I. Introducere:

Dimensiunea fizică D se exprimă ca un produs de puteri ale dimensiunilor fundamentale anume M – masa, L – lungimea și T – timpul: $D = M^{\alpha} L^{\beta} T^{\gamma}$

Mărimile fundamentale din S.I. sunt:

- masa – kg
- lungimea – m
- timpul – s
- temperature – K
- cantitatea de substanta – mol
- intensitatea curentului electric – A
- intensitatea luminoasă – cd (candela)

La acestea se adaugă unghiul plan (radian) și unghiul solid (steradianul).

Prefixe pentru unitățile de măsură din S.I.					
Multiplii	Prefix	Unități	Submultiplii	Prefix	Unități
deca	da	10	deci	d	10^{-1}
hecto	h	10^2	centi	c	10^{-2}
kilo	k	10^3	mili	m	10^{-3}
mega	M	10^6	micro	μ	10^{-6}
giga	G	10^9	nano	n	10^{-9}
tera	T	10^{12}	pico	p	10^{-12}
peta	P	10^{15}	femto	f	10^{-15}
exa	E	10^{18}	atto	a	10^{-18}

II. Mecanica clasică:

Viteza medie:

- Viteza medie a punctului material reprezintă raportul dintre deplasare și intervalul de timp în care a fost efectuată aceasta: $\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$
- Unitatea de măsură este $\frac{m}{s}$

Viteza momentană:

- Viteza momentană reprezintă viteza punctului material la un moment dat: $\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}}$

Accelerația medie:

- Accelerația medie a punctului material reprezintă variația vitezei punctului material în unitatea de timp: $\vec{a}_m = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$
- Unitatea de măsură este $\frac{m}{s^2}$

Accelerația momentană:

- Accelerația momentană reprezintă accelerația punctului material la un moment dat
- $\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \ddot{\vec{r}}$

Principiul inerției sau prima lege a dinamicii:

- Orice corp asupra căruia nu acționează alt corp își păstrează starea de mișcare rectilinie și uniform sau de repaus relativ.

Principiul forței sau a doua lege a dinamicii:

- O forță care acționează asupra unui corp îi imprimă acestuia o accelerație proportional cu forța și invers proportional cu masa corpului.
- $\vec{F} = m\vec{a}$
- F se măsoară în N (Newton)

Principiul acțiunii și reacțiunii sau legea a treia a dinamicii:

- Dacă un corp A acționează asupra unui corp B cu o forță numită acțiune, atunci corpul B va acționa asupra corpului A cu o forță egală în modul și de sens opus, numită reacțiune.

Principiul independenței acțiunii forțelor:

- Fiecare dintre forțele la care este supus un corp acționează independent de celelalte forte aplicate.

Impulsul sau cantitatea de mișcare reprezintă mărimea fizică egală cu produsul dintre masa și viteza corpului: $\vec{p} = m\vec{v}$.
Impulsul se măsoară în Ns.

Teorema impulsului:

- Forța care acționează asupra punctului material este egală cu variația impulsului acestuia în unitatea de timp: $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$

Legea de conservare a impulsului:

- Dacă rezultanta forțelor care acționează asupra punctului material este nulă atunci impulsul se conservă.

Momentul cinetic:

- Momentul cinetic al unui punct material este vectorul: $\vec{J} = \vec{r} \times \vec{p}$
- Se măsoară în $kg \cdot \frac{m^2}{s}$

Teorema momentului cinetic:

- Derivata în raport cu timpul a momentului cinetic al corpului faţă de un pol este egală cu momentul forţei care acţionează asupra acestuia faţă de acelaşi pol: $\vec{M} = \frac{d\vec{J}}{dt}, \vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$

Legea de conservare a momentului cinetic:

- Dacă momentul forței rezultante ce acționează asupra unui punct material este nul, atunci momentul cinetic este constant.

Lucrul mecanic este o mărime fizică scalară ce caracterizează capacitatea unei forțe care acționează asupra unui corp de a cauza deplasarea punctului său de aplicație. Unitatea de măsură este J (Joule).

$$dL = \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

$$L_{12} = \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

O forță al cărei lucru mecanic depinde doar de pozițiile inițială și finală se numește forță **conservativă**: $\vec{F} = -\nabla E_p$

Energia mecanică este o mărime scalară care descrie capacitatea unui sistem sau a unui corp de a efectua lucru mecanic. Aceasta se măsoara în J.

