

**FIZICA LA ABSOLVIREA ÎNVĂȚĂMÂNTULUI  
PREUNIVERSITAR.**

**2. UCRAINA**

Mihai MARINCIUC, Vitalie CHISTOL  
Universitatea Tehnică a Moldovei

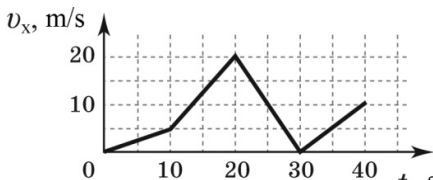
Structura sistemului de învățământ preuniversitar din Ucraina repetă întocmai sistemul existent în ultimii ani ai Uniunii Sovietice: clasele I – IV – învățământul primar, clasele V – IX – învățământul de 9 ani, clasele X – XI – învățământul mediu (de cultură generală). Fizica se studiază începând cu clasa a VII-a: în primii 2 ani se predă un curs propedeutic, în următorii 3 ani – cursul de bază. Absolvenților școlii li se înmânează atestatul de maturitate.

În anul 2002 au fost elaborate primele teste de examen, încercate în testările studenților de la anul întâi din instituțiile de învățământ superior. În anii următori testele au fost verificate la examenele de absolvire din școli, din an în an cu un număr tot mai mare de elevi. Începând cu anul 2008 testele au devenit obligatorii. Examenul de fizică este opțional. Testul conține 37 de subiecte care cuprind toate capitolele fizicii.

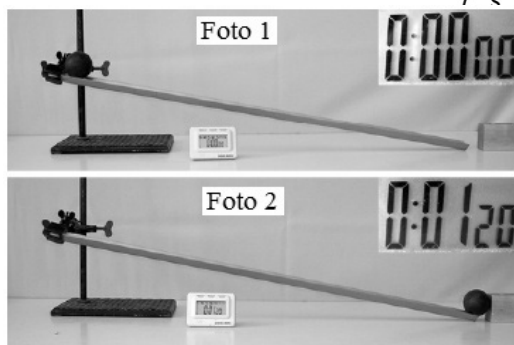
**TEST DE FIZICĂ**

1. O piatră aruncată din fereastra etajului doi, de la înălțimea de 4 m, a căzut pe pământ la distanța de 3 m de la peretele clădirii. Calculați modulul deplasării pietrei.

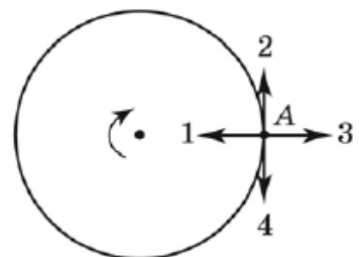
2. În figură este reprezentat graficul proiecției vitezei  $v_x$  în funcție de timp pentru un automobil care se mișcă pe o porțiune rectilinie de șosea. Determinați intervalul de timp, în care modulul accelerației este minim.



3. O bilă s-a rostogolit fără viteză inițială pe un uluc cu lungimea de 0,72 m. Determinați accelerația bilei. Indicațiile cronometrului (vezi foto 1 și 2) corespund minutelor, secundelor și sutimilor de secundă la începutul și, respectiv, sfârșitul mișcării.



4. Un corp efectuează o mișcare circulară în sens orar. Indicați sensul vitezei corpului în punctul A.



## 26 Probleme, concursuri, olimpiade

5. Viteza unui corp cu masa de 0,8 kg care se mișcă de-a lungul axei  $OX$ , variază conform ecuației  $v_x = 0,05 \sin(10\pi t)$ , în care toate mărimile sunt exprimate în unități SI. Calculați impulsul corpului după 0,2 s de la începutul mișcării.

6. În figură este reprezentată traiectoria mișcării unui corp aruncat sub un unghi față de orizont. În care punct al traiectoriei energia potențială a corpului în câmpul gravitațional al Pământului este minimă?

7. Ce număr de molecule conțin doi moli de azot  $N_2$ ? Constanta lui Avogadro se va considera egală cu  $6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

8. Într-un cilindru închis cu piston mobil se află gaz ideal. În grafic este reprezentată dependența volumului gazului de temperatura absolută. În care stare presiunea gazului are cea mai mare valoare?

9. În figură sunt reprezentate graficele proceselor de modificare a stării unui gaz ideal. Indicați graficul ce corespunde răcirii izocore a gazului.

10. Scrieți expresia care definește concentrația moleculelor unui corp. Se cunosc:  $N_A$  – constanta lui Avogadro,  $\nu$  – cantitatea de substanță,  $m$  – masa corpului,  $V$  – volumul corpului,  $N$  – numărul de molecule din corp,  $M$  – masa

molară a substanței corpului.

11. Două bile mari metalice identice, încărcate cu sarcini electrice egale în modul dar de semne opuse, sunt puse în contact, apoi readuse în pozițiile inițiale. Indicați sarcinile bilelor după separarea lor în lipsa unui câmp

electric exterior.

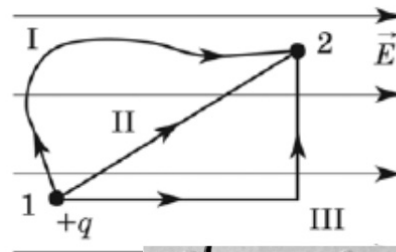
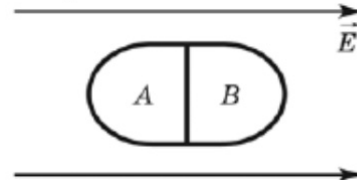
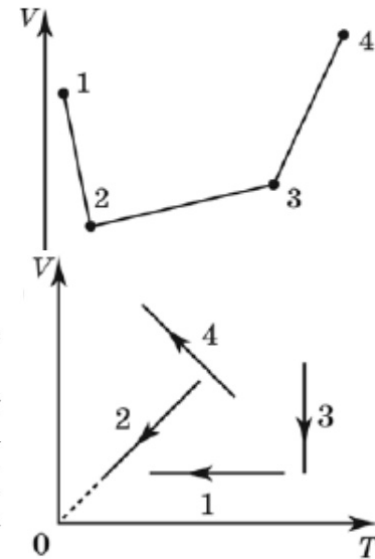
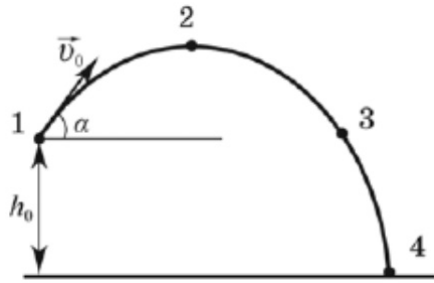
12. Un corp din substanță dielectrică a fost introdus în câmp electric omogen, al cărui vector de intensitate este orientat ca în figură. După aceasta porțiunile A și B ale corpului sunt separate una de alta. Care vor fi sarcinile electrice ale porțiunilor după separare?

13. Un corp punctiform, încărcat cu sarcină electrică pozitivă, se deplasează în câmp electric omogen din punctul 1 în punctul 2 pe traiectoriile I, II și III, reprezentate în figură. Continuați corect afirmația: lucrul forțelor câmpului electric ce acționează asupra unui corp punctiform electrizat la deplasarea acestuia ...

