** cilindri din lemn (imaginea 9), corp deformabil prevăzut cu fir cu plumb (imaginea 10).

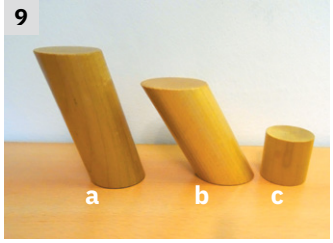
**Modul de lucru**

- Așază cilindrul **a** peste cilindrul **b** și apoi peste cilindrul **c**, observă ce se întâmplă și notează concluziile în caiet.
- Așază corpul deformabil pe masă, astfel încât cele patru tije verticale să fie perpendiculare pe suprafața mesei. Observă firul cu plumb.
- Înclină treptat corpul și observă firul cu plumb. În ce moment se răstoarnă corpul deformabil?

**Concluzie**

În cazul corpurilor sprijinite pe o bază de susținere, acestea vor fi răsturnate dacă verticala dusă din centrul de greutate cade în afara bazei de susținere.

9




10

## Rețin

### a. Echilibru stabil

Un corp este în **echilibru stabil** dacă revine în poziția de echilibru după ce a fost scos din aceasta și dacă, la mici deviații față de poziția de echilibru, centrul de greutate urcă.

Corpurile suspendate (hainele puse în cuier, pe umeraș etc.) și corpurile sprijinite pe o bază de susținere (scaunele, mesele, băncile de pe aleile din parcuri etc.) se află în echilibru stabil. Corpurile suspendate sunt în echilibru stabil când centrul de greutate este sub punctul de suspendare, pe aceeași verticală.

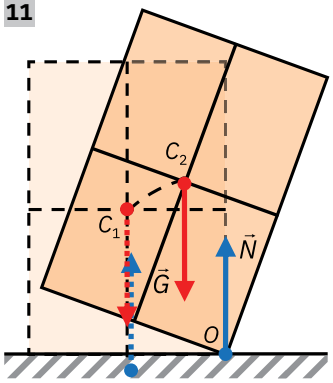
Corpurile sprijinite pe o bază de susținere sunt într-o stare de echilibru stabil, dacă baza de susținere este suficient de mare; centrul de greutate este mai aproape de baza de susținere, iar verticala dusă din centrul de greutate cade în interiorul bazei de susținere. Tendința corpurilor este de a fi într-*o stare de echilibru stabil*, corespunzătoare *unei energii potențiale gravitaționale minime*.

*La scoaterea unui corp din starea de echilibru stabil, energia potențială crește*, iar greutatea și forța de reacțiune din punctul de susținere formează un cuplu de forțe care pot readuce corpul în poziția de echilibru stabil.

Corpurile sprijinite pe o bază de susținere vor fi răsturnate de cuplul normalei și greutății dacă verticala dusă din centrul de greutate cade în afara bazei de susținere.

**Observație.** Turnul din Pisa nu se va răsturna atâta timp cât verticala dusă din centrul de greutate va cădea în interiorul bazei de susținere (figurile 11, 12).

11




Echilibru stabil

12

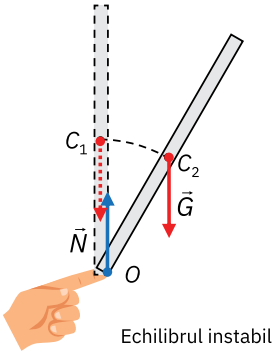
Baza de susținere

### b. Echilibru instabil

Un corp este în **echilibru instabil** dacă nu revine în poziția de echilibru după ce a fost scos din aceasta și dacă, la mici deviații față de poziția de echilibru, centrul de greutate coboară.

În echilibru instabil sunt sportivul și acrobatul din imaginile 1, respectiv 2, precum și o bară metalică ținută pe un deget (imaginea 13). În aceste situații, centrul de greutate se află deasupra punctului de susținere, pe aceeași verticală. *La o mică deviație față de poziția de echilibru instabil, variația energiei potențiale gravitaționale este negativă*; centrul său de greutate coboară.

13




Echilibrul instabil

## Temă de autoevaluare

### Studiul corpurilor în echilibru

Stabilește, împreună cu colegii din grupa ta, câteva corpuri pentru care veți analiza stările de echilibru posibile. Trebuie să aveți în vedere următoarele idei:

- Ce intenționați să aflați?
- De ce strategii și resurse veți avea nevoie?
- Cum veți proceda pentru atingerea țelului propus?
- Care vor fi criteriile evaluării? Cum veți ști că ați rezolvat corect sarcinile?
- Care este termenul la care elaborarea proiectului trebuie să fie finalizată?

Iată etapele care trebuie urmate pentru realizarea acestei teme:

- alegerea temei specifice și denumirea proiectului;
- explicarea corectă din punct de vedere științific a conceptelor/legilor care sunt expuse în cadrul proiectului;
- prezentarea procedeului experimental;
- identificarea aparaturii și ustensilelor necesare;
- desfășurarea activității experimentale;
- culegerea datelor experimentale;
- interpretarea datelor și stabilirea concluziilor;
- verificarea corectitudinii din punct de vedere gramatical;
- adăugarea bibliografiei.

## Știai că?

Nivela cu bulă de aer este un instrument folosit pentru verificarea orizontalității unei piese, mașini, instalații, a verticalității unui perete în curs de construcție etc. Se mai numește poloboc sau cumpănă.
Nivela cu bulă de aer este formată dintr-un corp paralelipipedic din lemn, aluminiu sau material plastic și un cilindru de sticlă etanș, gradat cu fire reticulare, care conține un lichid și o bulă de gaz. Atunci când bula de aer se află în echilibru la mijlocul tubului cu lichid, suprafața nivelei este orizontală sau verticală, în funcție de orientarea tubului cu lichid urmărit.
Este folosit pentru trasarea sau confirmarea orizontalității sau verticalității pe distanțe mici, de până în trei metri.
Cele mai bune nivele cu bulă de aer au o toleranță de circa 6 mm/m, adică la un metru distanță, măsurat în lungul cumpenei, poate apărea o abatere de trei milimetri, în plus sau în minus, perpendicular pe aceasta.
Unele cumpene au trei cilindri cu bule de aer, unul pentru suprafețe orizontale, unul pentru suprafețe verticale și altul pentru înclinații la 45 de grade. Cel de-al treilea cilindru cu bulă poate fi și reglabil; unghiul necesar se stabilește fie cu ajutorul unui raportor, fie cu ajutorul gradațiilor marcate pe corpul nivelei.

Nivelă cu bulă de aer

### c. Echilibru indiferent

Corpurile sprijinite într-un singur punct (centrul de greutate) se află în **echilibru indiferent**. *Un corp este în echilibru indiferent dacă, oricum l-am așeza, punctul de sprijin/suspendare și centrul de greutate coincid sau se află pe aceeași verticală.* În acest caz, rezultanta forțelor ce acționează asupra corpului este nulă, iar momentul forței este nul.

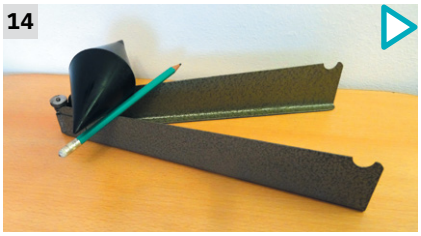
## Aplic

### Probleme rezolvate

**1.** În imaginea 14 se observă un corp de forma unui dublu con așezat pe două lamele cu înălțimea variabilă; corpul este blocat cu un creion. Când îndepărtăm creionul, corpul urcă fără a fi acționat de o forță din exterior. Cum explici?

*Rezolvare.* Corpul urcă singur pentru că are centrul de greutate sus, iar acesta coboară în timp ce corpul urcă pe planul înclinat.

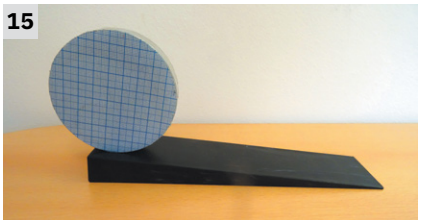
14



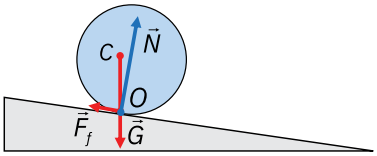
**2.** În imaginea 15 poți observa un disc în echilibru pe un plan înclinat. Explică starea de echilibru în care se află discul. Reprezintă forțele ce acționează asupra sa.

*Rezolvare.* Discul nu este omogen. Verticala dusă din centrul de greutate trece prin punctul de contact. Discul este în echilibru mecanic, rezultanta forțelor ce acționează asupra lui este nulă, iar momentele forțelor ce acționează asupra acestuia sunt nule; brațele forțelor sunt nule (imaginea 16).

15



16

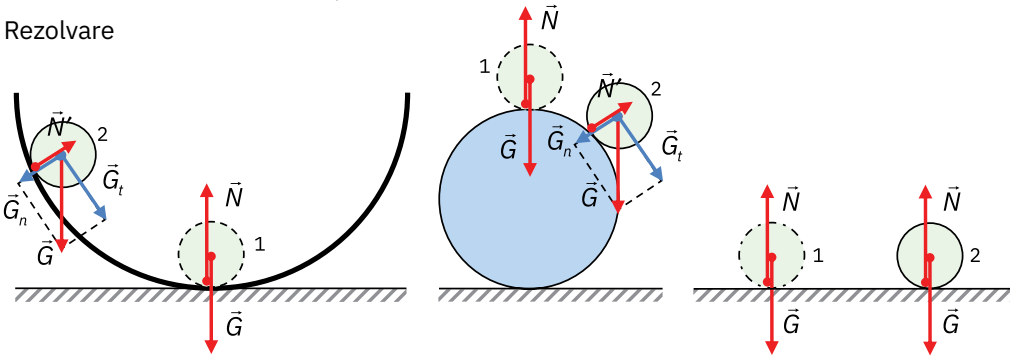



**3. a.** Pune o bilă într-un bol de sticlă. Ridică bila pe marginea bolului și las-o liberă. Observă comportarea bilei și reprezintă forțele ce acționează asupra ei când este în echilibru și când este în mișcare. Explică de ce bila revine în poziția de echilibru. În care dintre stări bila are energia potențială gravitațională minimă?

**b.** Așază bila pe o minge astfel încât să fie în echilibru. Observă ce se întâmplă cu bila atunci când este deviată foarte puțin de la poziția de echilibru. Reprezintă forțele ce acționează asupra bilei când este în poziția de echilibru și când a fost scoasă din această poziție. Cum se modifică energia potențială gravitațională a sferei?

**c.** Pune bila pe o masă orizontală în diferite poziții și observă comportarea acesteia. Reprezintă forțele ce acționează asupra bilei în una dintre poziții. Ce poți spune despre echilibrul bilei în cele trei situații?

Rezolvare




**a** Echilibru stabil **b** Echilibru instabil **c** Echilibru indiferent

**a.** Bila revine în poziția de echilibru datorită forței rezultante dintre greutate şi normală – starea 2. Bila are energia potențială gravitațională minimă în starea 1, adică starea de echilibru.

**b.** Energia potențială a bilei în timpul coborârii scade. În starea 2, energia potențială este mai mică decât în starea 1.

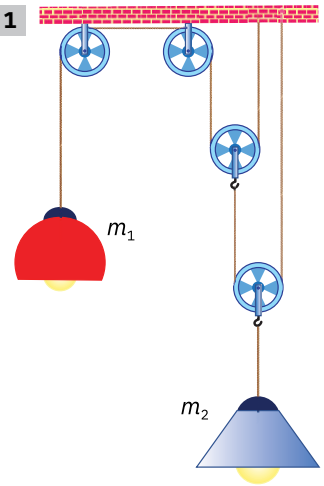
**c.** Bila rămâne în echilibru în oricare dintre stările 1 și 2 aflate în planul orizontal.

# Echilibrul mecanic... de acasă

În viața cotidiană se întâlnesc foarte multe aplicații practice ale *echilibrului mecanic*, atât de translație cât și de rotație, pentru diverse corpuri. De aceea, se pot face experimente interesante cu ceea ce se găsește în casă.

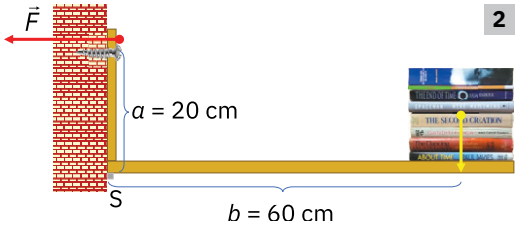
Pentru o iluminare optimă a zonei de lucru, pot fi suspendate câteva lămpi cu ajutorul scripeților ficși și mobili. De exemplu, deasupra biroului se poate realiza un sistem format din scripeți, cu ajutorul căruia se pot poziționa două lămpi la nivelul dorit față de birou. Una dintre lămpi poate produce lumină mai puternică decât cealaltă și astfel se poate realiza o iluminare diferită a zonei de lucru (figura 1). Considerând scripeții foarte ușori și fără frecări, pentru ca sistemul de iluminare să fie în echilibru, raportul dintre masele celor două lămpi trebuie să aibă valoarea $\frac{m_2}{m_1} = 4$, datorită celor doi scripeți mobili.

1



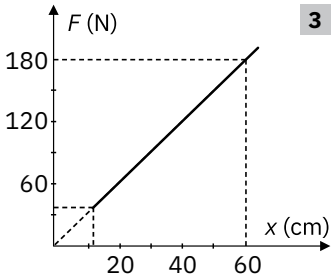

În camera de lucru sunt necesare etajere pentru cărți, fixate de pereți cu șuruburi. Una dintre etajere este confecționată dintr-un material ușor și rezistent și este fixată cu șuruburi de un perete vertical, care rezistă până la o forță de extracție $F$ = 300 N. Pe etajeră au fost puse mai multe cărți, ca în figura 2. Cărțile au împreună o masă $m$ de aproximativ 6 kilograme și stau în siguranță pe etajeră. Condiția de echilibru de rotație a etajerei cu cărți în relația cu punctul S este: $\vec{F} \cdot a = G \cdot b$, neglijând masa etajerei în raport cu masa cărților puse pe ea.

2




Masa maximă a cărților care poate fi susținută de etajeră, dacă acestea sunt așezate ca în figura 2, este dată de relația: $m_{max} = \frac{F \cdot a}{b \cdot g} = 100$ kg. Dacă lungimea unei cărți este de aproximativ $l$ = 24 cm, dependența modulului forței ce acționează asupra șurubului din perete în funcție de distanța la care se află pachetul de cărți cu masa $m$ față de punctul S este: $F = \frac{mgx}{a}$, unde $x \in \left[\frac{l}{2}; b\right]$. Graficul acestei dependențe este liniar și este reprezentat în figura 3.

3




În imaginea 4 sunt reprezentate mai multe obiecte ce se utilizează în gospodărie și a căror funcționare se poate explica utilizând noțiunile teoretice referitoare la *echilibrul mecanic*. Iată aceste obiecte: un ciocan, o cheie franceză, un clește de cuie, o teslă, o clemă pentru vase din sticlă, o pensetă, un scripete, o foarfecă, o balanță cu brațe egale, un dispozitiv pentru studierea oscilațiilor unei sfere din oțel, un ibric, un clește din bambus pentru bucătărie, o clemă de presiune și un clește de instalator.

Caută astfel de obiecte acasă și identifică atât utilitatea acestora, cât și modul de funcționare. De exemplu, ciocanul este utilizat pentru acțiuni cu forțe mari asupra unor corpuri (cuie, de exemplu). Datorită cozii ciocanului și proprietății de inerție, forța de lovire exercitată de ciocan asupra unui cui este mai mare decât forța cu care se acționează direct asupra cozii ciocanului. Dacă obiectul este o pârghie, identifică punctele principale: de sprijin, de aplicație a forței active și de aplicație a forței rezistive și găsește ce tip de pârghie este (pârghie de ordinul I, II sau III).

Realizează, pentru fiecare obiect, un desen schematic și figurează forțele care intervin. Completează lista cu alte obiecte din gospodăria voastră care merită interesul științific al colegilor.

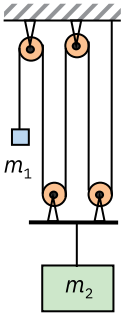
4

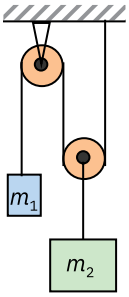
*Ciocanul* este o unealtă manuală de lovire, care poate aplica lovituri altor obiecte. Acesta are, în forma de bază, un mâner (sau coadă) și un cap de o anumită greutate. Centrul de greutate este aproape de cap. Datorită inerției și pârghiei, puterea loviturii efectuate de mâna umană este crescută semnificativ.
Mânerul prelungește pârghia brațului și permite accelerarea uneltei din încheietura mâinii, cu mult peste viteza brațului. Energia cinetică a capului ciocanului se transmite obiectului lovit, producând deformarea, distrugerea sau mișcarea acestuia. În cazul obiectelor care rezistă loviturii (de exemplu, o nicovală), energia se transformă în căldură.

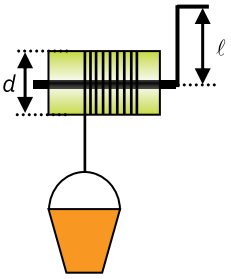
*Cheia franceză* este o unealtă care permite înșurubarea sau desfacerea unor componente ale unor instalații sau construcții, de exemplu a țevilor pentru transportul apei în locuință.

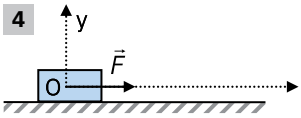
*Cleștele* este o unealtă manuală, folosită atunci când este nevoie să se taie sau să se extragă obiecte fixate într-un suport (de obicei cuie). Este folosit în general de tâmplari, fierari, dar și pentru a tăia cabluri.

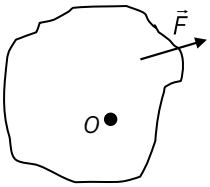
# Probleme

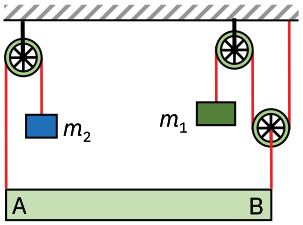
1


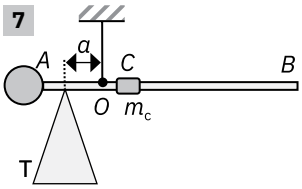

2


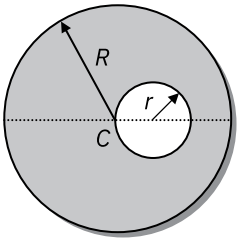

3



4



5



6



7



8



**1.** O pungă în care sunt cinci portocale identice, fiecare de masă $m$ = 300 g, este suspendată de un resort de constantă de elasticitate $k$ = 150 N/m. Reprezintă forțele ce acționează asupra pungii cu portocale și calculează alungirea resortului.

**2.** Pe o rampă înclinată față de orizontală cu unghiul $\alpha$ = 30° (sin 30° = 0,5) este împinsă o ladă de masă $m$ = 25 kg. Știind că forța de frecare la alunecare este 40% din greutatea lăzii, calculează forța ce trebuie să acționeze paralel cu planul înclinat pentru a urca uniform lada pe planul înclinat.

**3.** De la capătul unui bare omogene se taie o bucată de lungime $x$. Știind că centrul de greutate al barei s-a deplasat pe distanța $y$ = 3 cm, determină lungimea $x$ a porțiunii tăiate și precizează spre care capăt s-a deplasat centrul de greutate.

**4.** Stabilește ce relație există între masele corpurilor $m_1$ și $m_2$ din sistemul ideal reprezentat în figurile 1 și 2, aflat în echilibru mecanic.

**5.** Pe un derdeluș de unghi $\alpha$ = 30° se află o sanie de masă $m$ = 10 kg. Pentru că zăpada s-a topit, coeficientul de frecare la alunecare dintre sanie și derdeluș este $\mu$ = 0,65.

**a.** Calculează componentele tangențială și normală ale greutății saniei.

**b.** Ce valoare trebuie să aibă o forță paralelă cu derdelușul și care trage de sanie, astfel încât aceasta să coboare uniform? În ce sens trebuie să acționeze forța? Se cunosc: sin $\alpha$ = 0,5; cos $\alpha$ = 0,866; g = 10 N/kg.

**6.** Pentru a scoate apă dintr-o fântână, Ionel folosește dispozitivul reprezentat în figura 3, în care $d$ = 20 cm și $\ell$ = 40 cm. Găleata plină cu apă are masa $m$ = 14 kg. Calculează forța pe care trebuie să o exercite Ionel pentru a scoate găleata, acționând perpendicular pe manivelă, într-o mișcare uniformă.

**7.** Corpul din figura 4 are masa $m$ = 500 g și se mișcă rectiliniu uniform, cu frecare, pe direcția axei $Ox$. Știind că forța de frecare reprezintă 40% din greutatea corpului, reprezintă și celelalte forțe ce acționează asupra corpului și calculează valoarea forței de tracțiune.

**8.** De un resort foarte ușor, de constantă de elasticitate $k$ = 100 N/m, se suspendă un corp de masă $m$ = 200 g. Reprezintă forțele ce acționează asupra corpului și determină alungirea resortului.

**9.** Asupra unui corp acționează o forță care are modul $F$ = 20 N și brațul $b$ = 40 cm (figura 5). Construiește brațul forței și calculează momentul forței.

**10.** Două bare omogene de aceeași lungime $\ell$ = 0,4 m, densități $\rho_1$ = 2,7 g/cm³, respectiv $\rho_2$ = 7,8 g/cm³, cu aceeași secțiune, se lipesc formând o bară cu lungimea $2\ell$. Reprezintă forțele ce acționează asupra barei obținute și calculează la ce distanță trebuie suspendată, față de punctul de intersecție al barelor inițiale, pentru a fi în echilibru pe orizontală.

**11.** Bara $AB$ din figura 6 este în echilibru. Corpurile ce echilibrează bara au masele $m_1$ = 5 kg, respectiv $m_2$ = 10 kg. Calculează masa barei.

**12.** Un sportiv coboară uniform cu parașuta. Greutatea sportivului împreună cu echipamentul este de 700 N. Reprezintă forțele ce acționează asupra parașutistului și calculează forța de rezistență din partea aerului.

**13.** În figura 7 este prezentată schița cântarului roman (aflat în echilibru, fără corp pe talerul T). Tija $AB$ este omogenă, C este un cursor ce se poate deplasa pe tija AB, iar la capătul A se află o contragreutate (un disc).

**a.** Reprezintă toate forțele ce se exercită asupra cântarului aflat în echilibru, când nu există niciun corp pe taler.

**b.** Pentru cântărirea unui sac cu cartofi, acesta se pune pe talerul T și se deplasează cursorul C, de masă $m_c$ = 500 g, pe distanța $b$ = 40 cm, spre capătul $B$, pentru refacerea echilibrului. Cunoscând distanța $a$ = 4 cm, determină masa sacului cu cartofi.

**14.** Pe un balansoar $AB = \ell$, omogen, de masă $m$, care are punctul de sprijin situat la $\ell/3$, respectiv $2\ell/3$ de fiecare capăt, se află o broască-țestoasă. Știind că balansoarul este în echilibru, precizează la care capăt este plasată broasca-țestoasă și calculează masa acesteia.

**15.** Dintr-un disc omogen de rază $R$ = 30 cm, cu greutatea $G$ = 10 N, se îndepărtează o porțiune de forma unui disc de rază $r$ = 10 cm (figura 8). Determină distanța dintre centrul de greutate al discului inițial și centrul de greutate al porțiunii rămase și greutatea porțiunii îndepărtate.

# Test de evaluare

Punctaje:
I. 1 punct
II. 2 puncte (4 × 0,5 p)
III. 2 puncte (2 × 1 p)
IV. 2 puncte (2 × 1 p)
V. 2 puncte (2 × 1 p)

Se acordă 1 punct din oficiu.
Timp de lucru: 50 min.

**I. Completează spațiile libere astfel încât enunțurile să devină corecte:**

Un corp este în echilibru de translație când rezultanta forțelor ce acționează asupra lui este ..... . Dacă momentul unei forțe este egal cu zero, atunci brațul forței este egal cu ..... . Pârghia de ordinul I are punctul de sprijin între ..... ale forțelor.

Avantajul oferit de scripetele fix este că schimbă în mod convenabil orientarea ..... .

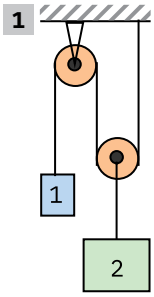
Mașinile de *Formula 1* sunt foarte joase și cu o bază de susținere ..... pentru a avea o bună ..... . Un corp sprijinit pe o bază de susținere se răstoarnă când verticala dusă din centrul său de greutate ajunge în ..... bazei de susținere.

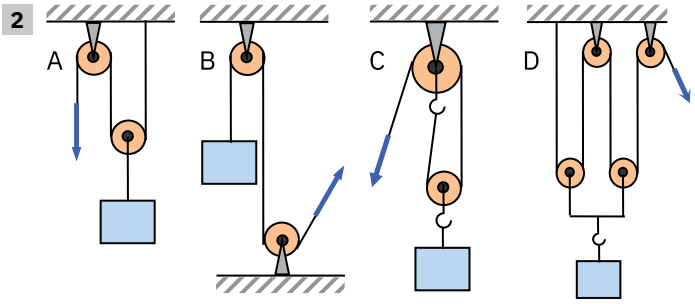
**II. Stabilește care dintre afirmațiile următoare sunt adevărate (A) și care sunt false (F). Reformulează afirmațiile false pentru a deveni adevărate.**

1. Asupra unui corp aflat în echilibru de translație acționează cel mult două forțe.
2. Valoarea momentului unei forțe constante se modifică atunci când forța alunecă pe suportul său, deoarece brațul acesteia se schimbă.
3. Un corp poate aluneca pe un plan înclinat datorită acțiunii componentei tangențiale a greutății.
4. La pârghia de ordinul întâi, aflată în echilibru mecanic, valoarea forței active este mai mică decât a forței rezistente, deoarece brațul ei este mai mare decât brațul forței rezistente.

**III. Fiecare dintre întrebările următoare are un singur răspuns corect. Încercuiește acest răspuns.**

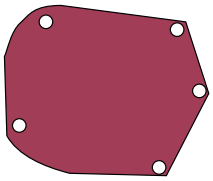
1. Sistemul reprezentat în figura 1 este în echilibru. Se știe că masa corpului 2 este $m_2$ = 4 kg. Care este masa corpului 1?
   **a.** 8 kg; **b.** 4 kg; **c.** 2 kg; **d.** 1,33 kg.
2. În care dintre situațiile prezentate în figura 2 este mai mare forța necesară pentru ridicarea corpului de masă *m*?
   **a.** A; **b.** B; **c.** C; **d.** D.




**IV. Răspunde la următoarele întrebări:**

1. Cum identifici pârghia de ordinul I? Dă câteva exemple de pârghii de ordinul I.
2. Cum poți determina practic centrul de greutate al unei plăci omogene a cărei formă este reprezentată în figura 3?

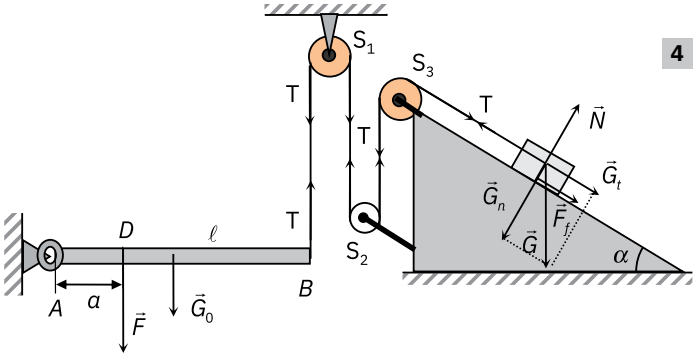



**V. Rezolvă următoarea problemă:**

Sistemul de mecanisme din figura 4 este în echilibru mecanic. Scripeții sunt ideali.

**a.** Precizează sensul mișcării corpului de pe planul înclinat. Determină forța de reacțiune în furca scripetelui $S_1$.

**b.** Scrie condițiile de echilibru mecanic pentru corpul aflat pe planul înclinat și pentru pârghia AB, considerată omogenă.




## Fișă de observare sistematică

La finalul acestei unități, știu ...

| | DA | NU |
|---|---|---|
| • să formulez cu cuvintele mele răspunsuri la întrebări | | |
| • să completez spațiile libere dintr-un enunț | | |
| • să stabilesc corespondențe între afirmații | | |
| • să rezolv probleme | | |
| • să experimentez lucruri noi | | |
| • să scriu texte explicative referitoare la o temă dată | | |

# U5 Fenomene mecanice. Statica fluidelor

| | | |
|---|---|---|
| Lecția 1 | 102 | Presiunea. Presiunea hidrostatică |
| Lecția 2 | 106 | Presiunea atmosferică (abordare interdisciplinară – geografie) |
| Lecția 3 | 110 | Legea lui Pascal. Aplicații |
| Lecția 4 | 113 | Legea lui Arhimede. Aplicații |
| Fizică aplicată | 117 | Dispozitive hidraulice |
| Probleme | 118 | |
| Test de evaluare | 119 | |

**În acest capitol vei afla despre fluidele aflate în echilibru mecanic. Astfel de fluide sunt, de exemplu, apa și aerul atmosferic. Pentru astfel de sisteme fizice, au fost descoperite o serie de legi importante: legea fundamentală a hidrostaticii, legea lui Arhimede și legea lui Pascal. Vei afla că aceste legi au dus la realizarea unor aparate și dispozitive utilizate în viața cotidiană, cum ar fi, de exemplu, elevatorul, presa hidraulică, submarinul, baloanele cu aer cald.**

# 1 Presiunea. Presiunea hidrostatică

## A. Presiunea

1

2

3

4

### Observ

- În imaginile 1 și 2 se observă interacțiunea dintre roata unui automobil și suprafața pe care se deplasează. Descrie ceea ce observi și găsește cauzele care au condus la diferențele prezentate în imagini.
- În zonele geografice în care zăpada persistă mai mult timp din an, populațiile au inventat un auxiliar pentru a se deplasa pe zăpadă. Identifică diferențele dintre pășirea pe zăpada proaspătă și abundentă cu încălțăminte obișnuită și pășirea cu accesoriile suplimentare (imaginile 3 și 4).

