

---

**Daniel - Ovidiu Crocnan**

---

*prof. gr. I dr.*

# FIZICĂ

manual pentru clasa a XI-a

## F1 + F2

**Filiera teoretică**

Profil real: Matematică - informatică  
Științe ale naturii

**Filiera tehnologică**

Calificări profesionale

**Filiera vocațională**

Profil militar: Matematică - informatică

## Cuprins

### Capitolul 1: Oscilații și unde mecanice

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1. Oscilatorul mecanic .....                                                                  | 5  |
| 1.1.1. Fenomene periodice. Procese oscilatorii în natură și în tehnică .....                    | 5  |
| 1.1.2. Mărimi caracteristice mișcării oscilatorii .....                                         | 9  |
| 1.1.3. Oscilații amortizate .....                                                               | 14 |
| 1.1.4. Modelul „oscilatorului armonic” .....                                                    | 16 |
| 1.1.5. Compunerea oscilațiilor paralele. <i>*Compunerea oscilațiilor perpendiculare</i> .....   | 24 |
| 1.2. Oscilatori mecanici cuplați .....                                                          | 28 |
| 1.2.1. Oscilații mecanice întreținute. Oscilații mecanice forțate .....                         | 28 |
| 1.2.2. Rezonanța .....                                                                          | 30 |
| 1.2.3. Consecințe și aplicații .....                                                            | 33 |
| 1.3. Unde mecanice .....                                                                        | 35 |
| 1.3.1. Propagarea unei perturbații într-un mediu elastic. Transferul de energie .....           | 35 |
| 1.3.2. Modelul „undă plană”. Periodicitatea spațială și temporală .....                         | 40 |
| 1.3.3. Reflexia și refracția undelor mecanice .....                                             | 44 |
| 1.3.4. Unde seismice .....                                                                      | 49 |
| 1.3.5. Interferența undelor mecanice. Unde staționare .....                                     | 53 |
| 1.3.6. Acustica .....                                                                           | 59 |
| 1.3.7. Difracția undelor mecanice – studiu calitativ .....                                      | 63 |
| 1.3.8. Ultrasunetele și infrasunetele. Aplicații în medicină, industrie, tehnică militară ..... | 64 |

### Capitolul 2: Oscilații și unde electromagnetice

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1. Circuitul RLC în curent alternativ .....                    | 68 |
| 2.2. Oscilații electromagnetice libere. Circuitul oscilant ..... | 82 |
| 2.3. Câmpul electromagnetic. Unda electromagnetică .....         | 89 |
| 2.4. Clasificarea undelor electromagnetice .....                 | 94 |
| 2.5. Aplicații .....                                             | 98 |

### Capitolul 3: Optica ondulatorie

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1. Dispersia luminii. <i>*Interpretare electromagnetică</i> ..... | 104 |
| 3.2. Interferența luminii .....                                     | 109 |
| 3.2.1. Dispozitivul Young .....                                     | 113 |
| 3.2.2. Interferența localizată. Aplicații .....                     | 118 |
| 3.3. <i>*Difracția luminii. Aplicații</i> .....                     | 123 |
| 3.4. <i>*Polarizarea luminii. Aplicații</i> .....                   | 127 |

### Capitolul 4: *\*Teoria haosului*

|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1. <i>*Determinism și predictibilitate. Condiții. Modele</i> .....                                 | 133 |
| 4.2. <i>*Determinism și în predictibilitate. Comportamentul haotic. Condiții</i> .....               | 140 |
| 4.3. <i>*Descrierea comportamentului haotic. Spațiul fazelor. Atractori clasici și stranii</i> ..... | 142 |
| 4.4. <i>*Elemente de geometrie fractală</i> .....                                                    | 150 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| Probleme recapitulative ..... | 155 |
|-------------------------------|-----|



- 1.1. Oscilatorul mecanic
- 1.2. Oscilatori mecanici cuplați
- 1.3. Unde mecanice



# Capitolul 1

## OSCILAȚII ȘI UNDE MECANICE

### 1.1.

### Oscilatorul mecanic

#### 1.1.1.

#### Fenomene periodice. Procese oscilatorii în natură și în tehnică

Fenomenele periodice sunt frecvent întâlnite în natură, ca de exemplu: orbitele electronilor în atom; mișcarea de revoluție a Pământului; rotația Pământului în jurul propriei axe; reapariția, o dată la 75 ani, a cometei Halley.