14. Determinați valoarea unei diviziuni a aparatului de măsură din imagine.

15. Cât va dura electroliza unei soluții de cupru sulfurat, dacă electrozii utilizați sunt din cupru?

16. O particulă încărcată electric pătrunde într-un câmp magnetic omogen de inducție  $\vec{B}$  cu viteza  $\vec{v}$  orientată perpendicular pe liniile magnetice și continuă mișcarea pe un cerc de rază  $R$ . Stabiliți expresia care permite calcularea sarcinii specifice a acestei particule (raportul dintre sarcina electrică și masă).



17. Un corp suspendat de un fir efectuează oscilații libere între punctele A și B (vezi figura). Indicați direcția și sensul accelerației corpului în punctul B. Amortizarea oscilațiilor se neglijează.

18. Coordonata corpului ce oscilează armonic de-a lungul axei OX variază conform legii  $x = 0,9 \sin(3t)$ , în care toate mărimile sunt exprimate în SI. Determinați frecvența de oscilație a accelerației corpului.

19. Pendulul unui ceasornic de perete oscilează cu frecvența de 2 Hz. De câte ori energia potențială a pendulului atinge valoarea maximă într-un minut?

20. Continuați corect afirmația: particula încărcată NU emite unde electromagnetice în vid, dacă ea ...

21. Care din săgețile marcate în figură cu cifre este imaginea săgeții AB în oglinda plană?

22. Scrieți formula care permite, în acord cu postulatele lui Bohr, să se calculeze frecvența radiației electromagnetice emise la trecerea atomului din starea excitată cu energia  $E_1$

în starea fundamentală cu energia  $E_0$  ( $c$  – viteza luminii în vid,  $h$  – constanta lui Planck).

23. Care este denumirea intervalului de unde electromagnetice învecinate cu cele de lumină, corespunzătoare fotonilor cu energii mai mici?

24. Calculați energia de repaus a corpului cu masa de 60 kg. Pentru viteza luminii în vid se va lua valoarea de  $3 \cdot 10^8$  m/s.

25. Scrieți ecuația ce exprimă emisia particulelor  $\alpha$  în reacția nucleară care se produce în urma bombardării cu protoni a unei ținte de aluminiu ( ${}_{13}^{27}\text{Al}$ ).

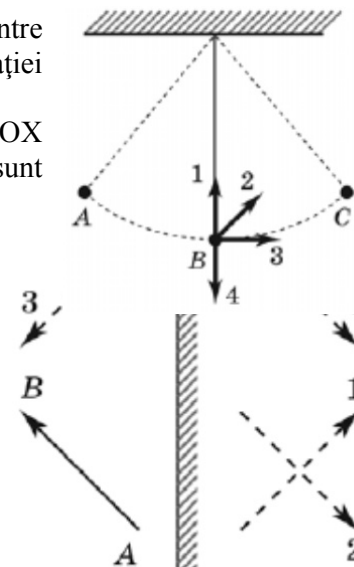
26. Stabiliți corespondența dintre denumirea mărimii fizice și expresia matematică ce permite calcularea ei.

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| 1. Căldura specifică a substanței  | A. $\frac{Q}{m}$            |
| 2. Căldura specifică de topire a unei substanțe cristaline                   | B. $\lambda \cdot \Delta T$ |
| 3. Variația energiei interne la variația temperaturii prin schimb de căldură | C. $\frac{Q}{m\Delta T}$    |
| 4. Randamentul mașinii termice reale   | D. $cm\Delta T$             |
|  | E. $1 - \frac{Q_2}{Q_1}$    |

27. Stabiliți corespondența dintre mărimile fizice și notațiile lor (sau expresiile matematice).

- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| 1. Variația intensității curentului electric             | A. $\frac{\Delta I}{\Delta t}$    |
| 2. Viteza de variație a intensității curentului electric | B. $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ |
| 3. Variația fluxului magnetic                            | C. $\Delta I$                     |
| 4. Viteza de variație a fluxului magnetic                | D. $\Delta S$                     |
|  | E. $\Delta \Phi$                  |

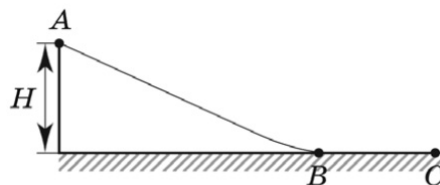
28. Două grupuri de turiști au pornit simultan din două localități, unul în întâmpinarea celuilalt. Ele s-au întâlnit la ora 12 a aceleiași zile și, fără a se opri, fiecare grup și-a continuat



## 28 Probleme, concursuri, olimpiade

mișcarea în sensul inițial, cu aceeași viteză medie. Determinați ora la care grupurile au părăsit localitățile, dacă se știe că un grup a ajuns în localitatea din care a plecat celălalt la orele 16, iar grupul al doilea a ajuns în localitatea din care a plecat primul la ora 21. Mișcărilor ambelor grupuri se consideră rectilinii uniforme. În răspuns va fi indicat numărul de ore.

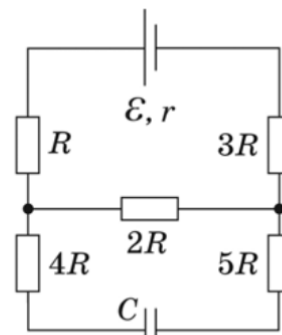
29. Un copil coboară cu săniuța de pe vârful unui derdeluș de gheață (punctul A), parcurge o distanță de 40 m pe porțiunea orizontală BC și se oprește în punctul C (vezi figura). Masa copilului împreună cu săniuța este egală cu 60 kg. Determinați înălțimea  $H$  a derdelușului (în metri), dacă pe porțiunea AB forța de rezistență opusă mișcării poate fi neglijată, iar pe porțiunea orizontală BC forța de rezistență este egală cu 60 N. Considerați  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .



30. Într-un vas metalic având masa egală cu 200 g au fost turnate 150 g de apă și introdusă o bucată de gheață având temperatura de  $0^\circ \text{C}$ . Temperatura inițială a vasului cu apă era egală cu  $25^\circ \text{C}$ . La stabilirea echilibrului termic temperatura apei în vasul metalic a devenit egală cu  $5^\circ \text{C}$ . Calculați masa gheții (în kilograme). Căldura specifică a metalului din care e făcut vasul este egală cu  $410 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ , căldura specifică a apei este de  $4200 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ , căldura specifică de topire a gheții este  $3,35 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$ . Pierderile de căldură de către vasul metalic cu apă se vor neglija.

31. Un motor termic efectuează într-un ciclu un lucru egal cu 25 J și transmite răcitorului o cantitate de căldură de 75 J. Calculați randamentul motorului termic (în procente).

32. Calculați energia condensatorului din schema reprezentată în figură, dacă capacitatea lui electrică  $C = 0,5 \mu\text{F}$ . Tensiunea electromotoare a sursei este egală cu 10 V, rezistența interioară a ei  $r = 10 \Omega$  și  $R = 10 \Omega$ . Înscrisați rezultatul în microjouli.

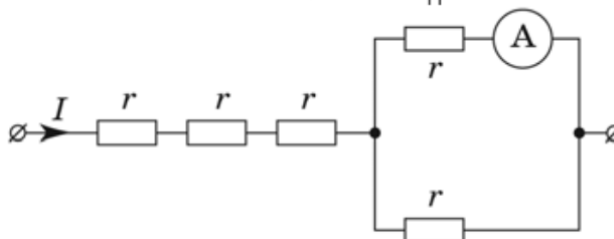


33. Intensitatea curentului electric continuu care circulă prin porțiunea de circuit reprezentată în figură,  $I = 9 \text{ A}$ .