**Concluzii**

- În imaginea 1, roata automobilului apasă pe șosea și șoseaua reacționează, deformând puțin roata din cauciuc. În imaginea 2, roata a pătruns în pământ.
- Diferența dintre cele două efecte ale apăsării mașinii pe suprafața orizontală este suprafața de apăsare. Pentru suprafețe de apăsare diferite (imaginile 3 și 4), efectul forței de apăsare pe suprafața de contact este diferit.

### Rețin

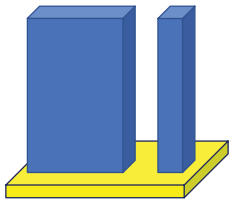
Efectele interacțiunii prin contact (apăsarea reciprocă a corpurilor) apar în cazul tuturor stărilor de agregare ale substanței. Acestea pot fi analizate în mod științific utilizând și conceptul de **presiune**.

**Presiunea (*p*)** este o mărime fizică scalară numeric egală cu *forța perpendiculară și uniform distribuită* (*F*), exercitată pe unitatea de suprafață: $p = \frac{F}{S}$.

În SI, unitatea de măsură pentru presiune este: $[p]_{SI} = \frac{[F]_{SI}}{[S]_{SI}} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$ (*pascal*).

### Aplic

**1. Problemă rezolvată.** Pe o suprafață orizontală se află două corpuri paralelipipedice drepte, omogene, confecționate din același material solid nedeformabil, având aceeași înălțime, dar mase diferite (figura 5). Determină raportul dintre presiunile exercitate de cele două corpuri pe suprafața orizontală.

5


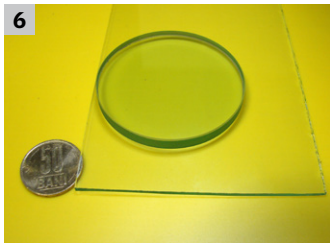
*Rezolvare.* Am aflat că, dacă sistemul este în echilibru, greutatea corpului așezat pe suprafața orizontală este egală cu forța cu care apasă pe acea suprafață de contact. Din aceste considerente, putem scrie: $p = \frac{F}{S} = \frac{G}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{\rho Vg}{S} = \frac{\rho Shg}{S} = \rho gh$. Rezultă că raportul cerut este: $\frac{p_1}{p_2} = 1$, ceea ce înseamnă că presiunile sunt egale.

**2.** Suprafața medie a epidermei unui elev din clasa a VII-a este aproximativ $S = 1\ \text{m}^2$. Presiunea exercitată de aerul înconjurător asupra oamenilor la nivelul solului este în medie $p_0 = 101\,325$ Pa și este numită *presiune atmosferică normală*. Forța corespunzătoare acestei presiuni echivalează cu greutatea a două animale dintr-o anumită specie. Care ar fi această specie? Consideră că accelerația gravitațională este aproximativ $g = 10$ N/kg. Se știe că masa medie a unei pisici este de 3 kilograme, a unui urs brun – 200 de kilograme, iar a unui elefant – de 5 tone.

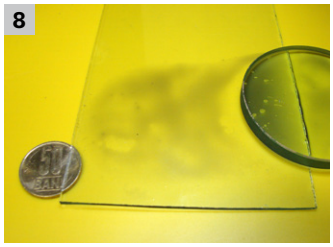
Folosește soluția de la această problemă pentru a explica de ce cosmonauții care ies în spațiul cosmic, în cadrul unor misiuni spațiale, au costume de protecție foarte rezistente, în interiorul cărora beneficiază de o atmosferă ca la suprafața Pământului.

# B. Presiunea hidrostatică

## Observ


6

7


8

- În imaginea 6 se observă un plan foarte puțin înclinat, alcătuit dintr-o bucată paralelipipedică din sticlă sprijinită de o monedă de 50 de bani. Unghiul făcut de plan cu orizontala este foarte mic: $\alpha = 0{,}356°$. Pe acest plan este așezat un disc din sticlă cu fețele plane și paralele. Discul nu alunecă pe plan, deoarece există o anumită frecare între acesta și plan. În imaginea 7 se văd două picături de apă cu cerneală, aflate pe planul înclinat. Peste aceste picături a fost așezat discul din sticlă. Rezultatul se vede în imaginea 8: discul „fuge“ de pe plan ca și cum nu ar mai exista frecare între disc și sticlă! Discută cu colegii și profesorul și formulează o concluzie despre fenomenul observat.
- Privește cu atenție imaginea 9. Suprafața de contact dintre lichidul din diferitele vase și atmosferă se numește suprafață liberă. Observă orientarea acestei suprafețe. Realizează experimentul cu mai multe vase, de diferite forme și având diferite orientări în spațiu (dar lichidul să rămână în vase!). Formulează o concluzie despre suprafața liberă a lichidului din vase.

9

**Concluzii**

- Lichidul aflat între disc și planul înclinat scade considerabil forța de frecare ce acționează asupra discului.
- Suprafața liberă a unui lichid aflat în echilibru într-un vas ce este în repaus este întotdeauna orizontală, adică perpendiculară pe greutatea lichidului.

## Experimentez

### 1. Observarea forțelor de frecare într-un sistem ce se comportă ca un lichid

**Materiale necesare:** un bol cu biluțe din material plastic (imaginea 10), o bilă mare din oțel, o minge de tenis de masă, un dispozitiv pentru vibromasaj.

10

11

12

13

14

15

### Știu deja

La contactul dintre corpurile solide apar forțe de contact, în pereche: acțiune-reacțiune. Forțele perpendiculare pe suprafața de contact se numesc forțe de interacțiune normală (pe scurt: normalele), iar forțele tangente la suprafața de contact sunt forțele de frecare.

### Știai că?

În viața cotidiană se utilizează și alte unități de măsură pentru presiune:

- 1 torr (1 mm coloană de mercur) – este presiunea furnizată de o coloană de mercur cu densitatea $\rho = 13\,600$ kg/m³ și înălțimea $h = 1$ mm;
- 1 kgf/cm² sau atmosfera tehnică (at); reprezintă presiunea exercitată de greutatea unei mase de un kilogram aplicată normal pe o suprafață de un centimetru pătrat;
- atmosfera fizică (1 atm), presiunea atmosferică normală;
- 1 bar = $10^5$ Pa.

## Proiect

### Principiul vaselor comunicante

**Scopul proiectului**
Studierea principiului vaselor comunicante și a aplicațiilor practice ale acestuia. Tema poate fi realizată individual sau în echipă.

**Ce veți face?** Veți căuta informații despre vasele comunicante. Explicați de ce nivelul lichidului din vasele comunicante este același în toate porțiunile sistemului, iar suprafața liberă a lichidului este orizontală. Găsiți o aplicație practică pentru vasele comunicante și construiți un dispozitiv simplificat care să o ilustreze.

**De ce veți face?** Veți învăța cum să construiți un dispozitiv care poate fi utilizat în practică.

**Cum veți face?**
1. Veți consulta site-uri de internet sau alte surse.
2. Veți stabili ce informații sunt relevante pentru proiectul vostru.
3. Veți explica principiul vaselor comunicante.

**Cum veți prezenta proiectul colegilor?** Veți realiza o prezentare powerpoint cu text și imagini, cât și un dispozitiv experimental simplu.

**Cum se evaluează proiectul?** Criterii: *calitatea documentării*, *selectarea informațiilor relevante*, *acuratețea prezentării*. Au înțeles colegii din celelalte echipe informațiile pe care le-ați prezentat? Cereți să vi se acorde calificative, să vă pună întrebări și să vă facă sugestii.

**Modul de lucru**

Așază bila de oțel pe biluțele din bol; observi că aceasta rămâne la suprafață, deoarece între biluțe există frecări ce nu lasă bila de oțel să se scufunde (imaginea 11). Dacă punem în funcțiune aparatul de vibromasaj, întregul sistem va începe să vibreze. Imaginile 12-15 prezintă ceea ce se întâmplă în timp ce sistemul vibrează.

Bila de oțel așezată pe grămada de biluțe se scufundă, iar mingea de tenis de masă, care a fost inițial acoperită cu biluțe, iese la suprafață.

**Concluzie**

Prin mișcarea de vibrație continuă, forțele de frecare dintre biluțe se diminuează sensibil, iar sistemul de biluțe se comportă ca un lichid, în care „moleculele“ sunt reprezentate de biluțe.

## 2. Observarea unui lichid supus unei presiuni

**Materiale necesare:** o seringă, apă

16

**Modul de lucru**

Ia o seringă și introdu o cantitate de apă în ea (imaginea 16). Acoperă cu degetul capătul la care se atașează acul și apasă pe pistonul seringii. Ce constați? Trage apoi cu forță de piston. Ce observi?

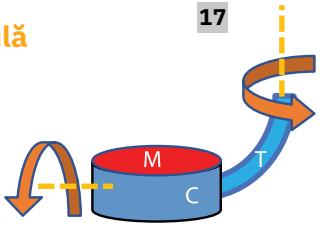
**Concluzie**

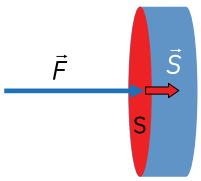
În urma apăsării sau tragerii de piston, volumul apei din seringă nu se modifică.

Lichidele sunt practic incompresibile în condiții obișnuite. Lichidele nu se dilată și nici nu se contractă în mod sensibil prin metode mecanice. Acest lucru se întâmplă pentru că, în condiții de echilibru, între moleculele lichidelor se exercită forțe puternice de atracție și de respingere, care se află în echilibru.

## 3. Determinări cu ajutorul unui manometru cu capsulă

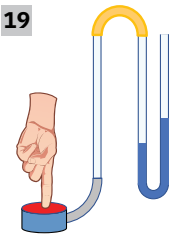
**Materiale necesare:** capsulă rigidă C cu racord rigid T (imaginile 17, 18), membrană elastică foarte fină M, tub transparent din cauciuc sau tub din sticlă în formă de U, apă colorată, seringă.

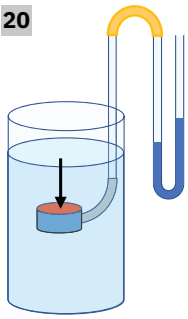
17


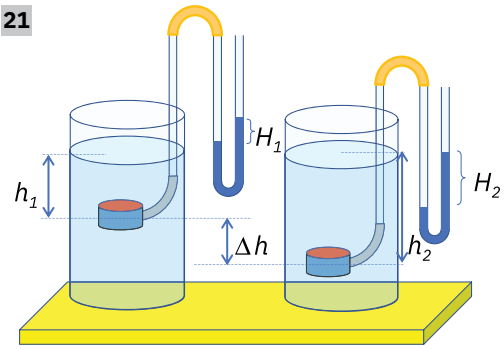

18



**Modul de lucru**

1. Cuplează capsula la tubul manometric în formă de U și toarnă apa colorată în el, cu ajutorul seringii. Apasă cu degetul pe membrana capsulei și observă ce se întâmplă (imaginea 19).
2. După cuplarea capsulei la tub, capsula se introduce în apa dintr-un vas transparent. Observă și notează denivelarea din tubul manometric. Menține constantă adâncimea la care se află capsula și orienteaz-o în toate direcțiile posibile. Săgețile arată cum poate fi rotită capsula, astfel încât să fie orientată în orice direcție și în orice sens dorește experimentatorul. Ce se întâmplă cu denivelarea lichidului din tub?

19


20


21



3. Menține capsula la un anumit nivel și deplaseaz-o peste tot în vas la acest nivel (imaginea 20). Ce observi?
4. Poziționează capsula manometrică la o anumită adâncime într-un vas mare, care conține apă. Notează distanța față de suprafața apei $h_1$ și denivelarea $H_1$, indicată de lichidul din tubul manometric. Repetă operația pentru o nouă distanță față de nivelul apei $h_2$, căreia îi

corespunde o nouă denivelare $H_2$ (imaginea 21). Continuă determinările pentru încă patru valori ale adâncimii și completează un tabel de tipul celui de mai jos, unde $i = 2, 3, ..., 10$.

| Nr. | $h_1$ (cm) | $h_i$ (cm) | $\Delta h_i = h_i - h_1$ (cm) | $H_1$ (cm) | $H_i$ (cm) | $\Delta H_i = H_i - H_1$ (cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| 5. | | | | | | |

**5.** Reprezintă grafic diferența de nivel din tub, $\Delta H_i$, în funcție de diferența de nivel din vas: $\Delta h_i$. Ce poți spune despre forma graficului? Formulează concluzii.

**6.** Repetă experimentul cu apă sărată, pentru care cunoști densitatea. Ce observi?

**Concluzii**

- Forța de apăsare exercitată de un deget pe membrană (presiunea) produce o denivelare a lichidului în tub. Cu cât apăsarea este mai mare, cu atât denivelarea din tubul manometric este mai mare. Denivelarea este o măsură a variației presiunii exercitate de lichid asupra capsulei. Dacă se modifică orientarea capsulei în interiorul lichidului, dar nu și adâncimea, se constată că denivelarea din tubul manometric nu se schimbă. Într-un lichid aflat în echilibru, presiunea exercitată la o anumită adâncime asupra capsulei manometrice are aceeași valoare, indiferent de orientarea capsulei. Forța de presiune se definește astfel: $\vec{F} = p \cdot \vec{S}$, unde $\vec{S}$ este vectorul suprafață, care are modulul egal cu aria suprafeței de acțiune, considerată plană, iar direcția și sensul date de forța de presiune.
- La un nivel dat într-un lichid aflat în echilibru, presiunea are aceeași valoare în toate punctele.
- Graficul este liniar, deci aceste mărimi sunt proporționale. Deoarece denivelările lichidului din tubul manometric sunt o măsură a presiunii din lichid, se poate scrie ca primă concluzie că variația de presiune între două straturi de lichid este direct proporțională cu diferența de nivel dintre cele două straturi: $\Delta p \sim \Delta h$. Se constată și că variația de presiune între două straturi de lichid este direct proporțională cu densitatea lichidului: $\Delta p \sim \rho$.

## Rețin

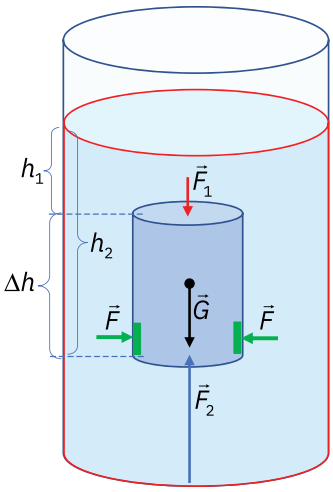
### Principiul fundamental al hidrostaticii

Diferența de presiune $\Delta p$ dintre două puncte ale unui lichid omogen aflat în echilibru mecanic este direct proporțională cu densitatea lichidului $\rho$ și cu diferența de nivel dintre cele două puncte $\Delta h$: $\Delta p = pg\Delta h$, unde g este accelerația gravitațională.

Presiunea hidrostatică este presiunea determinată de o coloană de lichid cu densitatea $\rho$ și înălțimea $h$, datorită greutății sale, și are formula: $\rho \cdot g \cdot h$, unde $g$ este accelerația gravitațională.

## Aplic

**1. Problemă rezolvată.** Într-un vas cilindric se află apă în echilibru. Analizează starea mecanică a unui cilindru de apă de înălțime $\Delta h$ și arie $S$, delimitat din volumul de apă aflat în vas, ca în figura 22. Ce forțe acționează asupra acestui cilindru de apă? Reprezintă forțele și găsește condiția de echilibru mecanic pentru cilindrul delimitat.



22

*Rezolvare.* Asupra cilindrului de apă delimitat acționează atât forțe de presiune exercitate de restul cantității de apă, cât și greutatea proprie. Rezultanta acestor forțe trebuie să fie nulă deoarece apa se află în echilibru. Forțele de presiune laterale se anulează reciproc pe fețele laterale ale cilindrului (considerând suprafețe foarte mici diametral opuse, reprezentate cu verde în figura alăturată). Pe verticală se echilibrează forțele de presiune și greutatea lichidului din cilindru: $p_1S + mg - p_2S = 0$.

Din această relație rezultă: $p_2 - p_1 = \frac{mg}{S} = \frac{\rho Vg}{S} = \frac{\rho gS\Delta h}{S} = \rho g(h_2 - h_1)$ sau $\Delta p = pg\Delta h$.

**Știai că?**

**Jacques-Yves Cousteau** (1910-1997), cercetător care a studiat mările și formele de viață din apă, este inventatorul metodelor și dispozitivelor moderne de scufundare în apele Terrei (dotările moderne ale scafandrilor autonomi, dar și a batiscafurilor cu destinație științifică).
Membru al Academiei Franceze, și-a descris cercetările cu privire la mediul subacvatic în mai multe lucrări. Dintre acestea, prima – *Lumea tăcerii* (1953), a avut cel mai mare impact. Jacques-Yves Cousteau a venit și în România și a realizat cercetări în Dunăre și Marea Neagră.

# Presiunea atmosferică (abordare interdisciplinară – geografie)

## A. Presiunea atmosferică

### Observ

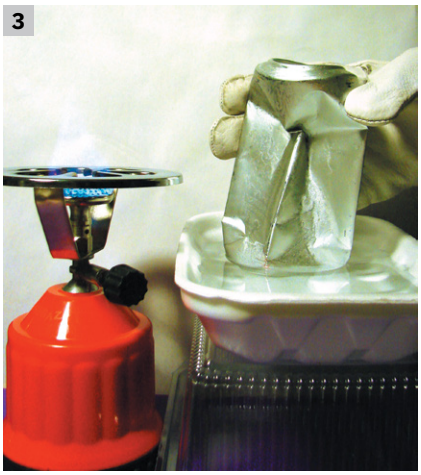
- Oare chiar este posibil ca prin simpla ciocnire a moleculelor din aer cu diferite corpuri să se exercite o forță care să furnizeze o presiune mare? Privește imaginea 1. Peste un cântar electronic se toarnă biluțe din material plastic, masa fiecăreia fiind $m_0$ = 0,12 g. Biluțele ciocnesc suprafața sensibilă a cântarului și se varsă într-un vas colector. Cântarul indică o masă $m$ = 2,3 g, deși, în momentul realizării fotografiei, apar doar trei biluțe care au interacționat cu senzorul de presiune al cântarului. Discută cu colegii și profesorul și formulează o concluzie.

1

- Privește cu atenție imaginea 2. Inițial, doza din aluminiu, aflată în dreapta, era la fel ca aceea din stânga. Aerul din ea a fost scos și astfel doza s-a deformat. Pentru a scoate aerul din doză, s-a procedat astfel: în interiorul dozei nedeformate s-a pus o lingură de apă, după care doza a fost încălzită până când au început să iasă vapori din ea. Apoi doza a fost răsturnată rapid și introdusă într-un vas cu apă rece (imaginea 3).

  Pentru a explica ce ai observat, calculează valoarea forței ce se exercită perpendicular pe o suprafață de arie $S$ = 1 cm² din suprafața dozei și comentează rezultatul obținut. Aerul atmosferic apasă pe suprafețele cu care intră în contact cu o presiune care are valoarea $p_0 \cong 10^5$ Pa.

2


3

**Concluzii**

- Este ușor de intuit că masa indicată de cântar, ca efect al apăsării care se exercită asupra lui, ar fi din ce în ce mai mare, cu cât vor fi mai multe biluțe care ciocnesc cântarul în unitatea de timp. În mod analog, presiunea exercitată de gaze se datorează ciocnirilor dintre moleculele gazului și corpurile cu care intră în contact.
- Prin încălzirea dozei, aerul aflat în interior iese, iar doza se umple cu vapori de apă. Prin introducerea dozei fierbinți, plină de vapori de apă, în apa rece, vaporii din doză condensează și se produce o scădere bruscă a presiunii gazului din interiorul dozei. Astfel, presiunea din exteriorul dozei nu mai este compensată de presiunea gazului din interior, ceea ce duce la apropierea pereților dozei.

### Experimentez

#### 1. Dovedirea existenței presiunii atmosferice

**Materiale utilizate:** pahar din sticlă, folie dură din plastic sau hârtie, apă, un vas larg.

**Modul de lucru**: Deasupra chiuvetei sau a unui vas larg, umple cu apă un pahar curat și așază peste el o folie din plastic sau hârtie. Întoarce paharul cu gura în jos. Ce observi? Explică fenomenul și notează în caiet.

**Știu deja**

Gazele sunt alcătuite din molecule între care practic nu se exercită forțe de atracție, dar care se ciocnesc elastic. Moleculele au dimensiuni foarte mici (diametrul de aproximativ $10^{-10}$ m), dar numărul lor într-un centimetru cub în condiții normale este foarte mare ($2{,}687 \cdot 10^{19}$!).

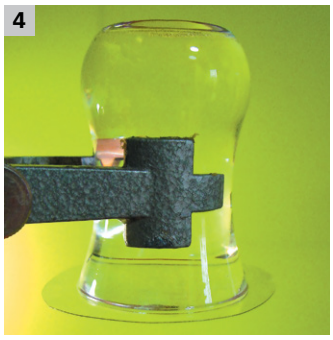
**Știai că?**

Unul dintre experimentele remarcabile din istorie, care au arătat că aerul exercită prin contact presiuni ca orice alt corp, a fost cel realizat de Otto von Guericke la 8 mai 1654, în localitatea Magdeburg.
O incintă metalică confecționată din două emisfere a fost vidată.
Pentru a desprinde cele două emisfere, au fost necesare două atelaje de câte 8 cai!
Emisferele nu puteau fi desprinse datorită presiunii atmosferice existente în exterior.
Experimentul, realizat în public, a stârnit atâta mirare, încât mult timp a fost considerat o vrăjitorie!
Mai sus este imaginea emisferelor de Magdeburg, așa cum se găsesc acestea în laboratoarele contemporane de fizică din școli.

**Concluzie**

Apa nu curge din pahar (imaginea 4). Acest comportament spectaculos se explică ușor. Folia de plastic este în echilibru mecanic, iar greutatea sa este nesemnificativă în raport cu celelalte forțe implicate. Asupra ei acționează forța de presiune din partea apei din pahar. Deoarece apa nu curge, rezultă că de jos în sus acționează o altă forță de presiune, din partea aerului, care trebuie să fie cel puțin egală cu cea de deasupra. Acest experiment dovedește existența presiunii atmosferice.

4



## 2. Experimentul lui Torricelli

**Materiale utilizate:** eprubetă, vas cu apă.

**Modul de lucru**: Umple eprubeta cu apă, astup-o cu degetul, răstoarn-o și apoi introdu capătul deschis într-un vas cu apă. Ia degetul care astupă capătul deschis al eprubetei. Ce se întâmplă cu apa din eprubetă? Explică.

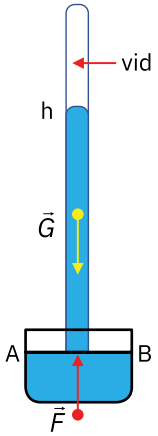
5

**Concluzie**

Ceea ce vei obține în urma experimentului se vede în imaginea 5. Este evident că apa din eprubetă nu curge în vasul în care este răsturnată.

Acest lucru a fost observat de Torricelli, care s-a gândit inițial că greutatea coloanei de apă este prea mică și de aceea apa nu curge. A fost motivul pentru care a realizat numeroase încercări, folosind tuburi cu înălțimi din ce în ce mai mari. Condițiile tehnice modeste din acea vreme nu au permis realizarea experimentului pentru înălțimi mai mari de 10 metri. Lui Torricelli i-a venit ideea remarcabilă de a folosi, în loc de apă, mercur, un metal lichid cu densitatea de aproximativ treisprezece ori mai mare decât a apei. A utilizat un tub de sticlă cu lungimea de un metru, iar rezultatul a fost edificator: mercurul a coborât din tub și a rămas la înălțimea de 0,76 m. În imaginea 6 este reprezentat schematic experimentul. La echilibru, în orice punct al nivelului A-B al mercurului din vas, presiunea are aceeași valoare, $p_0$. Pentru acest nivel, în exteriorul și în interiorul tubului condiția de echilibru este: $p_0S = mg$, unde $S$ reprezintă aria secțiunii transversale a tubului, iar $G = mg$ reprezintă greutatea coloanei de mercur de deasupra nivelului A-B. Densitatea mercurului este: $\rho = 13\,595{,}99$ kg/m³, iar pentru accelerația gravitațională se acceptă valoarea $g = 9{,}806$ m/s².

6




## Reține

Presiunea atmosferică este presiunea exercitată de aer asupra corpurilor cu care se află în contact. Presiunea atmosferică se datorează ciocnirilor dintre particulele acestuia și suprafețele corpurilor existente în atmosferă.

Pentru înălțimea coloanei de mercur $h = 0{,}76$ m, la temperatura de 0 °C, la nivelul mării și latitudinea $\varphi = 45°$, se definește, ca unitate de măsură a presiunii atmosferice, **atmosfera fizică**, ce are simbolul atm și valoarea: $p_0 = \frac{mg}{s} = \rho gh = 1$ atm $\cong 101\,325$ Pa.

## Aplic

▶ Desenează schematic vasul cu apă și cu folia dură din plastic (ca în imaginea 4) și figurează forțele ce acționează asupra foliei din plastic. Scrie condiția de echilibru pentru folia din plastic și comentează relația obținută.

### Știai că?

- **Evangelista Torricelli** (1608-1647), fizician și matematician italian, este cunoscut pentru studiile în domeniul opticii și al fluidelor (în particular al gazelor). În anul 1643 a inventat barometrul cu mercur, primul instrument destinat măsurării presiunilor.
  O unitate de măsură a presiunii utilă în măsurarea cu barometrul este torr-ul. Un torr reprezintă presiunea exercitată de o coloană de mercur cu înălțimea de un milimetru: 760 torr = 1 atm.

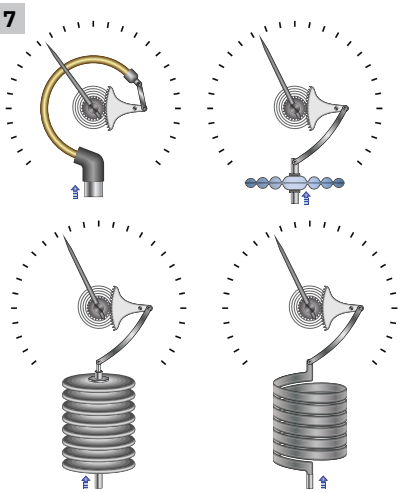
- Nevoile cotidiene îi determină pe oameni să folosească unele gaze. De exemplu, oxigenul este utilizat la aparatele de sudură și în spitale, pentru bolnavii care au dificultăți de respirație, gazul metan, propanul, hidrogenul sunt gaze întrebuințate drept combustibili. Recipientele în care se păstrează aceste substanțe trebuie să aibă pereții rezistenți la diferențele de presiune dintre aerul atmosferic și gazul din interior, astfel încât să nu se producă explozie sau implozie.

# B. Instrumente pentru măsurarea presiunii

## Observ

- Manometrele sunt instrumente pentru măsurarea presiunii. În figura 7 sunt prezentate schematic detalii de construcție pentru mai multe manometre. Cele patru modele folosesc: un burduf, o membrană, un tub metalic curbat și un tub elicoidal. Săgețile indică sensul în care aerul apasă asupra fiecărui sistem. Identifică elementele componente și arată cum funcționează aceste manometre.
- Barometrele de cameră sunt destinate celor interesați să cunoască evoluția vremii. Meteorologii lucrează cu date culese prin mijloace științifice moderne; printre alte instrumente, aceștia folosesc și barometrul. Previziunile lor științifice sunt esențiale pentru activitățile economice și sociale: agricultură, transporturi, turism etc.
- Privește barometrul din imaginea 8 și specifică unitatea de măsură utilizată la trasarea indicațiilor pentru presiune. Pe cadran se observă două semne grafice: un simbol al Soarelui, pentru aer uscat, vreme însorită, și unul al ploii, pentru aer umed, cer înnorat. În ce caz presiunea este mai mare, când acul arată vreme bună sau când arată ploaie? Cum influențează umiditatea aerului, adică concentrația de vapori de apă din atmosferă, presiunea atmosferică?

7



8

**Concluzii**

- Pentru realizarea manometrelor, se utilizează incinte metalice foarte rezistente, care se deformează elastic atunci când sunt supuse la variații de presiune, în urma contactului cu gazul de analizat. Deformarea se transmite printr-un angrenaj, la un ac indicator.
- În imaginea 8 se observă că presiunea crește de la stânga către dreapta. Rezultă că presiunea depinde de umiditatea atmosferică: presiunea este mai mică pentru atmosfera umedă.

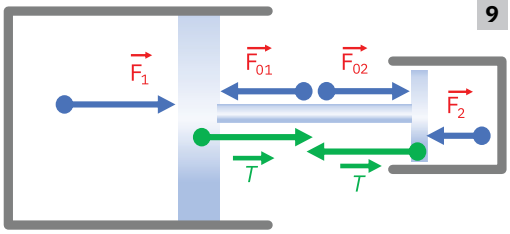
## Rețin

Informațiile despre presiune sunt utile în industrie, în cunoașterea fenomenelor atmosferice, în medicină etc. Din acest motiv, au fost construite diverse dispozitive pentru măsurarea presiunii. Acestea sunt manometrele și barometrele, care se bazează pe diferite procese fizice care însoțesc schimbarea presiunii. În mod tradițional, dispozitivele destinate măsurării presiunii atmosferice se numesc **barometre**, iar dispozitivele utilizate pentru măsurarea presiunii altor fluide se numesc **manometre**.

## Aplic

- În figura 9 sunt reprezentați doi cilindri fixați de un suport, ce au în comun un piston cu secțiuni diferite, care se poate mișca fără frecări. Presiunea atmosferică este $p_0$, iar tija care unește pistoanele este tensionată. În cilindri se află gaze la presiuni diferite?

