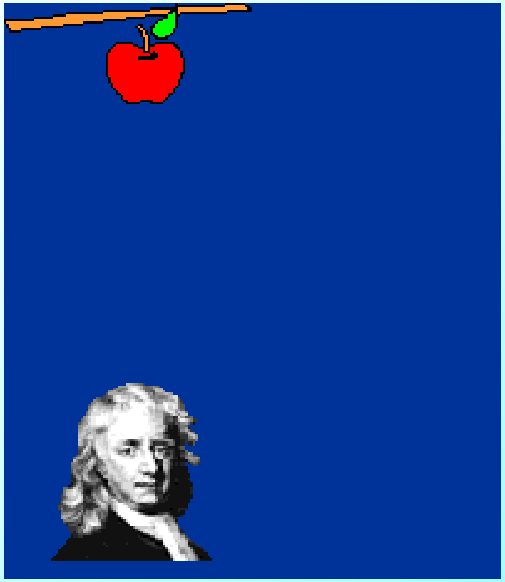
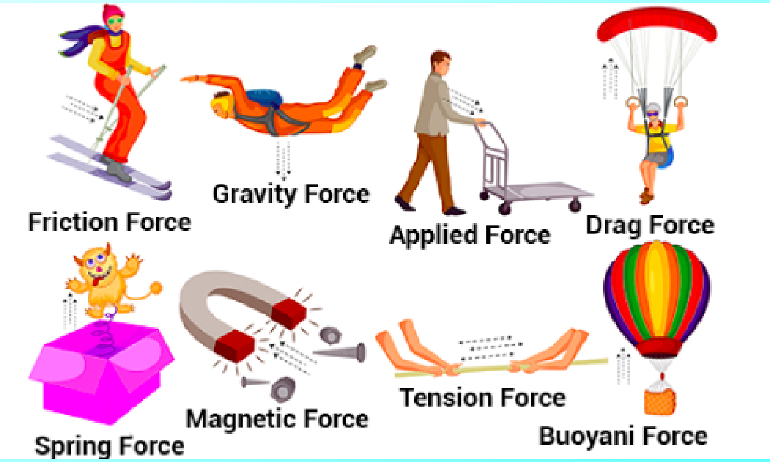
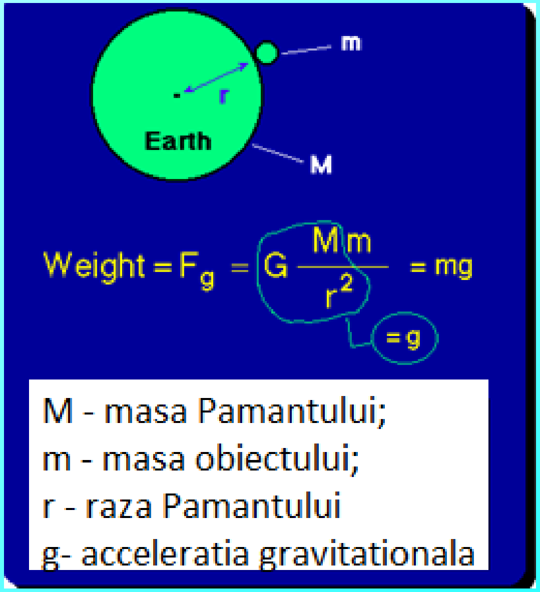
FIZICĂ PENTRU INGINERI

Prezentat de

Trif-Tordai Delia







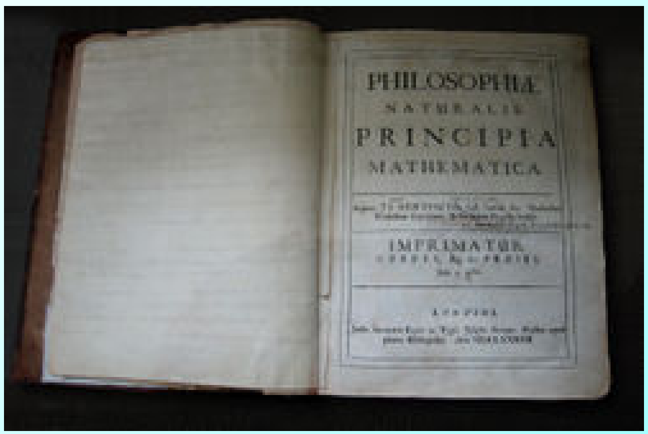
Universitatea Politehnica Timişoara, România

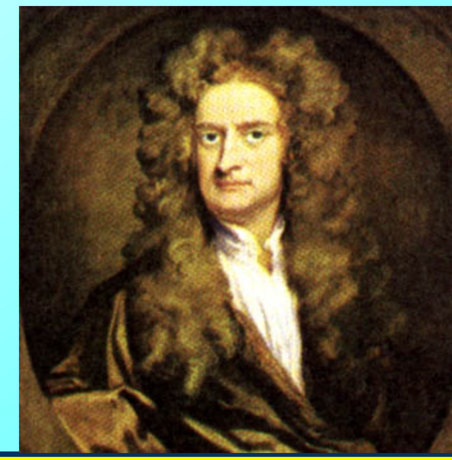
CURSUL 2
2025-2026

2. Mecanică clasică
2.1. Noțiuni generale
2.2. Principiile fundamentale ale dinamicii
2.3. Tipuri de forţe – Recapitulare*

2. Mecanica clasică (newtoniană)

Mecanică = parte a fizicii care studiază mişcarea mecanică a corpurilor şi condiţiile de echilibru ale acestora





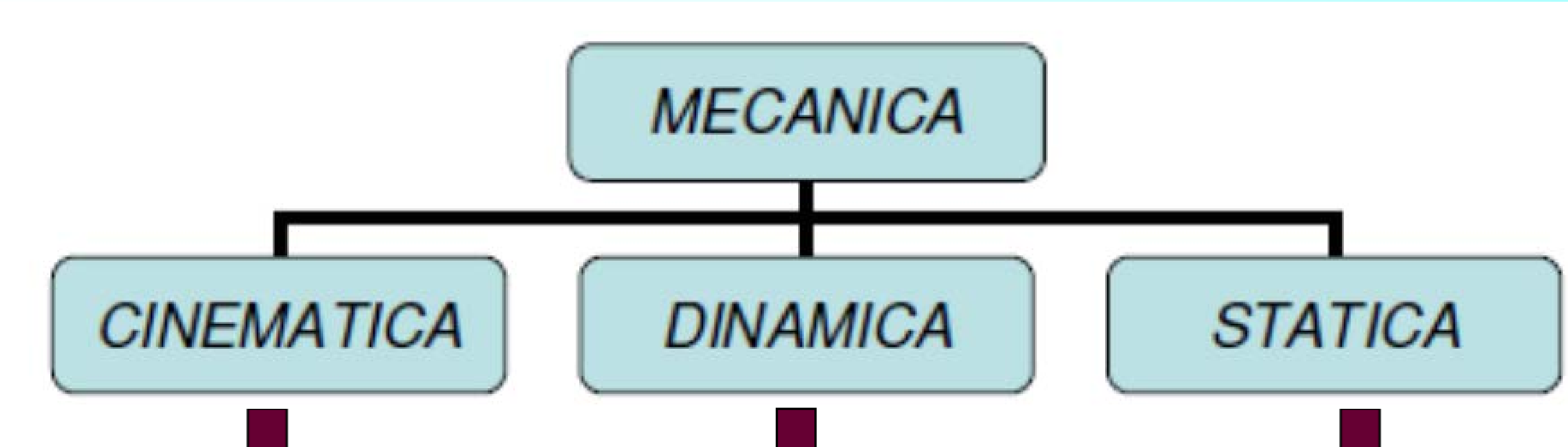
Sir Isaac Newton

(1643 – 1727)

- cele trei Principii
- Legea atracţiei universale

"Philosophiae Naturalis Principia Mathematica - 1687"

2. Mecanica clasică



descrie mişcarea corpurilor

studiază cauzele mişcării corpurilor

echilibrul forţelor ce acţionează asupra unui corp

2. Mecanica clasică

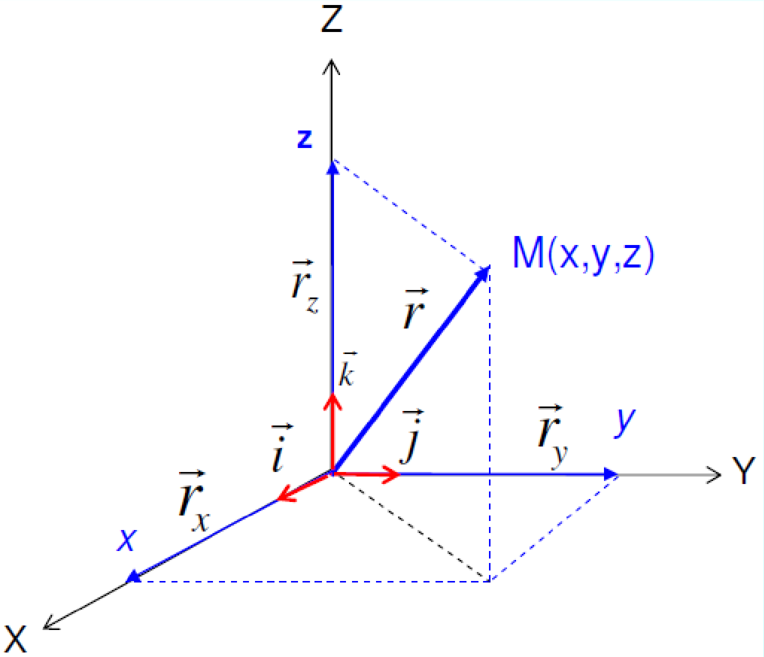
<u>Spaţiul fizic </u>este “locul” în care se desfăşoară fenomenele fizice. Spaţiul fizic convenţional este spaţiului euclidian, care este tridimensional.

<u>Timpul</u> reprezintă o măsură a duratei proceselor fizice.
Timpul este absolut şi universal, şi se scurge monoton de la trecut spre viitor.

<u>Punctul material</u> (PM) reprezintă un corp fizic de dimensiuni neglijabile, a cărui masă este concentrata într-un punct (numit *centru de masă*).
Aproximaţia de punct material constituie cel mai simplu model mecanic.

<u>Sistemul de referinţă </u>cuprinde un sistem de axe de coordonate, legat rigid de un corp aflat într-o stare de mişcare cunoscută faţă de alt corp sau sistem de corpuri, care împreună cu un ceas legat de sistemul de coordonate, indica poziţia corpurilor în spaţiu şi timp.
Indicarea stării de mişcare sau de repaus a unui corp are sens numai în raport cu un sistem de referinţă dat.

2.1. Cinematică. Noţiuni generale



Vectorul unitate (versori) - vector având modulul egal cu unitatea şi sensul dat de sensul pozitiv al axei de coordonate

$$\left|\vec{i}\right| = \left|\vec{j}\right| = \left|\vec{k}\right| = 1$$

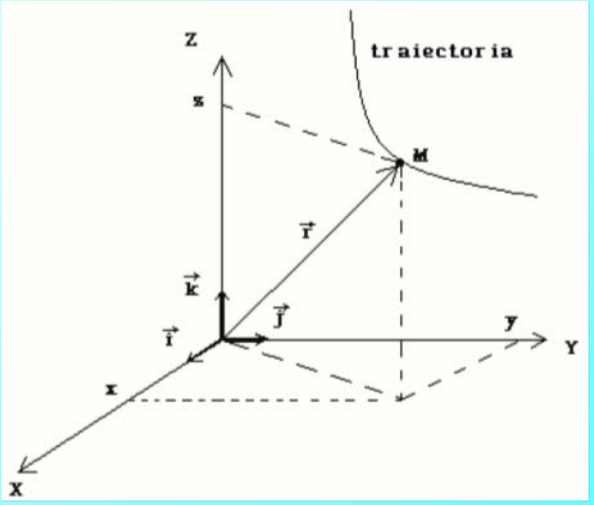
<u>*Vectorul de poziţie*</u> - vector cu originea în originea sistemului de coordonate şi vârful în punctul în care se află corpul.

$$\vec{r} = \vec{r}_x + \vec{r}_y + \vec{r}_z = x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j} + z \cdot \vec{k}$$

<u>*Modulul vectorului de poziţie*</u>:

$$|\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

2.1. Cinematică. Noţiuni generale

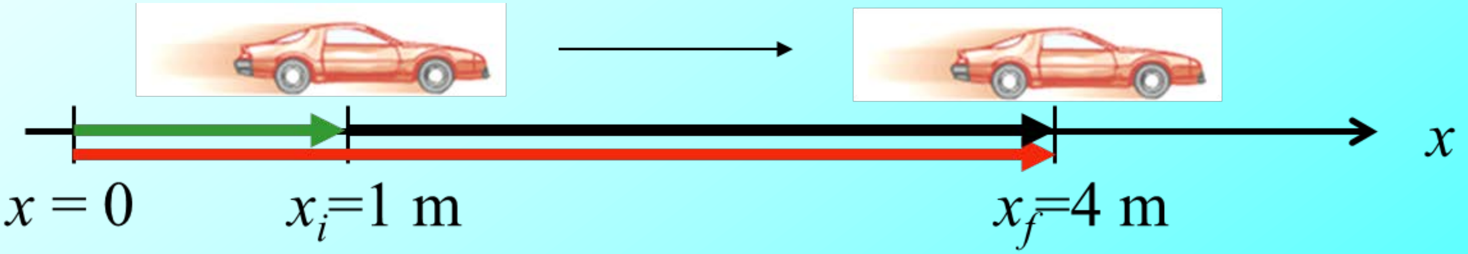


Traiectoria = totalitatea punctelor prin care trece punctul material (PM) pe parcursul mişcării sale.