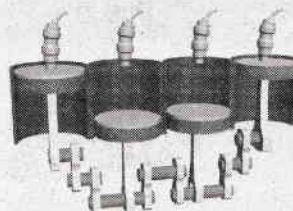
În cazul mișcării de rotație a Lunii în jurul Pământului este greu să ne imaginăm, indiferent cum am desena traiectoria acesteia, că, la un moment dat, poziția acesteia nu se va suprapune pe o poziție anterioară. Deoarece energia sa potențială, în acea situație, va fi aceeași cu cea pe care o avea la trecerea anterioară prin punctul respectiv, din legea conservării energiei rezultă că și energia sa cinetică va fi aceeași. Nici direcția de mișcare a Lunii nu poate fi aleasă la întâmplare deoarece momentul cinetic al acesteia trebuie, la rândul său, să se conserve. Din aplicarea celor două legi de conservare rezultă că mișcarea Lunii pe propria-i orbită este o mișcare periodică.

Legile de conservare menționate furnizează argumente privind existența fenomenelor periodice din univers.



**Fig. 1.**  
Mișcarea Lunii  
în jurul Pământului.

Nu toate fenomenele periodice care se referă la mișcarea unor corpuri conduc la traiectorii circulare sau eliptice ale acestora. Cine nu a urmărit mișcarea unei pendule, vibrațiile corzii unei chitare sau ale unui resort elastic? Cine nu a urmărit, pe scheme virtuale, deplasarea pistoanelor unui motor de automobil (fig. 2)?



**Fig. 2.**  
Pistoanele cilindrilor  
motorului unui automobil  
au mișcări oscilatorii.



Vibrațiile unui cristal de cuarț într-un ceasornic, vibrațiile produse de un flaut sau alt instrument de suflat, vibrațiile corzilor vocale când vorbim, toate sunt mișcări ce reflectă o anumită periodicitate. Aceste mișcări periodice poartă numele de **oscilații**.

### Dicționar

**Oscilație:** Mișcare periodică, alternativă a unui corp în raport cu o poziție particulară numită poziție de echilibru.

În fizică, oscilația are și accepțiunea de variație periodică a unei mărimi care caracterizează un sistem fizic.

**Oscilator:** Obiect sau sistem care are o mișcare oscilatorie.

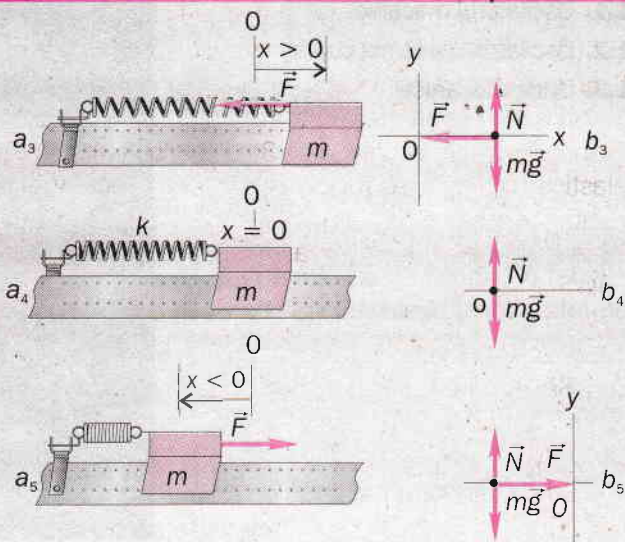
Oscilațiile au, potrivit definiției anterioare, două aspecte comune:

- mișcarea oscilatorie se desfășoară de o parte și alta a unei poziții de echilibru;
- mișcarea este periodică, se repetă după un anumit interval de timp.

Să urmărim mișcarea oscilatorie a câtorva sisteme simple.

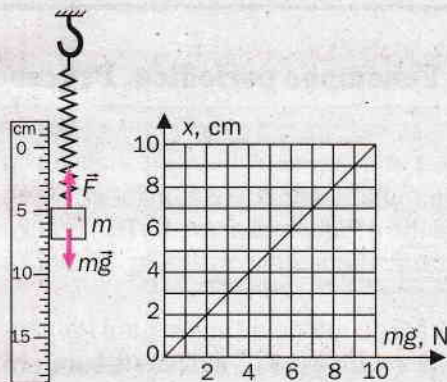
**A. Oscilatorul elastic.** Un corp de masă  $m$  legat la un punct fix prin intermediul unui resort elastic se deplasează pe un sistem de ghidare orizontal (fig. 3). Frecările sunt micșorate cu ajutorul suflantelor sistemului de ghidare prin care aerul pompat menține corpul într-o stare de imponderabilitate.