9




## Știai că?

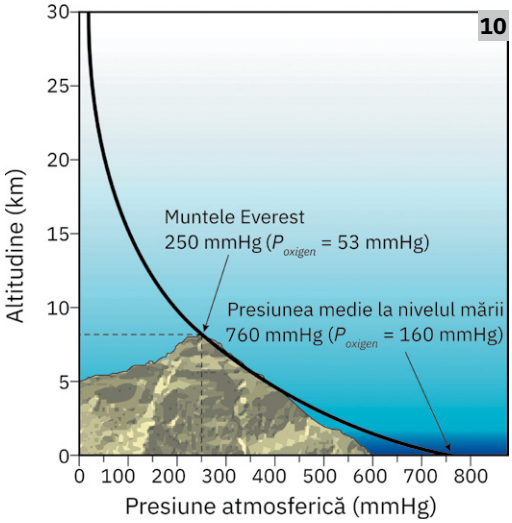
*Mercurul* este singurul metal care, în condiții de presiune atmosferică de o atmosferă și temperatura de 20 °C, este lichid. În limba greacă se numește *hydrargyros* (argint lichid), iar în latină *argentum vivum* (argint viu, așa cum i se spune și la noi, în popor). În natură se găsește sub formă de compuși și foarte rar în stare lichidă. Se extrage încă din anul 415 î.Hr. Se folosește în industrie; este foarte toxic, deșeurile care îl conțin otrăvesc mediul.
Din anul 2013 s-a semnat o convenție internațională în scopul limitării drastice a utilizării mercurului, de exemplu, în cazul bateriilor electrice. S-a renunțat chiar și la utilizarea acestuia la instrumente de măsură.

# C. Variații ale presiunii atmosferice

## Observ

- În imaginea 10, este reprezentată grafic presiunea atmosferică în funcție de altitudine. În grafic sunt evidențiate valorile presiunii atmosferice la nivelul mării și în vârful muntelui Everest. Densitatea atmosferei are aceeași valoare la orice înălțime față de nivelul mării? Cum se modifică presiunea atmosferică în funcție de altitudine?

  **Observație.** Presiunea unui amestec de gaze, așa cum este aerul atmosferic, este egală cu suma presiunilor parțiale ale gazelor din amestec. Presiunea parțială a unui gaz din amestec reprezintă presiunea acestui gaz dacă ar ocupa singur volumul ocupat de amestec (imaginea 10).




- Când ai fost la mare, ai simțit cu siguranță briza. Aceasta este un curent de aer ce se manifestă zilnic la țărmurile mărilor și oceanelor, dar și pe malurile lacurilor. Ziua, briza bate dinspre apă către uscat, iar noaptea – dinspre uscat către larg. Ce crezi că se întâmplă cu temperatura aerului de deasupra solului? Dar cu temperatura de deasupra apei, ziua și noaptea? Notează concluziile în caiet. Ce poți spune despre valorile densității aerului și valorile presiunii atmosferice deasupra solului, respectiv apei, ziua și noaptea?

**Concluzii**

- Densitatea aerului este maximă la nivelul scoarței terestre și scade cu creșterea altitudinii. Măsurători ale presiunii atmosferice au fost realizate încă din vremea lui Torricelli; acestea au arătat că presiunea atmosferică scade cu creșterea altitudinii.
- Ziua, solul se încălzește rapid și apoi încălzește aerul, a cărui densitate scade și astfel se produce o scădere a presiunii. Pe timpul zilei se încălzește și apa care, având inerție termică mare, rămâne caldă până la începutul nopții, deci și aerul de deasupra ei rămâne cald. Din aceste cauze, ziua, briza bate dinspre apă către uscat. Noaptea, solul se răcește mai repede decât apa și astfel densitatea aerului de deasupra solului devine mai mare decât la suprafața apei. Presiunea atmosferică devine astfel mai mare la suprafața solului decât la suprafața apei. Astfel, noaptea, briza bate dinspre uscat către apă. În concluzie, aerul se deplasează dinspre zonele cu presiune mai mare în zonele cu presiune mai joasă.

## Rețin

Presiunea atmosferică scade odată cu creșterea altitudinii. Aerul se deplasează dinspre zonele cu presiune mare către zonele cu presiune mică. Presiunea atmosferică depinde de temperatură.

## Aplic

▶ Calculează presiunea atmosferică în zona Vârfului Omu din munții Bucegi, știind că $\rho_{aer}$ = 1,3 kg/m³, accelerația gravitațională este de 9,8 N/kg, iar înălțimea coloanei de mercur ($\rho_{Hg}$ = 13 600 kg/m³) dintr-un tub Torricelli, plasat în zonă, este $h$ = 763,8 mm.

## Știai că?

1 PSI înseamnă „Pound per Square Inch“, adică „pound-forță exercitat pe un inch pătrat“.

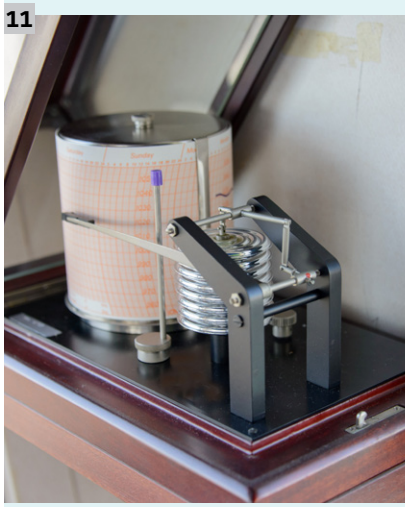
1 PSI = 6 894 Pa =
= 51 715 torr = 0,070 atm

1 pound este egal cu 0,453 kg, se mai numește livră și este divizat în 16 uncii. 1 inch este egal cu 2,54 cm, are simbolul *in* și se mai numește țol.

## Investigație

În limba greacă *graphos* înseamnă *scris*, iar *baros* înseamnă *greutate*. Privește cu atenție imaginea 11 și explică de ce aparatul pentru măsurarea presiunii, prezentat în imagine, se numește *barograf*. Documentează-te utilizând diferite surse de informare, de exemplu site-uri de internet precum wikipedia, și arată cum funcționează un astfel de aparat, identificând elementele componente ale acestuia.

11



# 3 Legea lui Pascal. Aplicații

## A. Legea lui Pascal

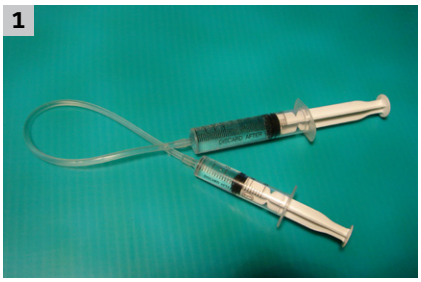
### Experimentez

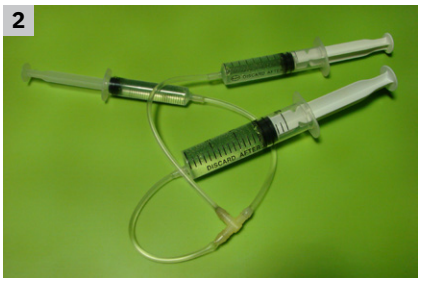
**Observarea presiunii pe suprafața apei**

**Materiale necesare:** două seringi, tub din material plastic, apă.

**Modul de lucru**

Folosește două seringi și un tub din material plastic și realizează montajul din imaginea 1 (ai grijă ca în sistem să fie numai apă, nu și bule de aer). Apasă ușor pe unul dintre pistoane, reducând volumul de apă cu o anumită valoare. Observă cum s-a schimbat volumul de apă din a doua seringă. Trage înapoi de același piston. Ce se întâmplă în cealaltă seringă? Acționează la fel asupra pistonului celeilalte seringi. Ce observi? Reluați experimente de același fel cu un ansamblu mai extins, alcătuit din trei seringi și un tub cu trei ramuri, ca în imaginea 2.

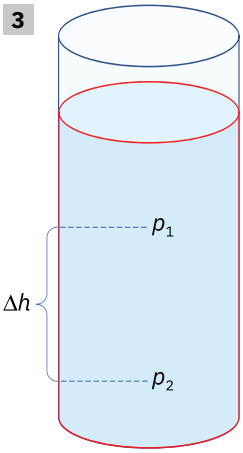
1


2


**Concluzie**

De fiecare dată se observă că presiunea exercitată asupra unui piston se transmite prin intermediul lichidului la celelalte pistoane, iar volumul de apă se conservă. Această observație reflectă o proprietate generală a lichidelor, care nu se pot comprima și care se numesc incompresibile.

Matematicianul și fizicianul Blaise Pascal a generalizat aceste observații și a elaborat o lege care îi poartă numele. Iată un raționament ca acela pe care l-a utilizat omul de știință: În vasul din figura 3 se află apă în echilibru mecanic. Relația fundamentală a hidrostaticii se scrie: $p_2 = p_1 + \rho g \Delta h$. Să presupunem că, printr-o metodă oarecare, presiunea $p_1$ a crescut cu $\Delta p$ și a devenit: $p_1^* = p_1 + \Delta p$. În conformitate cu experimentele de mai sus, rezultă că și presiunea $p_2$ se va modifica. Fie $p_2^*$ această nouă presiune. Pentru aceste două noi valori ale presiunilor scriem din nou ecuația fundamentală a hidrostaticii: $p_2^* = p_1^* + \rho g \Delta p$. Înlocuind în această relație expresia presiunii $p_1^*$, rezultă: $p_2^* = p_2 + \Delta p$. Noua presiune din partea inferioară s-a modificat cu aceeași cantitate ca aceea de sus. Această constatare este valabilă pentru orice două puncte din volumul lichidului, deoarece punctele 1 și 2 au fost considerate arbitrar.

3



Se poate enunța astfel *legea lui Pascal*.

### Rețin

**Legea lui Pascal.** Variația de presiune produsă într-un punct al unul lichid aflat în echilibru se transmite integral în orice punct din volumul lichidului.

## B. Aplicații în tehnică ale legii lui Pascal

### Observ

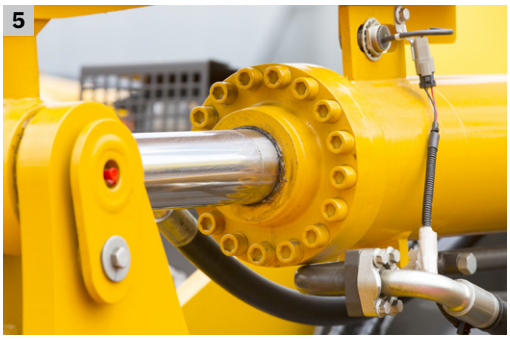
- Incompresibilitatea lichidelor a constituit de-a lungul timpului o proprietate pe care oamenii au exploatat-o în favoarea lor, realizând diferite dispozitive utile. Analizează dispozitivul hidraulic din imaginea 5 și identifică principiul de funcționare al acestuia. Notează în caiet concluziile.

**Știai că?**

**Blaise Pascal** (1632-1662) a manifestat de mic atracție pentru matematică și științe. În 1642 a inventat prima mașină de calcul care putea să adune și să scadă. Alături de Fermat este considerat pionier al teoriei probabilităților. Interesul lui pentru hidrostatică l-a condus la descoperirea legii care îi poartă numele.

4

5

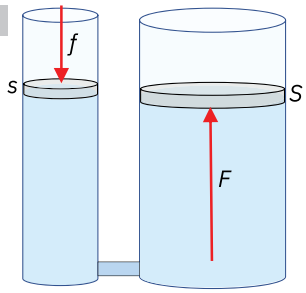


- Multe vehicule folosesc faptul că transmiterea forțelor se face mai ușor prin intermediul lichidelor (de regulă uleiuri speciale), deoarece acestea sunt incompresibile, iau forma vaselor în care se află și nu presupun existența unor forțe de frecare interne. Se utilizează cilindri cu piston și conducte rezistente de diferite forme, prin care se transmit forțele acolo unde sunt necesare. În imaginea 4 este prezentat un tractor multifuncțional, care poate efectua multe acțiuni, utilizând dispozitive detașabile. În imagine, dispozitivele sunt prezentate simultan, pentru a ilustra performanțele acestui tractor. Fiecare dintre dispozitive este acționat hidraulic. Identifică tipurile de acțiuni pe care le poate efectua acest tractor și explică modul în care se mișcă fiecare dintre componentele agregatului.

**Concluzii**

- O primă consecință a legii lui Pascal este ilustrată în figura 6. Doi cilindri cu piston, având secțiuni cu arii diferite, conțin un lichid și comunică printr-un tub de legătură. Dacă asupra pistonului cu secțiunea de arie mai mică se aplică din exterior o forță $f$, presiunea exercitată se transmite prin toată masa lichidului, iar asupra pistonului cu secțiunea de arie mai mare se exercită o forță $F$. Scriem: $p = \frac{f}{s} = \frac{F}{S}$. De aici rezultă: $F = \frac{S}{s} f$. În această abordare am considerat că se neglijează forțele de frecare dintre pistoane și pereții cilindrilor prin care alunecă. În realitate aceste forțe nu pot fi neglijate în totalitate, deci la relația dedusă mai sus se aduce o corecție, prin care se iau în considerare și frecările.

6




- Brațele tractorului multifuncțional pot fi manevrate cu ușurință datorită mecanismelor hidraulice. Acestea se bazează pe legea lui Pascal pentru a amplifica forța de acțiune.

## Experimentez

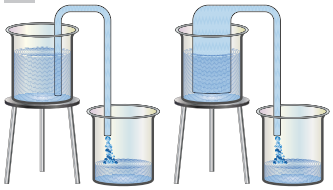
### Observarea modului în care funcționează un sifon

**Materiale utilizate:** două vase transparente, tuburi din cauciuc cu secțiuni diferite, suporturi, apă.

**Modul de lucru**

Pune unul dintre vase pe suport, toarnă apă în el, introdu un capăt al tubului în apa din vas și lasă celălalt capăt deasupra vasului aflat mai jos, ca în figura 7. Inițial în tub nu există lichid. Trage aer prin capătul de jos al tubului și observă ce se întâmplă cu lichidul din vas atunci când capătul tubului este lăsat mai sus decât nivelul suportului, apoi mai jos decât acesta.

7



**Concluzii**

- Dacă nivelul lichidului din ramura exterioară a tubului este deasupra nivelului lichidului din vas și nu se mai trage aer prin tub, lichidul se întoarce în vas. Dacă nivelul lichidului din tub este sub nivelul suportului, lichidul din vasul de sus va curge prin tub, în vasul de jos. Aceste procese constituie principiul de funcționare al unui sifon.
- Prin acest procedeu de „sifonare” se pot realiza transferuri de mase mari de lichide între recipiente, fără a se folosi utilaje specializate, precum pompele hidraulice.

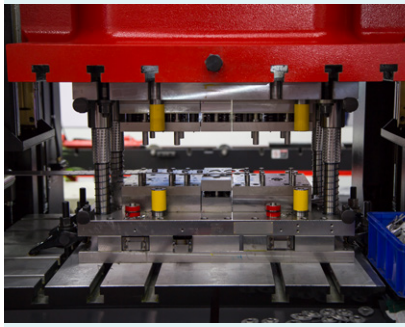
**Știai că?**

Presa hidraulică este utilizată:

- în agricultură, la formarea baloților din paie,

- în industria automobilelor, la îmbinarea metalelor,

- la turnarea fibrelor de carbon,



- la presarea metalelor sau a materialelor plastice pentru reciclare etc.

## Proiect

### Aparate și dispozitive hidraulice

**Scopul proiectului**
Identificarea aparatelor și dispozitivelor hidraulice utilizate în viața cotidiană. Tema poate fi realizată individual sau în echipă.

**De ce veți face?**
Veți învăța ce importanță au legile și principiile hidrostaticii în viața cotidiană și cum au influențat evoluția societății.

**Cum veți face?**

1 Veți consulta site-uri de internet și alte surse de informații.

2 Veți stabili ce informații sunt relevante pentru proiectul vostru.

3 Veți prezenta cel puțin două aparate sau dispozitive hidraulice utilizate în practică.

**Cum vei/ veți prezenta proiectul colegilor?**
Vei/veți realiza o prezentare powerpoint.

**Cum se evaluează proiectul?**
Criterii: *calitatea documentării*, *selectarea informațiilor relevante*, *acuratețea prezentării*. Au înțeles colegii din celelalte echipe informațiile pe care le-ați prezentat? Cereți să vi se acorde calificative, să vă pună întrebări și să vă facă sugestii.

11

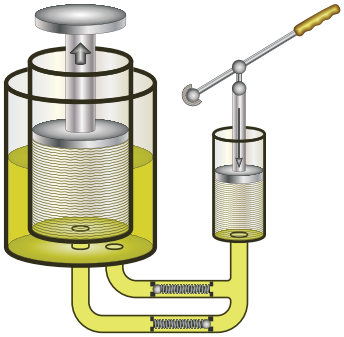
## Rețin

Sistemul format din doi cilindri cu secțiuni diferite care comunică între ei printr-un tub de legătură și care conțin un lichid, poate produce o amplificare a forței de apăsare exercitată pe suprafața lichidului din cilindrul cu secțiune mai mică. Pe baza acestei descoperiri, încă din vremea lui Pascal s-a inventat **presa hidraulică**. Legea lui Pascal stă la baza funcționării mai multor dispozitive hidraulice: frâna hidraulică, pompa hidraulică, cricul hidraulic, elevatorul hidraulic etc.

## Aplic

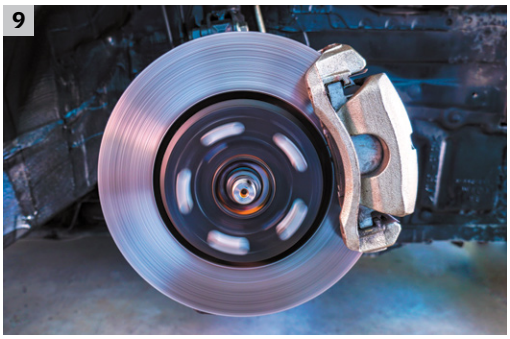
1. Privește cu atenție imaginea 8, în care este reprezentată schematic o presă hidraulică. Identifică părțile componente ale presei, descrie rolul pe care îl au și explică funcționarea presei.

8



2. Astăzi, presele hidraulice industriale dezvoltă forțe de apăsare uriașe, fiind destinate prelucrării la rece a unor materiale foarte rezistente (de exemplu, foi de tablă cu o grosime considerabilă). Una dintre cele mai mari prese hidraulice industriale are o masă de 2 650 de tone, o înălțime de aproximativ 60 de picioare și dezvoltă 40 000 tone forță. Documentează-te și află unde se găsește această presă și la ce este folosită.

9

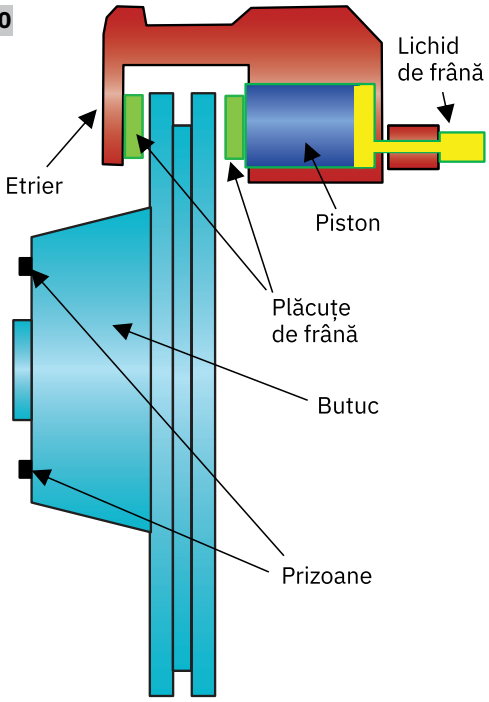


3. Poate cea mai utilizată transmisie hidraulică în viața cotidiană este **frâna hidraulică**, pe baza căreia funcționează frâna automobilelor.

   În imaginea 9 este prezentată frâna pe disc, așa cum se vede când roata automobilului este dată jos din motive tehnice, iar în imaginea 10 – o schemă explicativă.

   Lichidul de frână este introdus în dispozitivul din apropierea roții prin apăsarea pedalei de frână (care nu este figurată aici). Privește imaginile, documentează-te și explică modul în care acționează frâna pe disc. Care sunt piesele care se erodează în timpul funcționării frânelor? Observă cu atenție roțile unor automobile aflate în staționare și identifică elemente descrise mai sus. Ce proprietăți trebuie să manifeste plăcuțele de frână? Dar discul de frână?

10




4. Cunoști cu siguranță dispozitive pentru pulverizat diverse lichide (imaginea 11). În principiu, acestea funcționează ca o pompă de apă. Procură-ți un astfel de dispozitiv, din care lichidul a fost consumat. Demontează cu atenție dispozitivul, analizează-l și denumește părțile componente. Realizează o schemă a pulverizatorului și arată cum funcționează. Documentează-te și indică mai multe domenii de utilizare ale acestui dispozitiv simplu și ingenios.

# Legea lui Arhimede. Aplicații

## A. Legea lui Arhimede

### Observ

Privește cu atenție imaginile de pe coloana alăturată; unele dintre acestea ar putea părea uimitoare. De ce șuruburile nu plutesc în apă (imaginea 1), dar plutesc în mercur (imaginea 2)? De ce bușteanul care are masa de aproximativ 400 de kilograme plutește (imaginea 3), așa cum se întâmplă și cu barca din fier (imaginea 6)? Și de ce cheia barcagiului, care este mult mai ușoară, dacă este scăpată în apă, se duce la fund? Dar balonul (imaginea 4) care cântărește, cu tot cu pasageri, peste o mie de kilograme, cum poate să plutească în aerul care este mult mai ușor? Și cum este posibil ca un submarin de peste 6000 de tone (imaginea 5) să plutească pe apa mărilor și să se mențină în echilibru în adânc?

**Concluzie**

Corpurile pot să plutească într-un fluid (lichid sau gaz) sau pot pluti la suprafața unui lichid, în funcție de densitatea corpului, de densitatea fluidului și de volumul corpului din fluid.

### Experimentez

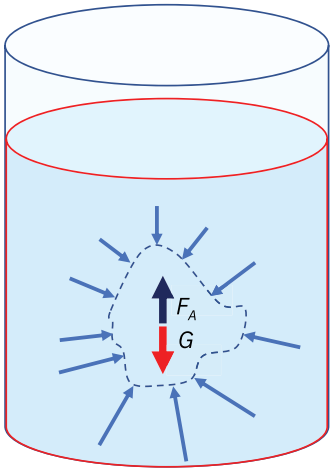
#### Studierea comportamentului unui corp scufundat într-un lichid

**Materiale necesare:** vas din sticlă, apă, minge de ping-pong, o bucată din lemn care să încapă în vasul din sticlă.

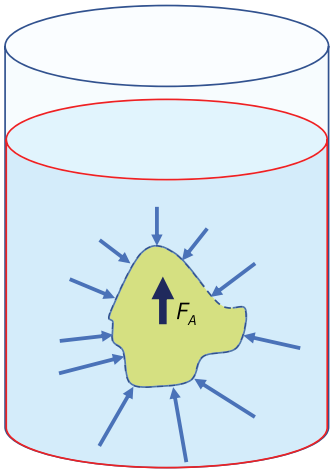
**Modul de lucru**

- Pune în vasul cu apă mingea de ping-pong și bucata din lemn. Ce observi? Scufundă mingea în apă și apoi las-o liberă. Procedează la fel cu bucata din lemn. Ce observi? Descrie asemănările și deosebirile dintre procesele prezentate pentru minge și bucata din lemn.
- Pentru a înțelege procesele care au loc, vom analiza un lichid aflat în echilibru într-un vas. Delimităm un volum de apă de formă arbitrară (reprezentat cu linie întreruptă, în figura 7). Acest volum de apă are masă și este atras de Pământ cu forța numită greutate; de aceea, ar trebui să coboare spre fundul vasului. Dar nu coboară (altfel s-ar observa că apa este în continuă mișcare). Săgețile albastre indică forțele de presiune care se manifestă asupra volumului de apă (explicați de ce unele săgeți sunt mai mari, iar altele – mai mici).

7



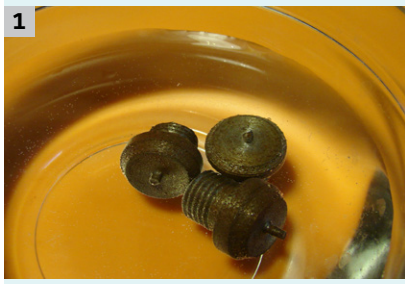

8




**Concluzii**

- Se observă că atât mingea de tenis, cât și bucata din lemn plutesc pe apa din vas. Dacă acestea sunt scufundate complet în apă și apoi sunt lăsate libere, se observă că revin la suprafața apei și plutesc, dar fracția din volumul corpului care este scufundată diferă.
- Forța $F_A$ (figura 8) reprezintă rezultanta forțelor de presiune și se numește *forță arhimedică*. Deoarece volumul de apă delimitat arbitrar este în echilibru, rezultă că forța arhimedică este egală și de sens opus cu greutatea volumului de apă. Dacă înlocuim volumul de apă cu un corp solid rigid, nedeformabil, care să aibă exact aceeași formă și volum ca ale apei din volumul inițial, constatăm că straturile de apă acționează asupra acestui corp exact ca mai înainte: cu exact aceleași forțe de presiune, care au rezultanta $F_A$, ca în primul caz. Acest rezultat are un caracter general valabil și constituie **legea lui Arhimede**.

1



2

3

4

5

6

## Știai că?

Mai multe invenții și inovații tehnice au fost atribuite lui Arhimede (sec. III î.H.). Cea mai cunoscută anecdotă despre Arhimede ne spune cum a inventat metoda de a determina volumul unui corp de formă neregulată. Pentru un templu al regelui Hiero II al Siracuzei, a fost realizată o coroană votivă din aur. Însă la urechile regelui a ajuns zvonul că aurarul a furat o parte din aur și a înlocuit, pentru coroană, acea parte cu argint. Regele i-a cerut lui Arhimede să stabilească dacă a fost înșelat sau nu. Arhimede trebuia să rezolve problema fără a distruge coroana. Dorind să facă baie, a observat că, pe măsură ce intra în apa din cadă, din ce în ce mai multă apă se revărsa în afara căzii. Astfel și-a dat seama cum poate calcula volumul coroanei. Apoi, prin împărțirea masei coroanei la volum putea afla densitatea materialului din care era făcută coroana.
Dacă ar fi fost folosite metale cu densitate mai mică decât a aurului, atunci și densitatea coroanei ar fi fost mai mică decât a aurului. Fericit datorită descoperirii pe care a făcut-o, a exclamat: „Evrika!“, ceea ce în greacă înseamnă „am găsit!“. A testat apoi coroana și a dovedit că aurarul utilizase o anumită cantitate de argint la fabricarea ei. Arhimede a folosit faptul că, în condiții normale, apa este incompresibilă, deci atunci când coroana se scufundă, aceasta va dezlocui un volum de apă egal cu propriul volum.

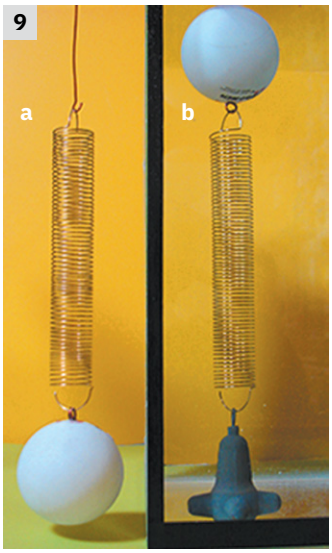
## Rețin

**Legea lui Arhimede.** Un corp scufundat într-un fluid (lichid sau gaz) este supus acțiunii unei forțe verticale, de jos în sus, care este egală cu greutatea fluidului dezlocuit de corp. Fluidul este într-un vas aflat în echilibru.

Punctul de aplicație al forței arhimedice se numește *centru de presiune*.

## Aplic

**Problemă rezolvată.** Un experiment simplu verifică cu mare claritate legea lui Arhimede. Avem două mingi de ping-pong identice. Știți că acestea sunt foarte ușoare. Lipim mici inelușe din sfoară sau din sârmă de fiecare minge și umplem una cu apă, apoi lipim orificiul de umplere. Fixăm mingile de resorturi elastice identice, astfel: scufundăm mingea goală în apă cu ajutorul unui plumb de pescuit (imaginea b), iar pe cea plină cu apă o suspendăm în aer (imaginea a), lângă cea din vasul cu apă, astfel încât să putem compara lungimile actuale ale resorturilor (imaginea 9). Ce observi? Explică procesele care au loc și care au ca rezultat deformarea resorturilor.



9

*Rezolvare.* Se observă un fenomen foarte interesant: lungimile resorturilor tensionate sunt identice. Rezultă că forțele elastice din resorturi au aceeași intensitate. Aceste forțe elastice echilibrează greutatea apei din mingea aflată în aer (a), respectiv forța arhimedică ce acționează asupra mingii din vas, care este goală în interior. Se constată că forța arhimedică este egală cu greutatea lichidului din minge, care este egală cu greutatea lichidului dezlocuit de bila aflată în lichid.

# B. Aplicații ale legii lui Arhimede

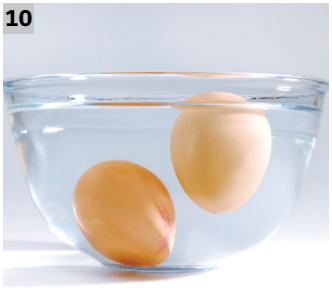
## Observ

Pune într-un pahar cu apă diferite corpuri, de exemplu flori, jucării din plastic, minge de ping-pong, radieră, ouă, monede etc. (imaginile 10-12). Stabilește care dintre corpuri se scufundă în apă și care nu se scufundă, rămânând la suprafața apei. Scufundă în apă corpurile care plutesc și observă ce se întâmplă atunci când le lași libere. Completează un tabel de tipul celui de mai jos. Cum se explică faptul că unele corpuri plutesc? Ce forțe acționează asupra corpurilor? Ce caracteristici are forța rezultantă ce acționează asupra corpurilor? Cum se poate denumi această forță în fiecare caz?

| | |
|---|---|
| Corpuri care se scufundă în apă | |
| Corpuri care plutesc pe apă | |

**Concluzie**

Forțele ce acționează asupra corpurilor analizate sunt greutatea și forța arhimedică. Rezultanta acestor forțe are direcția verticală; sensul poate fi în sus, dacă forța arhimedică este mai


10

11

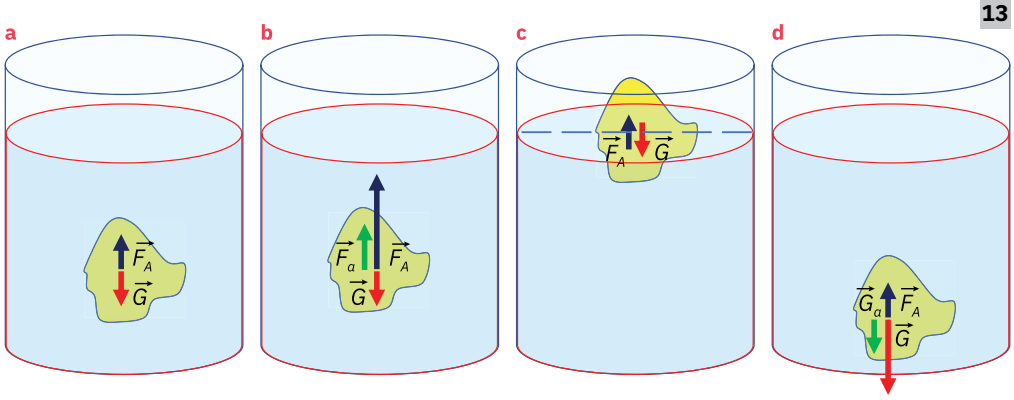
12

mare decât greutatea, sau în jos, dacă forța arhimedică este mai mică decât greutatea. Dacă cele două forțe au valorile egale, rezultanta lor este nulă și corpul plutește. Rezultanta celor două forțe se numește forță ascensională, dacă este orientată în sus, sau greutate aparentă, dacă este orientată în jos.