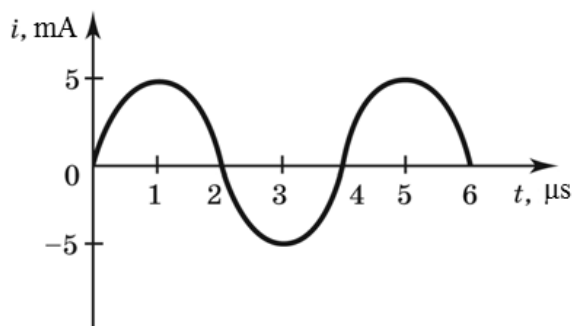
Calculați intensitatea curentului (în amperi) indicată de ampermetru.

Rezistența ampermetrului se neglijează.

34. Intensitatea curentului electric într-o bobină de inductanță de 0,8 H crește uniform cu timpul astfel încât în aceasta se induce o tensiune electromotoare de inducție, a cărei valoare este de 1,2 V. Cu cât crește intensitatea curentului într-o secundă? Scrieți răspunsul în amperi.



35. În figură este reprezentat graficul care exprimă dependența de timp a intensității curentului electric într-un circuit oscilant, în care au loc oscilații libere. Calculați care ar fi perioada oscilațiilor în circuit, dacă capacitatea electrică a condensatorului s-ar măări de 4 ori. Scrieți răspunsul în microsecunde.



36. Convergența (puterea optică) obiectivului unui aparat de proiecție este egală cu 5,25 dioptrii ( $\text{m}^{-1}$ ). Ecranul se află la distanța de 4 m

de la obiectiv. Determinați înălțimea minimă a ecranului pe care încape imaginea completă a unui obiect cu înălțimea de 6 cm. Scrieți răspunsul în metri.

37. Determinați intervalul de timp în care lumina ajunge de la suprafața oceanului până la fundul lui aflat la adâncimea de 450 m. Indicele de refracție al apei este egal cu  $4/3$ . Viteza luminii în vid este egală cu  $3 \cdot 10^8$  m/s. Scrieți răspunsul în microsecunde.

**RĂSPUNSURI**

**1.** 5 m; **2.** 0-10 s; **3.**  $1 \text{ m/s}^2$ ; **4.** 4; **5.** 0; **6.** 4; **7.**  $12 \cdot 10^{23}$ ; **8.** 3; **9.** 1; **10.**  $N/V$ ; **11.** după separare bilele au sarcini electrice nule; **12.** sarcinile porțiunilor A și B după separarea lor sunt nule; **13.** este același pe toate traiectoriile; **14.** 0,2 V; **15.** până la dispariția (descompunerea) anodului din cupru; **16.**  $\frac{q}{m} = \frac{v}{RB}$ ; **17.** 1; **18.**  $3/(2\pi)$  Hz; **19.** de 240 de ori; **20.** se mișcă rectiliniu uniform; **21.** 1; **22.**  $\nu = (E_1 - E_0)/h$ ; **23.** infraroșu; **24.**  $5,4 \cdot 10^{18}$  J; **25.**  ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_1^1\text{p} \rightarrow {}_{12}^{24}\text{Y} + {}_2^4\text{He}$ ; **26.** 1 → C, 2 → A, 3 → D, 4 → E; **27.** 1 → C, 2 → A, 3 → E, 4 → B; **28.** ora 6; **29.** 4 m; **30.** 0.04 kg; **31.** 25 %; **32.** 2,56 μJ; **33.** 4,5 A; **34.** 1,5 A; **35.** 8 μs; **36.** 1,2 m. **37.** 2 μs.

*Primit la redacție: 16 septembrie 2011*

## **A 42-A OLIMPIADĂ INTERNAȚIONALĂ DE FIZICĂ (42<sup>ND</sup> IPHO, 10-18 IULIE 2011, BANGKOK, THAILANDA**

În perioada 10–18 iulie 2011, la Bangkok, Thailanda, s-a desfășurat ediția a 42-a a Olimpiadei Internaționale de Fizică, la care au participat 395 de elevi din 85 de țări, însoțiți de 158 de conducători ai elevilor, 79 de observatori și 23 de vizitatori.

Republica Moldova a fost reprezentată de o echipă formată din 5 elevi. Conducătorul academic al echipei - conf.univ. dr.habil. Evtodiev Igor, Facultatea de Fizică a Universității de Stat din Moldova. Echipa a fost însoțită de dl Victor Păgănu, consultant la Ministerul Educației. La această olimpiadă elevii moldoveni au obținut 5 medalii, inclusiv o medalie de argint:

1. Zanoci Cristian (clasa X, LT “Orizont”, Chișinău) - Medalie de Argint
2. Zbirnea Alexei (clasa XII, LT “Orizont”, Chișinău) - Medalie de Bronz
3. Popanu Ilie (clasa X, LT “Dimitrie Cantemir”, Chișinău) - Medalie de Bronz
4. Toloacă Ion (clasa XI, LT “Mircea Eliade”, Chișinău) - Medalie de Bronz
5. Cheian Dinis (clasa XI, LT “Orizont”, Chișinău) - Medalie de Bronz

Foto 1. De la stânga la dreapta: Victor Păgănu, Ministerul Educației; Ghid, Thailanda; Ion Toloacă, LT “Mircea Eliade”; Dinis Cheian, LT “Orizont”; Cristian Zanoci, LT “Orizont”; Alexei Zbirnea, LT “Orizont”; Ilie Popanu, LT “Dimitrie Cantemir”; Ghid, Thailanda; Igor Evtodiev, USM.

Foto 2. De la stânga la dreapta: Igor Evtodiev, USM; Ion Toloacă, LT “Mircea Eliade”; Dinis Cheian, LT “Orizont”; Cristian Zanoci, LT “Orizont”; Ghid, Thailanda; Alexei Zbirnea, LT “Orizont”; Ilie Popanu, LT “Dimitrie Cantemir”; Victor Păgănu, Ministerul Educației.

Republica Moldova participă la Olimpiadele Internaționale de Fizică, începând cu a 26-a ediție (Canberra, Australia, 1995) și la Olimpiadele Internaționale de Științe pentru Juniori (*Fizică, Chimie, Biologie*) de la prima ediție (Jakarta, Indonesia, 2004). Din anul 2004 și până în prezent Lotul Național Olimpic este pregătit și condus de către conf. univ. dr. habil. Igor Evtodiev (Universitatea de Stat din Moldova).

Pe parcursul celor 20 de ani de independență ai Republicii Moldova, olimpicii fizicieni au obținut 41 de medalii la Olimpiadele Internaționale de Fizică și la Olimpiadele Internaționale de Științe (Fizică, Biologie, Chimie) pentru Juniori, inclusiv 3 Medalii de Aur, 11 Medalii de Argint, 27 Medalii de Bronz și 22 de Mențiuni de Onoare. Majoritatea din ele (3 - Aur, 10 - Argint, 27 - Bronz și 12 Mențiuni de Onoare) au fost câștigate după ce în 2004 Lotul Olimpic a început să fie pregătit și condus de către dl Igor Evtodiev.