Prin comprimarea resortului (fig. 3a) în acesta apare o forță elastică ( $\vec{F}$ ). Dacă neglijăm frecările cu aerul, forța elastică este singura forță care acționează asupra sistemului pe direcție orizontală. În plan vertical, forța de atracție gravitațională ce acționează asupra corpului de masă  $m$  este echilibrată de forța datorată curenților de aer ascendenți eliberați prin suflante ( $\vec{N}$ ). Să urmărim pe diagrama forțelor (fig. 3b) ce se întâmplă prin eliberarea sistemului din fig. 3a.



**Fig. 3.** Mișcarea oscilatorie a unui corp legat de un resort elastic (a); diagrama forțelor (b).

Odată eliberată legătura care menține sistemul în repaus, sub acțiunea forței elastice ( $\vec{F}$ ) resortul se destinde imprimând mișcare corpului de masă  $m$ . Forța elastică este o forță variabilă al cărei modul, pentru deplasări mici față de poziția de echilibru este proporțional cu deplasarea (comprimarea/alungirea) resortului (fig. 4).



**Fig. 4.** Dependența forței elastice de alungirea/comprimarea resortului, în apropierea poziției de echilibru.

Destinderea resortului determină o scădere a forței elastice, deci implicit, potrivit principiului fundamental al dinamicii ( $\vec{F} = m\vec{a}$ ) și a accelerației imprimate corpului. La trecerea prin poziția de echilibru, atât forța elastică cât și accelerația sistemului este nulă. Ca urmare a acțiunii forței elastice, viteza sistemului crește de la zero (fig. 3a<sub>1</sub>) la o viteză maximă, atinsă la trecerea prin poziția de echilibru (fig. 3a<sub>2</sub>). Potrivit principiului I al dinamicii, în virtutea inerției, corpul își va continua mișcarea pe direcția vitezei determinând alungirea resortului. Ca urmare, în resort apare din nou o forță elastică variabilă al cărei modul crește cu alungirea. Această forță este orientată de astă dată în sens invers



mişcării. Accelerația imprimată corpului este de sens contrar mișcării și crește o dată cu forța, ceea ce determină ca mișcarea corpului să fie încetinită până la oprire atunci când corpul se află la o distanță maximă față de poziția de echilibru (fig. 3a<sub>3</sub>). Sub acțiunea forței elastice mișcarea se reia în sens invers trecând prin poziția de echilibru (fig. 3a<sub>4</sub>) și ajungând apoi în poziția inițială (fig. 3a<sub>5</sub>). Dacă frecările cu mediul extern ar fi nule, mișcarea s-ar repeta la infinit. În realitate, cu toate precauțiile experimentale, frecarea nu poate fi înlăturată ceea ce va determina în timp oprirea oscilatorului.

Să urmărim mișcarea anterioară din punct de vedere energetic pe diagramele corpului liber. Atunci când sistemul se află la depărtare maximă (A) față de poziția de echilibru, întreaga energie ( $E_t$ ) a acestuia este în formă potențială ( $E_p$ ) (fig. 5).

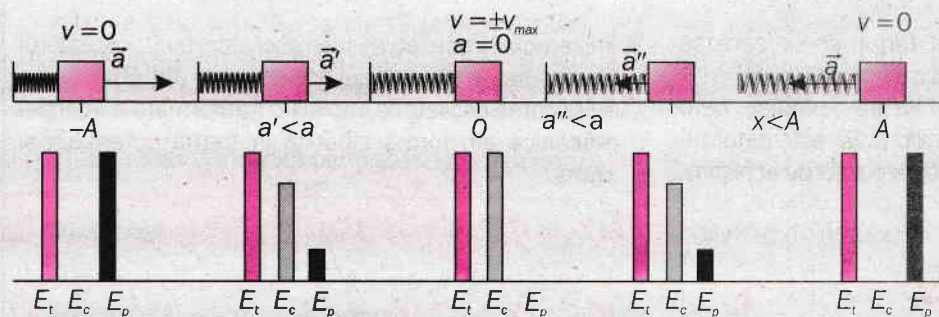


Fig. 5. Variația energiei cinetice și potențiale în decursul unei oscilații.