## Reț in

1. Considerăm un corp omogen care plutește în interiorul unui lichid (figura 13.a). Corpul fiind în echilibru, forța arhimedică ce acționează asupra corpului are același modul cu greutatea corpului: $F_A = m_{corp}g$, $F_A = m_{apă}g = \rho_{apă}V_{corp}g$ și $G = \rho_{corp}V_{corp}g$. De aici rezultă că densitatea corpului este egală cu cea a apei. Dacă un corp scufundat are neomogenități (de exemplu zone cu aer, cum ar fi un submarin), pentru a pluti în imersiune totală, în echilibru, trebuie ca densitatea medie a tuturor părților componente să fie egală cu densitatea apei în care se scufundă. Forța rezultantă în acest caz este nulă.

13




2. Dacă densitatea corpului este mai mică decât a apei, forța arhimedică este mai mare decât greutatea corpului (figura 13.b).

   Diferența dintre aceste forțe se numește *forță ascensională*: $F_a = F_A - G_{corp}$. Corpul va urca spre suprafața apei și va pluti, având scufundat în apă un volum $V_{scufundat}$ (figura 13.c). Acest volum se poate afla din condiția de echilibru: $\rho_{corp}V_{corp}g = \rho_{apă}V_{scufundat}g$. Acesta este cazul ambarcațiunilor, al buștenilor și al altor corpuri care plutesc la suprafața apei.

3. Dacă densitatea corpului este mai mare decât a apei, greutatea corpului este mai mare decât forța arhimedică și corpul se scufundă (figura d). Forța care determină scufundarea corpului se numește *greutate aparentă*: $G_a = G_{corp} - F_A$.

## Aplic

▶ **Densimetrul.** Oamenii au inventat unelte simple, precum densimetrele (imaginea 14) destinate determinării densității lichidelor și care se bazează pe condiția de plutire. Densimetrul este alcătuit dintr-un vas din sticlă mai voluminos, destinat realizării condiției de plutire, continuat cu un tub subțire gradat, etalonat în unități de densitate. Etalonarea densimetrului constă în introducerea densimetrului într-un lichid cu densitate cunoscută, de exemplu apă, și în trasarea unui semn pe densimetru în dreptul nivelului apei, căruia îi corespunde densitatea lichidului, pentru apă 1 g/cm³. Pentru etalonarea densimetrului, se toarnă pe fundul vasului o soluție vâscoasă în care se introduc alice mici din metal (vezi în imaginea 15 mai multe densimetre). În paharul din fotografie se află două densimetre în apă distilată. Unul este destinat măsurării densităților mai mici de $\rho$ = 1 g/cm³, celălalt pentru densități mai mari. Identifică cele două tipuri de densimetre (imaginea 14).

14

15

### Știai că?

Plutirea corpurilor este utilizată în foarte multe activități precum: deplasarea prin apă a viețuitoarelor acvatice, transportul mărfurilor sau al persoanelor, sporturile pe apă (înot, canotaj, polo etc.).

# C. Aplicații ale plutirii corpurilor

## Observ

### Plutirea gheții

Se știe că gheața are densitate mai mică decât apa, deci plutește pe apă. Un aisberg (imaginea 16) este un conglomerat foarte mare de gheață care se desprinde vara din calotele polare și plutește pe oceane până când se topește. Mișcarea acestor mase de gheață influențează clima.

Află care este densitatea gheții și determină ce fracție dintr-un ghețar se află sub suprafața apei. Ce importanță are plutirea gheții pe lacuri și râuri? Formulează concluzii ținând cont și de faptul că apa are cea mai mare densitate la temperatura de 4 °C.

16

## Experimentez

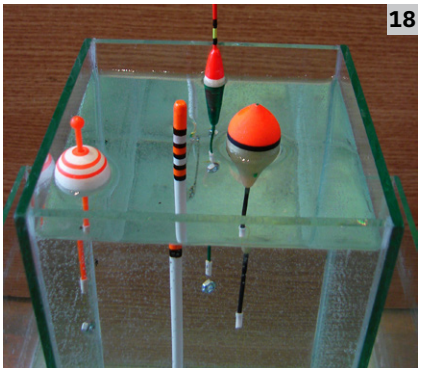
### Gheața în apă

Pune într-un pahar apă și o bucată de gheață din congelator (ca în imaginea 17). Marchează cu atenție nivelul apei din pahar. Notează în caietul de notițe ora la care ai început experimentul și anticipează ce se va întâmpla cu nivelul apei din pahar după ce gheața se va topi; nivelul apei din pahar va crește, va scădea sau va rămâne la fel? Privește cu atenție nivelul apei din pahar din 10 în 10 minute și notează în caiet cum se modifică nivelul apei, în funcție de reperul inițial, până când gheața se topește integral. Ce ai constatat? Cum explici acest lucru? Realizează la fiecare observare o fotografie a experimentului și alcătuiește un raport despre ce ai aflat.

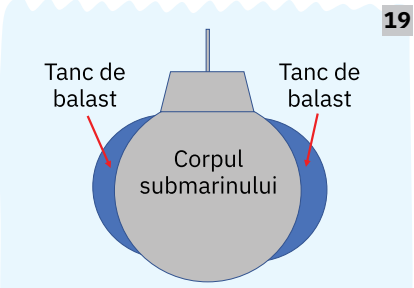
17

## Aplic

1. **Pluta pescarului.** Pescuitul sportiv este foarte îndrăgit de oameni de toate vârstele. Plutele folosite de pescari pentru a susține momeala sunt corpuri atent elaborate, fiind adecvate pentru diferite necesități. La baza fiecărei plute din imaginea 18 se află o mică greutate din plumb, adecvată dimensiunilor plutei. Privește cu atenție cele patru plute. Care crezi că este cea mai sensibilă? Procură o plută și studiaz-o cu atenție. Realizează desene din care să rezulte comportarea plutei atunci când bate un vânt puternic. Se poate răsturna o plută? Explică.


18

2. **Submarinul.** Pentru a putea înainta în imersiune sau pentru a evolua pe verticală în apă, orice submarin are niște rezervoare denumite tancuri de balast, în care se poate introduce apă sau aer, după necesități. În imaginea 19 este reprezentată o secțiune a unui submarin care se scufundă (tancurile sunt pline cu apă). Desenează modele asemănătoare, în care să reprezinți un submarin care urcă la suprafață și unul care plutește pe apă.



19

## Investigație

În lista cu vehicule de agrement, baloanele cu aer cald ocupă un loc important. Pentru a se putea înălța, ele trebuie să respecte legea lui Arhimede. Deși un balon este destul de greu din cauza materialului din care este făcut și a încărcăturii din timpul zborului, el poate pluti prin aer datorită volumului său foarte mare (ajunge până la 9 000 m³). Un balon dezlocuiește o masă mare de aer din mediul înconjurător, aer care este rece. Aerul din interiorul balonului este încălzit de regulă cu arzătoare cu propan.

Calculele arată că, pentru a ridica un kilogram de substanțe când afară sunt 20 °C și în balon 99 °C, este necesar un volum de 3,91 m³. Folosește această informație și proiectează un balon care să satisfacă cerințele tale (de exemplu, să ridice anumite corpuri: o radieră, un penar etc.).

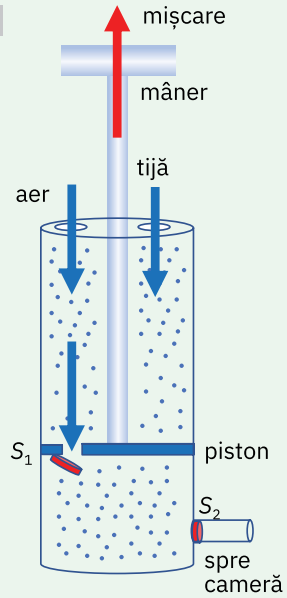
Prezintă acest proiect sub forma unui eseu științific, în care să prezinți modul de proiectare a balonului, modul de realizare a acestuia, desfășurarea experimentului și concluziile experimentului. Realizează un desen și specifică poziția centrului de presiune și a centrului de greutate pentru o evoluție normală a balonului.

# Dispozitive hidraulice

*Doi elevi au aflat că la platforma industrială de la marginea orașului s-a adus o presă hidraulică performantă, destinată compactării materialelor reciclabile. Ei au hotărât să meargă acolo cu bicicletele și, dacă presa putea fi vizitată, să trimită un semnal colegilor pentru a veni și ei. Pe timpul deplasării, o cameră de la bicicletă s-a dezumflat, iar elevii s-au oprit să o umfle cu pompa de la bicicletă.*

Pompa funcționează astfel (imaginea 1): când pistonul este tras în sus, supapa $S_1$ se deschide și în corpul pompei intră aer din mediul înconjurător. Când pistonul este împins în jos, supapa $S_1$ se închide, dar se deschide supapa $S_2$ și aerul comprimat este direcționat către camera bicicletei. Procesul se repetă de câte ori este nevoie.

1

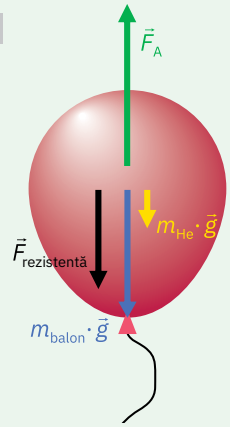



*Elevii au ajuns la atelierul unde se află presa și au primit încuviințarea de a-și aduce colegii pentru a observa funcționarea acesteia. Semnalul pe care l-au lansat către colegi a fost un balon cu heliu.*

Forțele implicate în deplasarea balonului sunt: greutatea balonului, greutatea heliului din balon, forța de rezistență cu aerul și forța arhimedică (reprezintă greutatea fluidului dezlocuit: $F_A = \rho_{aer} \cdot V_{balon} \cdot g$). Pentru ca balonul să urce, trebuie ca rezultanta acestor forțe să fie orientată vertical în sus (forță ascensională). Dacă balonul urcă uniform, relația dintre aceste forțe este: $F_A = G_{He} + G_{balon} + F_{rezistentă}$ (imaginea 2).

De asemenea, pentru a trimite semnalul, elevii ar fi putut utiliza și un lampion chinezesc.

2




*Ajunși la atelier, toți elevii au fost interesați de performanțele presei și de modul de funcționare, de randament etc.*

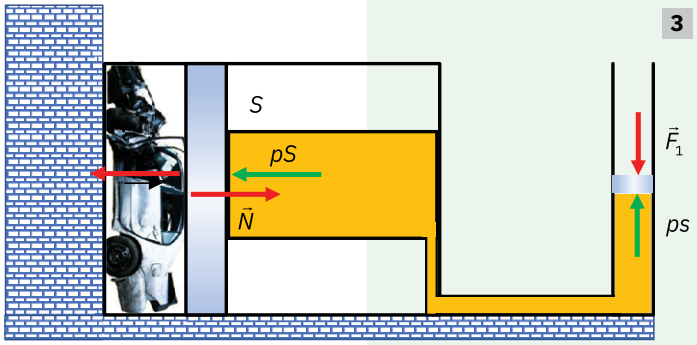
Un inginer le prezintă elevilor o schemă simplificată a presei și relațiile matematice care explică funcționarea acesteia în absența frecărilor. Forța exercitată asupra pistonului mic este transmisă prin lichidul de lucru la pistonul mare care strivește carcasa deteriorată a unui automobil (imaginea 3). Neglijând greutatea pistonului mic, care este nesemnificativă în raport cu celelalte forțe implicate, conform legii lui Pascal se poate scrie: $p = \frac{F_1}{s} = \frac{N}{S}$.

O deplasare $h_1$ a pistonului mic determină o deplasare $h_2$ a pistonului mare. Randamentul va fi: $\eta = \frac{L_{util}}{L_{consumat}} = \frac{Nh_2}{Fh_1} = \frac{SF_1h_2}{sF_1h_1} = \frac{V_2}{V_1} = 1$, deoarece lichidul este practic incompresibil. În realitate însă, trebuie să se țină cont și de forțele de frecare, care sunt proporționale în acest caz cu lungimea conturului de contact dintre cilindri și pistoane; astfel, pentru cilindrul mai mare, forța de frecare este mai mare.

Dacă $p$ este presiunea de lucru (presiunea exercitată asupra presei în timpul funcționării) și $\Delta V$ este variația volumului de lichid dintr-un cilindru cu piston, se poate scrie:

$$\eta = \frac{(pS - F_{f2})h_2}{(ps + F_{f1})h_1} = \frac{p\Delta V - F_{f2}h_2}{p\Delta V + F_{f1}h_1} < 1.$$

3



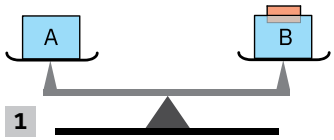

*La sfârșitul vizitei, inginerul le-a arătat elevilor o aplicație amuzantă a legilor hidrostaticii: plutitorul lui Descartes.*

Într-o butelie din material plastic transparent, plină cu apă și cu dopul strâns, se află o pipetă în care se află aer și care plutește în poziție verticală, datorită faptului că are atașată în partea de jos o piuliță metalică (imaginea 4). În poziția din imagine, pipeta se află în partea superioară a buteliei. Dacă se comprimă butelia apăsând de pereții sticlei, pipeta va începe să coboare. Acest lucru se explică astfel: datorită apăsării pe pereții sticlei se mărește presiunea din apă, iar aerul din pipetă va fi comprimat. Volumul pierdut prin comprimare de către aer va fi ocupat de apă. Astfel, volumul total de apă dezlocuit de către pipeta cu aer va scădea, determinând scăderea forței arhimedice. Această scădere a forței arhimedice va duce la coborârea pipetei.

4

# Probleme

**1.** Balanța din figura 1 este blocată. Paharele sunt identice și conțin apă, iar în paharul B plutește o bucată de lemn. Ce se întâmplă după deblocarea balanței? Care dintre pahare are masa mai mare?

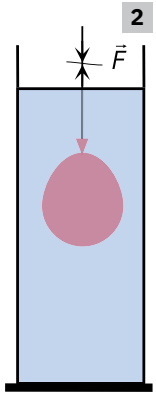


1

**2.** Pentru determinarea densității saramurii, în gospodărie se folosește un ou cu masa $m$ = 52,5 g și volumul $V$ = 50 cm³. Când oul se introduce în saramură, 10% din volumul său se află deasupra apei. Care este densitatea saramurii?

**3.** Asupra pistonului mare al unei prese hidraulice acționează o forță de 2 000 N. La o apăsare cu o forță de 100 N asupra pistonului mic, acesta coboară pe distanța de 2 centimetri. Determină raportul ariilor secțiunilor pistoanelor și distanța pe care urcă pistonul mare.

**4.** Un balon din cauciuc (cu masa neglijabilă) este umplut cu 50 cm³ de apă, fără a rămâne goluri de aer, ca în figura 2. Balonul este scufundat într-un vas cu apă ($\rho$ = 1 g/cm³) și legat de un dinamometru. Care este valoarea forței indicate de dinamometru?



2

**5.** Un cub omogen din lemn de latură $l$ = 36 cm plutește la suprafața apei dintr-un vas, astfel că o porțiune $a$ = 6 cm din latura cubului se află deasupra apei. Vasul are aria bazei $S$ = 400 cm², iar apa are densitatea $\rho_0$ = 1 g/cm³. Determină:

**a.** densitatea cubului;

**b.** cu cât se modifică presiunea hidrostatică exercitată de apă pe fundul vasului prin scoaterea cubului din vas.

**6.** Câțiva elevi doresc să construiască un aerostat, care să se poată desprinde de sol. Balonul, al cărui înveliș elastic cântărește $m$ = 20 kg, a fost umplut cu heliu ($\rho_1$ = 178,5 g/m³). Nacela aerostatului, împreună cu accesoriile și lestul, cântărește $m$ = 150 kg. Considerând că masa pe care trebuie să o ridice aerostatul este $M$ = 200 kg, determină:

**a.** volumul minim pe care trebuie să-l aibă balonul pentru a se desprinde de sol;

**b.** cum se modifică valoarea forței arhimedice și volumul balonului pe măsură ce balonul se ridică.
Densitatea aerului este $\rho_2$ = 1,2928 Kg/m³. Volumul învelișului balonului se neglijează.

**7.** Presiunea hidrostatică exercitată de o coloană de apă ($\rho_1$ = 1 g/cm³) pe baza unui vas este $p$ = 1 500 Pa. În vas, care are forma unui cilindru, se mai adaugă un volum de ulei ($\rho_2$ = 0,8 g/cm³) egal cu volumul de apă.
Să se determine:

**a.** înălțimea apei din vas;

**b.** înălțimea coloanei de ulei adăugate în vas;

**c.** presiunea hidrostatică exercitată de cele două lichide pe fundul vasului. (Se consideră $g$ = 10 N/kg.)

**8.** Un cub omogen din lemn ($\rho$ = 600 kg/m³) cu latura $l$ = 20 cm este legat cu un fir inextensibil de masă neglijabilă de fundul unui bazin plin cu apă sărată ($\rho_a$ = 1 200 Kg/m³). Să se calculeze:

**a.** forța arhimedică ce acționează asupra cubului;

**b.** tensiunea din fir;

**c.** diferența de presiune între fețele inferioară și superioară (ale cubului);

**d.** forța exercitată de lichid asupra unei fețe laterale, știind că pe fața superioară lichidul exercită o presiune $p_1$ = 5 KPa.

# Test de evaluare

Punctaje:
1. 3 puncte
2. 1 punct
3. 1 punct
4. 1 punct
5. 1 punct
6. 1 punct
7. 1 punct

Se acordă 1 punct din oficiu.
Timp de lucru: 50 min.

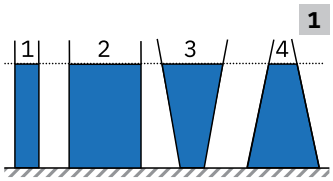
**1.** Răspunde la următoarele întrebări:

**a.** Cum sunt orientate forțele de apăsare exercitate de un lichid în repaus pe suprafața unui corp aflat în contact cu lichidul?
**b.** Ce sunt vasele comunicante?
**c.** Care este enunțul legii pe care se bazează funcționarea presei hidraulice?
**d.** Cum se numește fizicianul care a măsurat pentru prima dată presiunea atmosferică?
**e.** Forța de presiune atmosferică exercitată asupra geamurilor de la clasa ta este foarte mare și totuși acestea nu se sparg. De ce?
**f.** Când plutește în echilibru stabil un vapor?

**2.** Pe suprafața unui lichid omogen de densitate $\rho_0$ se pune un corp compact de greutate $G$ și densitate $\rho$, care plutește în echilibru stabil. Care dintre afirmațiile următoare sunt adevărate?

**a.** Presiunea hidrostatică exercitată pe fundul vasului crește.
**b.** Asupra corpului acționează o forță arhimedică dată de relația: $F_A = \frac{\rho_0 G}{\rho}$.
**c.** Forța arhimedică nu depinde de volumul corpului, ci de volumul porțiunii scufundate în lichid.
**d.** Forța exercitată pe fundul vasului crește odată cu greutatea corpului.

**3.** Vasele din figura 1 conțin lichid cu aceeași densitate. Care dintre relațiile următoare exprimă corect presiunea hidrostatică exercitată pe fundul fiecărui vas? Alege litera corespunzătoare răspunsului corect.

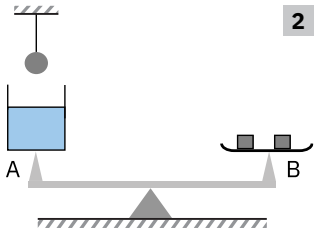



**a.** $p_1 = p_3 < p_2 = p_4$
**b.** $p_1 < p_3 < p_4 = p_2$
**c.** $p_1 = p_3 < p_4 < p_2$
**d.** $p_1 = p_3 = p_2 = p_4$

**4.** Stabilește care dintre egalitățile următoare nu este adevărată. Alege litera corespunzătoare răspunsului corect.

**a.** Pa · m² = N
**b.** m · s² ·Pa = kg
**c.** 760 mm Hg =101325 Pa
**d.** m² ·s² · Pa = kg

**5.** Balanța din figura 2 este echilibrată (are brațe orizontale), iar densitatea corpului suspendat este mai mare decât densitatea lichidului. Care este masa etalon ce trebuie pusă pe platanul B pentru refacerea echilibrului atunci când corpul este scufundat complet în lichid (prin lungirea firului), fără a atinge vasul?




**6.** Cum explici că, atunci când scoatem aerul dintr-o sticlă de 2 litri din plastic (pet), aceasta se deformează?

**7.** Un vapor cu masa $m$ = 350 t plutește pe apa unui fluviu ($\rho$ = 1 g/cm³).

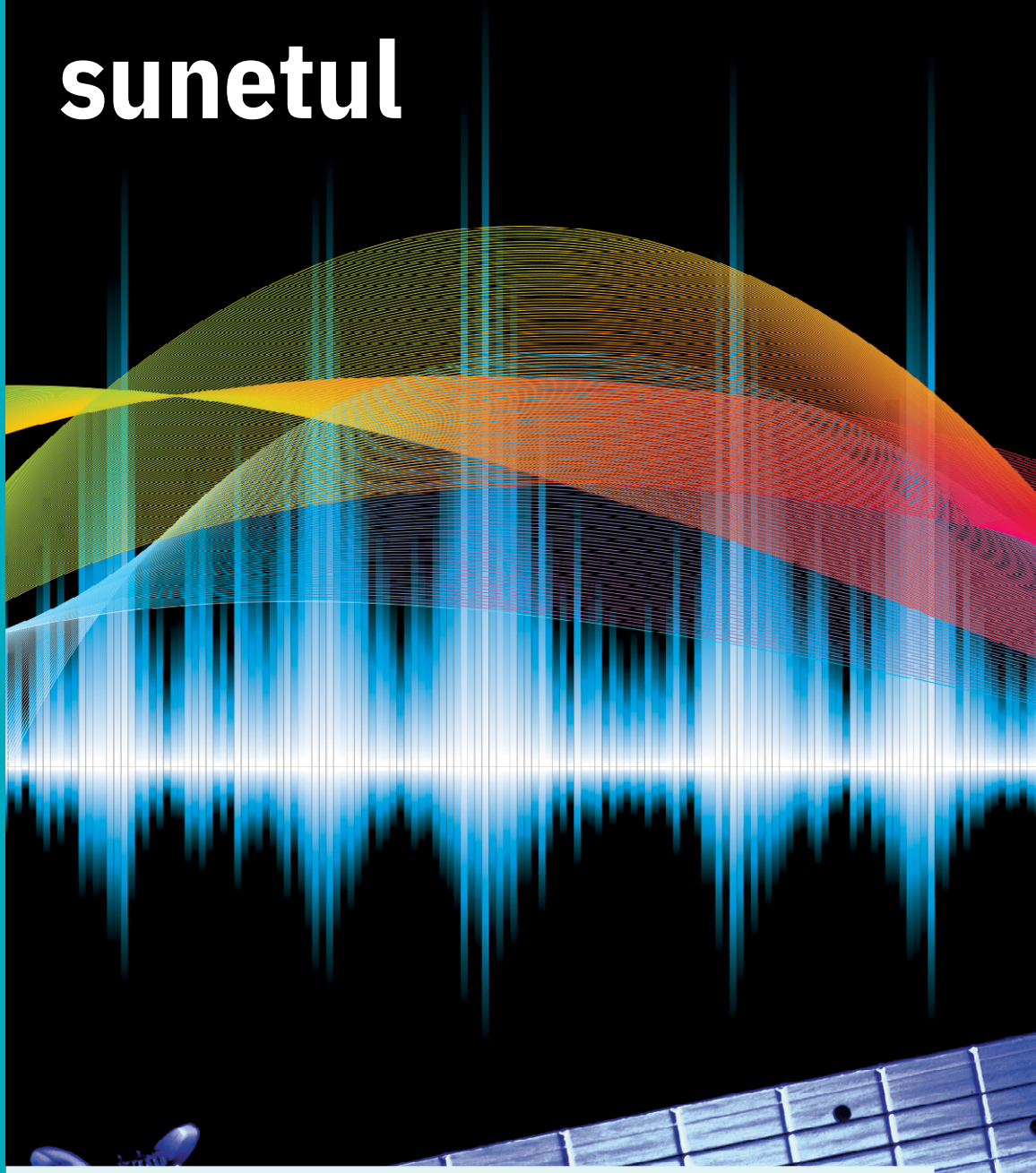
**a.** Calculează volumul de apă dezlocuit de vapor.
**b.** Vaporul trece de pe fluviu pe mare ($\rho'$ = 1028 Kg/m³). Calculează cu cât se modifică volumul de apă dezlocuit de vapor atunci când acesta plutește pe mare. Masa vaporului rămâne aceeași.

## Fișă de observare sistematică

La finalul acestei unități, știu ...

| | DA | NU |
|---|---|---|
| • să formulez cu cuvintele mele răspunsuri la întrebări | | |
| • să completez spațiile libere dintr-un enunț | | |
| • să stabilesc corespondențe între afirmații | | |
| • să rezolv probleme | | |
| • să experimentez lucruri noi | | |
| • să scriu texte explicative referitoare la o temă dată | | |

# U6 Fenomene mecanice. Unde mecanice – sunetul




| | | |
|---|---|---|
| Lecția 1 | 122 | Unde mecanice<br>(abordare interdisciplinară – Geografie: unde seismice, valuri) |
| Lecția 2 | 128 | Producerea și percepția sunetelor<br>(abordare interdisciplinară – Biologie: sistemul auditiv) |
| Lecția 3 | 131 | Propagarea sunetelor. Ecoul |
| Lecția 4 | 134 | Caracteristici ale sunetului<br>(abordare calitativă interdisciplinară – Muzică) |
| Fizică aplicată | 135 | Efectul Doppler. Fenomenul de rezonanță |
| Probleme | 136 | |
| Test de evaluare | 137 | |

**Cum funcționează un instrument muzical și cum poate produce sunete diferite? Ce le permite oamenilor să vorbească și să audă? În lecția despre mișcarea oscilatorie vei primi răspunsuri la toate aceste întrebări.**

# 1 Unde mecanice (abordare interdisciplinară – Geografie: unde seismice, valuri)

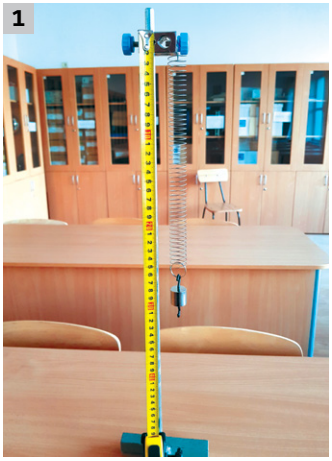
## A. Oscilații mecanice

### Observ

În imaginile 1-3 se remarcă trei sisteme mecanice care permit o mișcare ce se face de o parte și de alta a unei poziții de echilibru. În imaginea 1 este prezentat un corp agățat de un resort elastic vertical, care se deplasează în sus și în jos. În imaginea 2 se observă un corp suspendat printr-un fir inextensibil de un suport și care se deplasează de o parte și de alta a poziției verticale a firului. În imaginea 3 apa dintr-o sticlă poate fi scoasă din poziția de echilibru în raport cu suprafața orizontală a mesei (imaginea 3).

Observă dispozitivele din cele trei imagini și răspunde cerințelor următoare:

1. Descrie cum poți determina cele trei sisteme fizice să efectueze o mișcare oscilatorie simplă, adică o mișcare ce se repetă în timp și se face de o parte și de alta a unei poziții de echilibru, astfel:
   - a corpul suspendat de resort să oscileze pe direcție verticală;
   - b corpul suspendat de fir să oscileze în planul vertical al imaginii;
   - c apa din sticlă să oscileze astfel încât planul suprafeței libere și orizontale a acesteia să-și schimbe orientarea.
2. Descrie ce transformări de energie mecanică există în timpul mișcării oscilatorii, pentru sistemele analizate; neglijează pierderea de energie datorată forțelor rezistente.
3. Precizează, pentru fiecare caz în parte, care sunt forțele care tind să aducă sistemul în starea de echilibru mecanic.


1

2

3

**Concluzii**

1. a Corpul suspendat de resortul elastic poate fi scos din starea de echilibru mecanic trăgând de acesta vertical, în jos; corpul va efectua oscilații pe o traiectorie rectilinie și verticală.
   - b Corpul suspendat de fir trebuie să fie deplasat astfel încât firul să fie tensionat și deviat din poziția verticală. Când corpul este lăsat liber, acesta efectuează oscilații în plan vertical, iar traiectoria sa este un arc de cerc.
   - c Sticla este scoasă din poziția de echilibru când este înclinată în plan vertical și apoi lăsată pe suprafața orizontală. Apa din sticlă va tinde să revină către starea de echilibru, în care suprafața apei este orizontală, și astfel va oscila, schimbându-și în mod repetat orientarea față de orizontală.
2. a Mișcarea verticală a corpului determină modificări ale energiei potențiale gravitaționale și ale energiei cinetice a acestuia, iar alungirea variabilă a resortului determină modificări ale energiei potențiale de deformare. În orice moment, neglijând forțele rezistente, energia mecanică a corpului suspendat are aceeași valoare. În timpul mișcării oscilatorii, energia cinetică se transformă în energie potențială și invers, astfel încât energia mecanică a sistemului corp-resort rămâne constantă.