Performanțele înalte ale olimpicilor moldoveni pe parcursul ultimilor ani sunt rezultatul unor pregătiri speciale realizate în laboratoarele Facultății de Fizică ale Universității de Stat din Moldova. Programele de pregătire sunt coordonate de către conf. univ. dr. habil. Igor Evtodiev, director al Laboratorului „Fotonică și Metrologie Fizică”, și realizate în colaborare cu laborantele Vera Secieru, Silvia Postolache, Oxana Udalova și Ludmila Damian.

Material pregătit de Igor Evtodiev și Stefan D. Tiron

1. O problemă cu trei corpuri și LISA

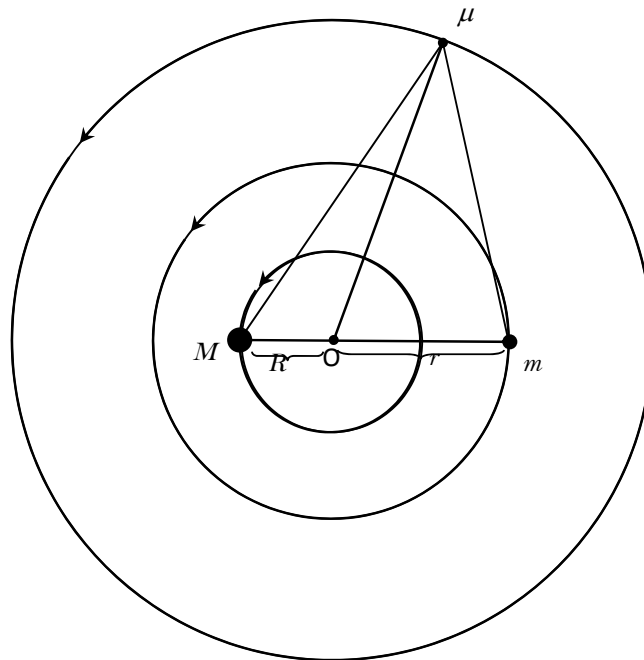


FIGURA 1. Orbitale coplanare pentru trei corpuri.

1.1. Două corpuri cu mase  $M$  și  $m$  se mișcă pe orbite circulare de raze  $R$  și respectiv  $r$ , gravitând în jurul centrului lor de masă. Determină viteza unghiulară  $\omega_0$  a liniei care unește corpurile de mase  $M$  și  $m$  în funcție de  $R, r, M, m$  și de constanta atracției gravitaționale  $G$ .

[1,5 puncte]

1.2. Un al treilea corp de masă infinit mică  $m$  se află în planul în care orbitează corpurile de mase  $M$  și  $m$ . Cel de-al treilea corp este plasat pe o orbită circulară cu centrul în centrul de masă al sistemului astfel încât  $m$  rămâne staționar în raport cu  $M$  și  $m$  așa cum se vede în figura 1. Presupune că obiectul cu masa infinit de mică,  $m$ , nu este coliniar cu  $M$  și  $m$ . Determină următoarele distanțe exprimate în funcție de  $R$  și  $r$ :

[3,5 puncte]

- 1.2.1. Distanța de la  $m$  până la  $M$ .
- 1.2.2. Distanța de la  $m$  până la  $m$ .
- 1.2.3. Distanța de la  $m$  până la centrul de masă.

1.3. Consideră cazul în care  $M = m$ . Dacă masei  $m$  i se imprimă acum o mică perturbație radială (de-a lungul lui  $Om$ ), care este pulsația oscilației corpului cu masa  $m$  față de poziția neperturbată, în funcție de  $\omega_0$ ? Presupune că momentul cinetic al corpului cu masa  $m$  se conservă.

[3,2 puncte]

LISA - the Laser Interferometry Space Antenna – este un grup de trei nave cosmice identice destinate detecției undelor gravitaționale de joasă frecvență. Fiecare dintre aceste trei nave spațiale este plasată într-unul dintre vârfurile unui triunghi echilateral – așa cum este arătat în

## 32 Probleme, concursuri, olimpiade

figurile 2 și 3. Laturile (sau „brațele”) au lungimea de circa 5,0 milioane de kilometri. Grupul LISA se deplasează în jurul Soarelui pe o orbită apropiată de aceea a Pământului fiind în urma acestuia cu un unghi de  $20^\circ$ . Fiecare dintre navele spațiale se mișcă pe o orbită individuală, ușor înclinată, în jurul Soarelui. De fapt, cele trei nave spațiale par să se rotească în jurul centrului lor comun efectuând o rotație pe an.

Cele trei nave spațiale transmit și primesc continuu semnale laser una către alta. Ca ansamblu, ele pot detecta undele gravitaționale, măsurând micile variații ale lungimilor brațelor folosind metode interferometrice. Ciocniri între obiecte masive cum ar fi găurile negre sau galaxii învecinate reprezintă exemple de surse de unde gravitaționale.

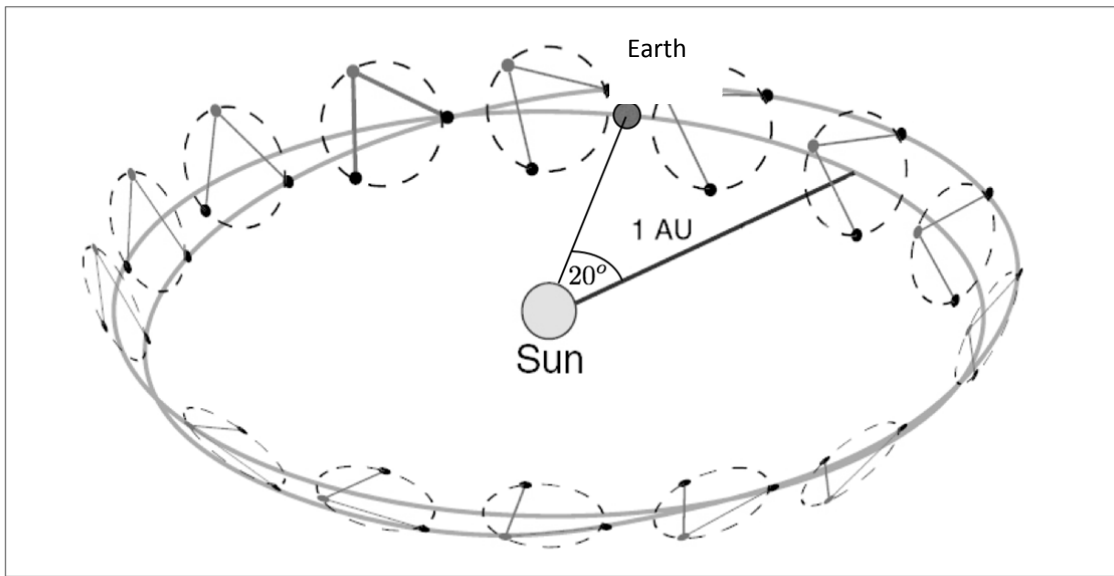


FIGURA 2. Ilustrare a orbitei pentru LISA. Cele trei nave spațiale se rotesc în jurul centrului lor de masă într-o mișcare având perioada de 1 an. Inițial ele se află în urma Pământului cu un unghi de  $20^\circ$ . (Picture from D.A. Shaddock, “An Overview of the Laser Interferometer Space Antenna”, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 2009, **26**, pp.128-132.).