Deplasarea = modificarea poziţiei PM

Vectorul deplasare: $\Delta\vec{r} = \vec{r}_f - \vec{r}_i$

Ex: $\Delta x = x_f - x_i = 4 - 1 = 3\,m$



Deplasarea este o mărime fizică vectorială !

<u>*Distanța*</u> reprezintă lungimea totală a traiectoriei si este o mărime scalară. https://phet.colorado.edu/sims/html/number-line-distance/latest/number-line-distance_all.html

2.1. Cinematică. Noţiuni generale

Viteza medie = raportul dintre vectorul deplasare (nu distanţă !!!) şi intervalul de timp în care a fost efectuată aceasta (deplasarea efectuată în unitatea de timp)

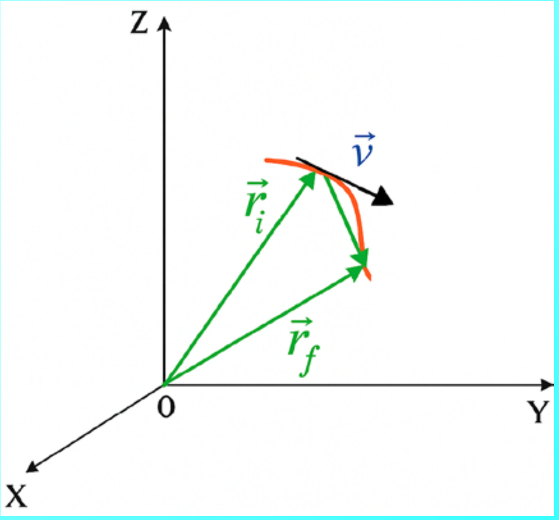
$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

$$v_m = \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{r_f - r_i}{t_f - t_i}$$

$$[v]_{S.I.} = 1\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

***Viteza momentană* (instantanee)** = viteza punctului material la un moment dat.

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}}$$

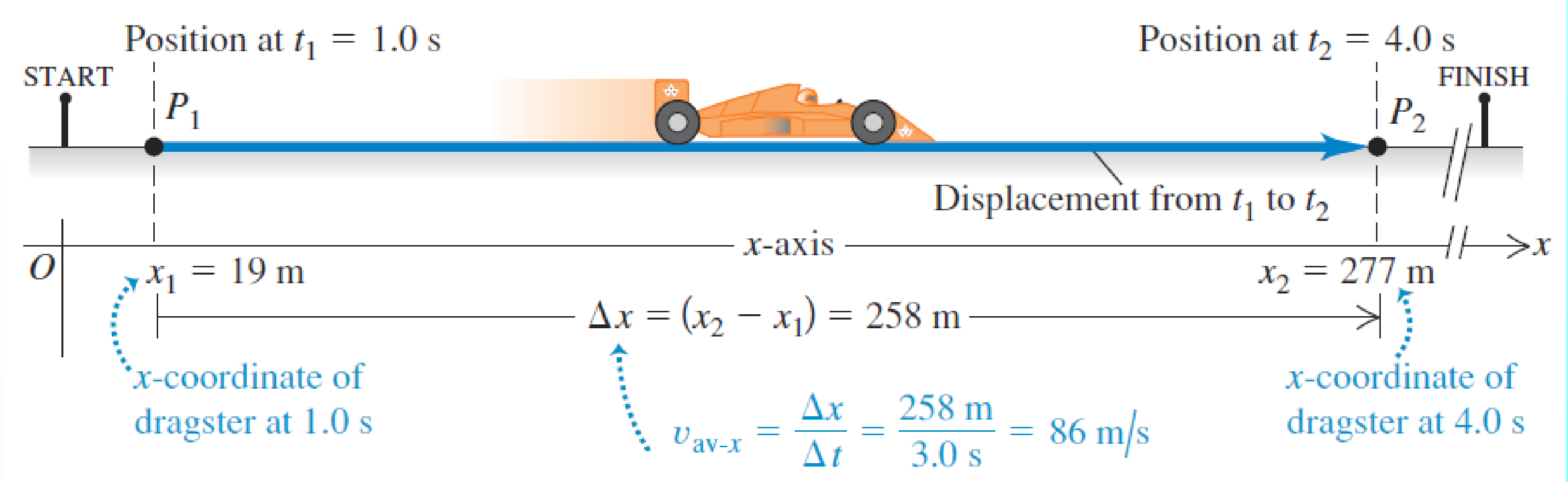


$$\vec{v} = \dot{\vec{r}} = \dot{x}\cdot\vec{i} + \dot{y}\cdot\vec{j} + \dot{z}\cdot\vec{k}$$

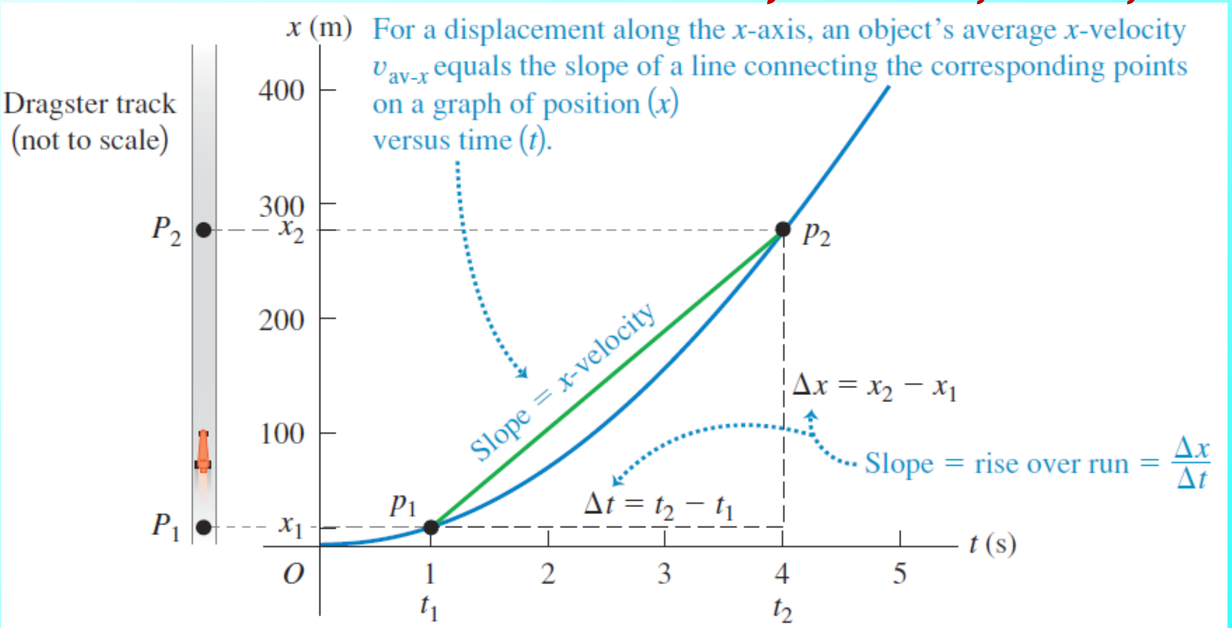
!!! este o mărime fizică vectorială

2.1. Cinematică. Noțiuni generale

Positions of a dragster at two times during its run.



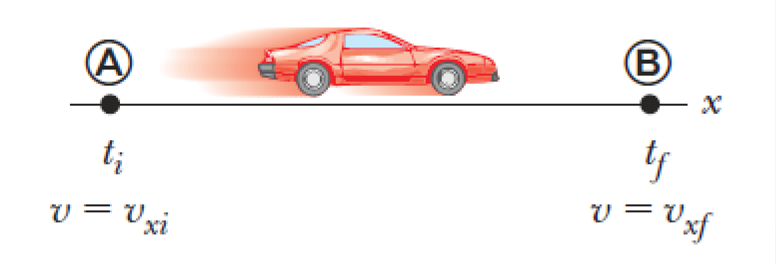
Viteza medie –panta dreptei care unește poziția inițială cu cea finală

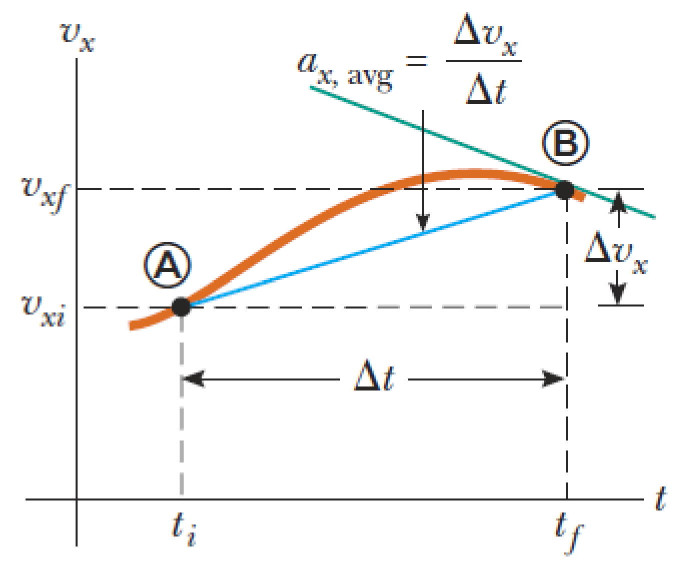


2.1. Cinematică. Noțiuni generale

Acceleraţia medie = variaţia vitezei punctului material în unitatea de timp

$$\boxed{\vec{a}_m = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}}$$





$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$$

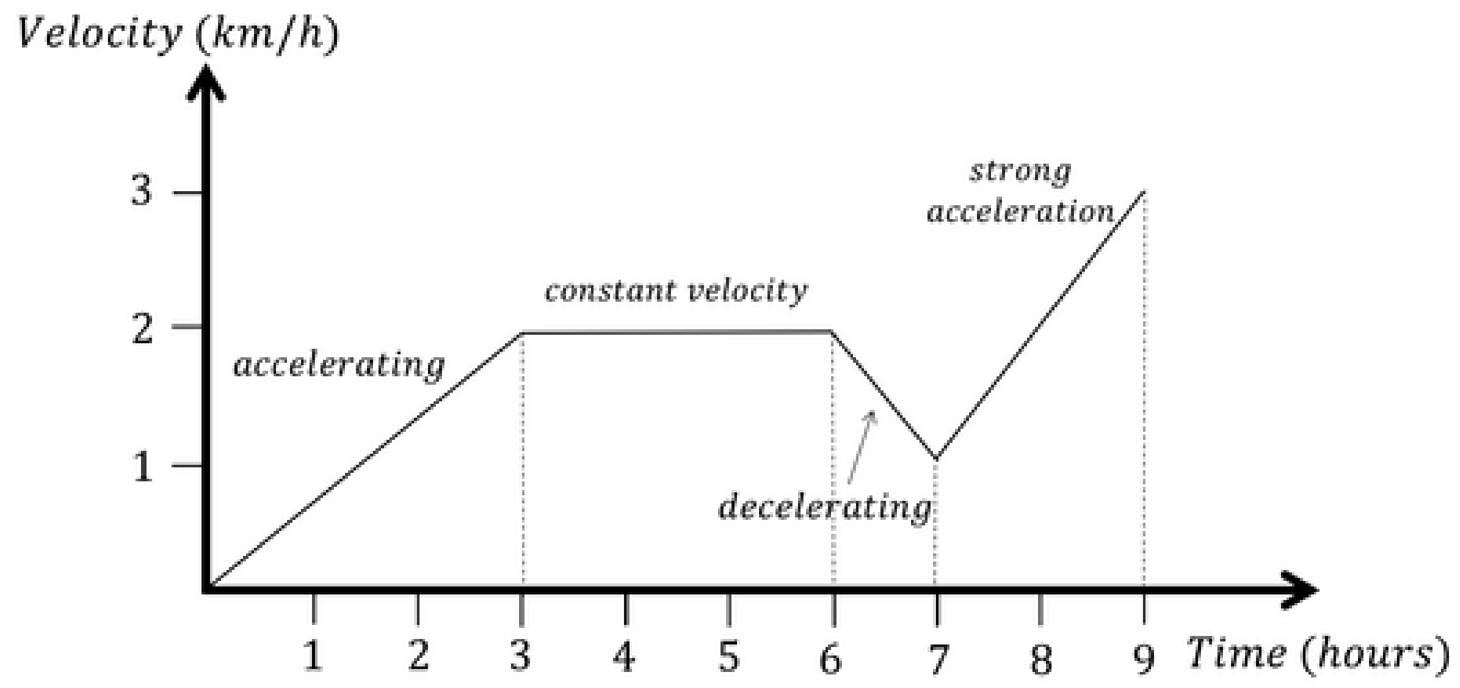
$$[a]_{S.I.} = 1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Acceleraţia momentană = accelerația PM la un moment dat.