### Știai că?

*Sonicitatea* este o ramură a fizicii și a tehnicii care se ocupă cu studierea transmiterii energiei mecanice în lichide sau în solide prin intermediul vibrațiilor și al undelor elastice longitudinale. Energia se transmite de la un punct la altul, la o distanță care poate fi considerabilă. *Teoria sonicității* a fost publicată pentru prima dată în 1918 în cartea *A treatise on transmission of power by vibrations* de către Gogu Constantinescu (om de știință și inginer român, 1881-1965), care a fost tradusă în limba română în 1922.

Gogu Constantinescu

Una dintre problemele fundamentale ale ingineriei mecanice este aceea de a transmite energia disponibilă în natură la un punct oarecare, unde poate fi întrebuințată pentru a produce lucru mecanic util.

**b** Mișcarea în plan vertical a corpului va determina variații ale energiei sale potențiale gravitaționale și ale energiei sale cinetice. Neglijând forțele rezistente, energia mecanică a corpului în decursul mișcării oscilatorii rămâne aceeași.

**c** Mișcarea centrului de greutate al masei de apă care oscilează va determina variații ale energiei sale potențiale gravitaționale și ale energiei sale cinetice. În orice moment, neglijând forțele rezistente, energia mecanică a masei de apă care oscilează este aceeași.

**3. a** forța elastică exercitată de resort;

**b** componenta tangențială a greutății care acționează asupra corpului;

**c** forța datorată presiunii hidrostatice exercitate de masa de apă care a fost scoasă din poziția de echilibru mecanic.

## Experimentez

### 1. Determinarea perioadei de oscilație a unui pendul elastic

**Materiale necesare:** sistemul mecanic format din corpul suspendat vertical de resortul elastic, minim cinci corpuri cu masa cunoscută, care pot fi suspendate de resort, cronometru. Pentru ca măsurătorile să fie mai precise, poți filma cu smartphone-ul oscilațiile corpului și apoi să faci determinările pe baza analizei înregistrării video.

**Modul de lucru**:

- Scoate corpul, vertical, din poziția de echilibru și lasă-l apoi să oscileze. Poziția rezultată nu trebuie să difere foarte mult față de poziția de echilibru.
- Măsoară timpul în care corpul efectuează mai multe oscilații complete. Timpul $T$ în care corpul face o oscilație completă se numește perioadă. Efectuează mai multe măsurători pentru a obține o valoare cât mai corectă.
- Efectuează operațiile descrise anterior pentru fiecare dintre corpurile cu masa cunoscută.
- Notează în caiet, sub formă de tabel, valorile obținute: timpul $T$, respectiv masa $m$ a corpului corespunzător.
- Reprezintă grafic $T^2$ în funcție de $m$ și formulează o concluzie referitoare la dependența respectivă.

### 2. Determinarea perioadei de oscilație a unui pendul gravitațional

**Materiale necesare:** sistemul mecanic format din corpul suspendat vertical de fir, riglă gradată, cronometru. Pentru ca măsurătorile să fie cât mai precise, poți filma cu smartphone-ul oscilația corpului și apoi să faci determinările pe baza analizei înregistrării video.

**Modul de lucru**:

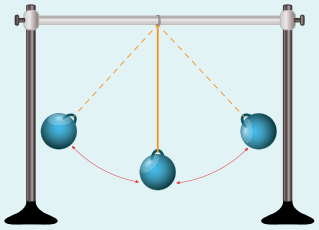
- Scoate corpul din poziția de echilibru, în plan vertical, și lasă-l apoi să oscileze. Poziția rezultată nu trebuie să difere foarte mult față de poziția de echilibru (oscilații mici).
- Măsoară timpul în care corpul efectuează o mișcare completă (timpul după care revine în poziția din care a fost lăsat liber). Efectuează mai multe măsurători pentru a obține o valoare cât mai corectă.
- Efectuează aceleași operații pentru lungimi diferite ale firului de care este suspendat corpul.
- Notează în caiet, sub formă de tabel, valorile obținute: intervalul de timp $\Delta t$, numărul de oscilații complete $n$, respectiv lungimea $\ell$ corespunzătoare firului.
- Reprezintă grafic $T^2$ în funcție de $\ell$ și formulează o concluzie referitoare la dependența cerută.

Având în vedere complexitatea culegerii datelor experimentale, este util să lucrezi în echipă: un membru al echipei va pune în oscilație corpul, alt membru va efectua măsurătorile, iar cel de-al treilea membru va face înregistrarea video.

**Concluzii**

- Din datele obținute și din prelucrarea lor sub formă de reprezentare grafică se poate trage concluzia că între timpul în care corpul efectuează o oscilație completă și masa corpului există o legătură. Modul în care oscilează corpul depinde de caracteristicile sistemului oscilant; creșterea masei $m$ duce la creștea perioadei $T$. Se obține că dependența pătratului perioadei $T^2$ în funcție de $m$ este liniară.

**Știai că?**



- *Pendulul gravitațional* este un sistem fizic format dintr-un corp mic de masă $m$, suspendat de un punct fix printr-un fir inextensibil de lungime $l$, care efectuează o mișcare oscilatorie sub acțiunea forței de greutate. A fost studiat pentru prima oară de către Galileo Galilei.

- Pulsul reprezintă numărul de bătăi pe care inima le face într-un minut. Se consideră că *pulsul normal în cazul unui adult sănătos, în stare de repaus, este cuprins între 60 și 100 de bătăi pe minut*.

  Poate fi simțit în orice loc care permite arterei să fie lipită de un os, cum ar fi la gât, la încheietura mâinii, în spatele genunchiului, în partea interioară a cotului și aproape de încheietura gleznei.

  Dedicați 10 minute următoarei activități: grupați-vă câte trei elevi și măsurați-vă reciproc pulsul, pe rând, la încheietura mâinii, folosind cronometrul smartphone-ului. Ce dificultăți întâmpinați? Știați că această activitate este una absolut necesară în analizarea stării de sănătate a oamenilor sau a animalelor? Cum sunt valorile măsurate de voi față de cele ale celorlalte grupuri de elevi?

## Știai că?

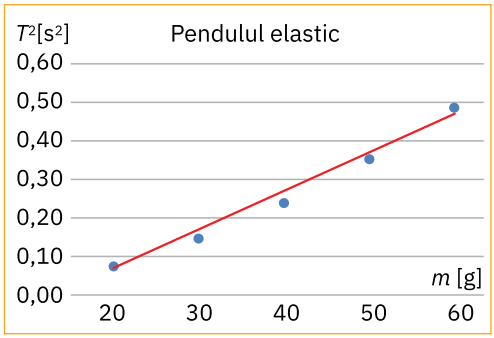
Pendulul lui Foucault aflat în Panthéon, Paris

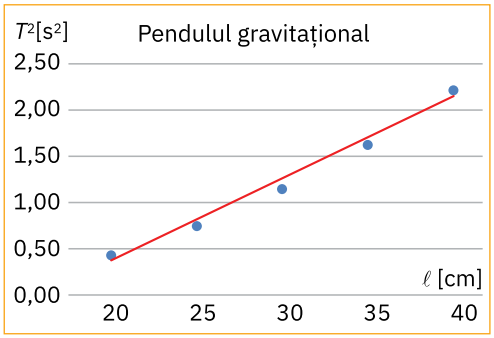
- *Pendulul gravitațional* este un sistem fizic, format dintr-un corp de masă *m* suspendat de un punct fix printr-un fir de lungime *l*, care efectuează o mișcare oscilatorie sub acțiunea forței de greutate. El a fost studiat, pentru prima dată, de Galileo Galilei.
  *Pendulul lui Foucault*, dispozitiv experimental realizat de fizicianul francez Léon Foucault, demonstrează că Pământul se învârte în jurul propriei axe. Acest dispozitiv este un pendul gravitațional capabil să oscileze în orice plan vertical. În timp ce pendulul oscilează în plan vertical, Pământul se rotește. Și astfel se schimbă și orientarea planului în care oscilează pendulul.
  Prima expunere publică a pendulului lui Foucault a avut loc în februarie 1851, în Camera Meridianului de la Observatorul din Paris.
  Cel mai vechi pendul Foucault din România se găsește în pavilionul B al Universității din Oradea.
- Hertzul este unitatea de măsură pentru frecvență în Sistemul Internațional și corespunde unei mișcări periodice cu perioada de o secundă.

- Concluzii asemănătoare se pot desprinde și pentru corpul suspendat de fir; creșterea lungimii $\ell$ duce la creșterea perioadei $T$. Dependența $T^2$ în funcție de $\ell$ este liniară. Mai jos este prezentat un exemplu de prelucrare a datelor care ne-au îndreptățit să formulăm concluziile anterioare.

| $m$ [g] | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|---|---|---|---|---|---|
| $T$[s] | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 070 |
| $T^2$[s²] | 0,09 | 0,16 | 0,25 | 0,36 | 0,49 |

| $\ell$ [cm] | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|
| $T$[s] | 0,70 | 0,90 | 1,10 | 1,30 | 1,50 |
| $T^2$[s²] | 0,49 | 0,81 | 1,21 | 1,69 | 2,25 |




## Rețin

- **Oscilația mecanică** reprezintă mișcarea simetrică a unui sistem fizic față de o poziție de echilibru, repetată periodic. Corpul care efectuează o mișcare oscilatorie se numește *oscilator*. Mișcarea oscilatorie are loc cu transformarea energiei dintr-o formă în alta. De exemplu, la pendulul gravitațional, energia potențială gravitațională se transformă periodic în energie cinetică și invers.
- Mișcarea oscilatorie a unui sistem fizic depinde de caracteristici ale acestuia precum: masa, lungimea, proprietățile elastice ale sistemului etc.
- Dacă forța care determină revenirea sistemului în poziția de echilibru este o forță liniară (o forță de tip elastic), atunci mișcarea sistemului va fi periodică și va avea loc în jurul poziției de echilibru.
- Distanța la care se află centrul de greutate al sistemului oscilant față de poziția de echilibru se numește **elongație**, iar elongația maximă se numește **amplitudine** și se notează cu $A$.
- Timpul în care sistemul efectuează o mișcare completă (oscilație completă) se numește **perioadă** și se notează cu $T$. Se definește mărimea fizică numită **frecvență de oscilație** ca fiind numărul de oscilații efectuate în unitatea de timp. Frecvența de oscilație se notează cu litera grecească $\nu$. Dacă $n$ reprezintă numărul de oscilații complete efectuate de sistem într-un timp $t$, frecvența este $\nu = \frac{n}{t}$, iar perioada de oscilație este $T = \frac{t}{n}$. Unitatea de măsură pentru frecvență în Sistemul Internațional este $s^{-1}$ sau **hertz**, cu simbolul **Hz**.
- Se poate demonstra că perioadele de oscilație pentru corpurile corespunzătoare primelor două experimente sunt: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, respectiv $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$, unde $k$ este constanta de elasticitate a resortului, $g$ este accelerația gravitațională, iar $\pi$ este numărul irațional cunoscut din formula lungimii cercului. Sistemul oscilant din primul experiment mai este cunoscut și sub numele de *pendul elastic* sau *oscilator liniar armonic*, iar cel din al doilea experiment, *pendul gravitațional* sau *matematic*.

## Aplic

▶ Folosește experimentele cu pendulul elastic și pendulul gravitațional pentru determinarea constantei elastice a unui resort, respectiv a accelerației gravitaționale. Prezintă rezultatele într-un referat în care, pe lângă principiul metodelor, modul de lucru, datele obținute și prelucrarea acestora, să precizezi și principalele surse de erori.

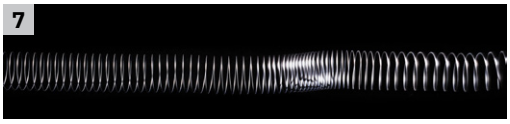
# B. Unde mecanice

## Observ

4

5

6

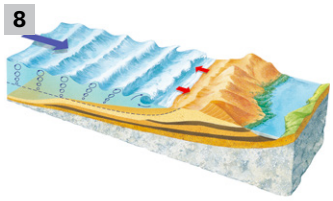
7


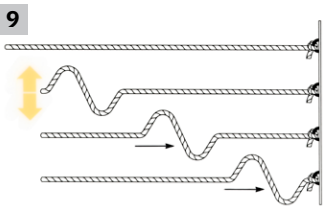
Fotografiile 4-7 ilustrează modul în care o oscilație se poate propaga printr-un mediu. Imaginea 4 surprinde câteva picături distincte de apă ce ajung în apa dintr-o cadă. Imaginea 5 prezintă o imagine a valurilor de la suprafața apei. Imaginea 6 a fost realizată prin înregistrarea, la un moment dat, a oscilațiilor unei sfori, generate de mișcarea mâinii pe direcție verticală. În imaginea 7 se observă ce se întâmplă atunci când se comprimă capătul unui resort elastic, pe direcția acestuia.

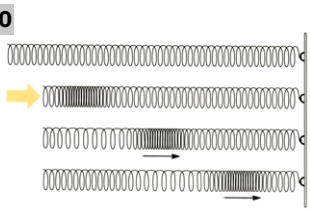
Analizează fotografiile și precizează cum se transmite oscilația mecanică în fiecare dintre mediile materiale prezente în acestea. Identifică direcția de oscilație și direcția de propagare a oscilației în fiecare situație. Notează constatările în caiet.

**Concluzie**

Particulele de la suprafața apei, cât și particulele din sfoară oscilează perpendicular pe direcția de propagare a oscilațiilor. Spirele resortului oscilează pe direcția de propagare a oscilațiilor. Transmiterea oscilației din aproape în aproape este posibilă datorită legăturilor între particulele mediului prin care se propagă. Propagarea oscilațiilor se datorează, în cazul situațiilor ilustrate, proprietăților elastice ale mediului prin care se transmite oscilația. În imaginile de mai jos este reprezentat modul în care se propagă oscilația la suprafața apei, prin valuri (figura 8), în sfoară (figura 9) și în resortul elastic (figura 10).

8


9


10


## Reține

- **Unda mecanică** este fenomenul de propagare a unei oscilații printr-un mediu material. Acest proces este însoțit de un transport de energie. Sursa producerii undelor mecanice este *un oscilator mecanic*, iar mediul prin care se propagă oscilația este un mediu elastic. Particulele mediului elastic efectuează oscilații în jurul poziției de echilibru, transmițând la distanță, prin intermediul legăturilor dintre particule, mișcarea oscilatorie și, odată cu aceasta, energia mecanică. Undele mecanice transportă la distanță energie mecanică, dar nu transportă și substanță.
- Undele mecanice pentru care perturbația se propagă perpendicular pe direcția de oscilație a particulelor mediului se numesc **unde transversale**; de exemplu, undele de la suprafața apei sau undele dintr-o coardă a unei viori sau a unei chitare sunt unde transversale.
- Undele mecanice pentru care perturbația se propagă pe aceeași direcție cu direcția de oscilație a particulelor mediului se numesc **unde longitudinale**; de exemplu, undele care apar în resortul elastic sunt unde longitudinale.

### Știai că?

*Seismograful* este un aparat care măsoară și înregistrează mișcările solului provocate de cutremure de pământ, explozii etc.

*Seismometrul* este un dispozitiv similar, care se limitează însă doar la partea de măsurare. Aparatele seismice înregistrează caracteristicile cinematice ale mișcării. Aceste aparate, în funcție de elementele pe care le înregistrează, poartă denumirea de:

- *seismometru* – aparatul care înregistrează vectorul *deplasare*;
- *vitezometru* (*vitezograf*) – instrumentul care înregistrează vectorul *viteză*;
- *accelerometru* (*accelerograf*) – aparatul care înregistrează vectorul *accelerație*.

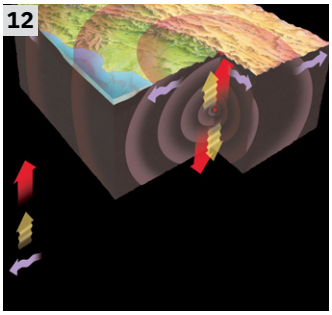
## Știai că?

*Cutremur* sau *seism* sunt termenii folosiți pentru mișcările Pământului generate de mișcările plăcilor tectonice sau de o activitate vulcanică. Cutremurele submarine pot declanșa formarea de valuri uriașe (de până la 30 de metri înălțime); acestea sunt numite *tsunami* în Oceanul Pacific. Sursa care generează cutremurul și care se află în interiorul Pământului se numește hipocentru, iar punctul de la suprafață, situat deasupra hipocentrului, în care se măsoară intensitatea cutremurului este numit epicentru. Intensitatea cutremurului, măsurată în epicentru, va fi cu atât mai mare cu cât hipocentrul este mai aproape de suprafață.

- Există situații în care propagarea undelor într-un mediu se face atât transversal, cât și longitudinal. Energia mecanică transportată de cele două unde are de obicei valori diferite. O astfel de situație este întâlnită în cazul undelor seismice. Undele seismice au atât o componentă longitudinală, cât și o componentă transversală.
- Toate punctele unui mediu la care ajunge unda la un moment dat și care oscilează apoi la fel formează **frontul de undă**. În imaginea 11 se observă mulțimea punctelor aflate la suprafața lichidului din cană, care oscilează la fel și care formează cercuri concentrice.

11

- Distanța parcursă de undă în timpul unei perioade $T$ de oscilație a particulelor mediului se numește **lungime de undă** și se notează, de regulă, cu $\lambda$. Considerând că viteza de propagare a undei în mediul respectiv este $v_{undă}$, atunci se pot scrie relațiile $\lambda = v_{undă} \cdot T = \frac{v_{undă}}{\nu}$.



12

- Undele seismice se propagă atât longitudinal, cât și transversal, și în toate direcțiile. Se disting două tipuri de unde: undele de volum, care traversează Pământul, și undele de suprafață, care se propagă la suprafața Pământului (ca în imaginea 12). Undele de volum se împart în unde primare și unde secundare. Undele primare, numite și unde P, sunt unde longitudinale și apar în urma compresiei mediului. Acestea sunt cele mai rapide, având viteza de aproximativ 6 km/s în apropierea suprafeței Pământului; sunt primele înregistrate de seismografe și sunt responsabile de zgomotul care se poate auzi la începutul unui cutremur. Undele secundare, numite și unde S, sunt unde transversale. La trecerea lor, mișcările solului se efectuează perpendicular pe sensul de propagare a undei. Viteza lor este de aproximativ 4 km/s. Undele transversale transportă majoritatea energiei mecanice rezultate din seism. Diferența de timp dintre venirea undelor P și venirea undelor S este relativ mare; cunoscând viteza lor se poate localiza, cu ajutorul a trei seismografe, epicentrul seismului. Totodată, diferența între cele două viteze de propagare permite aflarea momentului când va ajunge unda seismică.

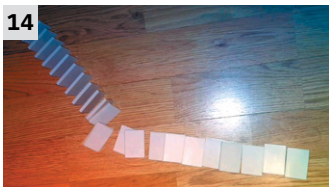
## Experimentez

### 1. Modelarea propagării undelor longitudinale

**Materiale necesare:** piese de la jocurile „domino“ sau „remi“, riglă gradată, cronometru.

Pentru ca măsurătorile să fie cât mai precise, poți să filmezi experimentul cu smartphone-ul și apoi să faci determinările pe baza analizei înregistrării video. Pentru succesul experimentului, poți să lucrezi în echipă cu câțiva colegi.

13



14

**Modul de lucru**:

- Așază piesele de domino/remi astfel încât atunci când o piesă va cădea să intre în contact cu piesa vecină și să o răstoarne (imaginile 13-14). Formează două șiruri de piese care să difere prin distanța între piese; păstrează distanțe constante între piese în cadrul unui șir.
- Măsoară lungimea fiecărui șir.
- Printr-un impuls ușor, răstoarnă prima piesă dintr-un șir și urmărește fenomenul de propagare a transmiterii mișcării de la o piesă la alta. Repetă acțiunea pentru al doilea șir.
- Măsoară timpul în care se transmite mișcarea în fiecare dintre cele două șiruri.
- Notează în caiet, sub formă de tabel, valorile obținute: timpul $t$, respectiv lungimea $\ell$ a șirului.
- Calculează viteza de propagare a mișcării în fiecare șir și formulează o concluzie referitoare la această viteză în funcție de caracteristicile șirului. Notează concluziile în caiet.

**Concluzie**

Se constată că viteza de propagare este cu atât mai mare cu cât distanța dintre piese este mai mică. Experimentul modelează propagarea undelor longitudinale, deoarece propagarea mișcării este pe direcția de cădere a pieselor; timpul în care cade fiecare piesă poate fi asociat cu perioada de oscilație: capătul din față al piesei care cade reprezintă frontul de undă, iar viteza de propagare depinde de caracteristicile șirului (mai dens sau mai puțin dens, cu piese mai apropiate sau mai depărtate).

## 2. Oscilațiile unui fir elastic

**Materiale necesare:** fir elastic, de preferință cu lungimea de aproximativ un metru, smartphone.

Experimentul propus are drept scop observarea modului de oscilație a firului tensionat atunci când, în apropierea unuia dintre capete, firul este făcut să oscileze (imaginea 15). Pentru ca observațiile să fie cât mai precise, poți filma experimentul cu smartphone-ul.

15

**Modul de lucru**:

- Pune în oscilație firul elastic întins și observă ce se întâmplă.
- Notează în caiet observațiile făcute în legătură cu oscilația firului și încearcă să formulezi o concluzie care să facă legătura între propagarea oscilației de-a lungul corzii și modul în care oscilează aceasta. Ține cont de concluziile experimentelor anterioare.

**Concluzie**

Din analiza imaginii, se remarcă faptul că în coarda elastică are loc un fenomen staționar în timp și spațiu. Cele afirmate sunt justificate de faptul că porțiuni diferite ale corzii oscilează cu amplitudini diferite, în funcție de poziția acestora în raport cu coarda. Având în vedere că oscilația se propagă de-a lungul corzii, putem să afirmăm că situația este similară cu observația finală de la experimentul doi. Modul de oscilație al corzii este rezultatul compunerii oscilației directe, corespunzătoare propagării undei în lungul corzii cu oscilațiile corespunzătoare propagării undei reflectate. Fenomenul rezultat este cunoscut sub numele de **undă staționară**.

## Rețin

- Undele mecanice pentru care oscilația se datorează unei forțe de tip elastic se propagă în mediul respectiv determinând particulele mediului să oscileze cu amplitudini diferite, în funcție de poziția acestora în raport cu sursa de oscilație.
- Undele staționare apar ca urmare a compunerii oscilațiilor datorate undei incidente cu oscilațiile datorate undei reflectate. Zonele în care amplitudinea este maximă (crestele valurilor, punctele de deformare maximă ale corzilor, zonele de comprimare maximă a resortului) sunt cunoscute sub numele de **ventre**, iar cele în care amplitudinea este minimă (practic zero) se numesc **noduri**. Distanța dintre două ventre consecutive este aceeași cu distanța dintre două noduri consecutive și este egală cu jumătate din lungimea de undă.

## Aplic

▶ Scrie un referat în care să descrii experimentul realizat anterior. Pe lângă modul de lucru, datele obținute, prelucrarea acestora și formularea concluziilor, precizează și principalele surse de erori specifice experimentului realizat.

## Proiect

### Surse sonore

**Scopul proiectului**
Realizarea, din materiale reciclabile, a unor surse sonore care să producă sunete muzicale, și explicarea funcționării acestora. Proiectul poate fi realizat individual sau în echipă.

**Ce veți urmări?** Realizarea, din materiale reciclabile, a cel puțin unei surse sonore care poate produce sunete diverse și a cărei funcționare să o puteți explica.

**Ce veți învăța?** Să argumentați științific funcționarea unor dispozitive și să prezentați **rezultatele demersului realizat.**

**Cum veți proceda?** Veți folosi diverse surse de informare, veți apela la cunoștințele dobândite și la propria imaginație, pentru a realiza dispozitivele respective.

**Cum vei prezenta proiectul?** Veți demonstra cum funcționează dispozitivul/dispozitivele realizate, veți realiza o prezentare prin care să oferiți detalii tehnice legate de construcția acestora și veți argumenta științific modul de funcționare.

**Cum se evaluează proiectul?** Criterii: *complexitatea dispozitivului, varietatatea sunetelor produse, calitatea documentării, calitatea argumentului științific, acuratețea prezentării.* Cereți colegilor să vă acorde calificative, să vă pună întrebări și să vă facă sugestii.

# 2 Producerea și percepția sunetelor (abordare interdisciplinară – Biologie: sistemul auditiv)

**Instrumente cu coarde**

- cu coarde ciupite: chitară, lăută, banjo, mandolină, țiteră, harpă;

- cu coarde lovite: pian, țambal;

- cu coarde frecate: vioară, violă, violoncel, contrabas.

**Instrumente de percuție**

- cu membrană elastică: tobă, timpan, tamburină;

- cu plăci: xilofon, vibrafon, celestă;

- cu discuri: talgere, gong, tam-tam.

## Observ

Imaginile alăturate prezintă diferite dispozitive sonore. În imaginea 1 se observă o parte a unei chitare, în imaginea 2, o orgă mecanică, în imaginea 3, un difuzor, iar în imaginea 4, o drâmbă. Analizează fotografiile și precizează sursa sonoră a fiecărui dispozitiv. Arată cum trebuie procedat, în cazul fiecărui dispozitiv, pentru ca sursele sonore respective să producă sunete. De asemenea, explică, pentru fiecare dispozitiv, cum se poate acționa pentru a se obține sunete diferite ca înălțime și ca tărie. Notează observațiile în caiet.

1

2

3

4

**Concluzii**

- Sursele sonore pentru dispozitivele prezentate sunt: corzile elastice (chitară), tuburile sonore (orgă), membrana elastică (difuzor), lamela elastică (drâmbă).
- Sursele sonore produc sunete dacă există oscilații ale mediului elastic. Corzile de la chitară sunt „ciupite“ pentru a intra în oscilație, prin tuburile de la orgă se suflă aer care oscilează în interiorul tubului, membrana difuzorului este pusă în oscilație prin intermediul unui dispozitiv electromagnetic fixat de ea, iar lamela elastică de la drâmbă este pusă în oscilație cu ajutorul unui deget.
- Pentru a produce sunete diferite ca înălțime (frecvențe diferite) trebuie modificate caracteristicile sursei sonore sau modul de oscilație al acesteia. La chitară, se modifică lungimea corzii; acest lucru se face prin presarea corzii cu degetul, în zone diferite. Pe de altă parte, chitara are mai multe tipuri de corzi, care au constante de elasticitate diferite și produc sunete cu frecvențe diferite. Orga are un număr semnificativ de tuburi de lungimi diferite, în care coloanele de aer produc sunete de anumite frecvențe. Membrana difuzorului oscilează cu frecvența impusă de dispozitivul electromagnetic la care este conectat. Modul de oscilație a lamelei elastice a drâmbei poate fi modificată prin presarea acesteia, cu degetul, în zone diferite.
- Sunetele se pot auzi mai tare sau mai încet, prin modificarea amplitudinii de oscilație a mediului respectiv. De exemplu, corzile chitarei pot fi puse în oscilație prin deplasarea lor mai mult sau mai puțin în raport cu poziția corzii în repaus. Dacă deplasarea este mai mare, sunetul auzit este mai puternic. Tăria sunetului este cu atât mai mare cu cât amplitudinea oscilațiilor care produc sunetul este mai mare.

## Experimentez

### 1. Determinarea caracteristicilor sunetului

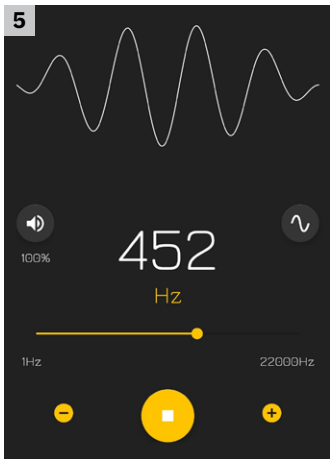
**Materiale necesare:** smartphone/computer, aplicație informatică (software) de tip generator de sunete.

**Modul de lucru**

- Instalează pe smartphone sau pe computer o aplicație de tip generator de sunete. Astfel de aplicații gratuite se găsesc în magazinele online ale producătorilor de telefoane sau pe diferite site-uri de pe internet. În imaginea 5 este prezentată o astfel de aplicație.
- Pornește aplicația și produ sunete diferite, modificând caracteristica numită *frecvență*. Care este diferența între sunetele cu frecvență mică și sunetele cu frecvență mare? Cum poți

caracteriza aceste sunete din punct de vedere al senzației auditive? Notează concluziile în caiet.

- Identifică cea mai mică frecvență a unui sunet pe care îl poți totuși auzi. Notează valoarea acestuia și compar-o cu valorile obținute de ceilalți colegi. Formulează o concluzie.
- Modifică volumul sunetului produs, fie din aplicație, fie din setările telefonului sau calculatorului. Ce observi că se modifică la sunet în acest caz? Repetă pentru mai multe frecvențe. Apropie vârful unui deget de orificiul în dreptul căruia se află difuzorul telefonului sau de boxele computerului. Ce simți cu vârful degetului atunci când modifici volumul sunetului emis? Discută cu colegii și formulează o concluzie.




## 2. Observarea sunetelor produse de un fir tensionat

**Materiale necesare:** fir de ață sau elastic.

**Modul de lucru**

- Formează echipă cu cel puțin un coleg.
- Un membru al echipei trage de fir pentru a-l tensiona. Un alt membru „ciupește firul“ pentru a-l pune în oscilație. Remarcă sunetul produs.
- Repetă operația precedentă tensionând mai mult sau mai puțin firul. Remarcă diferențele dintre sunetele produse în raport cu valoarea tensiunii mecanice din fir.
- Modifică lungimea firului, păstrându-i tensiunea mecanică, pune-l în oscilație și remarcă sunetul produs.
- Notează în caiet constatările și încearcă să formulezi concluzii.

## 3. Observarea sunetelor produse de un tub sonor

**Material necesar:** un tub sonor. Pentru aceasta poți folosi, de exemplu, un capac de la un pix, așa cum se vede în imaginea 6.