Energia mecanică totală a unui punct material este dată de suma dintre energia cinetica și cea potențiala a punctului material.

Variația energiei mecanice a punctului material asupra căruia acționează atât forțe conservative cât și neoconservative este egală cu lucrul mecanic efectuat de forțele neconservative.

Dacă rezultanta forțelor neoconservative care actionează asupra punctului material e nulă, energia totală a sistemului rămâne **constantă**.

Energia cinetică este egală cu semiprodusul dintre masa punctului material și pătratul vitezei: $E_c = \frac{1}{2} \cdot mv^2$

În cazul în care sistemul este format din mai multe puncte material, energia cinetică totală este suma energiilor cinetice ale fiecărui punct material.

Teorema variației energiei cinetice: Lucrul mecanic al rezultantei forțelor care acționează asupra unui corp este egal cu variația energiei cinetice a corpului la deplasarea între două puncte.

Energia potențială descrie poziția unui punct material într-un câmp de forțe conservative.

Exemple de câmpuri potențiale: câmpul gravitațional, câmpul electrostatic, câmpul forțelor elastice.

Teorema variației energiei potențiale: În câmpul forțelor conservative, variația energiei potențiale este egală cu lucrul mecanic al forțelor conservative luat cu semn schimbat: $\Delta E_p = -L_{cons}$

Puterea forțelor esre o mărime fizică scalar egală cu lucrul mecanic efectuat de forte în unitatea de timp: $P = \frac{L}{\Delta t}$. Puterea se măsoară în W (Watt).

$E_{c\,final} = E_{c\,initial} + L$

$v_f = v_i + \int_{t1}^{t2} a\, dt$

III. Oscilații mecanice:

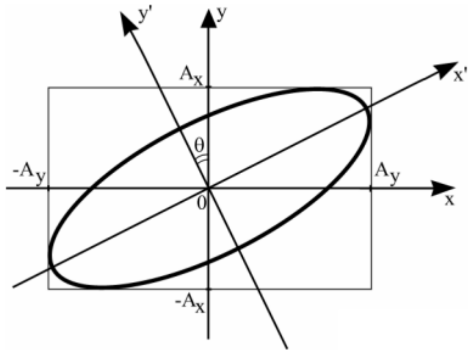
Oscilatii armonice libere:

- Oscilațiile armonice libere sunt cauzate de acțiunea forței elastice.
- Forța elastic este proporțională cu elongația: $F_e = -ky$, unde k este constanta elastică a sistemului.
- Conform principiului 2 al mecanicii clasice, pentru un corp de masa m avem: $F_e = ma$
- De aici obținem ecuația: $\ddot{y}+{\omega_0}^2 y = 0$ unde $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{2\pi}{T_0}$ este pulsația proprie a oscilației, iar T_0 este perioada proprie a oscilației.
- Soluția generală a ecuației diferențiale a oscilațiilor armonice este: $y(t) = A\sin(\omega_0 t + \varphi)$ unde
    - A – amplitudinea oscilațiilor
    - φ – faza inițială
    - ω_0 – pulsația proprie a oscilației
    - ω_0t + φ este faza oscilației
- Viteza de oscilație reprezintă viteza cu care se depărtează sau se aproprie oscilatorul de poziția sa de echilibru: $v = \omega_0 A\cos(\omega_0 t + \varphi)$
- Energia cinetică este: $E_c = \frac{m\omega_0}{2} A^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi)$
- Energia potențială este: $E_p = \frac{m\omega_0}{2} A^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi)$
- Energia mecanică totală a unui oscilator armonic liber se conservă în timp, iar oscilatorul este un sistem conservativ.
- Legea conservării **energiei mecanice totale** se obține din următoarea ecuație:

$$E = E_c + E_p = \frac{m{\omega_0}^2}{2} A^2 = cons$$

Compunerea oscilațiilor perpendiculare de aceeași pulsație:

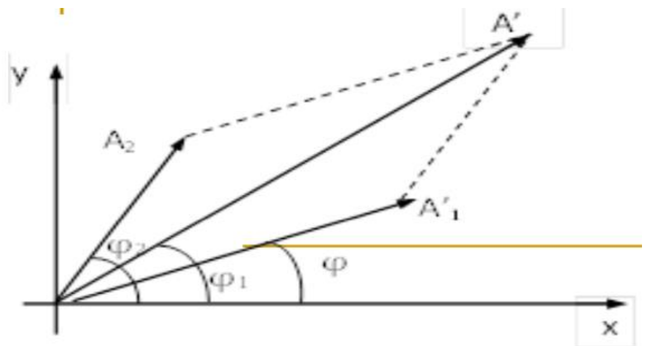
- Un oscilator supus acțiunii a două forțe elastice de direcții perpendiculare execută oscilații armonice individuale de forma: $x = A_x \cos(\omega_0 t + \varphi_1)$ și $y = A_y \cos(\omega_0 t + \varphi_2)$
- Traiectoria mișcării oscilatorului este o elipsă generalizată: $\left(\frac{x}{A_x}\right)^2 + \left(\frac{y}{A_y}\right)^2 + 2\frac{x}{A_x}\frac{y}{A_y}\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1)$



- Dacă diferența de fază dintre oscilațiile armonice individuale este $n\pi$, atunci elipsa se transformă într-o dreaptă ce trece prin originea axelor de coordonate
- Dacă diferența de faze dintre oscilațiile armonice individuale este $(2n + 1)\frac{\pi}{2}$, elipsa se transformă într-un cerc
- Dacă raportul pulsațiilor este un număr rațional, atunci traiectoriile sunt curbe închise, numite figurile lui Lissajoux.

Compunerea oscilatiilor paralele de aceeasi pulsație:

- Fie două oscilații armonice individuale care au forma: $y_1 = A_1 \sin(\omega_0 t + \varphi_1)$ și $y_2 = A_2 \sin(\omega_0 t + \varphi_2)$, atunci oscilația armonică rezultantă va fi de forma: $y = A \sin(\omega_0 t + \varphi)$.
- Determinarea amplitudinii: $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$
- Oscilația armonică rezultantă va putea avea amplitudinea cuprinsă în intervalul: $|A1 - A2| \leq A \leq A1 + A2$
- Determinarea fazei inițiale: $tg\varphi = \frac{A1\ sin\varphi1 + A2\ sin\varphi2}{A1\ cos\varphi1 + A2\ cos\varphi2}$
- A = 0 dacă amplitudinile oscilațiilor individuale sunt egale, iar diferența de fază este π



Oscilații amortizate.

- Dacă asupra unui corp oscilator acționează o forță de rezistență (de frecare), din partea mediului ambient, proporțională și de semn contrar cu viteza, oscilația corpului devine amortizată.
- Ecuația diferențială de mișcare a sistemului se scrie: $\frac{d^2y}{dt^2} + 2\beta\frac{dy}{dt} + {\omega_0}^2 y = 0$, unde $\beta = \frac{r}{2m}$ se numește **coeficient de amortizare**, unde m – masa corpului și r – constanta de proportionalitate a fortei de frecare
- Coeficientul de amortizare se măsoară în s^{-1}

- Pentru această ecuație sunt posibile 3 tipuri de soluții în funcție de valoarea raportului dintre pulsația proprie a oscilatorului și coeficientul de amortizare:
    a. Dacă frecarea este mare ($\beta > \omega_0$) atunci mișcarea este neperiodica. Elongația tinde la zero când timpul tinde la infinit.
    b. Dacă pulsația proprie este egală cu factorul de amortizare ($\beta = \omega_0$) mișcarea este aperiodică critică.
    c. Dacă frecarea este mică ($\beta < \omega_0$), rădăcinile ecuației sunt complexe, iar soluția este de forma: $y = A\,e^{-\beta t}\sin(\omega t + \varphi)$, unde $\omega = \sqrt{\omega_0{}^2 - \beta^2}$ este pulsația oscilațiilor amortizate
- Rata de scădere în timp a amplitudinii oscilațiilor amortizate este descrisă de mărimea fizică numită **decrement logaritmic** al amortizării: $\delta = \beta T$, unde $T = \frac{2\pi}{\omega}$ este perioada oscilațiilor amortizate
- **Timpul de relaxare** este timpul după care energia oscilatorului amortizat scade de ”e” ori: $\tau = \frac{1}{2}\beta$
- Timpul de relaxare se măsoară în secunde.