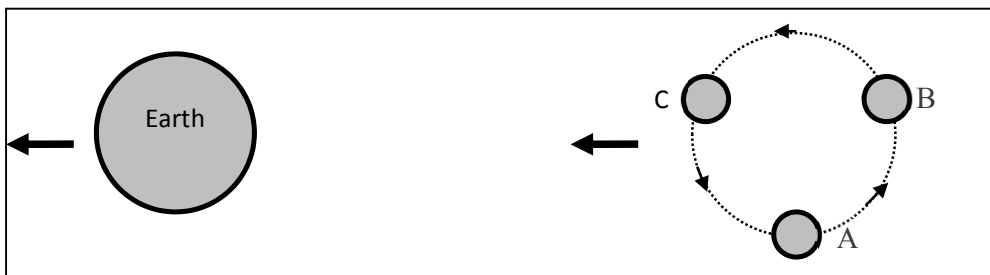


FIGURA 3. Vederea mărită a celor trei nave spațiale care se află în urma Pământului. A, B și C sunt cele trei nave spațiale dispuse în vârfurile unui triunghi echilateral.



**1.3.1.** Care este viteza relativă a unei nave față de alta, în planul care conține cele trei nave spațiale? **[1,8 puncte]**

**2. Un balon de săpun electrizat**

Un balon sferic de săpun lichid, cu raza  $R_0$ , conține aer cu densitatea  $r_i$ , la temperatura  $T_i$ . Balonul se află în aer cu densitatea  $r_a$ , la presiunea atmosferică  $P_a$  și la temperatura  $T_a$ . Pelicula de săpun are coeficientul de tensiune superficială  $g$ , densitatea  $r_s$  și grosimea  $t$ . Consideră că masa peliculei de săpun și coeficientul de tensiune superficială pentru săpun nu se schimbă la variația temperaturii. Presupune că  $R_0 \gg t$ .

Energia suplimentară  $dE$ , necesară pentru a crește aria interfeței aer – peliculă de săpun cu  $dA$ , este dată de  $dE = g dA$ , unde  $g$  este coeficientul de tensiune superficială al peliculei.

**2.1** DDetermină raportul  $\frac{r_i T_i}{r_a T_a}$  în funcție de  $g$ ,  $P_a$  și  $R_0$ . **[1,7 puncte]**

**2.2** CCalculează valoarea numerică a expresiei  $\frac{r_i T_i}{r_a T_a} - 1$  folosind  $g = 0,0250 \text{ Nm}^{-1}$ ,  $R_0 = 1,00 \text{ cm}$  și  $P_a = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Nm}^{-2}$ . **[0,4 puncte]**

**2.3** LLa formare balonul conține aer mai cald decât aerul atmosferic. Calculează valoarea numerică minimă a temperaturii  $T_i$  astfel încât balonul să plutească în aerul nemișcat. Folosește  $T_a = 300 \text{ K}$ ,  $r_s = 1000 \text{ kgm}^{-3}$ ,  $r_a = 1,30 \text{ kgm}^{-3}$ ,  $t = 100 \text{ nm}$  și  $g = 9,80 \text{ ms}^{-2}$ . **[2,0 puncte]**

După un timp de la formarea sa, balonul de săpun va fi în echilibru termic, cu mediul înconjurător. În această situație, balonul va coborî în aerul nemișcat.

**2.4** DDetermină viteza minimă  $u$  a unui curent ascendent de aer care blochează căderea balonului aflat la echilibru termic cu mediul înconjurător. Exprimă răspunsul în funcție de  $r_s$ ,  $R_0$ ,  $g$ ,  $t$  și de coeficientul de vâscozitate al aerului  $h$ . Presupune că viteza este suficient de mică pentru a se putea folosi legea Stokes și neglijează modificarea razei balonului, atunci când temperatura scade sub valoarea de echilibru. Expresia modulului forței de rezistență la înaintare conform legii Stokes este  $F = 6phR_0u$ . **[1,6 puncte]**

**2.5** CCalculează valoarea numerică pentru viteza  $u$  folosind  $h = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ kgm}^{-1} \text{ s}^{-1}$ . **[0,4 puncte]**

Calcululele pe care le-ai efectuat sugerează că termenii care conțin coeficientul de tensiune superficială  $g$  influențează foarte puțin acuratețea rezultatului. La toate întrebările care urmează neglijează termenii care conțin coeficientul de tensiune superficială.

### 34 Probleme, concursuri, olimpiade

2.6 DDacă balonul de săpun este încărcat uniform cu sarcina electrică totală  $q$ , dedu o ecuație care descrie noua rază  $R_1$  a balonului de săpun încărcat electric ca funcție de  $R_0, P_a, q$  și de permitivitatea dielectrică a vidului  $\epsilon_0$ . **[2,0 puncte]**

2.7 PPresupune că sarcina electrică totală a balonului nu este prea mare (adică  $\frac{q^2}{\epsilon_0 R_0^4} \ll P_a$ ) astfel încât balonul de săpun suferă doar o creștere mică  $DR$  a razei sale. Determină expresia creșterii razei  $DR$  unde  $R_1 = R_0 + DR$ . Consideră cunoscut că  $(1 + x)^n \approx 1 + nx$  unde  $x \ll 1$ . **[0,7 puncte]**

2.8 CCare ar trebui să fie expresia mărimii sarcinii electrice totale  $q$  ca funcție de  $t, r_a, r_s, \epsilon_0, R_0, P_a$  astfel încât balonul de săpun să plutească nemișcat în aerul imobil? Calculează valoarea numerică a sarcinii electrice totale  $q$ . Permitivitatea dielectrică a vidului este  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  farad/m. **[1,2 puncte]**

### 3. Pentru comemorarea centenarului modelului Rutherford pentru nucleul atomic: împrăștierea unui ion pe un atom neutru

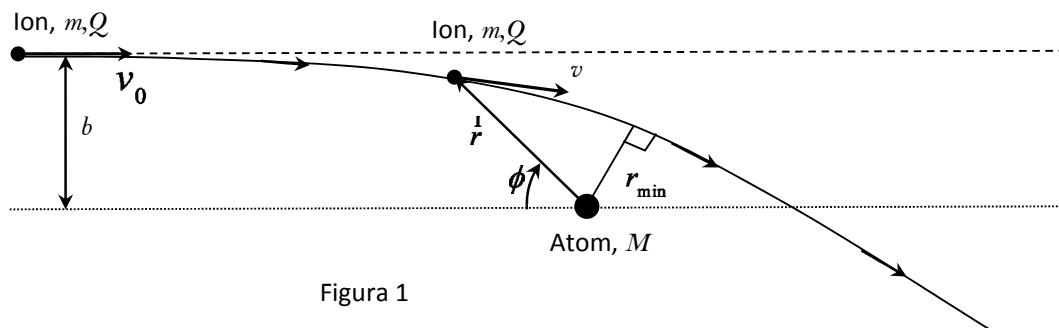


Figura 1

Un ion cu masa  $m$  și sarcina electrică  $Q$ , se deplasează cu o viteză inițială  $v_0$  nerelativistă, de la o distanță mare până în vecinătatea unui atom neutru cu masa  $M \gg m$  și polarizabilitatea electrică  $a$ . Parametrul de ciocnire este  $b$  așa cum este ilustrat în figura 1.