**Modul de lucru**

- Suflă tangențial aer la capătul deschis al tubului; dacă celălalt capăt al tubului nu este închis, închide-l cu ajutorul unui deget. Repetă operația până când tubul scoate sunete. Remarcă sunetul produs.
- Repetă operația precedentă turnând apă în tub, astfel încât cantitatea de aer rămasă să fie mai mică. Remarcă diferența față de sunetul produs anterior.
- Notează în caiet constatările și încearcă să formulezi concluzii.

**Concluzii**

- Modificând frecvența, sunetul produs va avea înălțimi diferite. Cu cât frecvența este mai mare, cu atât sunetul va fi mai înalt. Modificând frecvența sunetului, vârful degetului va simți presiuni diferite ale aerului. Se poate concluziona că o caracteristică a sunetului este **frecvența sunetului**, iar în ce privește aerul din apropierea sursei sonore se poate spune că sunetul provoacă comprimări și decomprimări ale aerului, care implică variații ale presiunii acestuia. O altă caracteristică a sunetului se simte prin variații ale intensității acestuia; cu cât se aude mai intens, cu atât se simt mai mult variațiile de presiune ale aerului. **Intensitatea sunetului** este o altă caracteristică a sunetului.
- Oscilațiile transversale ale corzii elastice produc sunete. Cu cât coarda este mai tensionată, cu atât va oscila cu o frecvență mai mare și va produce un sunet mai înalt. Deci frecvența de oscilație a corzii este direct legată de frecvența sunetului produs. Modificarea frecvenței de oscilație a corzii se poate face și prin modificarea lungimii corzii (cazul chitarei sau al viorii; prin presarea corzilor elastice cu degetele, în puncte diferite, se obțin de fapt corzi elastice de lungimi diferite). Într-o coardă elastică a unui instrument muzical se formează un tip de unde mecanice numite **unde staționare**, care determină un mod

**Instrumente cu tuburi**

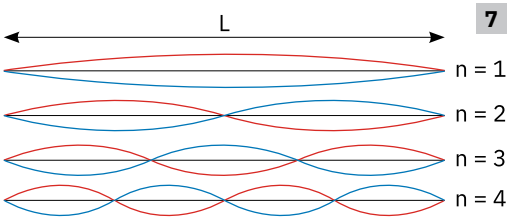
- curent de aer la marginea tubului: fluier, flaut, tulnic

- instrumente cu ancie: clarinet, saxofon, trompetă, trombon, orgă

**Știai că?**

Orga Buchholz de la Biserica Neagră din Brașov este cea mai mare orgă mecanică funcțională din Europa de Est. A fost construită în anul 1839 de către Carl August Buchholz. Numerele celor 76 de registre sunt inscripționate pe porțelan și acoperite cu sticlă. Registrele unei orgi sunt seturi de tuburi cu caracteristici constructive și sonore similare, producând frecvențele notelor muzicale. Orgile foarte mici pot avea numai un singur registru, dar altele pot număra sute de registre și mii de tuburi. Orga de la Biserica Neagră are 3993 tuburi, distribuite pe 84 de rânduri. Cel mai mare tub are o lungime de nouă metri, iar cel mai mic tub are lungimea de doi metri.

anume de oscilație a corzii, în funcție de proprietățile elastice și de lungimea acesteia. Unda staționară ce apare într-o coardă fixată la capete are forma unor fuse succesive, identice, așa cum se vede în imaginea 7. Lungimea unui fus este jumătate din lungimea de undă a undei staționare și reprezintă distanța parcursă de sunet în jumătate din perioada de oscilație. În funcție de tensiunea din coardă, lungimea și masa acesteia și de frecvența sursei care produce oscilațiile în coardă, unda staționară poate avea forma unuia sau a mai multor fuse.

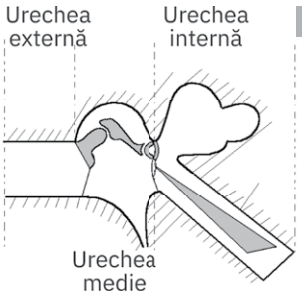


7

- Mediul care oscilează într-un tub sonor este aerul, iar oscilațiile acestuia sunt longitudinale. Se produc astfel variații ale presiunii aerului din tub. Modificarea lungimii active a tubului duce la modificarea coloanei de aer care oscilează, fapt care determină producerea unui sunet de altă frecvență. Deci, lungimea tubului sonor determină frecvența sunetului produs. La fel ca în cazul corzii elastice, și în tubul sonor iau naștere unde staționare.

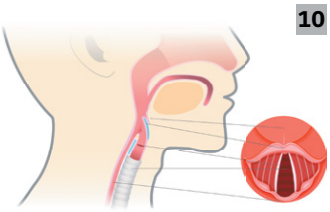
## Rețin

- Sunetele sunt oscilații mecanice ale mediilor elastice percepute de organul auditiv datorită variațiilor presiunii aerului. Principalele surse sonore sunt: *coarda elastică*, *tubul sonor*, *lamela elastică* și *membrana elastică*. Frecvența de oscilație a acestora determină frecvența sunetului produs.
- Urechea umană percepe, în general, sunete cu frecvențe cuprinse în intervalul 20 Hz-20 kHz. Sunetele cu frecvențe mai mici de 20 Hz sunt cunoscute sub numele de **infrasunete**, iar cele cu frecvențe mai mari de 20 kHz, **ultrasunete**.
- Urechea umană este un sistem auditiv complex, care are rolul de a înregistra variațiile de presiune ale aerului datorate sunetului și de a le transmite sistemului nervos central. Urechea umană are trei părți componente: urechea externă, urechea medie și urechea internă (imaginea 9). Rolul principal al *urechii externe* este de a recepționa sunetele prin intermediul unei membrane elastice numite *timpan*. Acesta transmite vibrația elementelor ce formează *urechea medie* (trei sisteme osoase de mici dimensiuni – *ciocanul, nicovala și scărița*, aflate într-o incintă plină cu aer). *Urechea internă* are două roluri importante – cel al unui traductor de poziție și mișcare, asigurând echilibrul mecanic al omului, și cel de a transforma oscilațiile mecanice în semnale nervoase care ajung la creier.



9

- Coardele vocale constituie sistemul fizic prin care omul poate produce sunete. Vibrațiile coardelor vocale sunt produse de acțiunea aerului expirat. Amplitudinea și frecvența vibrațiilor depind, în general, de viteza aerului și de caracteristicile elastice ale coardelor. Vibrațiile coardelor sunt mai ample în plan vertical (3-4 mm) decât în cel orizontal (0,2-0,5 mm). Aerul este deci expulzat în fluxuri ce produc variații ample și bruște ale presiunii aerului, se transmit în atmosferă și sunt percepute ca sunete. În imaginea 10 este ilustrată schematic poziția coardelor vocale.


10

## Aplic

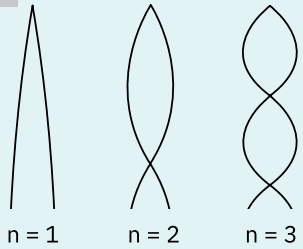
▶ Realizează un eseu cu tema „Protejarea sistemul auditiv“, folosind informații din cărțile de la biblioteca școlii sau de pe internet. Identifică situațiile periculoase, cum ar fi utilizarea excesivă a căștilor audio. Notează și propune metode de evitare a situațiilor potențial periculoase, care pot duce la îmbolnăvirea urechii, întâlnite de tine sau de colegii tăi în viața cotidiană.

### Știai că?

Pentru exemplele de unde staționare prezentate în imaginea 7, frecvența undelor sonore produse se poate calcula conform relațiilor: $L = n\frac{\lambda}{2} = n\frac{v}{2\cdot\nu} \Rightarrow \nu = n\frac{v}{2\cdot L}$, de unde $\nu_1 = \frac{v}{2L}$, $\nu = 2\frac{v}{2L}$, $\nu = 3\frac{v}{2L}$, $\nu = 4\frac{v}{2L}$, unde $L$ este lungimea corzii, $n$ este număr natural, $\lambda$ este lungimea de undă, $v$ este viteza undei în coardă, iar $\nu$ este frecvența. Pentru $n = 1$, frecvența $\nu_1$ se numește frecvență fundamentală, pentru $n = 2$, frecvența $\nu_2$ se numește frecvență de ordinul 2, iar unda staționară se numește armonică de ordinul 2 etc.

Pentru exemplele de oscilație a unui tub deschis la un capăt, prezentate în imaginea 8, se remarcă faptul că $L = \frac{\lambda}{4} = \frac{v}{4\cdot\nu} \Rightarrow \nu = \frac{v}{4\cdot L}$, $\nu = \frac{3\cdot v}{4\cdot L}$, $\nu = \frac{5\cdot v}{4\cdot L}$.

8



# Propagarea sunetelor. Ecoul

3

U6

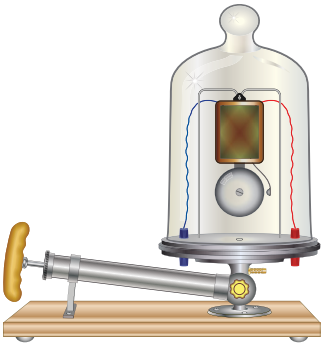
## Observ

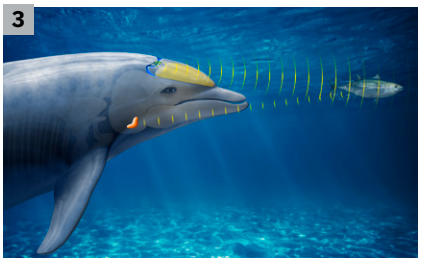
- Imaginea 1 arată un ceasornic mecanic, care se află sub un clopot de sticlă și al cărui ticăit se aude. Imaginea 2 sugerează scoaterea aerului de sub globul de sticlă.
- În imaginea 3, delfinul localizează peștișorul pe care vrea să-l prindă. Reușește să facă acest lucru datorită faptului că are posibilitatea să emită și să recepționeze ultrasunete.
- În imaginea 4 este prezentat schematic modul în care se poate cartografia fundul oceanului cu ajutorul unui dispozitiv numit sonar. Acesta are posibilitatea să emită și să recepționeze sunete de frecvențe diferite; sunetele recepționate sunt transpuse în imagini prin intermediul unei aplicații informatice.
- Imaginea 5 arată un avion care se deplasează cu o viteză supersonică (o viteză mai mare decât viteza sunetului). Se observă un nor care se formează din vaporii de apă aflați în aer, ca urmare a boom-ului sonic.

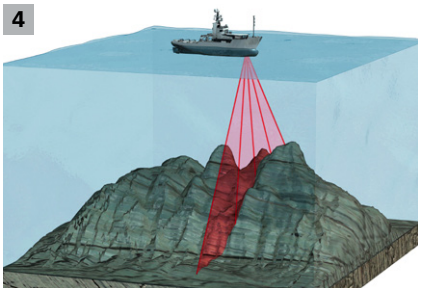
▶ Analizează imaginile și, folosind informațiile oferite, încearcă să răspunzi la întrebările care urmează.

1. De ce nu se mai aude ticăitul ceasului după ce a fost scos aerul de sub clopotul de sticlă?
2. Care este principalul fenomen fizic care îi permite delfinului să localizeze peștișorul? Încearcă să descrii o metodă prin care crezi că poate să aprecieze distanța care-l separă de peștișor.
3. Cum funcționează sonarul? Încearcă să descrii principiul pe care-l folosește sonarul pentru cartografierea fundului oceanului.
4. Care trebuie să fie viteza avionului pentru a fi considerat un corp supersonic?

1

2


3


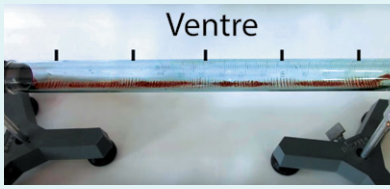
4


5

**Concluzii**

- Sunetul se poate propaga doar într-un mediu care permite transmiterea perturbației mecanice și a energiei acesteia. După scoaterea aerului de sub clopot, nu mai există molecule de aer care să transmită oscilațiile produse de ceas și, astfel, din exteriorul clopotului sunetul nu se mai aude.
- Delfinul are capacitatea de a emite și recepționa sunete de frecvență mare (ultrasunete). Înregistrând diferența între timpul scurs de la emiterea sunetului până la recepționarea lui (ecoul), creierul delfinului poate aprecia precis distanța de la care provine unda sonoră reflectată.
- Sonarul funcționează pe principiul descris anterior pentru delfin. Măsurând și prelucrând computerizat, în timp real, timpii corespunzători ecoului, se pot calcula distanțele și astfel se poate cartografia fundul oceanului.
- Orice corp care are o viteză mai mare decât viteza sunetului în aer devine supersonic, producând un boom sonic. **Un boom sonic** este sunetul asociat cu undele de șoc create de fiecare dată când un corp se deplasează prin aer cu viteză mai mare decât viteza sunetului.

### Știai că?

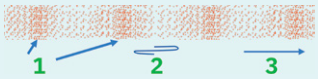



În imagine, se observă un tub de sticlă în care se află o pulbere ușoară, maronie, care inițial a fost distribuită uniform pe fundul tubului. Tubul este închis la un capăt; la celălalt capăt se află un difuzor care poate emite sunete de diferite frecvențe. Fotografia surprinde modul în care s-a distribuit pulberea după ce difuzorul a început să producă sunete.

Propagarea sunetului în aer determină variații ale presiunii aerului pe direcția de propagare. În acest fel apar, în timp, zone mai dense, în care aerul este comprimat, și zone mai puțin dense, în care aerul este rarefiat. La fel se întâmplă și în tub, numai că acolo are loc fenomenul de suprapunere a undei sonore incidente cu unda sonoră reflectată; acest fenomen se poate produce pentru orice undă mecanică și este cunoscut sub numele de *interferență*. Fenomenul produs în tub se manifestă prin staționaritatea în timp a zonelor mai dense de aer (*noduri*), de unde este împrăștiată pulberea, și a zonelor rarefiate de aer (*ventre*), unde se adună pulberea. Experimentul respectiv i se datorează fizicianului german August Adolf Eduard Eberhard Kundt.

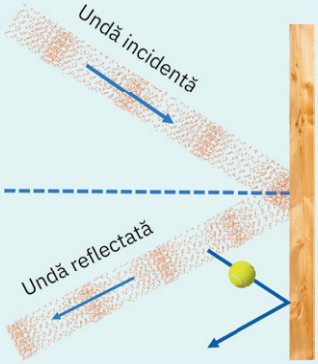
**Explicarea reflexiei sunetului**

Moleculele din aer au o mișcare dezordonată și se ciocnesc permanent între ele (agitație termică). O perturbație macroscopică produsă într-o regiune din masa aerului, de exemplu de către o sursă sonoră, determină un număr foarte mare de moleculele să efectueze mișcări suplimentare (oscilații) ordonate de-a lungul direcției de propagare a perturbației:




1 perturbații
2 oscilații moleculare
3 propagare

La întâlnirea unui obstacol dur, unda se reflectă: fiecare dintre moleculele din imediata vecinătate a obstacolului atinse de perturbație se reflectă ca o minge de tenis, așa cum se vede în figura de mai jos.




## Experimentez

### 1, Determinarea vitezei sunetului în aer

**Materiale necesare:** recipient transparent cu apă (poate fi un pet căruia i-a fost îndepărtată porțiunea necilindrică, aceea care conține dopul), tub cilindric care are cel puțin 30 de centimetri lungime (poate fi un tub pe care a fost înfășurată o folie din aluminiu), riglă gradată, smartphone care are instalată o aplicație pentru generat sunete de frecvențe diferite. Pentru succesul realizării experimentului e nevoie să formezi echipă cu cel puțin un coleg.

6

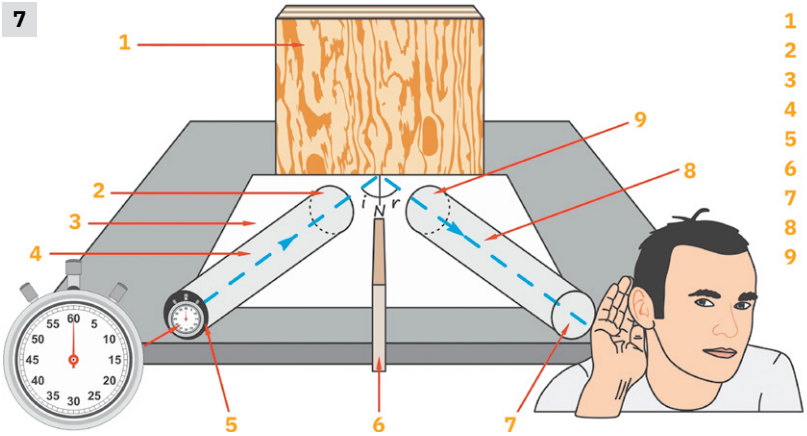
**Modul de lucru**

- Umple recipientul cu apă astfel încât să nu se verse dacă introduci tubul în el. Introdu vertical tubul în apă.
- Lipește capătul telefonului, care conține microfonul, de partea superioară a tubului, astfel încât difuzorul să poată emite sunete direct în tub. Generează un sunet cu o frecvență care să-ți permită să-l auzi.
- Introdu mai mult sau mai puțin tubul în apă, până când sunetul se aude cel mai tare. Măsoară distanța care separă capătul superior al tubului de suprafața apei.
- Repetă operația pentru alte frecvențe și notează, într-un tabel, frecvențele sunetelor și distanțele măsurate.
- Reprezintă grafic $d$ în funcție de $\frac{1}{\nu}$; $\nu$ este frecvența sunetului, iar $d$ este distanța.
- Notează în caiet constatările, încearcă să formulezi concluzii; folosind reprezentarea grafică cerută, determină viteza sunetului în aerul din încăpere.

### 2. Reflexia sunetului

**Materiale necesare:** două tuburi (precum cel folosit la experimentul precedent), perete, placă izolatoare fonic (poate fi o placă de polistiren), două smartphone-uri: unul care să conțină o aplicație care să genereze sunete de diferite frecvențe, iar altul care să conțină o aplicație pentru măsurarea intensității sunetului, raportor, foaie de hârtie albă, creion. Pentru a realiza cu succes experimentul, lucrați în echipă de doi.

7




1 perete
2 capăt deschis
3 coală de hârtie
4 tub de carton
5 sursa de sunet
6 placă izolatoare fonic
7 capăt deschis
8 tub de carton
9 capăt deschis

**Modul de lucru**

- Realizează un montaj asemănător cu cel ilustrat în imaginea 7. Drept sursă sonoră folosește aplicația informatică respectivă, iar drept receptor de sunete, aplicația pentru măsurarea intensității sunetului.

- Generează un sunet pe care să-l auzi și încearcă să orientezi tuburile în plan, pentru ca intensitatea sunetului reflectat să fie maximă. Măsoară unghiul de incidență și unghiul de reflexie; pentru aceasta, marchează cu creionul pozițiile capetelor depărtate de perete ale celor două tuburi.
- Repetă operația pentru alte frecvențe sonore și notează, într-un tabel, frecvențele sunetelor și unghiurile măsurate. Se recomandă folosirea de frecvențe apropiate de 1000 de hertzi, pentru o mai bună directivitate a fluxului sonor.
- Notează în caiet constatările și formulează concluzii referitoare la legea unghiurilor pentru reflexia sunetelor.

**Concluzii**

- Sunetul reflectat pe suprafața apei se compune cu sunetul incident; în tub apar unde staționare. Având în vedere valoarea vitezei sunetului și frecvența acestuia, distanța de la suprafața apei până la suprafața tubului poate fi de ordinul centimetrilor. Viteza sunetului se poate calcula din relația $d = \frac{\lambda}{4} = \frac{v_{sunet}}{4 \cdot \nu}$. În acest context, din panta graficului trasat se poate afla viteza sunetului: $tg\alpha = \frac{v_{sunet}}{4} \Rightarrow v_{sunet} = 4 \cdot tg\alpha$.
- Pentru orice frecvență folosită se poate desprinde concluzia că unghiul de incidență este congruent cu unghiul de reflexie.

## Reț in

- Sunetul se propagă sub formă de undă longitudinală, deoarece sunetul se propagă pe aceeași direcție cu direcția de oscilație a particulelor din mediu.
- Viteza de propagare a sunetului depinde de caracteristicile mediului prin care se propagă. În fluide, viteza de propagare depinde în special de temperatură; creșterea temperaturii determină creșterea vitezei. Viteza de propagare a sunetului în aer este de aproximativ 343 m/s, la o temperatură a aerului de 20 °C.
- Sunetul prezintă fenomenul de reflexie la întâlnirea unui alt mediu, în mod asemănător cu fenomenul prezentat de lumină. La întâlnirea suprafeței de separație cu un alt mediu, sunetul se întoarce astfel încât unghiurile făcute de normala la suprafața de separație cu direcțiile undei incidente, respectiv a undei reflectate, sunt congruente.
- **Ecoul** este un fenomen care constă în recepționarea repetată a unui sunet, datorită reflexiei sunetului pe un corp aflat la o anumită distanță. Pentru ca sunetul reflectat de un obstacol să fie perceput distinct, ca ecou, el trebuie să se întoarcă la ureche după ce a încetat perceperea sunetului inițial. Deoarece un sunet persistă în ureche cel puțin o zecime de secundă, sunetul reflectat va fi perceput ca ecou doar dacă va ajunge la ureche după cel puțin 1/10 secundă de la perceperea sunetului inițial. De aceea, distanța până la obstacolul unde are loc reflexia trebuie să fie de cel puțin 17 metri (considerăm viteza sunetului de 340 m/s).

## Aplic

1. Întocmește câte un referat pentru fiecare dintre cele două experimente. Pe lângă modul de lucru, datele obținute, prelucrarea acestora și formularea concluziilor, precizează și principalele surse de erori.
2. Construiește un telefon mecanic. Pentru aceasta, ai nevoie de două pahare de plastic, un fir de ață cu lungimea de cel puțin 5 metri și un ac. Perforează cu acul fundul fiecărui pahar și introdu firul în ambele pahare. Formează un nod la fiecare capăt al firului, astfel încât, atunci când firul va fi tensionat, capetele să nu iasă din pahar. *Ai grijă cum folosești acul, pentru a nu te accidenta!* Lucrează împreună cu un prieten sau cu un părinte. Luați fiecare câte un pahar și îndepărtați-vă până când firul este tensionat suficient. Vorbește astfel încât sunetele să pătrundă în pahar ca și cum acesta ar fi un microfon. În acest timp, colegul va folosi celălalt pahar pe post de difuzor. Remarcă propagarea sunetului de la un pahar la altul și încearcă să formulezi o explicație pentru ce ai constatat.

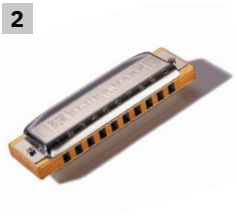
### Investigație

Având drept reper experimentele propuse în manual, la capitolul despre producerea și propagarea sunetelor, un elev remarcă o situație care i se pare interesantă. Utilizează o sursă sonoră, care poate produce sunete de frecvențe diferite, astfel: o poziționează la gura unui pahar cu pereții cilindrici, astfel încât sunetul emis să fie îndreptat către fundul paharului. El constată că, *pentru o anumită frecvență, sunetul se aude foarte încet*. Își propune să investigheze acest fapt în funcție de înălțimea coloanei de aer din pahar, înălțime pe care o modifică prin creșterea nivelului apei pe care o toarnă în acesta. În urma cercetării, el reușește să răspundă la întrebările următoare:
a) Cum depinde frecvența sunetului de înălțimea coloanei de aer din pahar, în contextul precizat anterior?
b) Există vreo legătură între propagarea sunetului și fenomenul remarcat?
c) Ar putea fi util experimentul pentru determinarea vitezei sunetului în aerul din pahar?
Investighează fenomenul descris anterior și încearcă să formulezi răspunsuri argumentate la aceste întrebări.

# 4 Caracteristici ale sunetului (abordare calitativă interdisciplinară – Muzică)

## Observ

1

2


3

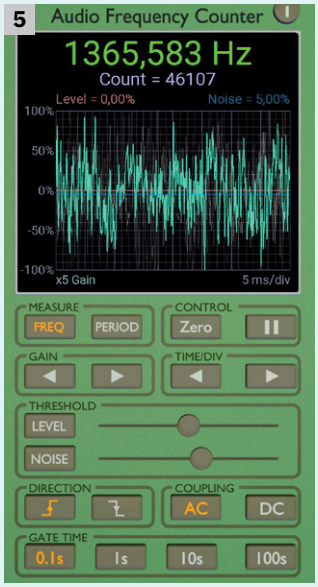
4

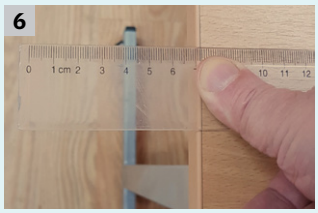
Sunetul scos de tobă este rezultatul mișcării oscilatorii a membranei elastice a acesteia atunci când aceasta este lovită (imaginea 1). Sunetul scos de muzicuță se datorează mișcării oscilatorii a unor lamele elastice; acestea sunt puse în mișcare de aerul suflat prin canalele la capătul cărora se găsesc lamelele (imaginea 2). Sunetul viorii are drept cauză mișcarea oscilatorie a corzilor acesteia (imaginea 3). Sunetul naiului se datorează particulelor de aer care oscilează în tuburile sonore de diferite lungimi (imaginea 4).

## Experimentez

### Frecvența de oscilație și frecvența sunetului

**Materiale necesare:** riglă gradată (din plastic), aplicație informatică instalată pe smartphone sau pe computer, care să măsoare frecvența sunetului. Aplicațiile de acest tip sunt cunoscute și sub denumirea generică de „audio counter de frecvență".

5



6


**Modul de lucru**

- Instalează o aplicație de tipul precizat anterior (imaginea 5).
- Fixează cu degetul rigla la capătul pupitrului și pune aproape smartphone-ul, cu aplicația respectivă deschisă (imaginea 6).
- Pune în oscilație porțiunea de riglă care nu se sprijină de bancă și notează într-un tabel lungimea porțiunii de riglă care oscilează și frecvența sunetului indicată de aplicație. Efectuează mai multe determinări, pentru aceeași lungime a porțiunii de riglă, până când te edifici asupra frecvenței sunetului. Ai grijă să nu existe alte sunete în momentul derulării experimentului.
- Repetă operația precedentă după ce ai modificat lungimea porțiunii de riglă care oscilează și notează într-un tabel mărimile fizice măsurate (lungimea și frecvența), apoi calculează perioada de oscilație pentru fiecare caz, exprimată în milisecunde, și notează datele în tabel.
- Reprezintă grafic perioada de oscilație a riglei în funcție de lungimea porțiunii care oscilează. Cum depinde perioada de oscilație de lungimea porțiunii din riglă care oscilează? Cum se modifică frecvența de oscilație în acest caz? Notează în caiet constatările și formulează concluzii.

**Concluzie**

Sursa oscilațiilor este rigla din plastic, o lamelă elastică. Frecvența de oscilație a lamelei elastice depinde de lungimea porțiunii care oscilează; modificarea acestei lungimi determină modificarea frecvenței sunetului produs.

### Știai că?

Sunetele se deosebesc între ele prin trei caracteristici principale: *înălțimea*, *tăria* și *timbrul*. Cele trei mărimi nu sunt independente. La nivelul percepției, tăria și înălțimea se influențează reciproc. Procesul prin care se atribuie nume de note diferitelor înălțimi (frecvențe) se numește acordare. În muzica contemporană, acordajul se realizează astfel încât frecvenței de 440 Hz să îi corespundă nota La.

## Rețin

Sunetul se caracterizează prin înălțime (**frecvență**) și tărie (**intensitate**). Intensitatea sunetului este legată de energia medie a undelor sonore, transmisă pe unitatea de suprafață și în unitatea de timp. Nivelul de intensitate sonoră este mărimea fizică ce depinde de intensitatea sunetului și se măsoară în **foni** sau **decibeli** (cu simbolul **dB**). Sunetele se clasifică în *zgomote* (sunete cu spectru continuu) și *sunete muzicale* (sunete cu spectru discontinuu).

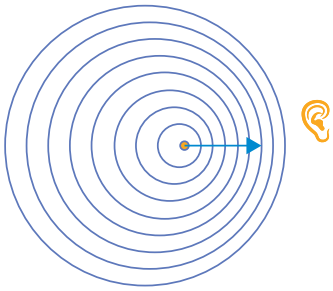
## Aplic

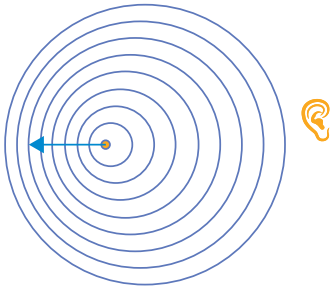
▶ Folosind o aplicație instalată pe smartphone sau pe computer, care să măsoare frecvența sunetului, determină cât mai multe frecvențe sonore pe care le poate produce un fluier. Investighează modalitatea prin care se pot obține frecvențe sonore diferite și formulează o explicație în acest sens. Întocmește un referat pentru studiul propus și prezintă-l colegilor.

# Efectul Doppler. Fenomenul de rezonanță

## Efectul Dopler

De ce când se apropie de noi o sursă sonoră percepem un sunet diferit ca frecvență față de situația în care aceeași sursă sonoră se îndepărtează? Sunetul din aceste două situații are frecvențe diferite; aceste frecvențe sunt diferite și de sunetul perceput atunci când poziția noastră nu se modifică față de sursa sonoră. Efectul a fost descris prima oară în 1842 de către fizicianul austriac Christian Doppler. În imaginile alăturate sunt prezentate, schematic, situațiile în care sursa sonoră se apropie, respectiv se depărtează de observator.





În repaus, când poziția observatorului nu se schimbă față de sursa sonoră, unda sonoră parcurge o distanță $d = \lambda = v_{sunet} \cdot T = \frac{v_{sunet}}{\nu}$, în intervalul de timp $T$ egal cu o perioadă $T$, caracteristică sunetului emis de sursă. În cazul apropierii, în același interval de timp $T$, unda sonoră are de parcurs o distanță mai mică până la observator, datorită deplasării sursei $d' = \lambda - v_{sursă} \cdot T = v_{sunet} \cdot T - v_{sursă} \cdot T = \frac{v_{sunet} - v_{sursă}}{\nu}$.