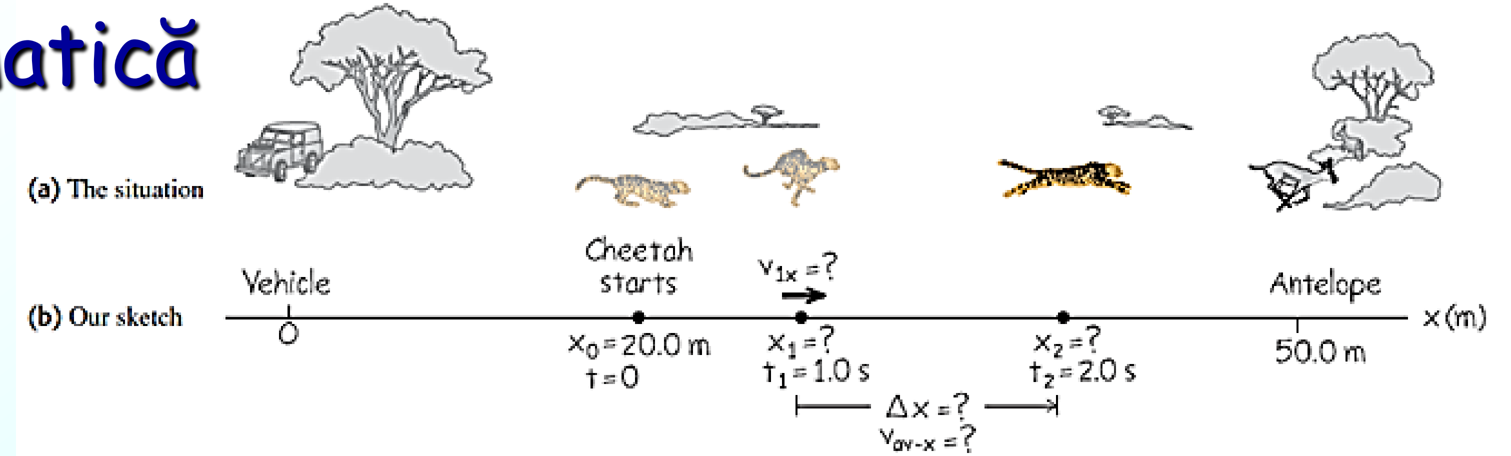
$$\boxed{\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \left(= \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} \right)}$$

!!! este o mărime fizică vectorială

2.1. Cinematică. Noțiuni generale



2.1. Cinematică

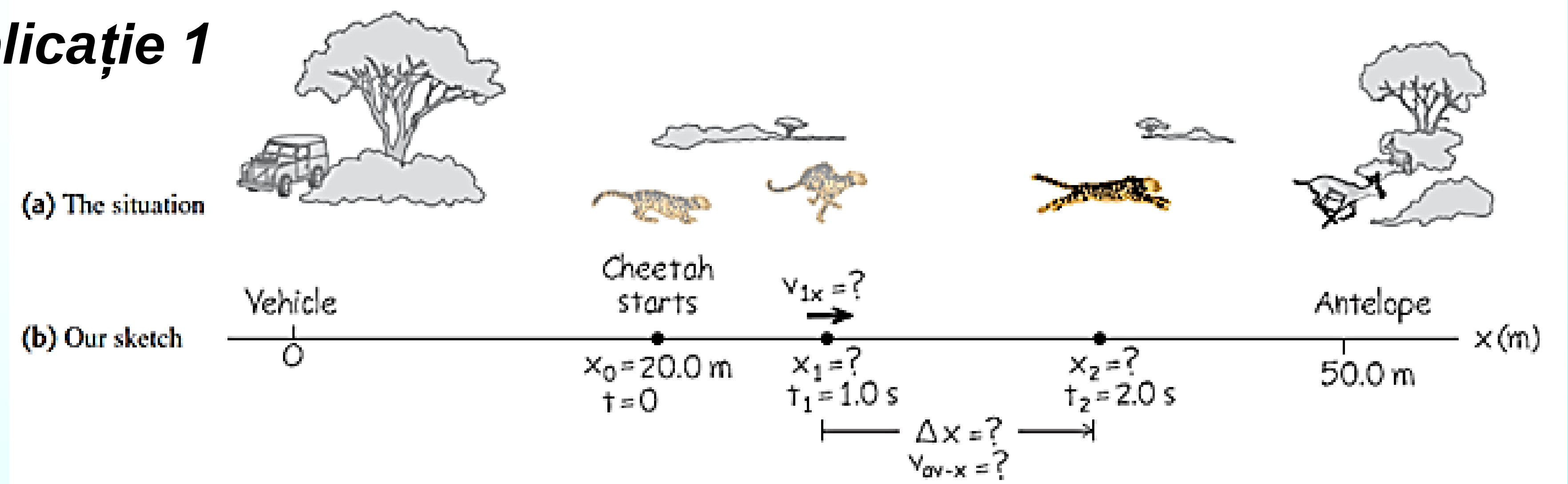


Aplicație 1:
La 20 m est faţă de un observator se află un ghepard. La momentul $t = 0$, ghepardul începe să alerge spre est, către o antilopă, aceasta fiind situată la 50 m est faţă de observator. În primele 2 s ale atacului, coordonatele ghepardului variază în funcţie de timp, conform ecuaţiei: $x = 20\ \mathrm{m} + (5\ \mathrm{m/s^2})t^2$.

a) Să se determine deplasarea ghepardului între momentele $t_1 = 1\ s$ şi $t_2 = 2\ s$.
b) Să se determine viteza medie în acest interval.
c) Să se determine viteza medie la $t_1 = 1\ s$, dacă $\Delta t = 0.1\ s$.
d) Determinaţi expresia vitezei momentane în funcţie de timp a ghepardului, şi utilizați-o pentru a determina viteza v_x la momentele $t_1 = 1\ s$, respectiv $t_2 = 2\ s$.

2.1. Cinematică

Aplicație 1



a) La $t_1 = 1$ s şi $t_2 = 2$ s coordonatele ghepardului sunt:

$$x_1 = 20\text{m} + (5\,\text{m}/s^2)(1\text{s})^2 = 25\text{ m}$$

$$x_2 = 20\text{m} + (5\,\text{m}/s^2)(2\text{s})^2 = 40\text{ m}$$

Deplasarea în acest interval de 1 s este:

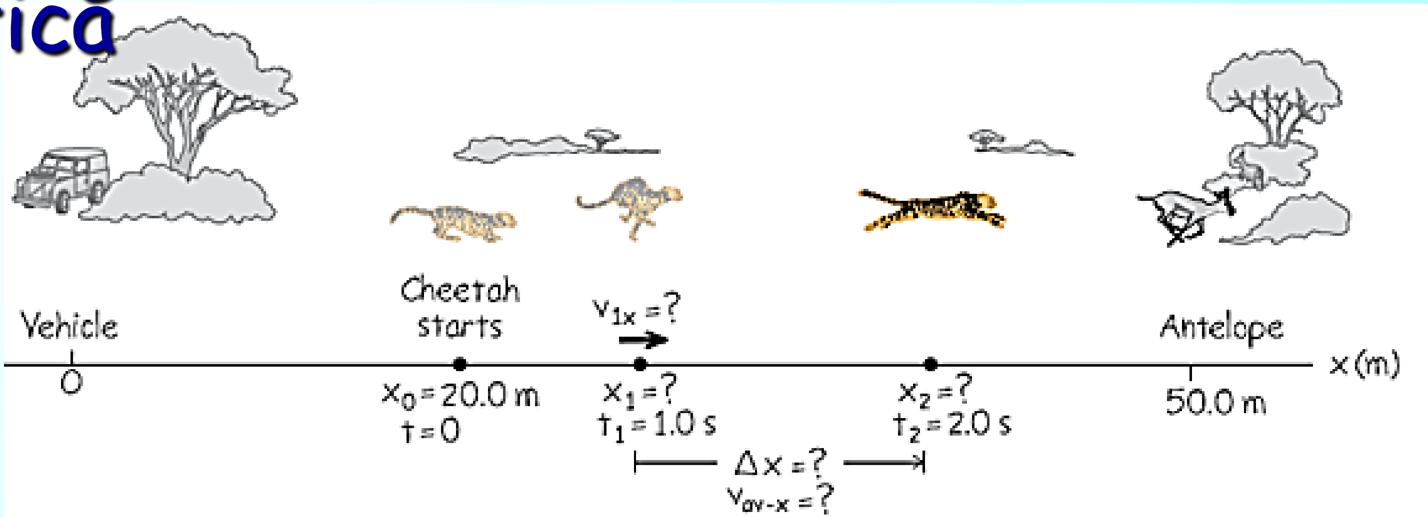
$$\Delta x = x_2 - x_1 = 15\text{ m}$$

b) Viteza medie în acest interval este:

$$v_m = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{15\text{ m}}{1\text{ s}} = 15\ \text{m/s}$$

2.1. Cinematică

Aplicație 1



c) Dacă $\Delta t = 0.1\ s$, atunci intervalul de timp este de la $t_1 = 1$ s la $t_2 = 1.1$ s. La momentul t_2 poziţia este:

$$x_{2\prime} = 20\text{m} + (5\ \text{m}/s^2)(1.1\ \text{s})^2 = 26.05\ \text{m}$$

Viteza medie în interval de 0.1 s este:

$$v_{m-x} = \frac{x_{2\prime} - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{26.05\text{m} - 25\text{m}}{1.1\text{s} - 1\text{s}} = 10.5\ \text{m/s}$$

d) Se derivează ecuaţia $x = 20\ \text{m} + (5\ \text{m}/s^2)t^2$ la timp şi se obţine:

$$v_x(t) = \frac{dx}{dt} = (5\ \text{m/s}^2)(2t) = (10\ \text{m/s}^2)\text{t}$$

La $t_1 = 1$ s, viteza este $v_{x1} = 10\ \text{m/s}$, respectiv la $t_2 = 2$ s viteza este $v_{x2} = 20\ \text{m/s}$.

2.1. Cinematică. Noțiuni generale

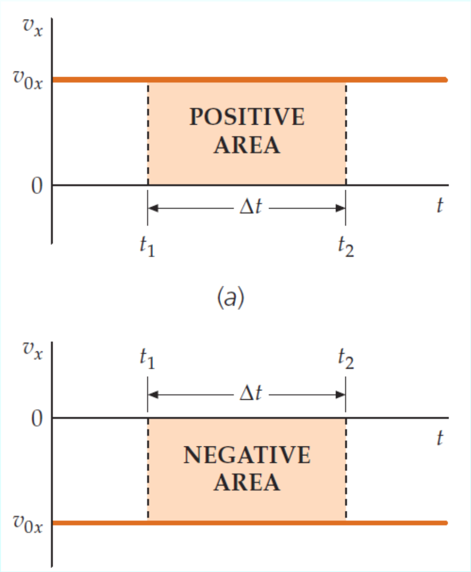
Clasificarea mişcărilor punctului material

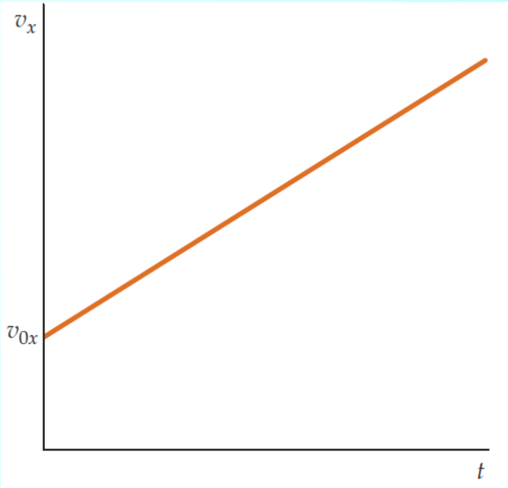
Rectilinie → uniformă($\vec{v} = constant$; $\vec{a} = 0$)

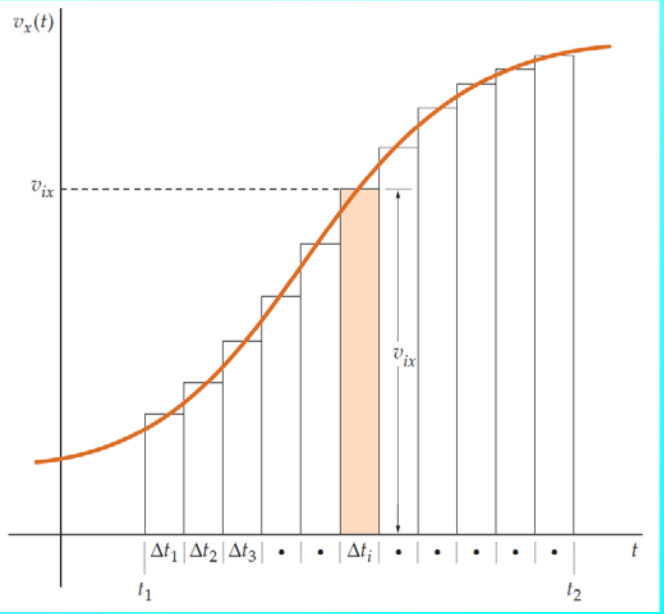
Rectilinie → variată ($\vec{a} \neq 0$)

variată ($\vec{a} \neq 0$) → uniform variată (a = const.) → accelerată a>0; încetinită a<0

variată ($\vec{a} \neq 0$) → neuniformă (a =variabil)