Pe măsură ce acesta se destinde energia potențială trece în formă cinetică pentru ca, în poziția de echilibru, întreaga energie să fie cinetică ( $E_c$ ). Continuarea mișcării, ca urmare a inerției, duce la o nouă transformare a energiei cinetice, de data aceasta, în energie potențială. După care procesul se repetă. Dacă mișcarea este fără frecare energia totală a sistemului, în cursul mișcării, se conservă modificându-se doar valorile componentelor sale. Are loc o oscilație a componentelor cinetică și potențială a energiei.

**B. Pendulul gravitațional.** Un corp de masă  $m$  atârnat într-un punct fix prin intermediul unui fir lung, inextensibil, de masă neglijabilă și lungime  $L$ , scos din poziția de echilibru (direcția verticalei terestre locale) formează un pendul gravitațional (fig. 6a).

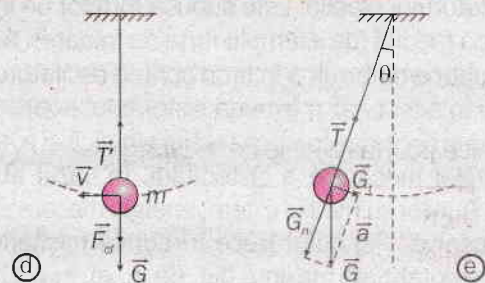
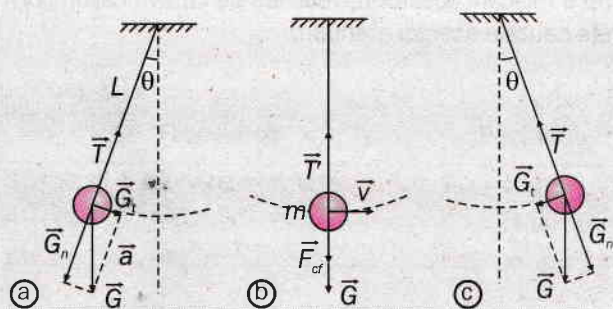


Fig. 6. Oscilația unui pendul gravitațional.

În ipoteza simplificatoare că singura forță care acționează asupra corpului este forța gravitațională, componenta tangențială la traiectorie a acestei forțe este responsabilă de mișcarea oscilatorie imprimată pendulului. Această componentă este maximă când depărtarea față de poziția de echilibru este maximă (fig. 6a). Ea scade

devenind zero în momentul trecerii prin poziția de echilibru. Această scădere determină scăderea proporțională a componentei tangențiale a accelerației sistemului. Viteza în decursul mișcării din starea a în starea b crește de la zero la o valoare maximă, atinsă în momentul trecerii prin

poziția de echilibru. Mișcarea continuă apoi în virtutea inerției, determinând îndepărtarea pendulului față de poziția de echilibru, de partea cealaltă a poziției de echilibru. Aceasta determină o creștere proporțională a componentei tangențiale a greutateii, deci și a accelerației sistemului, de data aceasta orientate în sens contrar, până la atingerea unei deviații maxime (fig. 6c). În acest moment, viteza pendulului este zero. Mișcarea se reproduce apoi identic, în sens contrar de această dată trecând din nou prin poziția de echilibru (fig. 6d) și cea de deviație maximă (fig. 6e). Dacă frecările dintre pendul și mediu ar fi nule, mișcarea s-ar continua un interval de timp nedeterminat.

Pe tot parcursul mișcării componenta normală a forței gravitaționale, este echilibrată de tensiunea din fir.

O observație importantă în acest caz este că, în cazul unghiurilor de oscilație ( $\theta$ ) mici, componenta tangențială a forței gravitaționale poate fi asimilată unei forțe elastice.

În realitate, în afara forței gravitaționale, ca urmare a mișcării corpului pe o porțiune de traiectorie circulară apare și o forță centrifugă, forță proporțională cu pătratul vitezei ( $F_{cf} = mv^2/L$ ). Mișcarea unui pendul real, ca și cea



a oscilatorului elastic, este supusă forțelor de interacțiune cu mediul (de exemplu forța de frecare). Această interacțiune determină în timp oprirea oscilatorului.

Și în acest caz mișcarea sistemului poate fi pusă pe seama oscilației componentelor cinetică și potențială a energiei mecanice a sistemului. În cazul absenței interacțiunilor cu mediul extern, energia mecanică totală se conservă. Pendulul trece în cursul mișcării de la energie potențială maximă (fig. 6a, c, e), în pozițiile de maximă depărtare față de echilibru la energie cinetică maximă (fig. 8b, d), în poziția de echilibru, prin stadii intermediare în care suma celor două energii (cinetică și potențială), este constantă ( $E_t = E_c + E_p = \text{const}$ ).