Observatorul percepe sunetul ca și cum acesta ar avea lungimea de undă $\lambda' = d' = v_{sunet} \cdot T' = \frac{v_{sunet}}{\nu'}$. Astfel, cum $d' = \lambda'$, rezultă $\nu' = \nu \frac{v_{sunet}}{v_{sunet} - v_{sursă}}$, deci în acest caz observatorul percepe un sunet de o frecvență mai mare decât în cazul sursei aflate în repaus. În cazul în care sursa se îndepărtează de observator, se schimbă sensul de mișcare al sursei, ceea ce determină scăderea frecvenței percepute de observator $\nu'' = \nu \frac{v_{sunet}}{v_{sunet} + v_{sursă}}$.

Fenomenul este similar și în cazul în care observatorul este cel care se mișcă în raport cu sursa sonoră: când se apropie de sursa sonoră, percepe o frecvență mai mare decât a sunetului emis de sursă; când se îndepărtează de sursa sonoră, va percepe o frecvență sonoră mai mică decât a sunetului emis de sursă.

Efectul Doppler este utilizat, de exemplu, în ultrasonografie (utilizarea sunetelor în punerea diagnosticului); astfel, se poate măsura viteza de deplasare a sângelui. Unda emisă de către aparatul utilizat are o frecvență bine determinată. În urma interacțiunii cu corpurile în mișcare (în cazul sângelui, celulele și microparticulele plasmatice), această undă își va schimba frecvența percepută. Dacă acel corp căruia dorim să-i măsurăm viteza se deplasează în același sens cu unda emisă, unda reflectată va avea o frecvență mai mică, dependentă de viteza de măsurat. Dacă acel corp se mișcă în sens opus, unda reflectată va avea o frecvență mai mare. Cunoscând frecvența undei sonore emise de aparat și măsurând frecvențele recepționate de aparat în urma interacției cu corpurile în mișcare, se poate determina viteza acestora conform relațiilor găsite mai sus.

## Fenomenul de rezonanță

De ce trebuie să împingem leagănul cu o anumită frecvență pentru a ajunge la amplitudini de oscilație din ce în ce mai mari? Poate un seism mai puțin puternic să determine prăbușirea unei clădiri recent construite? Cum pot comunica eficient două sisteme fizice oscilante? Răspunsul la toate întrebările anterioare este legat de *fenomenul de rezonanță*. Fiecare sistem fizic distinct are propria frecvență de oscilație. De exemplu, puteți afla frecvența proprie de oscilație a pereților unui pahar dacă loviți paharul cu degetul și măsurați frecvența sunetului produs. Dacă unui sistem oscilant i se transmit impulsuri cu o frecvență egală cu frecvența proprie de oscilație, amplitudinea de oscilație va crește din ce în ce mai mult. Acesta este fenomenul de rezonanță. Transferul de energie către sistemul oscilant are loc cel mai eficient la rezonanță. Din acest motiv, clădirile din zone seismice sunt în general construite astfel încât să nu se producă rezonanța la frecvențe de așteptat în cazul unui cutremur.

### Știai că?

- **Millenium Bridge** din Londra a fost închis la două zile după inaugurarea din iunie 2000, din cauza faptului că se legăna alarmant; soluția salvatoare a constat în montarea unor amortizoare hidraulice care să absoarbă vibrațiile.
- **Broughton Suspension Bridge**, construit în 1826 în Anglia, a fost unul dintre primele poduri suspendate din Europa. Pe data de 12 aprilie 1831 podul s-a prăbușit din cauza rezonanței mecanice generate de mersul sacadat al unei coloane militare.

### Investigație

Folosește o aplicație software, instalată pe smartphone sau computer, prin care să poți măsura tăria sunetului, și efectuează determinări ale nivelului de intensitate sonoră, exprimat în decibeli în diferite situații cum ar fi: în pauza dintre ore, pe stradă, în dormitor înainte de culcare etc. Întocmește un referat cu datele măsurate, în care să propui soluții pentru protejarea împotriva sunetelor periculoase.

# Probleme

**1.** Notează câteva exemple de mișcări oscilatorii pe care le poți observa în mod frecvent în natură. Notează, de asemenea, câteva exemple de dispozitive a căror funcționare se bazează pe mișcarea oscilatorie.

**2.** Notează câteva exemple de propagare a undelor mecanice pe care le poți întâlni în natură. Notează, de asemenea, câteva exemple de dispozitive a căror funcționare se bazează pe propagarea undelor mecanice.

**3.** O coardă elastică, fixată la ambele capete, poate oscila în mai multe moduri, fiecăreia din acestea corespunzându-i o frecvență de oscilație.
- **a.** Precizează cel puțin două moduri de oscilație a corzii; ilustrează printr-un desen fiecare dintre aceste moduri de oscilație.
- **b.** Cea mai mică frecvență de oscilație posibilă a uneia dintre corzile unui violoncel este de 220 Hz, iar lungimea corzii este de 70 de centimetri. Calculează viteza cu care se propagă oscilația în lungul corzii.

**4.** Un tub de orgă, închis la un capăt, are lungimea de 3 metri. Știind că viteza sunetului în tub este de 340 m/s, calculează cea mai mică valoare a frecvenței sunetului pe care poate să-l producă tubul.

**5.** Consideră că te afli într-un defileu delimitat de doi pereți verticali între care există un drum rectiliniu. La capătul drumului rectiliniu, chiar în fața ta, se află un perete vertical. Știind că viteza de propagare a sunetului în defileu este de 340 m/s, calculează la ce distanță te afli de peretele din față dacă produci un sunet scurt și percepi ecoul acestuia după o secundă.

**6.** Un elev care a absolvit clasa a VII-a se află în vacanța de vară la bunici. Într-una din zile are loc o furtună cu tunete și fulgere. Aducându-și aminte ce a învățat la fizică, încearcă să determine distanța la care se produce unul dintre fulgere. El constată că între momentul observării fulgerului și momentul în care aude tunetul a trecut un timp de 5 secunde. Citește temperatura indicată de termometrul aflat în curtea casei, apoi caută pe internet un tabel din care poate aprecia viteza de propagare a sunetului pentru acel caz. Ajunge la concluzia că această viteză este de 350 m/s.
- **a.** Folosind doar datele din enunț, aproximează distanța la care s-a produs fulgerul.
- **b.** Scrie o relație de calcul prin care poți determina, cât mai precis cu putință, distanța la care s-a produs fulgerul; această relație trebuie să țină cont de viteza de propagare a luminii, $c$ = 300 000 km/s.
- **c.** Argumentează de ce rezultatele de la punctele **a** și **b** practic coincid.

**7.** Sursa sonoră a unui sonar are o frecvență de 50 Hz. Viteza de propagare a sunetului produs în apă este de 1450 m/s.
- **a.** Calculează lungimea de undă a undei sonore emise.
- **b.** Un submarin se depărtează de vasul în care se află sonarul cu viteza de 20 km/h. Calculează frecvența undei sonore percepută de sonar ca urmare a reflexiei acesteia pe suprafața submarinului.

**8.** În imaginea alăturată se remarcă un sistem mecanic format din două tije mecanice care sunt fixate, în poziția respectivă, cu ajutorul a două șuruburi cu capătul albastru și care se află în componența unui dispozitiv de prindere al trusei de fizică din laboratorul școlii. Capătul unui șurub se sprijină, vertical, pe capătul unei tije, aproximativ într-un singur punct, iar în poziția din imagine el se află în echilibru mecanic. Atingând ușor cu degetul sistemul, se constată că acesta începe să oscileze.
- **a.** Precizează și argumentează în ce tip de echilibru mecanic se află sistemul.
- **b.** Folosind un cronometru, se poate determina perioada de oscilație $T$ a sistemului. Folosind un pendul gravitațional cu lungimea $\ell$, se constată că acesta are aceeași perioadă de oscilație ca și sistemul mecanic. Determină, în contextul analogiei sugerate, poziția centrului de greutate al sistemului mecanic. Argumentează răspunsul.
- **c.** Reprodu, în laboratorul de fizică al școlii și sub îndrumarea profesorului, experimentul descris, efectuează măsurătorile respective și pe baza lor determină poziția centrului de greutate. Identifică principalele surse de erori ale metodei propuse.

# Test de evaluare

Punctaje:
1. 2 puncte
2. 1 punct
3. 2 puncte
4. 1 punct
5. 2 puncte (2 × 1 p)
6. 1 punct

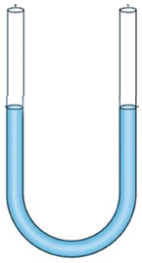
Se acordă 1 punct din oficiu.
Timp de lucru: 50 min.

**1.** În imaginea alăturată se remarcă valurile formate la suprafața mării și care ajung, în final, la țărm.
**a.** Precizează care este fenomenul fizic care face ca o geamandură să urce și să coboare în plan vertical.
**b.** Precizează care este fenomenul fizic care determină mișcarea valurilor către țărm.

**2.** Lungimea undei sonore emise de către un liliac este de aproximativ 3 milimetri. Calculează frecvența sunetului emis de liliac, considerând viteza sunetului $v$ = 340 m/s. Putem auzi sunetul respectiv? Argumentează răspunsul.

**3.** Vârful secundarului unui ceas mecanic, care funcționează corect, descrie o mișcare periodică și circulară în jurul axului de rotație. Punctul care reprezintă proiecția vârfului secundarului pe o axă (orizontală) determinată de punctele care indică orele 3, respectiv 9, descrie o mișcare oscilatorie. Determină perioada de oscilație a punctului precizat și investighează dacă ai putea să construiești în laboratorul de fizică al școlii un pendul gravitațional care să oscileze cu aceeași frecvență ca și punctul în cauză. Argumentează răspunsul.

**4.** Într-un tub de sticlă în formă de U se află în echilibru mecanic o coloană de apă de lungime $\ell$ (ca în imaginea alăturată). Coloana de apă este pusă în oscilație în plan vertical, producând o denivelare a coloanei de apă dintr-o ramură a tubului, prin suflare, de exemplu. Precizează care este forța care determină coloana de apă să revină la poziția de echilibru.



**5.** Imaginează-ți că te afli într-o mașină care se deplasează rectiliniu pe o șosea, cu viteză constantă, și că nu privești pe geam pentru că citești o carte. Ești absorbit de lectură, dar totuși ești conștient de sunetele din jur. La un moment dat, începi să auzi sirena unei mașini de poliție. Sunetul pe care-l auzi este din ce în ce mai înalt (crește frecvența) după care, de la un moment dat, începe să devină din ce în ce mai grav (scade frecvența).
**a.** Precizează fenomenul căruia i se datorează cele auzite.
**b.** Îți poți da seama, din datele descrise, dacă mașina poliției are sens opus sensului de mișcare al mașinii în care te afli sau dacă are același sens? Argumentează răspunsul.

**6.** Un violonist trage ușor arcușul peste coarda unei viori și produce un sunet cu frecvența fundamentală de 470 Hz. Știind că lungimea corzii care produce sunetul este de 36 cm, determină viteza de propagare a oscilației în coardă.

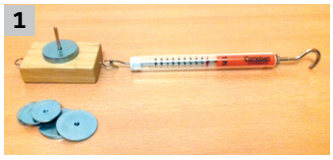
## Fișă de observare sistematică

La finalul acestei unități, știu ...

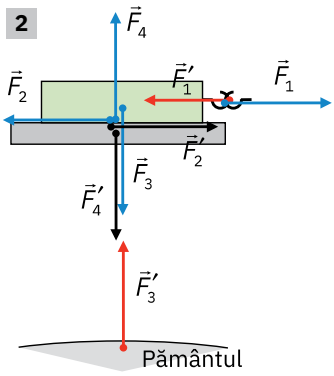
| | DA | NU |
|---|---|---|
| • să formulez cu cuvintele mele răspunsuri la întrebări | | |
| • să completez spațiile libere dintr-un enunț | | |
| • să stabilesc corespondențe între afirmații | | |
| • să rezolv probleme | | |
| • să experimentez lucruri noi | | |
| • să scriu texte explicative referitoare la o temă dată | | |

# Modele de probleme rezolvate

## 1. Reprezentarea perechilor de forțe acțiune-reacțiune


1

În imaginea 1 este reprezentat un corp paralelipipedic de care este fixat un disc metalic și care poate fi tras cu un dinamometru pe o masă orizonală. Reprezintă forțele ce acționează asupra corpului.



2

*Rezolvare.* În figura 2 sunt reprezentate toate forțele rezultate din interacțiunea corpului paralelipipedic cu dinamometrul, masa și Pământul.

În **interacțiunea corp-dinamometru** se stabilesc forțele $\vec{F}_1$ și $\vec{F}_1'$; prima are punctul de aplicație pe corp (cârligul fixat de corp) și reprezintă forța exercitată de dinamometru asupra corpului, iar a doua este forța pe care corpul o exercită asupra dinamometrului și are punctul de aplicație pe cârligul dinamometrului.

În **interacțiunea corp-suport orizontal** (masa de lucru) se stabilesc patru forțe:

- două în planul orizontal, $\vec{F}_2$ și $\vec{F}_2'$; prima are punctul de aplicație pe corp și reprezintă forța exercitată de masa de lucru asupra corpului, a doua este forța pe care corpul o exercită asupra mesei și are punctul de aplicație pe aceasta;
- două în planul vertical, $\vec{F}_4$ și $\vec{F}_4'$; prima are punctul de aplicație pe corp și reprezintă forța exercitată de masa de lucru asupra corpului, iar a doua este forța pe care corpul o exercită asupra mesei și are punctul de aplicație pe aceasta.

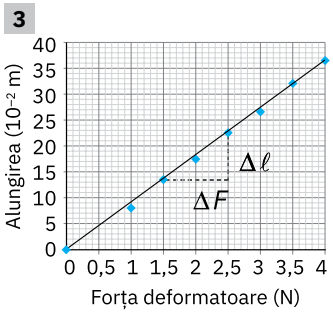
În **interacțiunea corp-Pământ** se stabilesc forțele $\vec{F}_3$ și $\vec{F}_3'$; prima are punctul de aplicație pe corp și reprezintă forța de atracție exercitată de Pământ asupra corpului, a doua este forța pe care corpul o exercită asupra Pământului și are punctul de aplicație pe acesta.

## 2. Reprezentarea grafică a modulului forței elastice

Un elev a măsurat lungimea unui resort în stare nedeformată și apoi lungimea resortului deformat, pentru diferite valori ale forței deformatoare. Rezultatele măsurătorilor sunt înregistrate în tabelul următor:

| $F = m \cdot g$ (N) | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\Delta\ell$ ($10^{-2}$ m) | 0 | 2 | 7,5 | 13,5 | 19,5 | 25 | 31,5 | 37,5 |

**a.** Reprezintă grafic alungirea unui resort în funcție de modulul forței deformatoare.
**b.** Determină din grafic constanta de elasticitate a resortului.



3

*Rezolvare*

**a.** Reprezentarea grafică a alungirii unui resort în funcție de forța deformatoare este realizată în figura 3. Graficul este o dreaptă, deoarece alungirea resortului este direct proporțională cu forța deformatoare.

**b.** Pe grafic se aleg două puncte aflate pe dreaptă, pentru care se pot citi cu ușurință coordonatele pe cele două axe. Apoi se determină constanta de elasticitate:

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta \ell} = \frac{2{,}5\ \text{N} - 1{,}5\ \text{N}}{(22{,}5 - 13{,}5) \cdot 10^{-2}\ \text{m}} = 11{,}11\ \text{N/m}.$$

## 3. Lucrul mecanic al forței de greutate

Un corp paralelipipedic (un pachet de șervețele sau o gumă de șters) este lăsat să coboare de la o înălțime $h$ = 1 m întâi pe verticală, apoi pe un plan înclinat de lungime $\ell = AC$ și unghi $\alpha = 30°$.

**a.** Cunoscând masa corpului $m$ = 200 g și accelerația gravitațională $g \simeq 9{,}8$ N/kg, calculează lucrul mecanic efectuat de greutatea corpului în timpul coborârii de la înălțimea $h$ atât pe verticală, cât și pe planul înclinat.

**b.** Calculează lucrul mecanic efectuat de greutatea corpului în timpul urcării de la sol la înălțimea $h$ atât pe verticală, cât și pe planul înclinat.

**c.** Determină randamentul planului înclinat la urcarea uniformă a corpului la înălțimea $h$, cunoscând coeficientul de frecare la alunecare.

*Rezolvare*

**a.** Lucrul mecanic efectuat de greutatea corpului în timpul coborârii pe verticală (imaginea 4):
$L_G = G \cdot h \cdot \cos 0° = m \cdot g \cdot h = 0{,}2 \cdot 9{,}8 \cdot 1 = 1{,}96$ J.

Lucrul mecanic efectuat de greutatea corpului în timpul coborârii pe planul înclinat (imaginea 5): $L_G = G \cdot \ell \cdot \cos(90° - \alpha) = G_t \cdot \ell$, unde $\cos(90° - \alpha) = \frac{h}{\ell}$ din triunghiul dreptunghic *ABC*, iar $G_t = G \cdot \sin\alpha = m \cdot g \cdot \frac{h}{\ell}$.

Înlocuind valorile numerice în relația anterioară, se obține: $L_G = m \cdot g \cdot h = 0{,}2 \cdot 9{,}8 \cdot 1 = 1{,}96$ J, de unde se observă că lucrul mecanic efectuat de greutate are aceeași valoare atât la coborârea pe verticală, cât și pe planul înclinat (imaginea 5).

**b.** Lucrul mecanic efectuat de greutatea corpului în timpul urcării pe verticală: $L_G = G \cdot h \cdot \cos 180° = m \cdot g \cdot h \cdot (-1) = -0{,}2 \cdot 9{,}8 \cdot 1 = -1{,}96$ J.

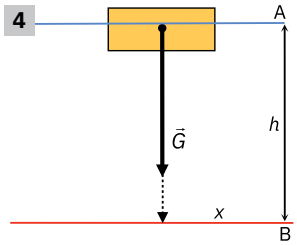
Lucrul mecanic efectuat de greutatea corpului în timpul urcării pe planul înclinat: $L_G = G_t \cdot \ell \cdot \cos 180° = m \cdot g \cdot \sin\alpha \cdot \ell \cdot (-1) = -m \cdot g \cdot \frac{h}{\ell} \cdot \ell = -m \cdot g \cdot h = -1{,}96$ J. Se observă că lucrul mecanic efectuat de greutate are aceeași valoare atât la urcarea pe verticală cât și la urcarea pe planul înclinat.

**Concluzie. Lucrul mecanic efectuat de greutatea constantă a unui corp** nu depinde de drumul parcurs de corp, ci de greutatea corpului ($G = m \cdot g = const.$), de diferența de nivel între poziția inițială și cea finală ($h$) și de sensul deplasării corpului: $L_G = \pm m \cdot g \cdot h$, unde $L_G = +m \cdot g \cdot h$, în timpul coborârii corpului, și $L_G = -m \cdot g \cdot h$, în timpul urcării corpului. Dacă diferența de nivel între poziția inițială și cea finală este nulă, lucrul mecanic al greutății este nul. O astfel de forță, al cărei lucru mecanic nu depinde de drumul parcurs, se numește **forță conservativă**.

**c.** Pentru urcarea uniformă a lăzii (imaginea 6): $F = G_t + F_f = G\frac{h}{\ell} + F_f$. Forța de frecare la alunecare are expresia: $F_f = \mu \cdot N$, iar normala, $N = G_n = G \cdot \frac{b}{\ell}$, unde $b$ este baza planului înclinat. Baza planului înclinat se calculează aplicând teorema lui Pitagora în triunghiul pe care îl formează planul înclinat: $b^2 = l^2 - h^2$. Se obține: $F = G\frac{h}{\ell} + \mu \cdot G \cdot \frac{b}{\ell} = \frac{G}{\ell}(h + \mu \cdot b)$. Lucrul mecanic util ridicării uniforme a lăzii pe verticală: $L_{util} = F_{vertical} \cdot h = G \cdot h = mgh$. Lucrul mecanic consumat pentru ridicarea uniformă al lăzii pe planul înclinat: $L_{consumat} = F \cdot \ell = G(h + \mu \cdot b)$.

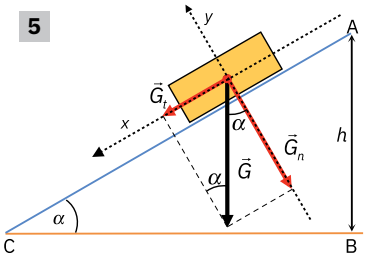
Randamentul planului înclinat: $\eta = \frac{L_{util}}{L_{consumat}} = \frac{mgh}{G(h + \mu \cdot b)} = \frac{h}{h + \mu \cdot b}$; $\eta \simeq \frac{1}{3} \simeq 0{,}33 \simeq 33{,}3\%$.

4



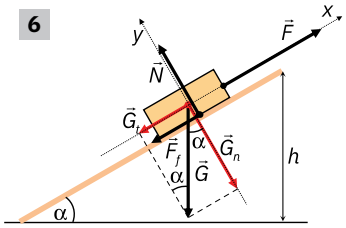

Corp ce coboară pe verticală de la A la B

5




Corp ce coboară pe planul înclinat de la A la C

6



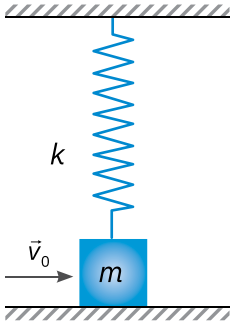

## 4. Fizică la muzeu

La un muzeu de științe se află un dispozitiv cu ajutorul căruia se poate determina puterea unui om. Dispozitivul este format dintr-un resort vertical fixat la capătul superior și care are legat la capătul inferior un corp de masă $m$ = 1 kg, aflat pe o suprafață orizontală netedă (figura 7). Resortul este inițial nedeformat, are lungimea $l_0$ = 1 m, constanta elastică are valoarea $k$ = 50 N/m, și poate fi considerat ideal. Accelerația gravitațională este $g \cong 10$ m/s². Un elev depune un efort și imprimă corpului o viteză $\vec{v}_0$, astfel încât acesta se va deplasa pe suprafața orizontală până la oprire.

**a.** Determină viteza minimă ce trebuie imprimată corpului astfel încât acesta să ajungă să se desprindă de planul orizontal.

**b.** Calculează puterea elevului dacă acesta imprimă corpului de masă $m$, în timp de 2 ms, o viteză $\vec{v}_0$, astfel încât corpul parcurge până la oprirea pe planul orizontal o distanță $d$ = 0,5 m.

7



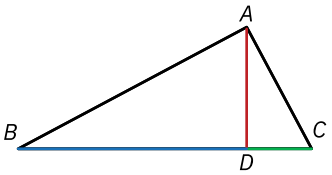

*Rezolvare*

**a.** Condiția de desprindere: $N = 0$; $G = F_{ey}$; mg = k $\Delta l$ cos$\alpha$, unde $\alpha$ este unghiul făcut de resort cu verticala în momentul desprinderii de sol. Din $\cos\alpha = \frac{l_0}{l}$ și relația anterioară se obține: $l = \frac{kl_0^2}{kl_0 - mg}$. Energia sistemului se conservă: $\frac{mv_{min}^2}{2} = \frac{k\Delta l^2}{2}$ și astfel se obține relația: $v_{min} = l_0\sqrt{\frac{k}{m}}\left(\frac{mg}{kl_0 - mg}\right)$; $v_{min} \cong 1{,}76\frac{m}{s}$.

**b.** Puterea este $P = \frac{L}{\Delta t}$, unde $L = \frac{mv^2}{2}$, iar energia sistemului se conservă: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{k\Delta l^2}{2}$, $\Delta l = l - l_0$, unde $l = \sqrt{l_0^2 + d^2}$. Se obține rezultatul: $P = \frac{k}{2\,\Delta t}\left(\sqrt{l_0^2 + d^2} - l_0\right)^2$; $P \cong 174$ W.

# Sinteze

**Relații metrice într-un triunghi dreptunghic**




Catete: $AB$ și $AC$
Ipotenuză: $BC$
Înălțime: $AD$

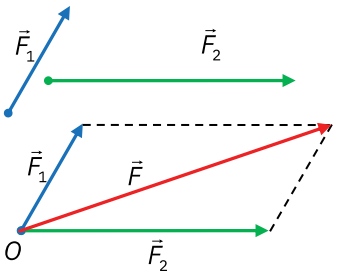
Proiecția catetei $AB$ pe ipotenuză: $BD$

Proiecția catetei $AC$ pe ipotenuză: $CD$

Teorema lui Pitagora
$AB^2 + AC^2 = BC^2$

Teorema înălțimii
$AD^2 = BD \cdot DC$

Teorema catetei
$AB^2 = BD \cdot BC$ ; $AC^2 = DC \cdot BC$




Regula paralelogramului

## Unitatea 1. Concepte și modele matematice de studiu în fizică

**Mărimile fizice scalare** sunt notate simbolic cu o literă, au o valoare numerică și o unitate de măsură în SI. Exemple de mărimi fizice scalare: lungimea unui corp $[L]_{SI}$ = m; distanța parcursă de un corp $[d]_{SI}$ = m; timpul $[\Delta t]_{SI}$ = s; masa unui corp $[m]_{SI}$ = kg; volumul unui corp $[V]_{SI}$ = m³; densitatea unei substanțe $[\rho]_{SI}$ = kg/m³; temperatura unui corp $[T]_{SI}$ = K; sarcina electrică $[q]_{SI}$ = C; tensiunea electrică $[U]_{SI}$ = V; intensitatea curentului electric $[I]_{SI}$ = A.

**Mărimile fizice vectoriale** sunt notate simbolic cu o literă, au o valoare numerică, o unitate de măsură în SI, o direcție și un sens. Exemple de mărimi fizice vectoriale: viteza unui corp $[v]_{SI}$ = m/s; accelerația unui corp $[a]_{SI}$ = m/s²; forța $[F]_{SI}$ = N.

## Unitatea 2. Fenomene mecanice. Interacțiuni

**Principiul inerției.** Orice corp își păstrează starea de repaus sau de mișcare uniformă rectilinie în care se află, cu condiția ca nicio forță să nu acționeze asupra lui și să nu-l constrângă să-și schimbe starea.

**Principiul fundamental al mecanicii.** Dacă asupra unui corp de masă $m$ acționează o forță $\vec{F}$, atunci corpul se va deplasa cu o accelerație $\vec{a}$, care are direcția și sensul forței și este dată de relația: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$.

**Principiul acțiuni și reacțiunii.** Dacă un corp acționează asupra altui corp cu o forță numită acțiune, atunci cel de al doilea corp va acționa asupra primului cu o altă forță numită reacțiune, care are același modul și aceeași direcție cu acțiunea, dar acționează în sens opus acesteia.

**Tipuri de forțe**

- ***Greutatea*** este forța de atracție exercitată de Pământ asupra unui corp; este o mărime fizică vectorială: $\vec{G} = m\vec{g}$, unde $\vec{g}$ este vectorul accelerație gravitațională, care la latitudinea de 45 de grade și la nivelul mării are valoarea: $g$ = 9,81 N/kg.
- ***Forța de frecare la alunecare*** se manifestă la suprafața de contact dintre două corpuri ce alunecă unul peste celălalt și se opune mișcării unui corp față de celălalt. Forța de frecare la alunecare acționează pe direcția mișcării corpului, iar sensul ei este opus mișcării acestuia. Modulul forței de frecare la alunecare este direct proporțional cu modulul forței normale de apăsare pe suprafața de contact: $F_f = \mu N$, unde $\mu$ este coeficientul de frecare la alunecare.
- ***Forța elastică*** apare într-un corp elastic deformat (alungit sau comprimat) și se opune deformării. Modulul forței elastice este direct proporțional cu deformarea: $F_e = k \cdot \Delta\ell$, iar expresia vectorială a vectorului forță elastică este: $\vec{F}_e = -k \cdot \Delta\vec{\ell}$. Constanta de elasticitate a unui corp elastic depinde de caracteristicile acestuia conform relației: $k = \frac{F}{\Delta\ell} = \frac{E \cdot S}{\ell_0}$, unde $E$ este modulul de elasticitate longitudinal (modulul lui Young), constantă specifică fiecărui material elastic.

**Regula paralelogramului.** Pentru a aduna două forțe, se translatează vectorii asociați forțelor astfel încât să aibă același punct de aplicație și apoi se construiește paralelogramul ce are ca laturi forțele concurente $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ (din vârful fiecărei forțe se duce câte o paralelă la direcția celeilalte forțe). Rezultanta forțelor este reprezentată de diagonala paralelogramului dusă din originea forțelor, $\vec{F}$.

## Unitatea 3. Fenomene mecanice. Lucrul mecanic. Energie

**Lucrul mecanic** este mărimea fizică scalară ce dă indicații referitoare la efortul depus de o forță pentru deplasarea unui corp. Lucrul mecanic al unei forțe constante: $L = F_x \cdot d = F \cdot \cos\alpha \cdot d$.

**Lucrul mecanic efectuat de greutatea constantă a unui corp** nu depinde de drumul parcurs de corp, ci de greutatea corpului ($G = m \cdot g = const.$), de diferența de nivel între poziția inițială și cea finală ($h$) și de sensul deplasării corpului: $L_G = \pm m \cdot g \cdot h$.

**Lucrul mecanic efectuat de forța elastică în decursul alungirii resortului** (de la 0 la $\Delta\ell$): $L_{F_e} = -\frac{k \cdot \Delta\ell^2}{2}$, iar în timpul **revenirii resortului** la starea nedeformată: $L_{F_e} = \frac{k \cdot \Delta\ell^2}{2}$.

**Puterea mecanică** reprezintă lucrul mecanic efectuat în unitatea de timp: $P = \frac{L}{\Delta t}$.

**Randamentul unui dispozitiv sau aparat** reprezintă raportul dintre lucrul mecanic util efectuat de acesta și lucrul mecanic consumat pentru funcționarea acestuia, sau raportul dintre puterea utilă și puterea consumată: $\eta = \frac{L_{util}}{L_{consumat}} = \frac{P_{util}}{P_{consumat}}$.

**Teorema de variație a energiei cinetice:** $\Delta E_c = L_{total}$.

**Energia cinetică** a unui corp: $E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$, unde $m$ este masa, iar $v$ reprezintă modulul vitezei corpului în raport cu un sistem de referință ales.

**Teorema de variație a energiei potențiale pentru o forță conservativă:** $\Delta E_p = -L_{F_{conservativa}}$.

**Forța conservativă** este forța al cărei lucru mecanic nu depinde de drumul parcurs de corp, ci doar de expresia forței și de stările inițială, respectiv finală a corpului considerat. Forțe conservative: greutatea, forța elastică etc.