Fenomenul de rezonanță:

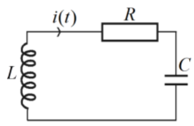
- Fenomenul de rezonanță este fenomenul care ia loc atunci când amplitudinea oscilațiilor crește foarte mult: $\omega_p \to \omega_0$
- Consecințele acestui fenomen sunt: distrugerea clădirilor, podurilor, dispozitivelor mecanice sau electronice.

Fenomenul de bătăi:

- $T_b = \frac{2\pi}{\Delta\omega}$

Analogii electromecanice:

- Intre oscilatiile mecanice efectuate de un sistem oscilant mecanic si oscilatiile electrice dintr-un circuit de curent alternativ se pot constata o serie de asemanari care au condus la stabilirea unor corespondente intre marimile electrice si marimile mecanice, numite analogii electromagnetice.
- Ecuatia ce rezulta din circuitul de curent alternativ RLC serie:



este: $$L\frac{d^2 i}{dt^2} + R\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}i(t) = 0$$

- Ecuatia diferentiala a oscilatorului armonic amortizat este: $$m\frac{d^2 y}{dt^2} + r\frac{dy}{dt} + ky(t) = 0$$
- Astfel se deduc asemănările:

Mărimea electrică	**Mărimea mecanică**
$i(t)$ – intensitatea instantenee a curentului alternativ	$y(t)$ – elongația mișcării oscilatorului armonic liniar
L – inductanța bobinei	m – masa oscilatorului
R – rezistența circuitului (rezistor+conductori de legătură)	r – rezistența mecanică
$1/C$ – inversul capacității condensatorului	k – constanta elastică a oscilatorului
$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ - pulsația proprie a circuitului de curent alternativ	$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ - pulsația proprie a oscilatorului mecanic
$\beta = \frac{R}{2L}$ - coeficientul de amortizare al oscilațiilor electrice	$\beta = \frac{r}{2m}$ - coeficientul de amortizare al oscilațiilor mecanice
$Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$ - factorul de calitate al circuitului	$Q = \frac{1}{r}\sqrt{mk}$ - factorul de calitate al oscilatorului

- In circuitul RLC apar oscilații amortizate. Elementele care produc oscilațiile sunt bobina și condensatorul, iar elementul care produce amortizare este rezistorul.
- Amortizarea este cu atât mai pronunțată cu cât raportul R/L este mai mare.
- După un timp teoretic infinit, dar practic finit, numit regim tranzitoriu, amplitudinea oscilațiilor amortizare devine egală cu zero și oscilațiile se sting.
- Acest fenomen se datorează disipării energiei către mediul ambiant, prin efect caloric (efect Joule) prin rezistor și conductorii de legătură.

IV. Unde elastice:

- Procesul de propagare a unei oscilații, din aproape în aproape, în mediul ambiant se numește undă.
- Oscilatorul primar, care determină apariția undei, se numește sursa primară.
- **Principiul lui Huygens**: Fiecare punct al frontului de undă reprezintă o nouă sursă de unde, de la care se propagă noi unde care oscilează în fază cu sursa primară.
- Daca oscilatiile particulelor mediului se fac in directia de propagare a undei atunci avem de a face cu o unda longitudinala.
- Daca aceste oscilatii au o directie perpendiculara pe directia de propagare a undei, atunci este vorba despre o unda transversala.
- Pentru a caracteriza o unda vom avea nevoie de o functie care depinde de coordonatele ei spatiale si de timp. O astfel de functie se numeste functia de unda si are forma generala: Ψ(r,t)= Ψ(x,y, z,t)
- Un punct M2 din mediu, situat la distanţa x de sursa M1, va intra în oscilaţie mai târziu, după un interval de timp: $t_1 = \frac{x}{u}$, adica exact timpul necesar ca unda, care se propaga cu viteza u sa strabata distanta x dintre M1 si M2.
- Deci, în M2 ecuaţia oscilaţiei va fi: y = A sin ω $(t - t_1)$
- **Lungimea de unda** ($\lambda = uT$) reprezinta distanta strabatuta de unda in timpul unei perioade T a oscilatiei.
- **Ecuatia undei** armonice monocromatice plane este $y = A\sin\omega\left(t - \frac{x}{u}\right) = A\sin\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{u}\right) = A\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$
- Mărimile sunt: y – elongația, A – amplitudinea undei, x – distanta, t- intervalul de timp, u – viteza de propagare a undelor, T – perioada, ω – pulsația, λ – lungimea de undă
- In acest caz, unda se propaga intr-o singura directie, de-a lungul axei Ox.
- Ecuatia undei armonice monocromatice care se propaga de-a lungul unei directii oarecare este: y = A sin$(\omega t - \vec{k}\,\vec{r})$, unde k este vectorul de unda.