Curbilinie → uniformă $\overrightarrow{|v|} = constant$

Curbilinie → neuniformă

2.1. Cinematică. Noțiuni generale

Determinarea vitezei și a coordonatei poziției prin integrare

- **Legea mişcării rectilinii uniforme (v=ct.)**

$$v = \frac{dr}{dt} \longrightarrow dr = v \cdot dt \longrightarrow \int_{r_0}^{r} dr = \int_{t_0}^{t} v \cdot dt$$

$$\boxed{r = r_0 + v\left(t - t_0\right)}$$

- **Legea vitezei (a=ct.)**

$$a = \frac{dv}{dt} \longrightarrow dv = a \cdot dt \longrightarrow \int_{v_0}^{v} dv = \int_{t_0}^{t} a \cdot dt$$

$$\boxed{v = v_0 + a\left(t - t_0\right)}$$

2.1. Cinematică. Noțiuni generale

Determinarea vitezei și a coordonatei poziției prin integrare

Legea mişcării (a=ct)

$$v = \frac{dr}{dt} \longrightarrow dr = v \cdot dt \longrightarrow \int_{r_0}^{r} dr = \int_{t_0}^{t} v \cdot dt$$

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$\boxed{r = r_0 + v\left(t - t_0\right) + \frac{a\left(t - t_0\right)^2}{2}}$$

De ex: să considerăm un mobil care se mișcă în direcția pozitivă a axei x, atunci legea de mișcare devine:

$$x = x_0 + v_x\left(t - t_0\right) + \frac{a_x\left(t - t_0\right)^2}{2}$$

https://www.walter-fendt.de/html5/phro/acceleration_ro.htm

2.1. Cinematică. Noțiuni generale

Determinarea vitezei și a coordonatei poziției prin integrare

Formula lui Galilei

Se pune condiția ca: $t_0 = 0$

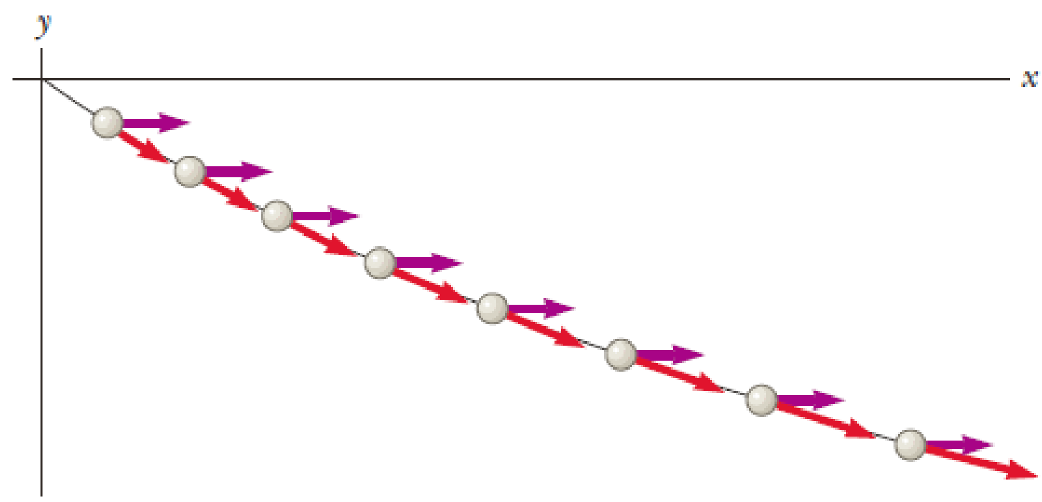
$$v = v_0 + a \cdot t \quad \Longrightarrow \quad t = \frac{v - v_0}{a}$$

Se introduce timpul în legea de mișcare:

$$r = r_0 + v \cdot \frac{v - v_0}{a} + \frac{a}{2}\left(\frac{v - v_0}{a}\right)^2$$

Se obține: $\boxed{v^2 = v_0{}^2 + 2\,a\,(\mathrm{r} - r_0)}$

Aplicație 2



O particulă pornește din origine la $t = 0$ cu o viteză inițială care are componentă pe axa *x* de 20 m/s, respectiv componenta pe axa y de –15 m/s. Particula se deplasează în planul *xy* cu o singură componetă a accelerație, dată de $a_x = 4\ \mathrm{m/s^2}$.

a) Să se determine vectorul viteză rezultant la orice moment.

b) Să se determine vectorul viteză si modulul acesteia la momentul $t = 5$ s.

c) Să se determine coordonatele particulei la orice moment *t* și vectorul deplasare.

Aplicație 2

a) Din datele problemei rezultă: $v_{xi} = 20\ \mathrm{m/s}$ şi $v_{yi} = -15\ \mathrm{m/s}$; $a_x = 4\ \mathrm{m/s^2}$, respectiv $a_y = 0$.

Aplicând legea vitezei rezultă:

$$\vec{v}_f = \vec{v}_i + \vec{a}t = (v_{xi} + a_x t)\vec{\imath} + \left(v_{yi} + a_y t\right)\vec{\jmath}$$

După introducerea valorilor se obţine:

$$\vec{v}_f = [20\ \mathrm{m/s} + (4\,\mathrm{m/s^2})t]\vec{\imath} + (-15\,\mathrm{m/s} + 0)\vec{\jmath}$$

$$\vec{v}_f = [(20 + 4t)\vec{\imath} - 15\vec{\jmath}]\ \mathrm{m/s}$$

b) $t = 5\ \mathrm{s} \Longrightarrow \vec{v}_f = [(20 + 4 \cdot 5)\vec{\imath} - 15\vec{\jmath}]\,\mathrm{m/s} = (40\vec{\imath} - 15\vec{\jmath})\ \mathrm{m/s}$

Direcţia pe care o are particula la mometul $t = 5$ s este:

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_{yf}}{v_{xf}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{-15\ \mathrm{m/s}}{40\ \mathrm{m/s}}\right) = -21°$$

Semnul negativ al unghiului indică faptul că, vectorul viteză este poziţionat sub axa *x* şi formează cu aceasta un unghi de 21°.

Modulul vectorului viteză: $\left|\vec{v}_f\right| = v_f = 43\ \mathrm{m/s}$

Aplicație 2

c) Aplicând legea spațiului şi ţinând cont de condiţiile iniţiale $x_i = y_i = 0$ la t =0, rezultă:

$$x_f = v_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2 = (20t + 2t^2)\ \mathrm{m}$$

$$y_f = v_{yi}t = (-15t)\ \mathrm{m}$$

Expresia vectorului de poziţie al particulei la orice moment este:

$$\vec{r}_f = x_f\vec{i} + y_f\vec{j} = [(20t + 2t^2)\vec{i} - 15t\vec{j}]\ \mathrm{m}$$

Aplicație 3

Ion conduce o mașină pe autostradă, în sens pozitiv *Ox*. La $t = 0$, are viteza inițială de 10 m/s și trece pe lângă un indicator la $x = 50$ m, având accelerația ca funcție de timp:

$$a_x = 2.0\ \mathrm{m/s^2} - (0.10\ \mathrm{m/s^3})t$$

a) Determinați viteza și poziția în funcție de timp.

b) Când viteza are cea mai mare valoare?

c) Care este valoarea maximă a vitezei pe *Ox*?

d) Unde este poziționată mașina când atinge viteza maximă?

***Rezolvare*:**

a) Din condițiile inițiale, la $t = 0$, poziția mașinii este $x_0 = 50$ m și are o viteza inițială $v_{ox} = 10$ m/s, se determină viteza finală:

$$v_x = v_{0x} + \int_0^t a_x\,dt \Longrightarrow$$

$$v_x = 10\ \mathrm{m/s} + \int_0^t [2.0\ \mathrm{m/s^2} - (0.10\ \mathrm{m/s^3})t]\,dt$$

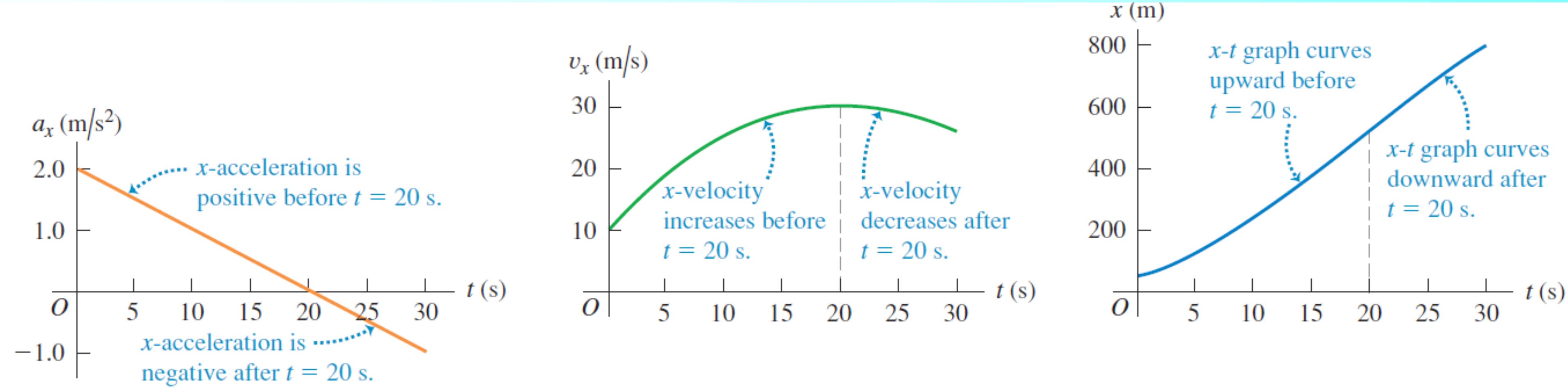
$$= 10\ \mathrm{m/s} + (2.0\ \mathrm{m/s^2})t - \tfrac{1}{2}(0.10\ \mathrm{m/s^3})t^2$$

Aplicație 3

$$x = x_0 + \int_0^t v_x\, dt$$

$$x = 50\ \text{m} + \int_0^t \left[10\ \text{m/s} + (2.0\ \text{m/s}^2)t - \tfrac{1}{2}(0.10\ \text{m/s}^3)t^2\right] dt$$

$$= 50\ \text{m} + (10\ \text{m/s})t + \tfrac{1}{2}(2.0\ \text{m/s}^2)t^2 - \tfrac{1}{6}(0.10\ \text{m/s}^3)t^3$$



b) Pentru a determina timpul, se pune condiția ca accelerația să fie zero (atunci cand un corp are viteza maxima, *a* = 0):

$$dv_x/dt = a_x = 0$$

$$0 = 2.0\ \text{m/s}^2 - (0.10\ \text{m/s}^3)t$$

$$t = \frac{2.0\ \text{m/s}^2}{0.10\ \text{m/s}^3} = 20\ \text{s}$$

Aplicație 3

c) Pentru a determina viteza maximă, se introduce timpul în ecuația vitezei obținută la punctul a):

$$
\begin{aligned}
v_{\text{max-}x} &= 10\ \text{m/s} + (2.0\ \text{m/s}^2)(20\ \text{s}) - \tfrac{1}{2}(0.10\ \text{m/s}^3)(20\ \text{s})^2 \\
&= 30\ \text{m/s}
\end{aligned}
$$

d) Pentru a determina poziția mașinii, se introduce timpul în expresia poziției de la punctul a):