### Concluzie:

### Rezumat

- Fenomenele periodice sunt fenomenele care se repetă după un anumit interval de timp.
- Mișcarea oscilatorie este o mișcare periodică, de o parte și alta a unei poziții de echilibru. Ea este datorată unei forțe orientate permanent spre poziția de echilibru.

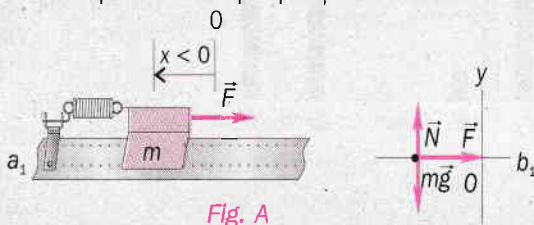


Fig. A

- Exemple simple de mișcări oscilatorii sunt: oscilatorul elastic (fig. A) și pendulul gravitațional (fig. B).
- Mișcarea oscilatorie implică o transformare a energiei mecanice din formă cinetică în formă potențială și invers.

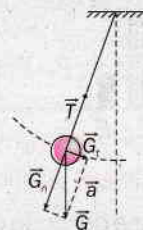


Fig. B



### Verificați-vă cunoștințele

1. Referitor la un oscilator elastic orizontal, care dintre afirmațiile următoare sunt adevărate? Motivați.

- Mișcarea oscilatorului depinde de masa  $m$  a acestuia.
- Mișcarea oscilatorului depinde de modul în care acesta este pus în mișcare.
- Mișcarea oscilatorului depinde de proprietățile elastice ale sistemului.
- Într-un satelit sistemul nu ar putea funcționa.

2. Referitor la un pendul gravitațional, care dintre afirmațiile de la exercițiul 1 sunt adevărate?

3. Într-un tub de sticlă în formă de U, care are unul dintre capete astupat cu un dop, este turnat un lichid colorat. Ce se întâmplă cu lichidul din tub când se scoate dopul? Se presupune frecarea cu pereții vasului neglijabilă.

4. Descrieți comportarea unui oscilator elastic vertical. Care ar fi diferențele față de un oscilator identic care oscilează în plan orizontal?

5. În cazurile oscilatorilor reali se constată atenuarea în timp a mișcării acestora. Descrieți pe câteva cazuri concrete cauzele acestei atenuări.



## 1.1.2. Mărimi caracteristice mișcării oscilatorii

În paragraful anterior s-a definit mișcarea oscilatorie ca o mișcare periodică produsă de o parte și de alta a unei poziții de echilibru, mișcare în care are loc un transfer de energie mecanică, din formă cinetică în formă potențială și invers, la un bilanț energetic constant în cazul oscilatorului izolat de mediu.

Caracteristica principală a unui fenomen de tip periodic este reproducerea lui identică, după un anumit interval de timp. Acest interval poartă numele de **perioadă**.

### Dicționar

**Perioadă ( $T$ ):** Intervalul de timp în care oscilatorul efectuează o oscilație completă (atinge același punct, succesiv, deplasându-se în același sens).  
 $[T]_{SI} = s$  (secundă).

O mărime fizică înrudită perioadei este **frecvența**.

### Dicționar

**Frecvența unui oscilator ( $\nu$ ):** Numărul de oscilații efectuate în unitatea de timp.

Dacă perioada unui oscilator este de 0,1 secunde, atunci oscilatorul va realiza 10 oscilații complete în timp de o secundă. Se poate trage concluzia că între frecvență și perioadă există relația:

$$T\nu = 1 \Leftrightarrow T = \frac{1}{\nu} \Leftrightarrow \nu = \frac{1}{T}$$

Unitatea de măsură a frecvenței (în SI) este:

$$[\nu]_{SI} = \frac{1}{T} = \frac{1}{s} = s^{-1},$$

unitate de măsură care, în onoarea fizicianului german Heinrich Hertz, cel care a produs pentru prima dată pe cale artificială unde radio, poartă numele Hertz, notat Hz.

$$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}.$$

Adesea, frecvențele oscilatorilor ating valori foarte mari, caz în care este necesară utilizarea unor multipli (tabelul 1).