Atomul este polarizat instantaneu de câmpul electric ( $\vec{E}$ ) al ionului care se apropie. Momentul electric de dipol rezultat pentru atomul polarizat este  $\vec{p} = a\vec{E}$ . În această problemă neglijează orice pierdere de energie prin radiație.

3.1 Determină intensitatea câmpului electric ( $\vec{E}_p$ ), de-a lungul direcției momentului  $\vec{p}$ , la distanța  $r$  de originea O (figura 2). **[1,2 puncte]**

$$p = 2aq, \quad r \approx a$$

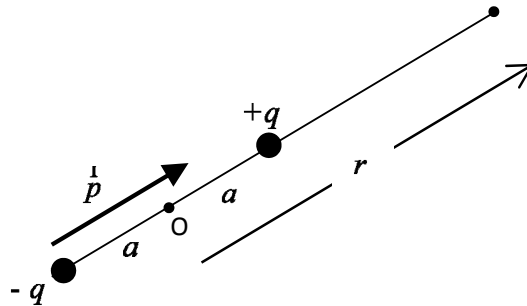


FIGURA 2

3.2 Dedu expresia forței  $\vec{f}$  care acționează asupra ionului datorită atomului polarizat. Arată că această forță este atractivă, indiferent de semnul sarcinii electrice a ionului.

[3,0 puncte]

3.3 Care este expresia energiei potențiale electrice datorată interacțiunii ion-atom, ca funcție de  $a, Q$  și  $r$ ?

[0,9 puncte]

3.4. Determină expresia pentru distanța  $r_{\min}$  dintre ion și atom, corespunzătoare situației când atomul și ionul sunt cel mai apropiați unul de celălalt - ca în figura 1.

[2,4 puncte]

3.5. Dacă parametrul de ciocnire  $b$  este mai mic decât o valoare critică  $b_0$ , ionul se va apropia de atom pe o traiectorie spirală. În această situație ionul va fi neutralizat, în timp ce atomul se va încărca electric. Acest proces este cunoscut ca „interacțiune cu schimb de sarcină”. Care este aria secțiunii eficace  $A = pb_0^2$  a acestei ciocniri “cu schimb de sarcină”, așa cum este resimțită de ion?

[2,5 puncte]

### 1. Cutie neagră electrică: Senzor de deplasare capacitiv

Un condensator cu capacitatea electrică  $C$  este componentă a unui oscilator de relaxare, având frecvența de oscilație  $f$ . Relația dintre frecvența  $f$  și capacitatea  $C$  este:

$$f = \frac{a}{C + C_s}$$

unde  $a$  este o constantă și  $C_s$  este capacitatea parazită datorată circuitelor. Frecvența  $f$  poate fi urmărită folosindu-se un frecvențmetru digital.

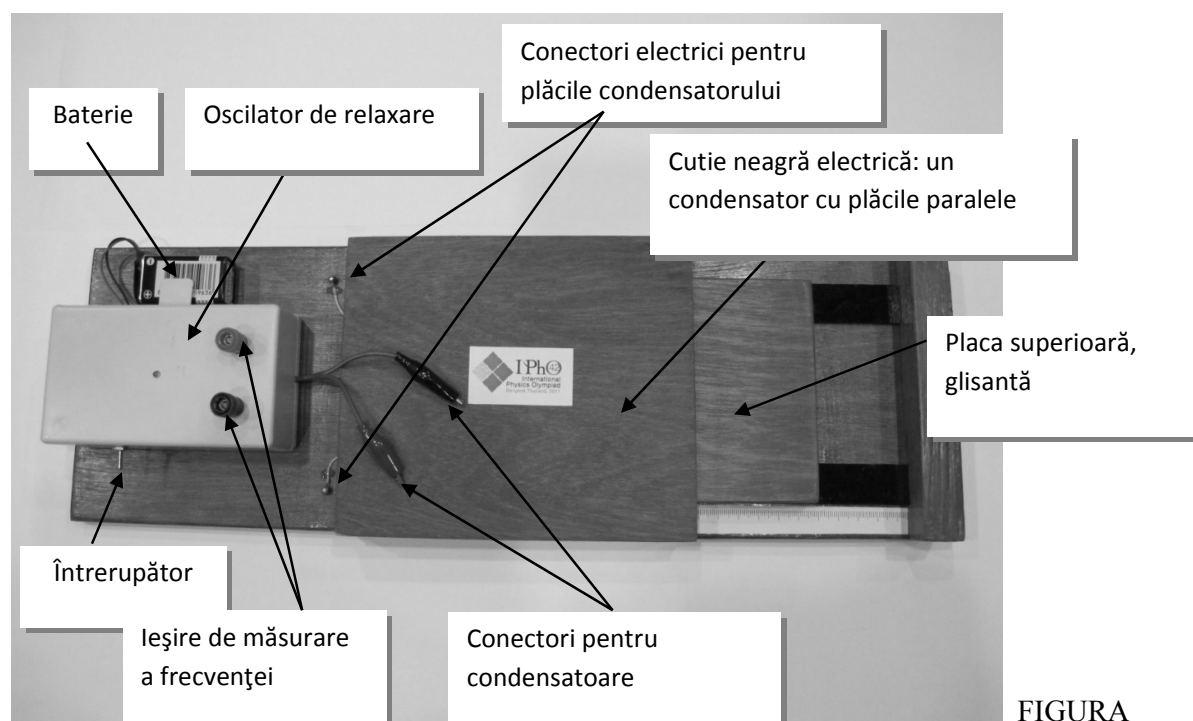
## 36 Probleme, concursuri, olimpiade

Cutie neagră electrică dată în acest experiment este un condensator plan cu armături paralele. Fiecare armătură are forma unui „pieptene” cu dinți mici, identici, având aceeași formă geometrică. Valoarea capacității electrice  $C$  poate fi modificată prin deplasarea pe orizontală a armăturii superioare față de armătura inferioară. Între cele două armături se află o foaie de material dielectric.

**Echipe pentru experiment:** un oscilator de relaxare, un multimetru digital pentru măsurarea frecvenței oscilatorului de relaxare, un set de condensatoare cu capacități electrice cunoscute, o cutie neagră electrică și o baterie.

**Atenționare:** verifică tensiunea bateriei și dacă aceasta este mai mică decât 9 V, solicită o baterie nouă.

**Nu uita să pornești oscilatorul, poziționând adecvat întrerupătorul acestuia.**



FIGURA

1

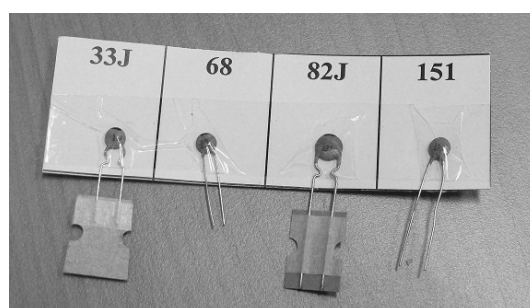


FIGURA 2 Condensatoare



Poziția selectorului de funcții pentru măsurări de frecvență

TABELUL 1 Valorile nominale ale capacităților condensatoarelor Codul	Valoarea capacității (pF)
33J	$34 \pm 1$
68	$68 \pm 1$
82J	$84 \pm 1$
151	$150 \pm 1$