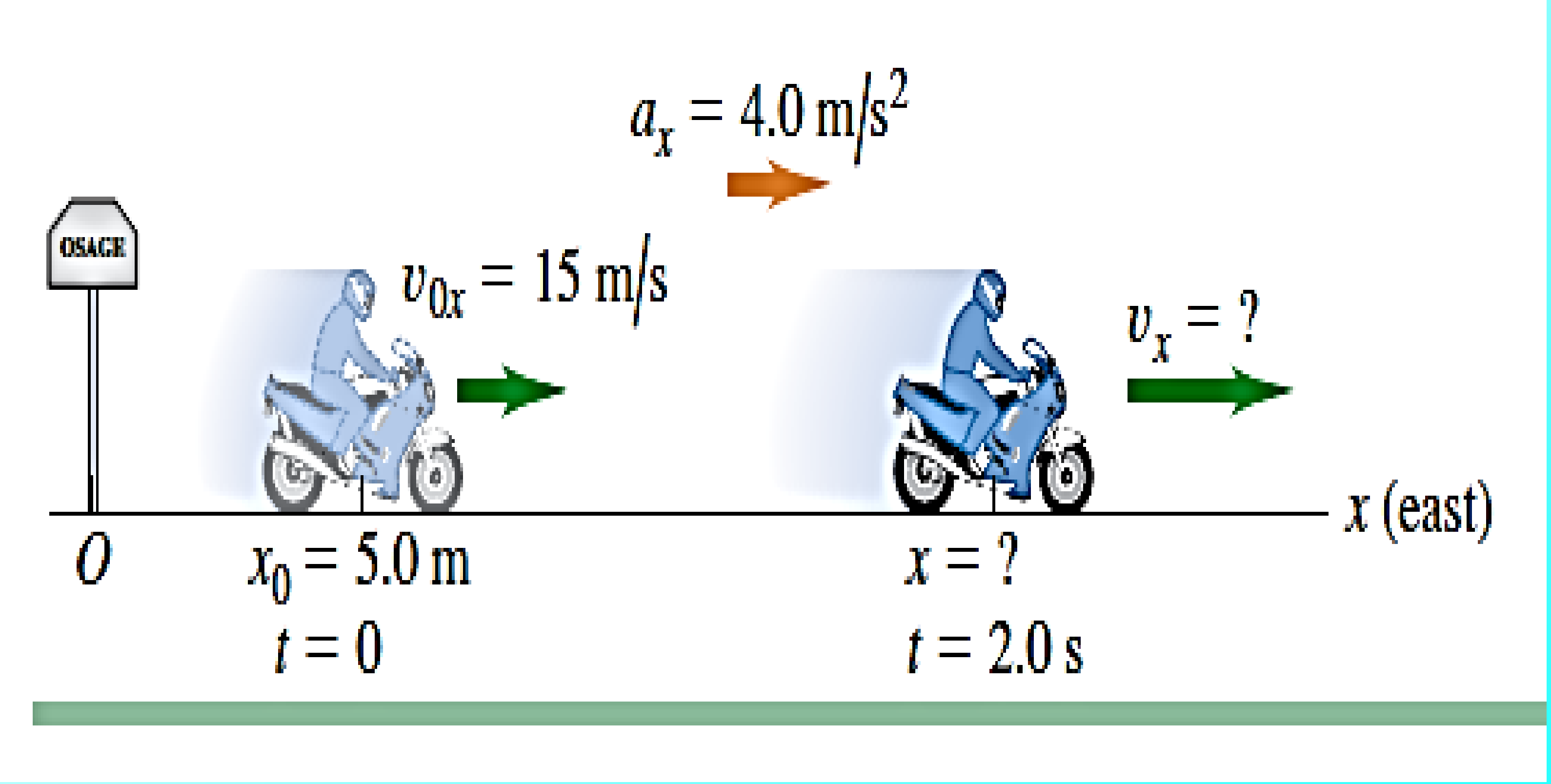
$$
\begin{aligned}
x &= 50\ \text{m} + (10\ \text{m/s})(20\ \text{s}) + \tfrac{1}{2}(2.0\ \text{m/s}^2)(20\ \text{s})^2 \\
&\quad - \tfrac{1}{6}(0.10\ \text{m/s}^3)(20\ \text{s})^3 \\
&= 517\ \text{m}
\end{aligned}
$$

Aplicație 4. Studiu de caz:

Un motociclist se deplasează spre est, iar după ce trece de limitele unui oraş, accelerează constant, cu valoarea $a_x = 4$ m/s². In momentul $t = 0$ este la 5 m est şi se deplasează cu o viteză de 15 m/s.

a) Să se determine poziţia şi viteza la $t = 2\ s$.

b) Să se determine poziţia, atunci când viteza este de 25 m/s.



2.1. Cinematică. Noțiuni generale

Mişcarea rectilinie cu accelerației variabilă $a \neq ct.$

Să considerăm mișcarea unui corp în sensul pozitiv al axei x, cu o accelerație al cărei sens este opus vitezei și a cărei mărime este proporțională cu viteza, astfel:

$$a = -k \cdot v$$

unde *k* este o constantă. Să se determine viteza și poziția.

$$a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow -k \cdot v = \frac{dv}{dt} \Rightarrow \frac{dv}{v} = -k\,\mathrm{d}t \Rightarrow$$

$$\int_{v_0}^{v} \frac{dv}{v} = -k \int_{t_0}^{t} \mathrm{d}t \Rightarrow \ln\frac{v}{v_0} = -k\,t \Rightarrow v = v_0 \exp(-k\,t)$$

viteza scade exponențial cu timpul

$$v = \frac{dx}{dt} \Rightarrow \frac{dx}{dt} = v_0\,\mathrm{e}^{-kt} \xrightarrow[t_0 = 0]{x_0 = 0} x = \frac{v_0}{k}\left(1 - \mathrm{e}^{-kt}\right)$$

Deși copului îi este necesar un timp infinit pentru a ajunge în repaus, în acest timp infinit corpul parcurge numai o distanță finită, v_0/k .

2.2.Principiile fundamentale ale dinamicii

Principiile mecanicii clasice formulate de Galilei şi de Newton, sunt valabile doar pentru mişcări care se desfăşoară cu viteze mult mai mici decât viteza luminii în vid, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

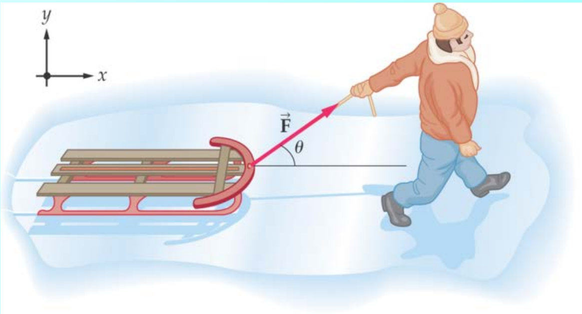
1. Principiul inerţiei (prima lege a lui Newton):

Un corp îşi pastrează starea de repaus sau de mişcare rectilinie şi uniformă atât timp cât asupra lui nu se exercită nicio forţă sau dacă rezultanta tuturor forţelor este egală cu zero.

Sistemele de referinţă în care este valabil *Principiul inerţiei* şi care se mişcă uniform şi rectiliniu unele faţă de altele se numesc *sisteme de referinţă inerţiale.*

2.2.Principiile fundamentale ale dinamicii

Forţa - mărime fizică vectorială ce caracterizează interacţiunea dintre corpuri.



Masa: - mărime fizică scalară;

- măsură a cantităţii de substanţă conţinută de corp;
- caracterizează inerţia unui corp.

$$[m]_{SI} = kg$$

Inerţia (= ”lene”) este tendinţa unui corp de a-şi păstra starea de repaus sau de mişcare rectilinie şi uniformă atâta timp cât asupra sa nu acţionează o forţă netă care să-i modifice această stare.

https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics_all.html

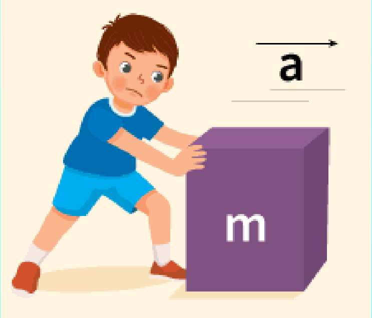
2.2.Principiile fundamentale ale dinamicii

2. Legea fundamentală a dinamicii (a II-a lege a lui Newton):

Forţa care acţionează asupra unui corp îi imprimă acestuia o acceleraţie proporţională cu forţa şi invers proporţională cu masa corpului.

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m}$$

Forţa rezultantă: $\sum \vec{F} = m\,\vec{a}$



$$[F]_{S.I.} = [m][a] = 1\,\mathrm{kg} \cdot 1\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 1\,\mathrm{N}\ \ (\text{Newton})$$

1 Newton reprezintă forţa care, aplicată asupra unui corp cu masa de 1 kg îi imprimă o acceleraţie de 1 m/s^2

$$\sum F_x = m\,a_x \quad \sum F_y = m\,a_y \quad \sum F_z = m\,a_z$$

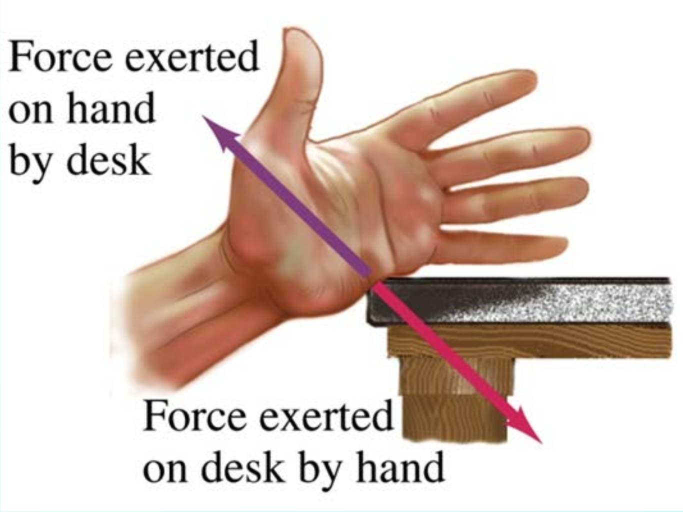
https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics_all.html
https://www.walter-fendt.de/html5/phro/newtonlaw2_ro.htm

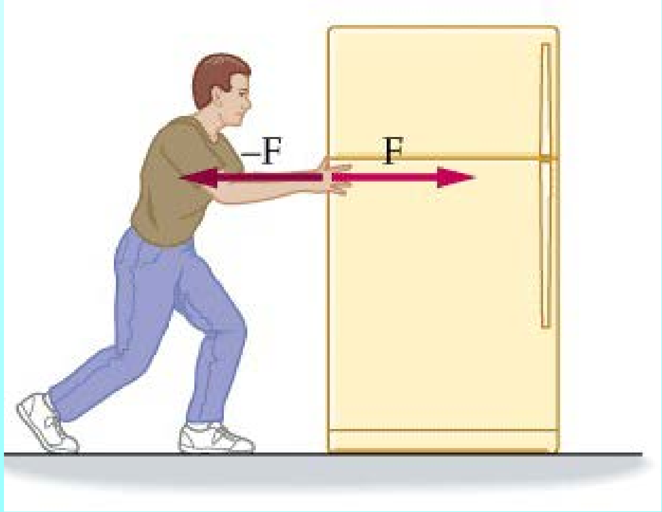
2.2.Principiile fundamentale ale dinamicii

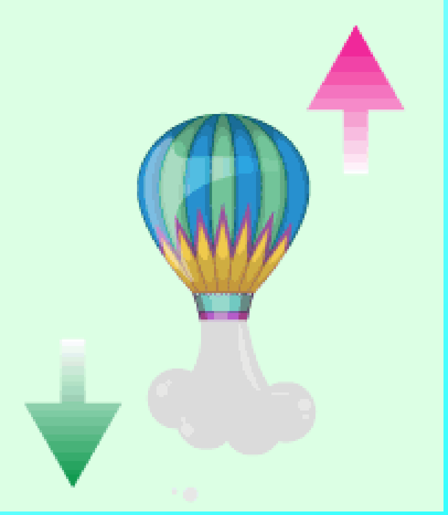
3. Principiul actiunii si reactiunii (legea a III – a a lui Newton)

Dacă un corp A acţionează asupra unui corp B cu o forţă numită acţiune, corpul B va acţiona asupra corpului A cu o forţă numită reacţiune. Acţiunea şi reacţiunea sunt egale în modul, dar orientate în sens contrar:

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$



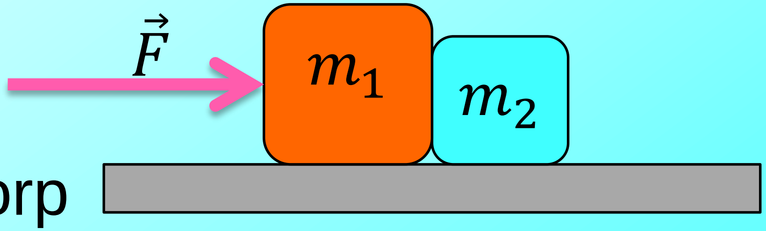




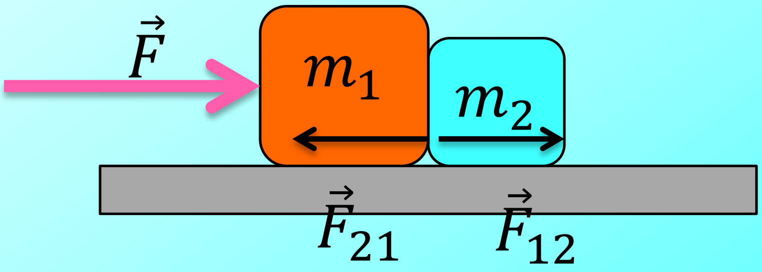
2.2.Principiile fundamentale ale dinamicii

3. Principiul actiunii si reactiunii – <u>aplicaţie 5</u> $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$

Două corpuri sunt în contact pe o suprafaţă orizontală, fără frecare. Dacă se aplică o forţă, ca în figură, să se găsească acceleraţia şi cele două forţe $\vec{F}_{12}$şi $\vec{F}_{21}$. Se dă F=3.2 N, m_1= 2kg si m_2= 6 kg.