Tabelul 1

| Frecvența                                               | Perioada  |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| $10^3 \text{ Hz} = 1 \text{ kilohertz} = 1 \text{ kHz}$ | 1 ms      |
| $10^6 \text{ Hz} = 1 \text{ megahertz} = 1 \text{ MHz}$ | 1 $\mu$ s |
| $10^9 \text{ Hz} = 1 \text{ gigahertz} = 1 \text{ GHz}$ | 1 ns      |

### Exemplu

O stație radio emite pe frecvența de 102,8 MHz. Care este perioada oscilațiilor emise?

#### Rezolvare

Frecvența oscilațiilor emise este 102,8 MHz =  $1,028 \cdot 10^8 \text{ Hz}$ .

Cum perioada este dată de inversul frecvenței, se obține:

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{1,028 \cdot 10^8} \text{ Hz} = 9,73 \text{ ns}.$$

Dacă multiplicăm frecvența de  $2\pi$  ori se obține o altă mărime caracteristică a mișcării oscilatorii – **pulsăția**. Utilitatea și semnificația acestei mărimi va fi discutată ulterior. Pulsăția reprezintă o viteză de variație a unei mărimi unghiulare (nu neapărat legată de o mișcare de rotație). Dacă mărimea unghiulară, a cărei viteză de variație o reprezintă pulsăția, este măsurată în radiani (rad), atunci unitatea de măsură a pulsăției este:

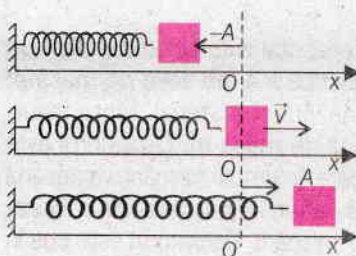
$$[\omega]_{SI} = \frac{\text{rad}}{s} \text{ (radiani/secundă)}.$$

Din definiția pulsăției și din relațiile dintre frecvență și perioadă se poate scrie că:

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}.$$

În exemplele de oscilatori discutate în lecția anterioară, poziția oscilatorului se modifica în timpul oscilației. Vectorul de poziție în acest caz poartă numele de **elongație** și este un vector cu originea în poziția de echilibru a masei  $m$  a oscilatorului. Fiind vorba de o distanță, elongația în Sistemul Internațional de Unități se măsoară în metri (m). Ca notații se utilizează  $x$  sau  $y$ , după cum oscilația are loc în plan orizontal sau vertical.

Valoarea maximă a elongației ( $x_{\max}$ ) poartă numele de **amplitudine ( $A$ )**. În funcție de sensul pozitiv ales pe direcția pe care se face mișcarea, atât elongația cât și amplitudinea pot avea valori pozitive sau negative după cum mișcarea este în sensul axei sau în sensul invers acesteia (fig. 1).



**Fig. 1.** Amplitudinea ca și elongația pot fi pozitive sau negative în raport cu sensul axei de coordonate.



## Laborator

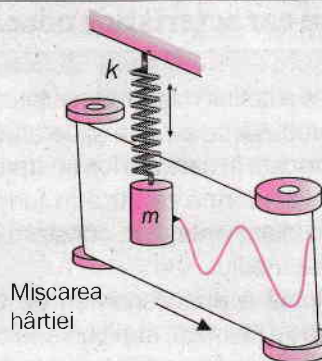
### A. Studiul unui oscilator elastic în câmp gravitațional

Figura 2 ilustrează un aranjament experimental care pune în evidență mișcarea oscilatorie a unui oscilator elastic în câmp gravitațional. O masă  $m$  conectată de un resort elastic de constantă elastică  $k$ , oscilează. De masa  $m$  este legat un marker care va trasa pe un tambur de hârtie ce se rotește cu viteză constantă, traiectoria mișcării.

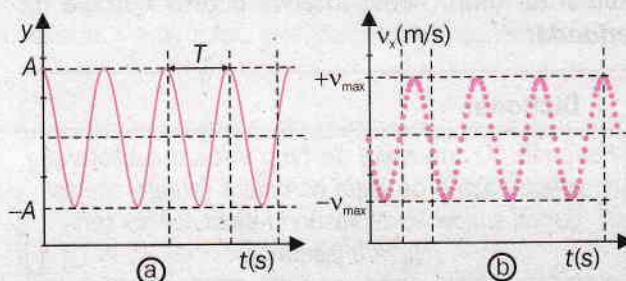
Se obține o oscilogramă a mișcării oscilatorii (fig. 3a).