Lungimea de undă:

- $\lambda = uT$
- λ se masoară în m
- λ – lungimea de undă
- u – viteza de propagare a undelor
- T – perioada undei

Faza undei:

- $\alpha(\vec{r},t) = \omega t - \vec{k}\,\vec{r}$
- α – faza undei
- t – interval de timp
- ω – pulsatia undei
- k – numar de unda
- r – coordonata spatiala

Coeficientul de absorbție al undelor:

- $k = 2\gamma$
- k se masoara in m^{-1}
- k – coeficientul de absorbtie al undelor
- γ – coeficientul de atenuare

Intensitatea energetică a undei:

- $I_s = \frac{1}{2}\rho\omega^2 A^2 v$
- I_s – se masoara in W/m^2
- I_s – intensitatea sonora (energetica)
- ρ – densitatea mediului
- ω – pulsatia undei
- A – amplitudinea undelor
- v - viteza de propagare a undelor

Nivelul auditiv:

- $N_a = 10\, lg \frac{I_{a;v}}{I_{a;v_0}}$
- N_a se masoara in fon
- N_a – nivelul auditiv
- $I_{a;v}$ - intensitatea auditivă a sunetului considerat
- $I_{a;v_0}$ - intensitatea auditivă a sunetului de referinţă

Nivel sonor:

- $N_s = 10\, lg \frac{I_s}{I_{s_0}}$
- N_s se masoară în dB
- N_s – nivelul sonor
- I_s - intensitatea sonora a sunetului considerat
- I_{s_0} - intensitatea sonora a sunetului de referinţă

Efectul Doppler: constă în modificarea frecvenței undei recepționate față de unda emisă atunci când sursa și receptorul se află în mișcare relative unul față de altul.

Unde sonore:

- Undele elastice cu frecvente cuprinse intre 16Hz si 20000Hz care se propaga printr-un mediu solid, lichid sau gazos si produc o senzatie auditiva se numesc unde sonore sau sunete.
- Undele sonore cu frecvente sub 16Hz se numesc infrasunete, iar cele cu frecventa peste 20kHz se numesc ultrasunete.
- Acustica este o ramura a fizicii care se ocupă cu producerea, propagarea şi recepţia sunetelor, precum si cu studiul efectelor produse in urma interactiunilor acestora cu mediul prin care se propaga.
- Fiecare sunet real este o suprapunere de oscilatii armonice cu un set determinat de frecvente, numit spectru acustic.
- In functie de senzatia auditiva produsa, sunetele se deosebesc dupa inaltime, timbru si intensitate.
- Urechea noastra poate percepe un sunet de o anumita frecventa numai daca acesta are o intensitate cuprinsa intre valoarea minima, numita prag de audibilitate si o intensitate maxima, numita pragul senzatiei dureroase.
- Reverberatia este fenomenul de persistenta a unui sunet intr-un spatiu inchis, dupa ce sursa inceteaza sa mai emita, datorita reflexiilor multiple pe peretii incaperii, inainte de absorbtia sa totala.
- Timpul de reverberatie este determinat de volumul si suprafata incaperii si de coeficientul de absorbtie mediu al acestuia.

Legea Weber – Fechner:

- Creșterea minima percepută a senzației auditive (S) produsă de un sunet este direct proportional cu creșterea relative a intensității sonore a sunetului respectiv: $\Delta S = k\ \frac{\Delta I_s}{I_s}$