- Se aplică $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ pentru fiecare corp



- Dar $F_{12} = F_{21}$

- Rezultă: $a = \frac{F}{m_1+m_2}$

$$F_{12} = F_{21} = \frac{m_2}{m_1+m_2} F$$

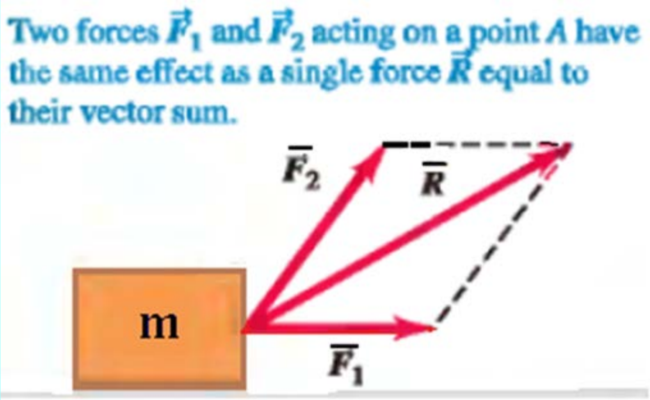
2.2.Principiile fundamentale ale dinamicii

4. Principiul independenţei acţiunii forţelor

Fiecare din forţele care acţionează asupra unui corp, îşi manifestă acţiunea independent de prezenţa celorlalte forţe aplicate.

Rezultanta forţelor: $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \cdots = \sum \vec{F}$

$$R_x = \sum F_x \qquad R_y = \sum F_y$$



Top view of a box, lying on a plane surface and acted by two horizontal forces

2.2.Principiile fundamentale ale dinamicii

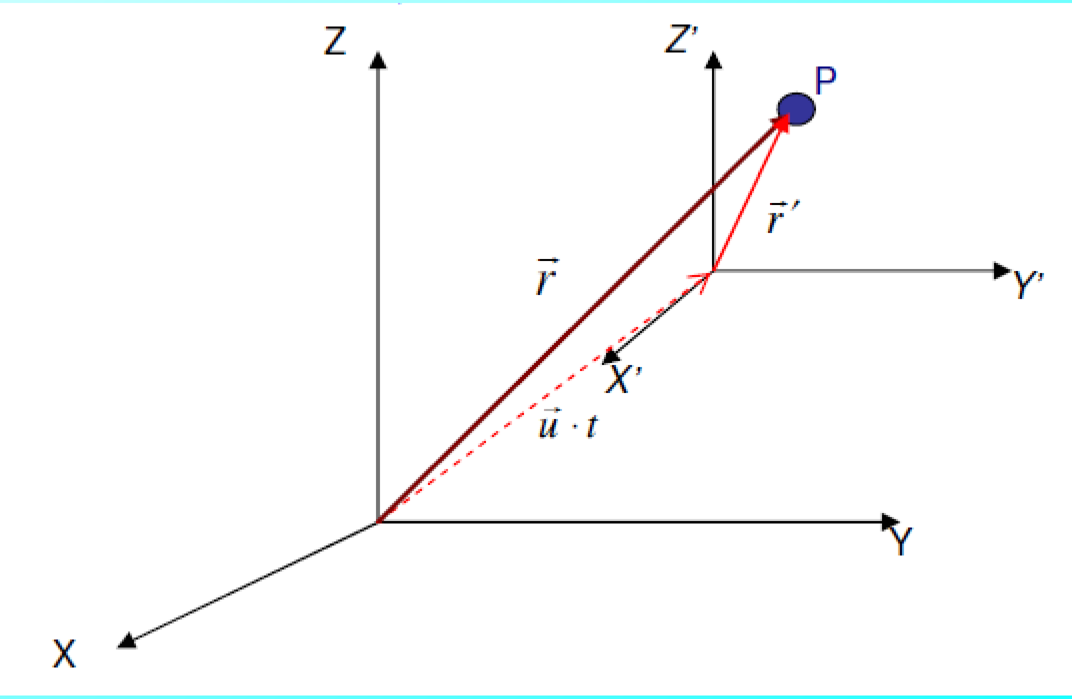
5. Principiul relativității clasice (principiul lui Galilei):

Legile mecanicii clasice ramân neschimbate (sunt invariante) la trecerea dintr-un S.R. inerțial într-un alt S.R. inerțial.

Dacă un S.R. inerțial S' se deplasează rectiliniu și uniform cu viteza $\vec{u}$ fața de un alt S.R. inerțial S aflat în repaus relativ, atunci:

$$\vec{r} = \vec{r}\,' + \vec{u} \cdot t, \qquad t = t'$$

(grupul de transformări Galilei)



Derivând în raport cu timpul rezultă legea de compunere a vitezelor:

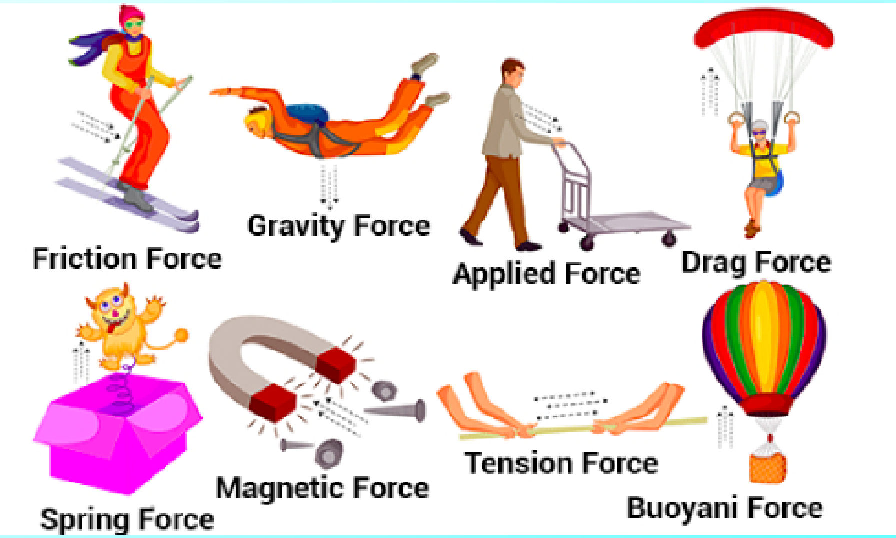
$$\vec{v} = \vec{v}\,' + \vec{u}$$

După o nouă rerivare în raport cu timpul rezultă:

$$\vec{a} = \vec{a}\,'$$

2.3. Tipuri de forţe – Recapitulare*

Forţa - mărime fizică vectorială ce caracterizează interacţiunea dintre corpuri.



I. Interacțiuni de la distanța

a. Interacțiuni gravitaționale

b. Interacțiuni electrice

c. Interacțiuni magnetice

II. Interacțiuni prin contact

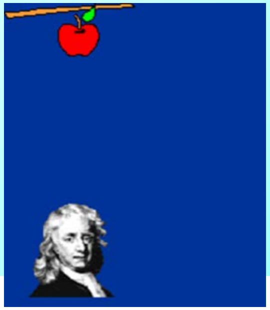
a. Tracțiunea

b. Interacțiuni elastice

c. Interacțiuni de contact a unui corp cu mediul fluid

d. Interacțiuni de contact între două solide, cu sau fără frecare

2.3. Tipuri de forţe – Recapitulare*

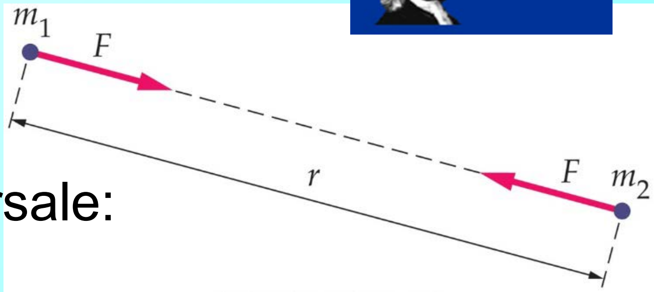


I.1. Forţa de atracţie gravitaţională

$$\vec{F} = -K\frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$

$$K = 6{,}673 \cdot 10^{-11}\ \frac{N\ m^2}{kg^2}$$

Constanta atracţiei universale:



Legea atracţiei universale – Newton, 1665:

Două corpuri punctiforme de masă m_1 și m_2 se atrag reciproc printr-o forță direct proporțională cu produsul maselor corpurilor și invers proporțională cu pătratul distanței dintre ele, orientată pe direcția dreptei ce unește centrele de greutate ale celor două corpuri.

In modul forța de atracție gravitațională se scrie:

$$F = K\frac{m_1\ m_2}{r^2}$$

https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-force-lab/latest/gravity-force-lab_en.html
https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-force-lab-basics/latest/gravity-force-lab-basics_all.html
http://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/gravity-and-orbits

2.3. Tipuri de forţe - Recapitulare

I.1. Forţa de atracţie gravitaţională -<u>Aplicaţie 1</u>:

$m_1 = 80$ kg
$m_2 = 40$ kg
$r = 1$ m

$$\boxed{F = K\frac{m_1\, m_2}{r^2}}$$

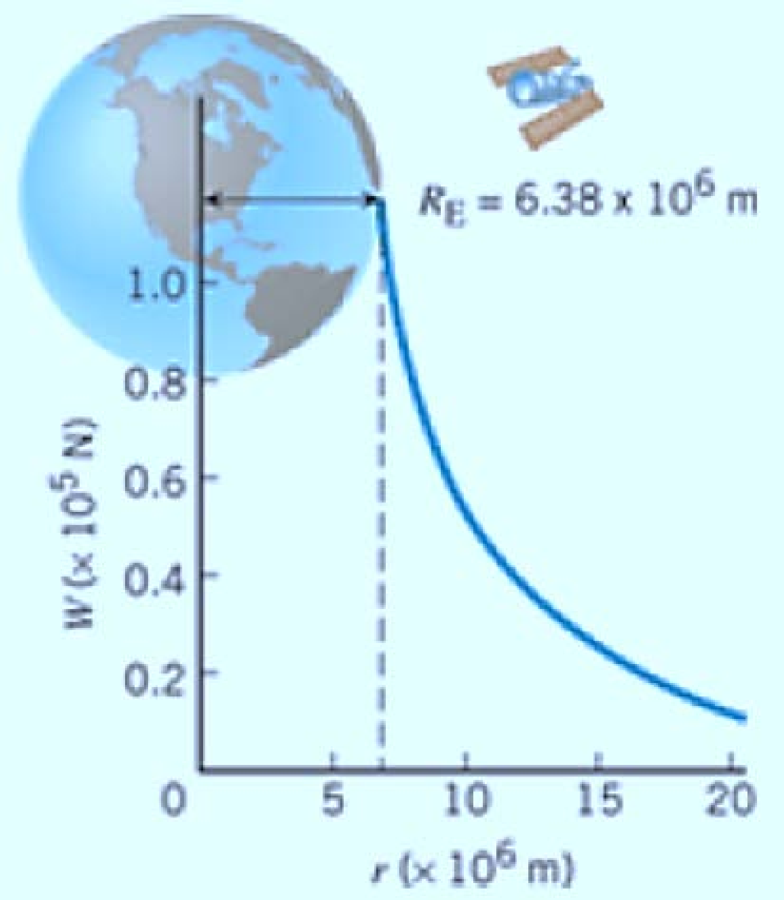
$$\boxed{K = 6{,}673\cdot 10^{-11}\ \frac{N\, m^2}{kg^2}}$$

$$\Rightarrow F = 2{,}13\cdot 10^{-7}\ N$$

<u>Obs.</u>: Forţa de atracţie gravitaţională ce se exercită între două corpuri de mici dimensiuni este neglijabilă

2.3. Tipuri de forţe

I.1. Forţă de atractie gravita. – <u>Aplicaţie 2</u>



Forţa de atracţie gravitaţională a telescopului spaţial Hubble descreşte cu creşterea distanţei r ($r = R_p + h$). Daca masa telescopului spaţial este de 11600 kg, atunci să se determine forţa de atracţie gravitațională:

a) când telescopul este la suprafaţa pământului;
b) când este la 620 km deasupra Pământului

2.3. Tipuri de forţe

$$F = K\frac{M_P\, m_{Hub}}{r^2}$$

I.1. Forţă de atractie gravitationala – <u>Aplicaţie 2</u>

a) Telescopul se afla situate la suprafaţa Pământului (raza Pământului $r = R_p = R_E = 6{,}38 \cdot 10^6\, m$)

$$F_0 = \frac{(6{,}673 \cdot 10^{-11} N \cdot m^2/kg)(5{,}972 \cdot 10^{24} kg)(11600 kg)}{(6{,}38 \cdot 10^6\, m)^2}$$

$$F_0 = 1{,}14 \cdot 10^5\, N$$

b) Telescopul este la 600 km deasupra Pământului ($r = R_p + h$)