**Energia potențială gravitațională** a unui corp de masă $m$ este egală cu: $E_{pg} = mgh$, unde $g$ este accelerația gravitațională, iar $h$ este înălțimea la care se află corpul în raport cu un nivel de referință căruia i se atribuie prin convenție o energie nulă.

**Energia potențială elastică** este: $E_{p_e} = \frac{k \cdot \Delta\ell^2}{2}$. Starea de referință căreia i se atribuie energia potențială elastică nulă este starea nedeformată a corpului elastic.

**Energia mecanică** a unui corp este egală cu suma dintre energia cinetică și energia potențială a corpului: $E = E_c + E_p$.

**Teorema de variație a energiei mecanice:** $\Delta E = L_{F_{neconserv}}$. Forțe neconservative: forța de frecare, forța de tracțiune etc.

**Legea conservării energiei mecanice.** Energia mecanică a unui corp sau a unui sistem de corpuri se conservă dacă asupra sa acționează numai forțe conservative: $E_1 = E_2 = E_3 = ... = E_n$.

## Unitatea 4. Fenomene mecanice. Echilibrul corpurilor

**Momentul forței** este o mărime fizică vectorială ce măsoară efectul de rotație al unei forțe $\vec{F}$ față de un punct $O$ (axă de rotație), al cărui modul este egal cu produsul dintre valoarea forței și lungimea brațului său, $b$: $M_{\vec{F}(O)} = F \cdot b$. Brațul forței reprezintă distanța dintre centrul de rotație și direcția forței.

**Condiția de echilibru de rotație pentru un corp solid nedeformabil:** suma modulelor momentelor forțelor ce rotesc corpul în sens orar este egală cu suma modulelor momentelor forțelor ce rotesc corpul în sens antiorar.

## Unitatea 5. Fenomene mecanice. Statica fluidelor

**Presiunea** este o mărime fizică scalară numeric egală cu forța perpendiculară și uniform distribuită $F$, exercitată pe o suprafață cu aria $S$: $p = \frac{F}{S}$.

**Principiului fundamental al hidrostaticii.** Diferența de presiune $\Delta p$ dintre două puncte ale unui lichid omogen aflat în echilibru mecanic este direct proporțională cu densitatea lichidului $\rho$ și cu diferența de nivel dintre cele două puncte $\Delta h$: $\Delta p = \rho g \Delta h$, unde $g$ este accelerația gravitațională.

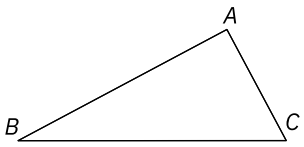
**Legea lui Pascal.** Variația de presiune produsă într-un punct al unul lichid aflat în echilibru se transmite integral în orice punct din volumul lichidului.

**Legea lui Arhimede.** Un corp scufundat într-un fluid în echilibru este acționat de jos în sus cu o forță egală cu greutatea fluidului dezlocuit de corp: $F_A = m_{fluid} g = \rho_{fluid} V_{corp\ scufundat}\, g$.

## Unitatea 6. Fenomene mecanice. Unde mecanice – sunetul

**Mișcarea oscilatorie** este mișcarea unui sistem fizic care se face simetric față de o poziție de echilibru și se repetă în timp. Corpul care efectuează o mișcare oscilatorie se numește *oscilator*. Mișcarea oscilatorie are loc cu transformarea energiei dintr-o formă în alta.

**Unda mecanică** este fenomenul de propagare a unei oscilații printr-un mediu material. Sursa producerii undelor mecanice este *un oscilator mecanic*, iar mediul prin care se propagă oscilația este un mediu elastic. Particulele mediului elastic efectuează mici oscilații în jurul poziției de echilibru, transmițând la distanță, prin intermediul legăturilor dintre particule, mișcarea oscilatorie și, odată cu aceasta, energia mecanică. Undele mecanice transportă la distanță energie mecanică, dar nu transportă și substanță.




**Relații importante în triunghiul dreptunghic**

- *sinus*, definit prin raportul dintre cateta opusă unghiului și ipotenuză ($\sin B = \frac{AC}{BC}$);
- *cosinus*, definit prin raportul dintre cateta alăturată și ipotenuză ($\cos B = \frac{AB}{BC}$).

| $\alpha$ | $\sin \alpha$ | $\cos \alpha$ |
|---|---|---|
| 0° | 0 | 1 |
| 30° | $\frac{1}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ |
| 45° | $\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{\sqrt{2}}{2}$ |
| 60° | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ | $\frac{1}{2}$ |
| 90° | 1 | 0 |
| 180° | 0 | – 1 |

# Test final

**I. Completează spațiile libere astfel încât enunțurile să devină corecte.**

Forța este o mărime fizică ..... ce caracterizează orice acțiune care poate modifica starea de mișcare a corpurilor sau le poate deforma, precum și orice ..... la aceste eventuale schimbări.

Funcționarea dinamometrului se bazează pe efectul ..... al interacțiunii dintre corpuri.

Forța de frecare la alunecare se manifestă ..... dintre două corpuri ce alunecă unul peste celălalt și se ..... unui corp față de celălalt.

Lucrul mecanic al unei forțe constante este egal cu ..... dintre modulul componentei pe direcția mișcării a forței ce acționează asupra corpului și distanța parcursă de corp în timpul acestei acțiuni.

Energia potențială ..... a unui corp de masă $m$ este egală cu: $E_{pg} = mgh$, unde $g$ este accelerația gravitațională, iar $h$ este înălțimea la care se află ..... al corpului în raport cu un nivel de referință căruia i se atribuie prin convenție o energie potențială nulă.

Pârghia de ordinul I are ..... între punctul de aplicație al forței active, $\vec{F}$, și punctul de aplicație al forței rezistente, $\vec{R}$.

Un corp este în echilibru stabil dacă, la mici deviații față de poziția de echilibru, centrul de greutate ..... .

Presiunea este o mărime fizică scalară numeric egală cu forța ..... și uniform distribuită, exercitată pe o suprafață de un metru pătrat.

Variația de presiune produsă într-un punct al unul lichid aflat în echilibru se transmite ..... din volumul lichidului.

**II. Răspunde la următoarele întrebări.**

1. În ce constă efectul static al interacțiunii dintre corpuri?
2. Între ce valori este cuprinsă rezultanta a două forțe concurente?
3. Cum poți identifica pârghia de ordinul 1? Reprezint-o schematic. Dă exemple de pârghii de ordinul 2.
4. Ce relație este între forța activă și forța rezistentă la scripetele compus? Desenează un astfel de scripete.
5. Cum se definește lucrul mecanic efectuat de o forță constantă? Scrie ecuația unității de măsură.
6. Două corpuri identice se îndreaptă unul spre celălalt cu viteze egale. După ciocnire, unul dintre corpuri se întoarce pe același drum cu aceeași valoare a vitezei. Ce s-a întâmplat cu celălalt corp? Justifică! Consideră pierderile de energie neglijabile.
7. De ce experimentul lui Torricelli nu poate fi realizat cu apă?
8. Cum sunt orientate forțele de apăsare exercitate de un lichid aflat în echilibru pe suprafața unui corp aflat în contact cu lichidul?

**III. La fiecare dintre întrebările următoare doar unul dintre răspunsuri este corect. Încercuiește litera corespunzătoare răspunsului corect.**

1. Unitatea de măsură pentru lucrul mecanic se poate scrie:
   **a.** N/m; **b.** J/s; **c.** Ws; **d.** $kg \cdot m/s^2$.
2. Puterea mecanică se poate exprima și prin relația:
   **a.** $P = \frac{F \cdot v}{d}$; **b.** $P = \frac{F \cdot d}{v}$; **c.** $P = \frac{F \cdot d}{\Delta t}$; **d.** $P = \frac{F \cdot v}{\Delta t}$.
3. O ladă este ridicată pe o rampă de unghi $\alpha$, într-o mișcare uniformă, cu un randament mecanic ce poate fi scris prin relația:
   **a.** $\eta = \frac{1}{1+\mu\cos\alpha}$; **b.** $\eta = \frac{\mu\cos\alpha}{\sin\alpha+\mu\cos\alpha}$; **c.** $\eta = \frac{\sin\alpha}{\sin\alpha+\mu\cos\alpha}$; **d.** $\eta = \frac{1}{1+\mu tg\alpha}$.

Punctaje:
I. 2 puncte
II. 4 puncte (8 × 0,5 p.)
III. 1 punct (10 × 0,1 p.)
IV. 2 puncte (5 × 0,4 p.)

Se acordă 1 punct din oficiu.
Timp de lucru: 50 min.

**4.** Energia cinetică a unui corp se poate scrie prin relația:

**a.** $E_c = \frac{mv}{2}$; **b.** $E_c = \frac{m^2v}{2}$; **c.** $E_c = \frac{mv^2}{2}$; **d.** $E_c = \frac{(mv)^2}{2}$.

**5.** Energia potențială a unui sistem format dintr-un corp de masă $m$ și Pământ se scrie:

**a.** $E_p = \frac{mgh}{2}$; **b.** $E_p = mgh$; **c.** $E_p = k\Delta\ell^2$; **d.** $E_p = \frac{k\Delta\ell^2}{2}$.

**6.** Legea de conservare a energiei mecanice se poate scrie:

**a.** $E_{c2} + E_{p2} = E_{c1} + E_{p1}$; **b.** $E_{c2} = E_{c1} + E_{p1}$;

**c.** $E_{c2} + E_{c1} - (E_{p2} + E_{p1}) = L$; **d.** $E_{c2} + E_{p2} - (E_{c1} + E_{p1}) = L$.

**7.** Care este legea pe baza căreia plutesc vapoarele?

**a.** legea lui Pascal; **b.** legea lui Arhimede;
**c.** legea lui Torricelli; **d.** legea lui Coulomb.

**8.** Care dintre relațiile următoare exprimă corect unitatea de măsură pentru presiune?

**a.** $\text{Pa} = \frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2}$; **b.** $\text{Pa} = \frac{\text{kg}}{\text{m}\cdot\text{s}^2}$; **c.** $\text{Pa} = \frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{s}^2}$; **d.** $\text{Pa} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\cdot\text{s}^2}$.

**9.** Care este instrumentul folosit pentru măsurarea presiunii atmosferice?

**a.** tensiometrul; **b.** manometrul; **c.** barometrul; **d.** galvanometrul.

**10.** Care este cauza deformării unui pet (recipient din plastic pentru apă sau sucuri), atunci când este golit?

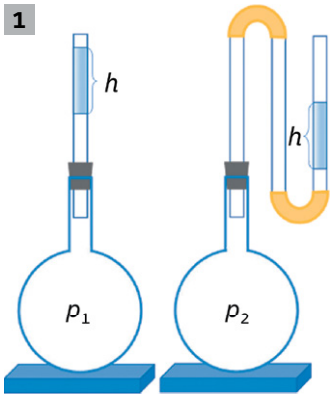
**a.** flexibilitatea materialului; **b.** grosimea mică a peretelui;
**c.** forța de presiune hidrostatică; **d.** diferența de presiune dintre exterior și interior.

## IV. Rezolvă următoarele probleme.

**1.** Un coș cu mere este suspendat prin intermediul unui resort cu lungimea inițială $\ell_0$ = 10 cm și constanta de elasticitate $k$ = 1000 N/m. După suspendarea coșului cu mere, lungimea resortului a devenit $\ell$ = 14 cm. Reprezintă forțele ce acționează asupra coșului și determină masa lui.

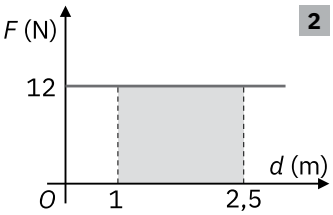
**2.** În figura 1 se observă două recipiente în care se află gaze diferite, aflate în volume diferite. Lichidele din tuburi au aceeași densitate, iar în exterior acționează presiunea atmosferică $p_0$. Deduceți relația dintre presiunile gazelor din cele două recipiente. Argumentați răspunsul prin reprezentarea forțelor care intervin și a relațiilor dintre ele. Cum se schimbă rezultatul dacă balonul din dreapta este încălzit puțin, astfel încât lichidul din tub să nu se verse?

1




**3.** Vali reprezintă grafic dependența forței de tracțiune de distanța pe care aceasta își deplasează punctul de aplicație (figura 2). Calculează puterea mecanică dezvoltată de forța de tracțiune în timpul $t$ = 6 s.

2




**4.** O minge cade liber de la înălțimea $h$ = 18 m. Considerând frecările neglijabile, calculează înălțimea la care $E_c = 4E_p$ și viteza la sol a mingii.

**5.** Dani așază pe suprafața apei dintr-un bol o cutie metalică în care sunt mai multe monede de 50 de bani. Cutia cu monedele plutește pe apa din bol. Arată cum se modifică nivelul apei din bol când Dani ia monedele din cutie și le aruncă în apa din bol, iar cutia rămâne pe apa din bol.

# Răspunsuri

## Unitatea 1. Concepte și modele matematice de studiu în fizică

**Pag. 11. 1.** Imaginea 1: fenomen mecanic, mișcare, viteză; imaginea 2: fenomen termic, temperatura; imaginea 3: fenomen mecanic, deformare elastic, forța elastică. **2.** Imaginea 1: electrizare, sarcina electrică, coulomb; imaginea 2: electromagnetism, intensitatea curentului electric, amper; imaginea 3: electricitate, tensiunea electrică.

**Pag. 15. 1.** a. $AC = 3$ cm; $AC = 4$ cm; $BC = 5$ cm; b. $A_1 = 9$ cm²; $A_2 = 16$ cm²; $A_3 = 25$ cm²; $A_1 + A_2 = A_3$. **2.** $AB^2 = 2AC^2$; $AC = BC = AB\sqrt{2}/2 \simeq 10{,}575$ cm.

**Pag. 17.** lungime/distanță, $l/d$, m; arie, $A$, m²; volum, $V$, m³; masă, $m$, kg; densitate, $\rho$, kg/m³; forță, $F$, N; timp, $t$, s; temperatură, $T$, K.

**Pag. 20. 1.** mărimi fizice scalare: masă, volum, lungime, presiune, durată, temperatură, arie, densitate; mărimi fizice vectoriale: greutate, viteză, forță, accelerație. **2.** Mișcarea bilelor este accelerată, viteza crește, accelerația gravitațională.

**Pag. 22. 2. c.** $l_C = 4$ m; $h = 2{,}4$ m; $p_A = 1{,}8$ m; $p_C = 3{,}2$ m.

**Pag. 23. 2. b.** $d_1 = \frac{v_1 L}{v_1 + v_2} = 30$ m; **3. b.** $m = \rho(V_1 - V_2) = 70$ g. **4. a.** $k = \frac{mg}{\Delta l} = 5$ N/m; **5. a.** $\alpha = 45°$; $i = h\sqrt{2} \simeq 2{,}8$ m; **6. b.** $V_{ap} = V_{indicatie} - l^3 = 56$ cm³.

## Unitatea 2. Fenomene mecanice. Interacțiuni

**Pag. 30.** Pachetul nu va ajuge la sol pe verticala dusă din poziția de eliberare.

**Pag. 33.** În vârful muntelui. La Ecuator.

**Pag. 39.** Nu, deoarece greutatea corpurilor este puțin diferită. Nu, deoarece greutatea corpurilor determinată de Lună este diferită de cea determinată de Pământ.

**Pag. 46. 3.** R = 0

**Pag. 52. 3.** $G = \rho l^3 g = 27$ N; **4.** $l = l_0 + \Delta l = 16$ cm; $F_e = k \cdot \Delta l = 1{,}6$ N; **6.** $F_f = 0{,}4 \cdot N = 0{,}4(m_1 + m_2)g$; $F_f = 0{,}92$ N; **7.** $R_{max} = F_1 + F_2 = 16$ N; $R_{min} = F_1 - F_2 = 4$ N; **8.** Da, dacă forțele sunt egale și unghiul dintre ele este de 180°; **9.** $R = 0$; **10.** $F_1 = 4$ N; $F_2 = 3$ N; $R = 5$ N; **11.** $R = \sqrt{(F_1 - F_2)^2 + F_3^2} = 7{,}2$ N; **13.** $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 2{,}5$ N; **14.** $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 1{,}25$ m/s; $d = \frac{l \cdot v_2}{v_1} = 22{,}5$ m; **15. a.** $\mu_2 = \frac{60\text{N}}{(M+m)g} = 0{,}2$; $\mu_1 = \frac{80\text{N}}{mg} = 0{,}4$; **b.** $\Delta l_{max} = \frac{80\text{N} - 60\text{N}}{k} = 4$ cm.

**Pag. 53. II 1.** a; **2.** b; **3.** b; **III a.** A; **b.** A; **c.** A; **d.** F, $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$; **VI 1.** $F_{3x} = F_3 \sin\alpha$; $F_{3y} = F_3 \cos\alpha$; $F_x = F_2 + F_{3x} - F_1 = -2{,}5$ N; $F_y = F_{3y} = \frac{5\sqrt{3}}{2}$ N; $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 5$ N; **2.** $\cos\alpha = \frac{v_a}{v} = \frac{1}{2}$; $\alpha = 60°$; $v_b = \sqrt{v^2 - v_a^2} = \frac{\sqrt{3}}{2}$ m/s $\simeq 0{,}866$ m/s.

## Unitatea 3. Fenomene mecanice. Lucrul mecanic. Energie

**Pag. 58. 1** Deoarece căruciorul este deplasat rectiliniu și uniform, trebuie ca: $F_f = F = 5$ N; $G = m \cdot g \simeq 49$ N, $N = G \simeq 49$ N; $L_F = F \cdot d \cdot \cos 0° = 20$ J; $L_{F_f} = F_f \cdot d \cdot \cos 180° = -20$ J; $L_G = G \cdot d \cdot \cos 90° = 0$ J, iar lucrul mecanic al normalei este: $L_N = N \cdot d \cdot \cos 90° = 0$ J; $L_{total} = L_F + L_{F_f} + L_G + L_N = 0$ J. Concluzie: Lucrul mecanic total efectuat asupra unui corp care se deplasează rectiliniu și uniform este nul. **2 a.** $L_G = mgh = 9{,}8$ J; $L'_G = mgl \sin\alpha = 1{,}96$ J; **b.** $L_G = -mgh = -1{,}96$ J; $L'_G = -mgl \sin\alpha = -1{,}96$ J.

**Pag. 60. 1.** $G = m \cdot g = 25760$ N; $N = G = 25760$ N; $F_f = 0{,}1 \cdot G = 2576$ N; $F = F_f = 2576$ N. **2.** $d = v \cdot \Delta t = 72$ km; $L_F = F \cdot d = 185472$ kJ. **3.** $P = \frac{L}{\Delta t} = 51520\text{W} \simeq 70$ CP. **4.** $P = \frac{L}{\Delta t} = \frac{F \cdot d}{\Delta t} = F \cdot v$. **5.** Pentru o putere constantă a motorului mașinii, forța de tracțiune dezvoltată de acesta variază invers proporțional cu viteza, astfel viteza atinsă este maximă atunci când forța de tracțiune este minimă. Această situație corespunde deplasării uniforme a mașinii.

**Pag. 61. b.** Pentru urcarea uniformă a lăzii: $F = G_t + F_f = G\frac{h}{\ell} + F_f$; $F_f = \mu \cdot N$; $N = G_n = G \cdot \frac{b}{\ell}$, unde $b$ este baza planului înclinat: $b^2 = l^2 - h^2 \simeq 2{,}4$ m; $F = G\frac{h}{\ell} + \mu G\frac{b}{\ell} \simeq 360$ N; **c.** $L_{util} = F_{vertical} \cdot h = mgh \simeq 300$ J; **d.** $L_{consumat} = F \cdot \ell = G(h + \mu \cdot b) \simeq 900$ J; **e.** $\eta = \frac{L_{util}}{L_{consumat}} = \frac{h}{h + \mu \cdot b}$; $\eta \simeq \frac{1}{3} \simeq 33{,}3\%$.

**Pag. 65. a.** $E_{pg1} = m_1 gH = \frac{m}{2}gH = 1{,}875$ J; $E_{pg2} = \frac{m}{2}g(H - \frac{L}{4}) \simeq 1{,}406$ J; $E_{pg} = E_{pg1} + E_{pg2} \simeq 3{,}281$ J; **b.** $E_{pg3} = mgh_3 = mg\frac{H}{2} = 1{,}875$ J.

**Pag. 67.** Constanta de elasticitate este invers proporțională cu lungimea resortului, $k_1 = 2k = 400$ N/m. Energia este înmagazinată în cele două resorturi comprimate: $E_p = 2\frac{k_1 \cdot \Delta\ell^2}{2}$, $\Delta\ell = \ell_0 - h = 5$ cm; $E_p = 1$ J.

**Pag. 69.** $\Delta E = L_{Fneconservative}$; $\Delta E = E_{final} - E_{initial} = \frac{mv^2}{2} - mgh$; $L_{Fneconservative} = L_{F_f}$; $L_{F_f} = -57{,}28$ J.

**Pag. 71.** $E_A = E_B = E_C$; $mgh_A = mgh_B + \frac{mv_B^2}{2} = mgh_C + \frac{mv_C^2}{2}$; $v_B = \sqrt{2g(h_A - h_B)} = 6$ m/s; $v_C = \sqrt{2g(h_A - h_C)} \simeq 7{,}75$ m/s.

**Pag. 74.** $E = \frac{P}{\eta} \cdot \Delta t \simeq 321{,}4$ MJ.

**Pag. 76. 1. b.** $L = F \cdot (x_2 - x_1) = 60$ J; **c.** $A = F \cdot (x_2 - x_1) = 60$ J; **d.** $L_G = L_N = 0$ J; $L_{F_f} = -60$ J. **2.** $L = mgh = 2800$ J; $L_G = -mgh = -2800$ J. **3. a.** $L_F = mgl = 120$ J; $L_G = -mgl = -120$ J; **b.** $v = \frac{P}{mg} = 2$ m/s; **c.** $\Delta t = \frac{l}{v} = 3$ s. **4.** $L = 4mgh(1 + 2 + ... + 7) = 1176$ J. **5. a.** $E_0 = mgh_0 + \frac{mv_0^2}{2} = 4{,}8$ J; **b.** $h = \frac{E_0}{mg} = 1{,}2$ m; **c.** $E_0 = \frac{mv^2}{2}$; $v \simeq 4{,}9$ m/s. **6. a.** $\frac{kx^2}{2} = \frac{mv_A^2}{2}$; $v_A = 12$ m/s; **b.** $\Delta E_c = L_{total}$; $\frac{mv_B^2}{2} - \frac{mv_A^2}{2} = -mg2R - F \cdot \pi R$; $v_B \simeq 6$ m/s.

**Pag. 77. 3.** $F = \frac{P}{v} = 3128$ N; **4.** $E_c = \frac{mv^2}{2} = 225$ kJ; $E'_c = 0$; **5. a.** $E_A = mgH = 100$ J; **b.** $E_A = E_B$; $mgH = mg\frac{H}{2} + \frac{mv^2}{2}$; $v \simeq 4{,}47$ m/s; **c.** $mgH = \frac{mv^2}{2}$; $v \simeq 6{,}32$ m/s. **6.** $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{k\Delta l^2}{2}$; $\Delta l \simeq 35$ cm.

## Unitatea 4. Fenomene mecanice. Echilibrul corpurilor

**Pag. 81. 2. b.** $N_A = 5\sqrt{3}$ N; $N_B = 5$ N.

**Pag. 91. 1.** Muncitorul ce lucrează cu primul aparat (a) nu își poate folosi toată forța musculară, el poate ridica cel mult un corp cu greutatea egală cu a sa $G_{max,a} = 700$ N. Muncitorul ce lucrează cu al doilea aparat (b) împinge cu picioarele în podea și va putea astfel să-și folosească întreaga forță musculară $G_{max,b} = F = 1200$ N; **2. b.** $F = \frac{mg}{4}$; **c.** $d = 4h = 1$ m.

**Pag. 93.** $\Delta x = \frac{L}{2} - \frac{L - \ell}{2} = \frac{\ell}{2} = 4$ cm, spre capătul netăiat.

**Pag. 98. 1.** $\Delta\ell = 10$ cm; **2.** $F = 225$ N; **3.** $x = 6$ cm, spre capătul netăiat; **4.** $4m_1 = m_2$, pentru figura 1; $2m_1 = m_2$, pentru figura 2; **5. a.** $G_t = 50$ N, $G_n = 86{,}6$ N; **b.** $F = F_f - G_t = 6{,}29$ N; **6.** $F = 35$ N; **7.** $F = 2$ N; **8.** $\Delta\ell = 2$ cm; **9.** $M = 8$ Nm; **10.** $x = 9{,}7$ cm; **11.** $m = 20$ kg; **12.** $F_r = 700$ N; **13.** $m = 5$ kg; **14.** $m_b = m/2$; **15.** $x = 1{,}25$ cm; $G' = 1{,}11$ N.

**Pag. 99. II 1.** (F); **2.** (F); **3.** (A); **4.** (A); **III 1.** c; **2.** b; **V a.** urcă pe planul înclinat; **b.** $F_s = 2T$; $Fa + G_0\frac{\ell}{2} = T\ell$, $T = G_t + F_f$, $N = G_n$.

## Unitatea 5. Fenomene mecanice. Statica fluidelor

**Pag. 102. 2.** $F = pS$; $m = \frac{pS}{g} = \frac{101325\,\text{Pa} \cdot 1\,\text{m}^2}{10\,\text{N/kg}} = 10132{,}5$ kg, doi elefanți.

**Pag. 108.** Echilibru pentru fiecare piston: $p_1S_1 + T - p_0S_1 = 0$, $p_0S_2 - T - p_2S_2 = 0$, de unde $(p_1 - p_0)S_1 = (p_2 - p_0)S_2$. $p_1 \neq p_2$, dacă $S_1 \neq S_2$.

**Pag. 109.** $p = \rho_{Hg}gh \simeq 101800$ Pa.

**Pag. 118. 1.** Masele sunt egale, balanța rămâne în echilibru; **2.** $\rho_x = \frac{m}{0{,}9V} = 1{,}166$ g/cm³; **3.** $\frac{S_2}{S_1} = 20$, $x = 0{,}1$ cm; **4.** $F = G - F_A = 0$ N; **5. a.** $\rho = \frac{\rho_0(l - a)}{l} \simeq 0{,}833$ g/cm³; **b.** $\Delta p = \rho_0 g\frac{\ell^2(\ell - a)}{S} = 9720$ Pa; **6.** $V = \frac{m + m_0 + M}{\rho_2 - \rho_1} = 332$ m³; **7. a.** $h = \frac{p}{\rho g} = 15$ cm, **b.** $h_u = h\frac{\rho_1}{\rho_2} = 18{,}75$ cm, **c.** $p_t = 2p = 3000$ Pa; **8. a.** $F_A = \rho_a \ell^3 g = 96$ N, **b.** $T = F_A - G = 48$ N, **c.** $\Delta p = \rho_a g\ell = 2400$ Pa, **d.** $F = \frac{2p_1 + \Delta p}{2}\ell^2 = 248$ N.

**Pag. 119. 1. a.** Forțele acționează perpendicular; **e.** Forțele acționează pe ambele fețe; **2.** a, c, d; **3.** d; **4.** d; **5.** $m_1 = \rho_\ell \frac{m}{\rho_c}$ (masa adăugată este egală cu masa lichidului dezlocuit); **6.** $p_{int} < p_{ext}$; **7. a.** $V = \frac{m}{\rho} = 350$ m³, **b.** $\Delta V = -9{,}53$ m³, volumul dezlocuit scade.

## Unitatea 6. Fenomene mecanice. Unde mecanice – sunetul

**Pag. 136. 3. b.** $L = \frac{\lambda}{2}$; $\lambda = \frac{v_{und}}{\nu} \Rightarrow v_{und} = 308$ m/s; **4.** $L = \frac{\lambda}{4}$; $\lambda = \frac{v_{und}}{\nu} \Rightarrow v_{und} \simeq 28{,}3$ Hz; **5.** $d = v\frac{t}{2} \Rightarrow d = 120$ m; **6. a.** $d = vt = 1250$ m; **b.** $d = ct_f = vt_s$, $t = t_f - t_s = t_s(1 - \frac{v}{c})$; $d = vt_s = \frac{vt}{1 - \frac{v}{c}}$; **c.** $\frac{v}{c} \ll 1$ rezultă că aproximarea de la primul punct este suficient de precisă; **7. a.** $\lambda = \frac{v}{\nu} = 29$ m; **b.** $\nu'' = \nu\frac{v_{sunet}}{v_{sunet} + v_{sursa}} \simeq 49{,}8$ kHz; **8. a.** Echilibru mecanic stabil, deoarece oscilează în jurul poziției de echilibru. **b.** Din condițiile de echilibru mecanic rezultă că centrul de greutate se află pe verticala punctului de sprijin. Reducând sistemul mecanic la un punct material, acest punct este centrul de greutate care, oscilând cu aceeași perioadă ca și pendulul gravitațional, rezultă că se află la distanța $\ell$ sub punctul de sprijin.

**Pag. 137. 1. a.** mișcarea oscilatorie a particulelor de apă; **b.** unda mecanică datorată propagării mișcării oscilatorii la suprafața apei. **2.** $\lambda = \frac{v}{\nu} \Rightarrow \nu = 80$ kHz. **3.** Perioada de oscilație este $T = 60$ s; $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \Rightarrow \ell \simeq 14{,}9$ m. Răspunsul este nu. **4.** Greutatea coloanei de apă, datorată diferenței de nivel dintre cele două ramuri ale tubului. **5. a.** Efectul Doppler; **b.** Nu, pentru că, indiferent de sensul de mișcare al mașinii care este sursa sunetului, apropierea de sursă, din față sau din spate, determină creșterea frecvenței sunetului perceput, iar depărtarea de sursă determină scăderea frecvenței sunetului perceput. **6.** $v_{unda} = \frac{lv}{2} \Rightarrow 2vl = 338{,}4$ m/s.

**Pag. 142. III 1.** c; **2.** c; **3.** c; **4.** c; **5.** b; **6.** a; **7.** b; **8.** b; **9.** c; **10.** d; **IV 1.** $m = 4$ kg. **2.** $p_1 = p_2$; **3.** $P = \frac{F \cdot d}{t} = 3$ W; **4.** $mgh = 5\,mgh_1$; $h_1 = 3{,}6$ m.