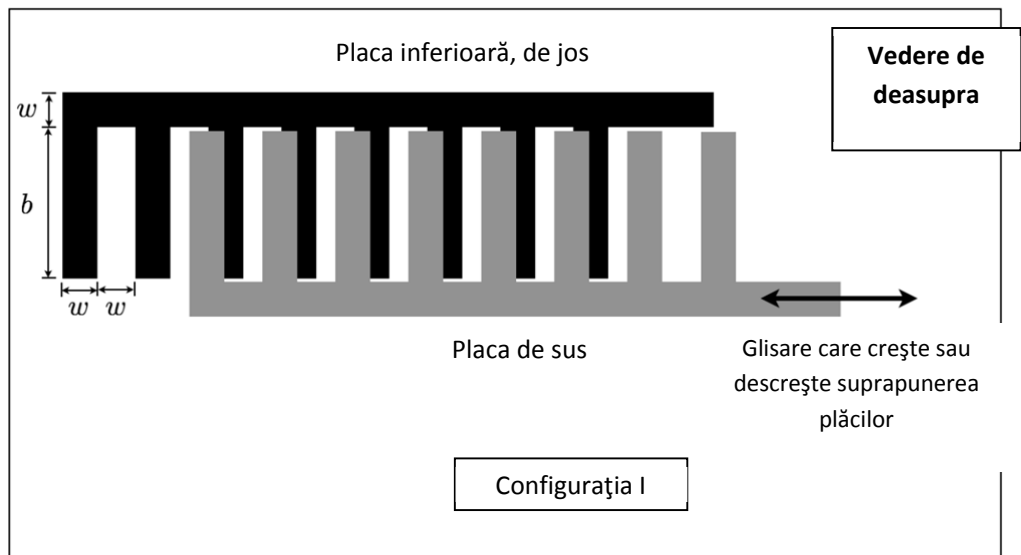
FIGURA 3 Multimetricu digital pentru măsurarea frecvenței

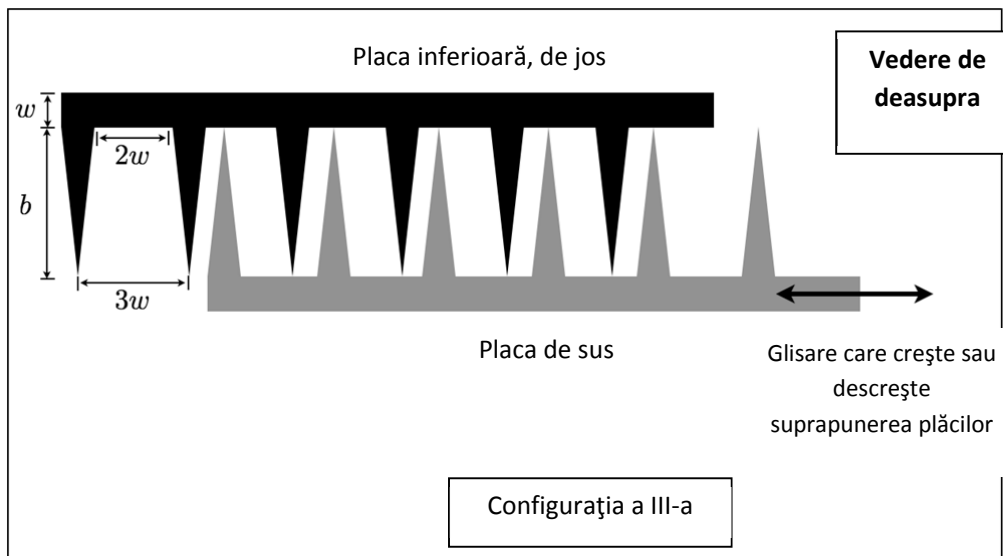
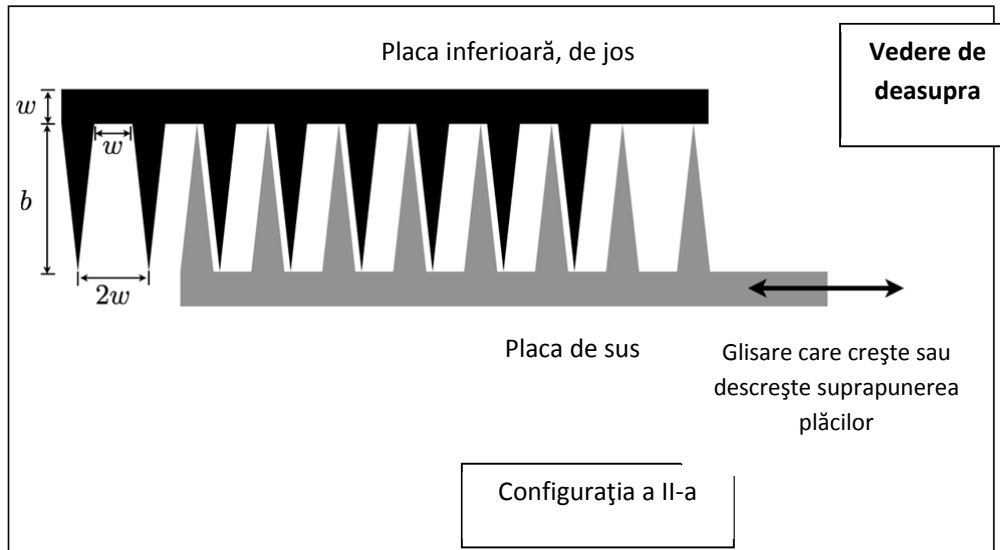
**Partea 1. Calibrarea**

Măsoară frecvența  $f$  folosind condensatoarele cu capacitatea electrică cunoscută, care ți-au fost furnizate. Trasează o reprezentare grafică adecvată pentru a determina valorile pentru  $a$  și  $C_s$ . Nu se cere o analiză de erori. **[3,0 puncte]**

**Partea a 2-a. Determinarea geometriei condensatorului cu armături paralele. [6,0 puncte]**

Se dau trei configurații posibile ale geometriei condensatorului – marcate prin Configurația I, Configurația II, Configurația III – ca mai jos:





Pentru fiecare configurație schițează calitativ graficul așteptat al dependenței capacității electrice  $C$  de poziția plăcii superioare. Scrie pe axa  $Ox$  numele (semnificația) mărimii reprezentate pe această axă. Apoi măsoară frecvența  $f$  pentru diferite poziții ale plăcii superioare. Trasează grafice adecvate și din aceste grafice determină configurația condensatorului cu plăci plane, paralele și dimensiunile sale caracteristice (valorile pentru  $b$  și  $w$ ). Distanța ( $d$ ) dintre placa („pieptenele”) de sus și placa de jos este de 0,20 mm. Foaia dielectrică dintre plăci are permitivitatea dielectrică relativă  $K = 1,5$ . Permitivitatea dielectrică a vidului este  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$ . Nu se cere analiza erorilor.

**Partea a 3-a. Rezoluția șublerului digital**

**[1,0 puncte]**

Dacă se modifică poziția relativă a armăturilor paralele, atunci se modifică și capacitatea electrică într-un mod specific. Montajul poate fi folosit ca șubler digital pentru măsurarea lungimii.

Dacă se folosește condensatorul cu plăci paralele studiat în acest experiment ca șubler digital, estimează din datele experimentale obținute în Partea a doua rezoluția sa: cea mai mică distanță care poate fi măsurată, pentru o valoare a frecvenței  $f \gg 5 \text{ kHz}$ . Nu se cere o estimare a erorilor pentru rezultatul final.