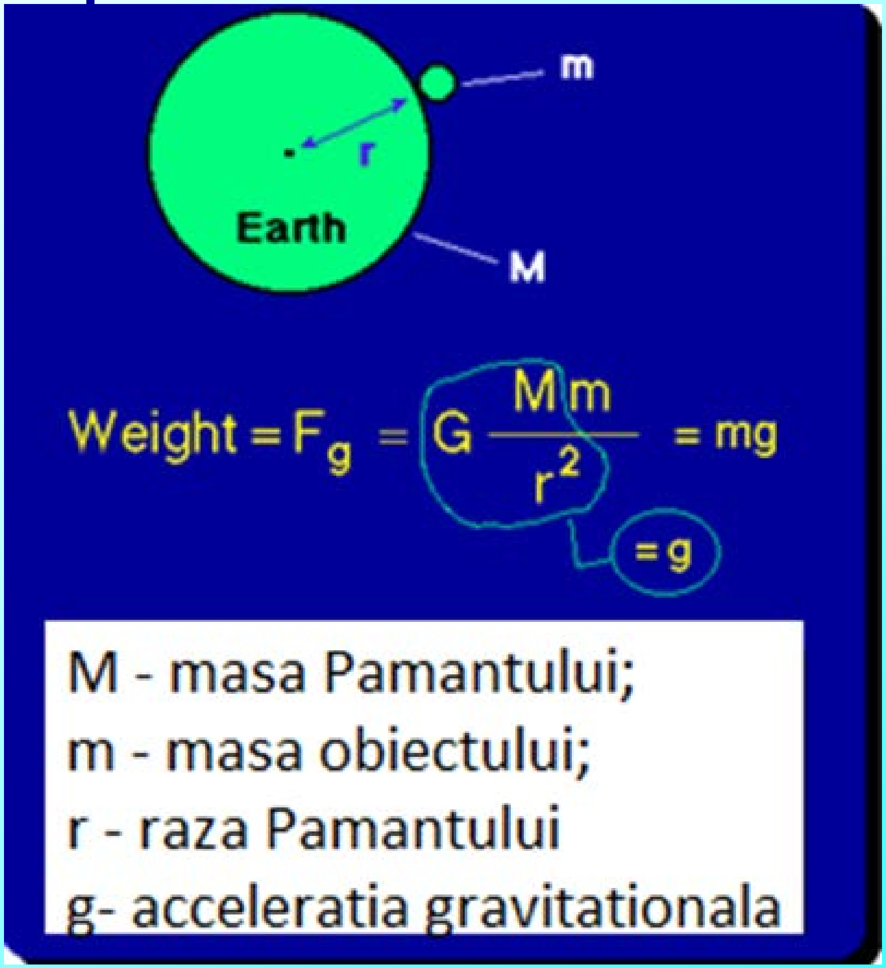
$$F_h = \frac{(6{,}673 \cdot 10^{-11} N \cdot m^2/kg)(5{,}972 \cdot 10^{24} kg)(11600 kg)}{((6{,}38 + 0.62) \cdot 10^6\, m)^2}$$

$$F_h = 0{,}94 \cdot 10^5\, N$$

2.3. Tipuri de forţe - Recapitulare

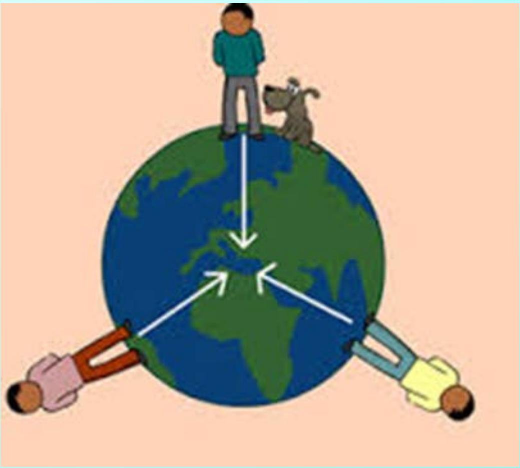
1a. Forţă de greutate

Pentru un corp aflat în vecinătatea suprafeţei Pământului:



$$F = K\frac{M_P m}{R_P^2} = \left(\frac{K\,M_P}{R_P^2}\right)\cdot m = m\,g$$

$$r \cong R_p = 6{,}38\cdot 10^6\ m$$



2.3. Tipuri de forţe - Recapitulare

1b. Acceleraţie gravitaţională

g - acceleraţie gravitaţională

$$\vec{g} = -K\frac{M}{R^2}\cdot\frac{\vec{r}}{r}$$

9,832 m/s^2 (la Poli)
9,780 m/s^2 (la Ecuator)

Free-Fall Acceleration g at Various Altitudes Above the Earth's Surface

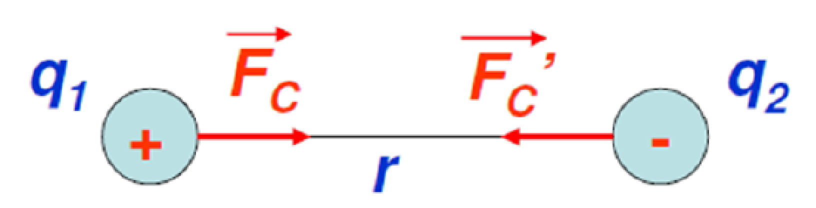
Altitude h (km)	g (m/s^2)
1 000	7.33
2 000	5.68
3 000	4.53
4 000	3.70
5 000	3.08
6 000	2.60
7 000	2.23
8 000	1.93
9 000	1.69
10 000	1.49
50 000	0.13
∞	0

$$g = \frac{K\,M_P}{R_P^2} = \frac{6{,}673\cdot 10^{-11}\left(\frac{N\,m^2}{kg^2}\right)5{,}98\cdot 10^{24}\,(kg)}{(6{,}38\cdot 10^6)^2\,(m^2)} = 9{,}81\,\frac{m}{s^2}$$

2.3. Tipuri de forţe - Recapitulare

I.2. Interacțiunea electrica a sarcinilor electrice punctiforme. Legea lui Coulomb

$$\vec{F}_C = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{q_1 q_2}{r^2}\frac{\vec{r}}{r}$$



Unde $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$ ε_0- permitivitate dielectrică a vidului $\varepsilon_0 = 8{,}85\,10^{-12}\ \frac{\mathrm{F}}{\mathrm{m}}$

ε_r- permitivitatea dielectrică relativă a mediului

k – constanta de proporţionalitate $K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9\ \frac{\mathrm{N\,m^2}}{\mathrm{C^2}}$

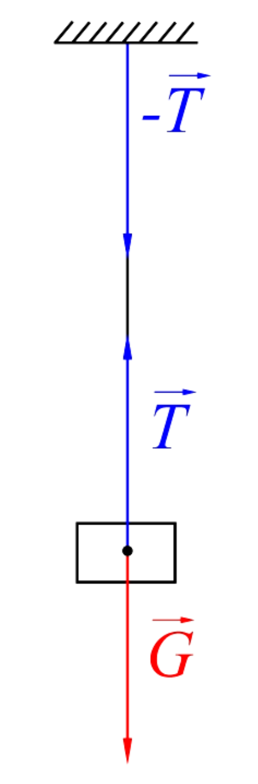
I.3. Acțiunea câmpului magnetic asupra sarcinii electrice în mișcare. Forța Lorentz

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

2.3. Tipuri de forţe - Recapitulare

II.1. Forţa de tensiune în fir

- forţa cu care fiecare segment din fir acţionează asupra segmentului adiacent;
- are direcţia firului.

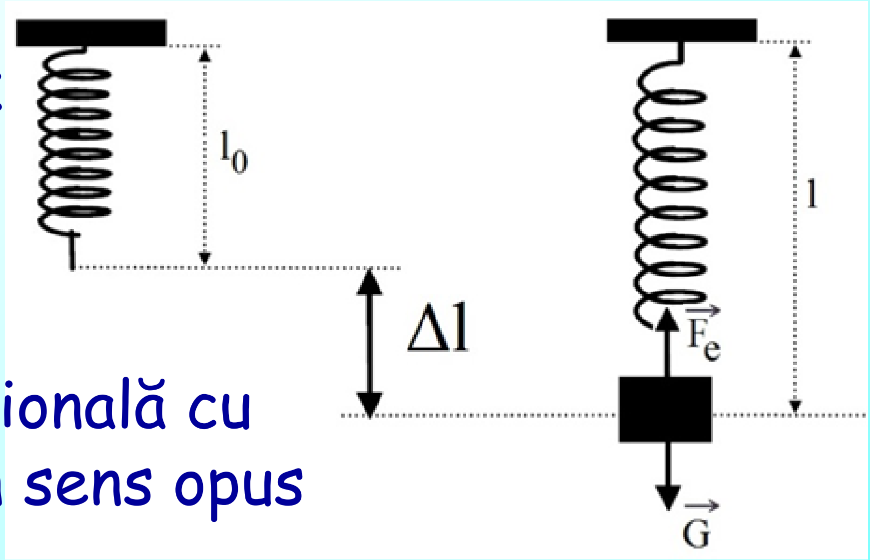


Aplicaţie:

$m_{corp} = 100$ kg
$g = 10\ m/s^2$

$T = ?$

2.3. Tipuri de forţe - Rec



II.2. Forţa elastică

Forța elastică este direct proporțională cu mărimea deformării și orientată în sens opus acesteia.

$$\boxed{\vec{F}_e = -k\overrightarrow{\Delta l}}$$

Δl – deformarea (alungirea sau comprimarea)

k - constantă elastică, $[k]_{SI} = 1\frac{N}{m}$

<u>Legea lui Hooke</u>: $\Delta l = \frac{1}{E}\frac{F \cdot l_0}{S}$

E- modulul lui Young, $[E]_{SI} = 1\frac{N}{m^2}$

https://phet.colorado.edu/sims/html/hookes-law/latest/hookes-law_en.html

2.3. Tipuri de forţe - Recapitulare

II.2. Forţa elastică. <u>Aplicaţie</u>

Dacă de un resort elastic este suspendat un corp cu masa, m = 5kg, atunci acesta se alungește cu 100 mm. Să se determine constanta elastică.

Rezolvare:

$$m\vec{g} - k\overrightarrow{\Delta l} = 0 \implies mg = k\Delta l$$

Rezultă:

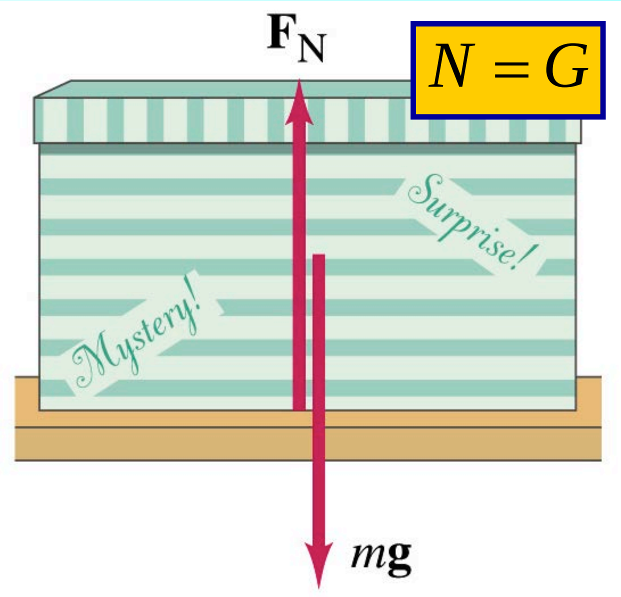
$$k = \frac{mg}{\Delta l} = \frac{5 \cdot 9.81}{100 \cdot 10^{-3}} = 490.5\ \mathrm{N/m}$$

https://phet.colorado.edu/sims/mass-spring-lab/mass-spring-lab_en.html

2.3. Tipuri de forţe - Recapitulare

II.3. Forţa normală

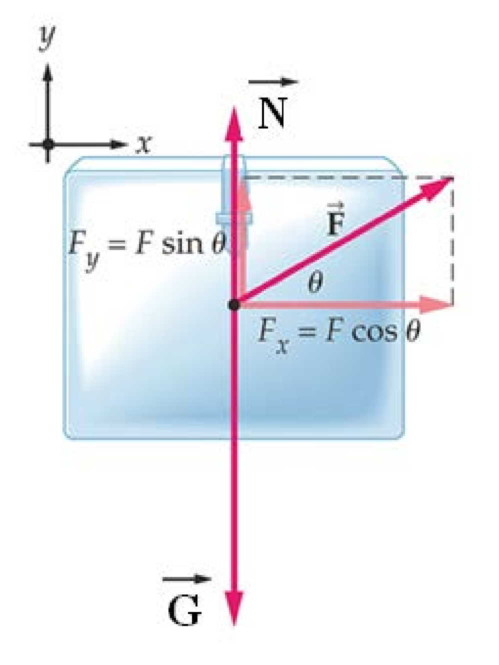
Forţa normală este forţa pe care o suprafaţă o exercită asupra unui corp cu care se află în contact şi este întotdeauna perpendiculară (normală) pe suprafaţa de contact



Aplicaţie 1:

$m = 10$ kg
$F = 50$ N
$\theta = 30^o$
$g = 10$ m/s^2

N = ?