Pe oscilogramă sunt marcate două dintre mărimile caracteristice ale oscilatorului, amplitudinea ( $A$ ) și perioada ( $T$ ) a acestuia.

**Fig. 3.** Oscilogramă (a) și graficul de variație al vitezei (b) calculat ca pantă a tangentei graficului de la punctul a, în câteva puncte ale oscilogramei.



**Fig. 2.** Oscilator elastic în câmp gravitațional.



Urmărind graficul  $y = y(t)$  (fig. 3a) se pot face câteva observații privind legea de mișcare a oscilatorului și mărimile care caracterizează această mișcare.

Din forma graficului recunoaștem o funcție sinus de amplitudine  $A$  și perioadă  $T$ . Legea de mișcare căutată  $y = y(t)$  va fi de forma:

$$y(t) = A \sin \frac{2\pi t}{T} \quad (1)$$

Ținând cont de relațiile dintre perioadă ( $T$ ), frecvență ( $\nu$ ) și pulsație ( $\omega$ ), relația (1) poate fi scrisă și în variantele:

$$y(t) = A \sin 2\pi \nu t \quad (1') \text{ sau}$$

$$y(t) = A \sin \omega t \quad (1'')$$

În cazul în care mișcarea nu pornește din origine, astfel încât la  $t_0 = 0$ ,  $y(0) \neq 0$ , se introduce o mărime

constantă numită **fază inițială** ( $\varphi_0$ ). În acest caz  $y(0) = A \sin \varphi_0$ , iar relația generală în forma 1'' devine:

$$y(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0).$$

Pe computer, se poate obține viteza oscilatorului în orice moment din calculul pantei tangentei la graficul curbei  $y = y(t)$  în diferite puncte ale oscilogramei. În acest fel se obține graficul reprezentativ al vitezei (fig. 3b). Și acesta, ca funcție de timp, este de tip sinusoidal, dar defazat cu  $\pi/2$  față de legea de mișcare. Aceasta înseamnă că, dacă legea de mișcare este dată de funcția sinus, cea a vitezei va fi dată de funcția cosinus sub forma:

$$v(t) = v_{\max} \cos(\omega t + \varphi_0),$$

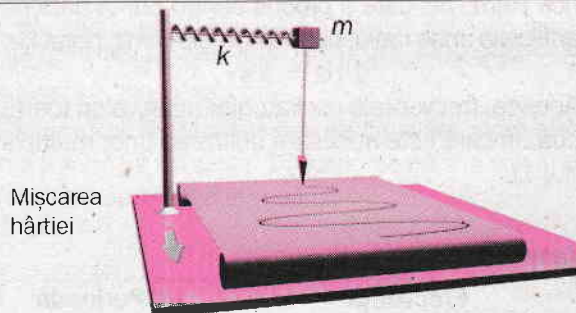
unde  $v_{\max}$  este viteza maximă atinsă de oscilator în timpul mișcării.

## Laborator

### Investigarea experimentală a unor procese oscilatorii simple

#### A. Verificarea legii de mișcare a oscilatorului elastic

Oscilatorul elastic orizontal este constituit dintr-un resort de constantă elastică  $k$  și un solid de masă  $m$  care poate fi asociat unui punct material. Masa resortului este neglijabilă față de masa  $m$ . Oscilatorul este prevăzut cu un marker care, în timpul mișcării, va desena pe tamburul cu hârtie, aflat în mișcare cu o viteză constantă, oscilograma mișcării. Oscilatorul este pus în



**Fig. 4.** Oscilatorul elastic în mișcare.

mișcare printr-un impuls aplicat acestuia în poziția de echilibru.

Se trasează oscilograma mișcării.



## Temă în clasă:

1. Numiți forțele care se exercită asupra corpului când acesta trece prin poziția de echilibru. Desenați diagrama corpului liber în această poziție.

2. Numiți forțele care se exercită asupra corpului la un moment  $t$  în care acesta se află în mișcare, elongația lui fiind  $x(t)$ . Desenați diagrama corpului liber pentru  $x(t) > 0$ .

3. Arătați că legea de mișcare a oscilatorului este de forma:

$$x(t) = x_{\max} \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right).$$

4. Numiți semnificațiile și unitățile de măsură (în SI) ale mărimilor care intervin în ecuație:  $x_{\max}$ ,  $T$ ,  $t$  și  $\varphi_0$ .