## 2. Cutie neagră: cilindru cu o bilă în interior

O bilă cu masa  $m$  este fixată la distanța  $z$  sub capătul superior al unui cilindru lung, gol în interior, de masă  $M$ . Perpendicular pe axul central al cilindrului sunt date mai multe găuri care intersectează axul central. Aceste găuri servesc pentru montarea cilindrului, astfel încât acesta să poată fi atârnat și să se poată roti în plan vertical.

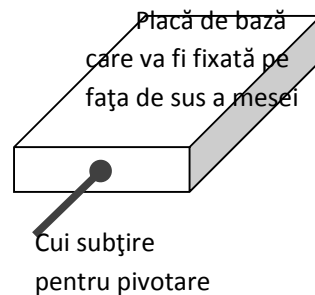
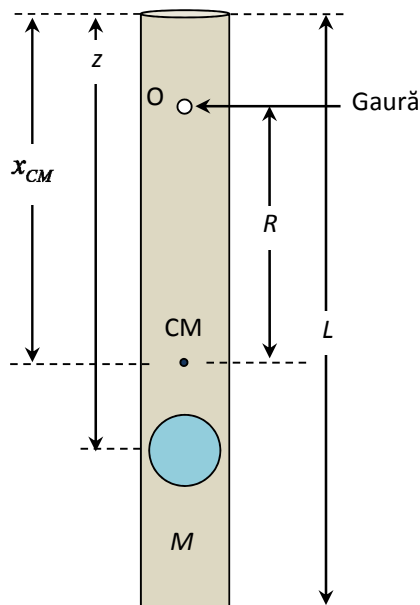
Ți se cere să efectuezi măsurări nedistructive, necesare pentru a determina efectiv valoarea numerică a următoarelor mărimi - inclusiv a erorilor lor estimate:

Poziția centrului de masă al cilindrului cu bila în interior.

Desenează o schemă a montajului experimental folosit pentru determinarea centrului de masă. [1,0 puncte]

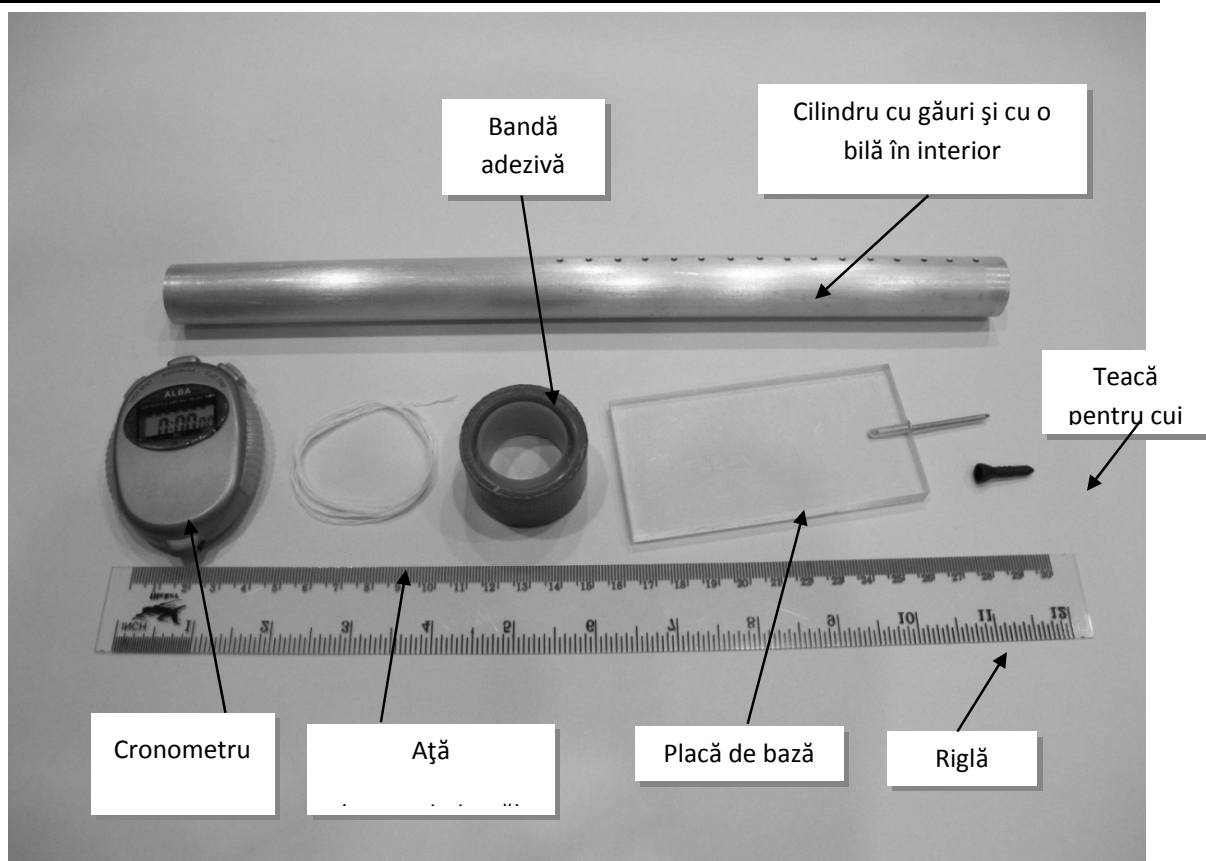
- i. Distanța  $z$ . [3,5 puncte]
- ii. Raportul  $\frac{M}{m}$ . [3,5 puncte]
- iii. Accelerația gravitațională  $g$ . [2,0 puncte]

**Echipe pentru experiment:** un cilindru cu găuri în interiorul căruia se află o bilă, o placă de bază cu un cui subțire, o teacă de protecție pentru cui, o riglă, un cronometru, un fir de ață, un creion și rolă de bandă adezivă.



$x_{CM}$  este distanța de la capătul de sus al cilindrului la centrul de masă.

$R$  este distanța de la punctul de pivotare la centrul de masă.



**Atenție:** Cuiul este ascuțit. Pentru securitate, acoperă cuiul cu teaca, atunci când nu-l folosești.

### **Informații utile:**

1. Pentru pendulul fizic din problemă,  $\{(M + m)R^2 + I_{CM}\} \frac{d^2\theta}{dt^2} \approx -g(M + m)R\theta$ , unde  $I_{CM}$  este momentul de inerție al cilindrului cu corpul în raport cu centrul său de masă, iar  $\theta$  este deplasarea unghiulară.
2. Pentru un cilindru gol de lungime  $L$  și masă  $M$ , momentul de inerție față de axul de rotație perpendicular pe cilindru, dacă acest ax trece prin centrul de masă al cilindrului poate fi aproximat  $\frac{1}{3}M\left(\frac{L}{2}\right)^2$ .
3. Teorema axelor paralele are forma:  $I = I_{\text{centru de masă}} + M \cdot x^2$  unde  $x$  este distanța de la punctul de rotație la centrul de masă, iar  $M$  este masa totală a obiectului.
4. Corpul cilindric poate fi tratat ca un punct material localizat pe axul de simetrie central al cilindrului gol.
5. Presupune că cilindrul este uniform și că se neglijează masa capacelor acestuia.