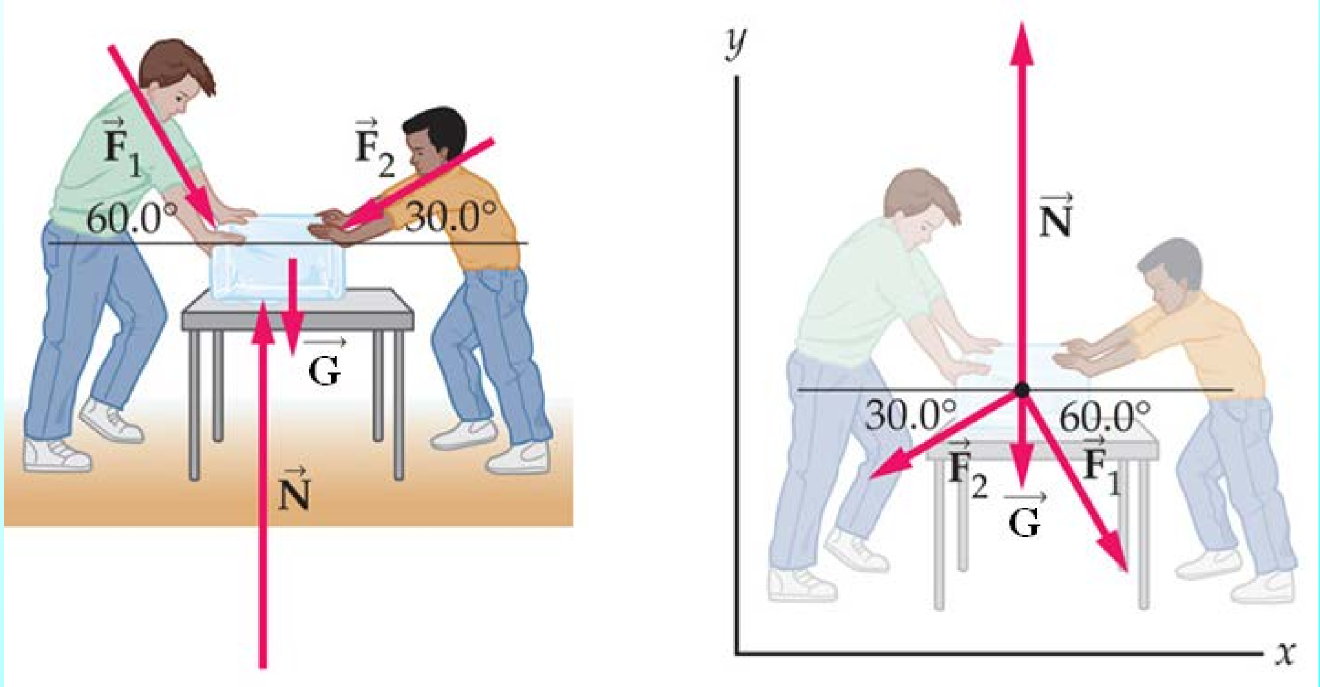
2.3. Tipuri de forţe - Recapitulare

II. 3. Forţa normală – aplicaţie 2

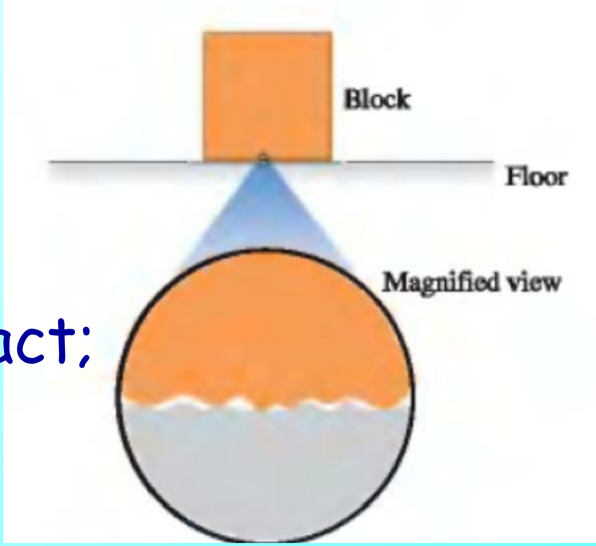
$m = 1$ kg
$F_1 = 30\sqrt{3}$ N
$\theta_1 = 60^\circ$
$F_2 = 60$ N
$\theta_2 = 30^\circ$
$g = 10\ m/s^2$

---

a) $a = ?$
b) $N = ?$



2.3. Tipuri de forţe - Recapitulare



II.4. Forţa de frecare $\boxed{F_f = \mu N}$

- nu depinde de aria suprafeţei de contact;
- are direcţia paralelă cu suprafaţa de contact;
- şi sens contrar sensului de mişcare.

4.1. Forţa de frecare statică

Se opune deplasării relative a celor două suprafeţe de contact

$$\boxed{0 \le F_s \le F_{s\,\max}}$$

4.2. Forţa de frecare cinetică

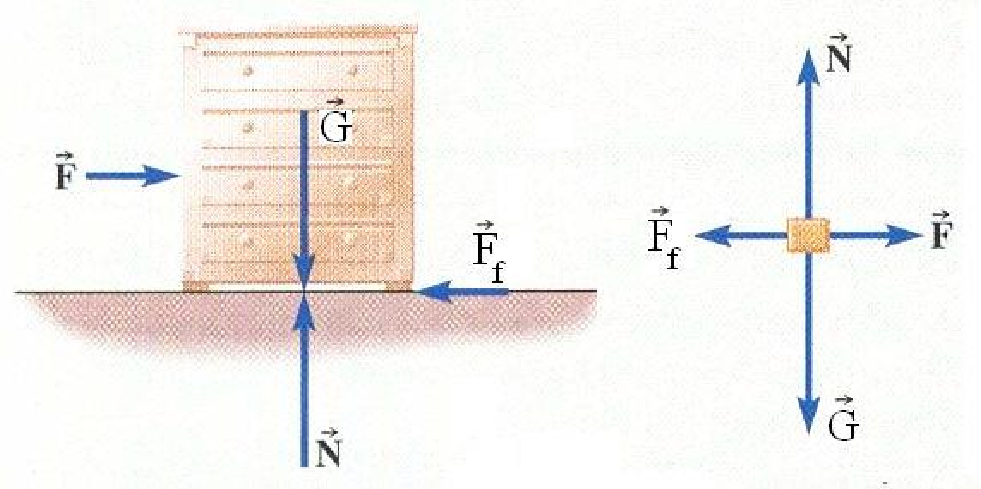
- **de alunecare** apare la suprafața de contact a două corpuri care se mișcă rectiliniu unul față de celălalt.
- **de rostogolire** apare cand un corp se roteste pe o suprafata

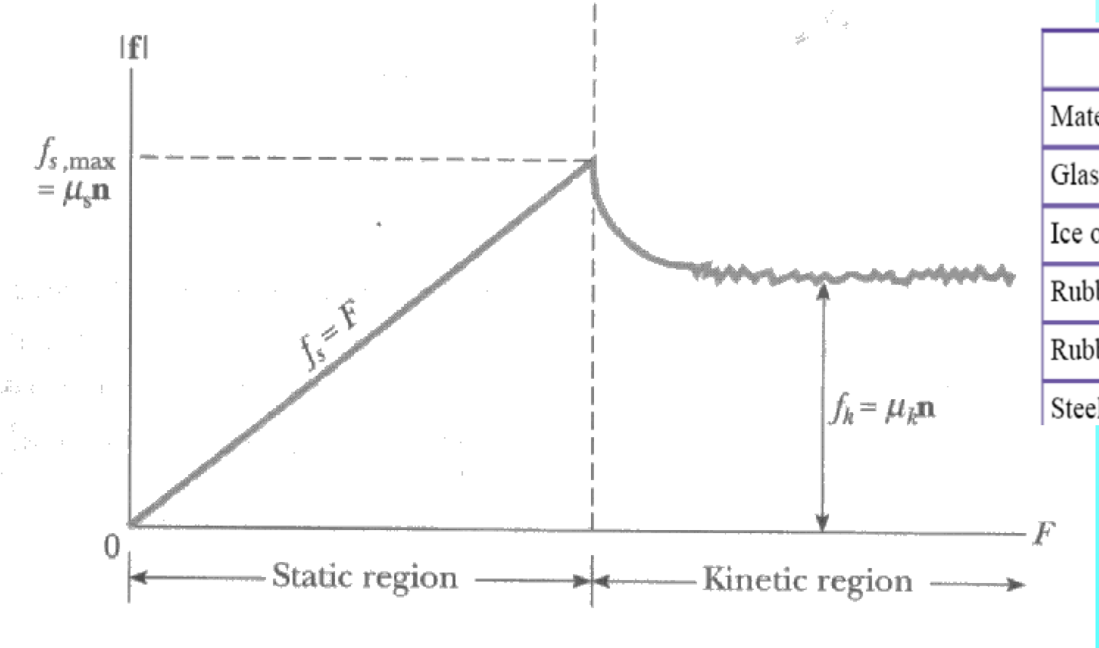
2.3. Tipuri de forţe - Recapitulare

4.2. Forţa de frecare cinetică

$$\boxed{F_c = \mu_c \; N}$$

$$\boxed{\mu_s > \mu_c}$$

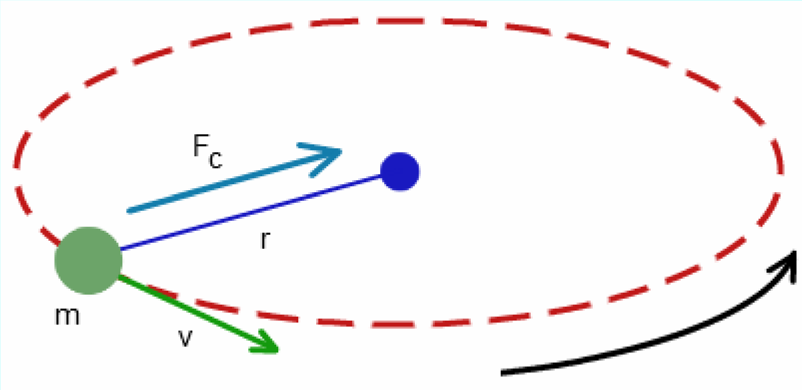




Materials	Coefficient of Static Friction, μ_s	Coefficient of Kinetic Friction, μ_k
Glass on glass (dry)	0.94	0.4
Ice on ice (clean, 0 °C)	0.1	0.02
Rubber on dry concrete	1.0	0.8
Rubber on wet concrete	0.7	0.5
Steel on ice	0.1	0.05

2.3. Tipuri de forţe - Recapitulare

Forţa centripetă este forța care face ca un corp să se miște pe o **traiectorie circulară**, menținându-l pe cerc.



- Sensul forței este către centru

$$\vec{F} = -\frac{mv^2}{r} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$

unde m – masa corpului v – viteza corpului

r – distanța față de centrul traiectoriei circulare

in modul: $F = m\frac{v^2}{R}$

Situație	**Forța care acționează ca forță centripetă**
Mașină care ia o curbă	Forța de frecare dintre pneuri și asfalt
Corp legat de o sfoară rotită	Tensiunea din sfoară
Planetă care orbitează în jurul Soarelui	Forța gravitațională

După parcurgerea acestui curs studentul trebuie să:

- enunţe corect şi să interpreteze principiile lui Newton;
- aplice legea fundamentală a dinamicii în probleme;
- cunoască diferenţa dintre masă şi greutate;
- recunoască diferitele tipuri de forţe şi să scrie expresiile lor matematice, precizând semnificaţia fizică a mărimilor;

BIBLIOGRAFIE

- **Fizica,** F. W.Sears, Zemansky , H. D.Young, Ed. Didactica si Pedagogica, 1983;
- **Fizica Elemente Fundamentale**, M. Cristea, F. Barvinschi, I. Luminosu, D. Popov, I. Damian, I. Zaharie, Ed. Politehnica, 2009;
- **Curs de Fizică generală**, F. Barvinschi, Ed. Orizonturi Universitare, 2016;
- **Elemente de fizică generală,** D. Popov, I. Damian, Ed. Politehnica, 2014;
- **Fizica între teamă si respect. Fundamentele începătorului**, V. Dorobantu, S. Pretorian, Ed. Politehnica, 2009.
- **Fizica. Teorie, aplicatii, autoevaluare**, I. Luminosu, V. Chiritoui, N. Pop, M. Costache, Ed. Politehnica, 2009.
- **Physics for Scientists and Engineers** - Sixth Edition, Paul Tipler, Gene Mosca, Ed. W.H. Freeman and Company, 2008
- **PHYSICS for Scientist and Engineers with Modern Physics** – Seventh Edition, R. Serway, J. Jewett, ed. Thomson Brooks/Cole, 2008.
- **Sears & Zemansky's University Physics: with Modern Physics**, 13th Edition, H. Young, R. Freedman, ed. Pearson, 2012