## Laborator

### B. 1. Studiul factorilor care pot influența perioada oscilatorului elastic

Experiment 1:  $m = 250 \text{ g}$ ;  $k = 10 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$

Se deplasează oscilatorul din fig. 4 pe o distanță de 5 cm la dreapta poziției de echilibru. La momentul  $t = 0$ , se lasă resortul liber fără viteză inițială. Se înregistrează oscilograma  $x = x(t)$  (fig. 5).

Experiment 2:  $m = 250 \text{ g}$ ;  $k = 10 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ .

Se deplasează oscilatorul pe o distanță de 5 cm la dreapta poziției de echilibru. La momentul  $t = 0$  se lansează punctul material de masă  $m$  spre stânga cu o viteză inițială nenulă. Se înregistrează oscilograma  $x = x(t)$  (fig. 6).

Experiment 3:  $m = 250 \text{ g}$ ;  $k = 10 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ .

Se deplasează oscilatorul pe o distanță de 7 cm la dreapta poziției de echilibru. La momentul  $t = 0$  se lasă resortul liber fără viteză inițială. Se înregistrează oscilograma  $x = x(t)$  (fig. 7).

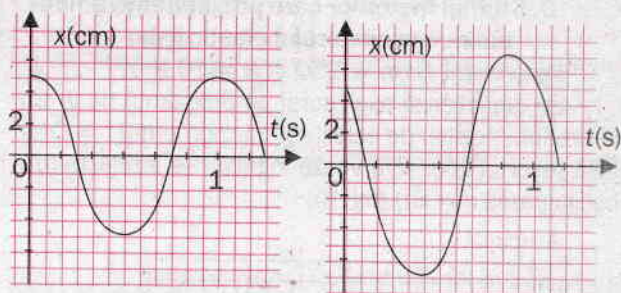


Fig. 5.

Fig. 6.

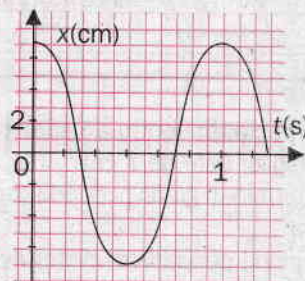


Fig. 7.

**Temă în clasă:** Pentru experimentele 1, 2 și 3:

1. Determinați pe oscilograma corespunzătoare perioadele de oscilație ale oscilatorilor. Verificați prin măsurare directă perioada proprie  $T$  a oscilatorilor.

2. Determinați din grafic condițiile inițiale ( $x_0$  și  $v_0$ ) ale oscilatorilor.

3. Depinde perioada oscilatorului elastic de condițiile inițiale? Justificați pe grafic răspunsul.

4. Determinați din grafic, amplitudinea oscilațiilor.

a) Depinde amplitudinea oscilațiilor de viteza inițială?

b) Depinde amplitudinea oscilațiilor de elongația inițială?

## Laborator

### B.2

Experiment 4: Pentru un același resort elastic de constantă  $k = 10 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$  se urmărește dependența perioadei oscilatorului de masa acestuia. Se trasează oscilogramele pentru mase ale oscilatorului cuprinse între 50 g și 300 g, cu o rată de creștere de 50 g.

• Din oscilogramă se măsoară perioada oscilatorului și se completează tabelul 2.

**Tabelul 2**

|                  |     |     |      |      |      |      |
|------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| Perioada ( $T$ ) | ... | ... | ...  | ...  | ...  | ...  |
| Masa (g)         | 50  | 100 | 150  | 200  | 250  | 300  |
| $\sqrt{m}$       | 7   | 10  | 12,2 | 14,1 | 15,8 | 17,3 |

• Trasați graficul  $T = T(\sqrt{m})$ .

Experiment 5: Pentru resorturi cu constante elastice cuprinse între  $k = 5 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$  și  $k = 30 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ , cu o rată de creștere de  $5 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ , se urmărește dependența perioadei oscilatorului de constanta elastică a acestuia. Masa oscilatorului se menține constantă.

• Se trasează oscilogramele pentru fiecare oscilator.

Din oscilogramă se măsoară perioada oscilatorului și se completează tabelul 3.

**Tabelul 3**

|                                                         |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Perioada ( $T$ )                                        | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| Constanta elastică) $k$ în $\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$ | 5   | 10  | 15  | 20  | 25  | 30  |
| $\sqrt{k}$                                              | 2,2 | 3,2 | 3,9 | 4,4 | 5,0 | 5,5 |

• Trasați graficul  $T = T(\sqrt{k})$ .