4. INDARRAK ETA HIGIDURA:

1. DINAMIKAREN LEGEAK

- Newton-en 1. legea: gorputz baten gainean indarrik egiten ez bada, edo indar erresultantea nulua bada, gorputzak bere horretan dirau, hau da, geldirik jarraituko du eta H.Z.U mugitzen jarraituko du. → Inertziaren legea

- Newton-en 2. legea: gorputz baten gainean indar batek eragiten badu edo eragiten duen indar erresultantea nulua ez bada, gorputzaren momentu linealaren aldaketa eragingo du, hau da, azelerazioa eragingo du → dinamikaren oinarrizko legea
$$\boxed{\Sigma \vec F = m \cdot \vec a}$$

- Newtonen 3. legea: A gorputzak B gorputzari indar bat (akzio deritzoguna) egiten dionean, B gorputzak erantzuten du A gorputzari balio bereko baina kontrako noranzko indarra eraginez (erreakzio deritzo) → akzio-erreakzio legea

$\vec F_{21} \leftarrow \boxed{\ \ } \rightarrow \vec F_{12}$ $\quad \vec F_{12} = -\vec F_{21}$

293. orrialdea

19. $m = 85 Kg$
$V_0 = 0 km/h$
$V = 36 km/h$ } $t = 3s$

$36 km/h = 10 m/s$

$V = V_0 + a \cdot t \rightarrow a = \frac{36-0}{3} = 12 km/h^2$
$\vec F = m \cdot \vec a \rightarrow \vec F = 85 \cdot 12 =$ X

$V = V_0 + a \cdot t \rightarrow a = \frac{10-0}{3} = 3'3 \, m/s^2$
$\vec F = m \cdot \vec a = 85 \cdot 3'3 = 283'3 \, N$

20. Newtonen 3. legearen arabera.

2. MOMENTU LINEALA:

- Momentu lineala (edo higidura-kantitatea) $\boxed{\vec P = m \vec v}$ $(Kg \cdot m/s)$ { • Magnitude bektoriala eta $\vec v$-ren norabidea eta noranzkoa du

→ Indarrekin duen erlazioa: $\vec F = m \cdot \vec a$, $\vec a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ } $\vec F = m \frac{\Delta \vec v}{\Delta t} = \frac{m\vec v - m\vec v_0}{\Delta t} = \frac{\vec P - \vec P_0}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec P}{\Delta t}$

- Momentu linealaren kontserbazioa: Objektu edo sistema batengan inongo kanpo indarrek eragiten ez badute, momentu lineala konstante mantentzen da.

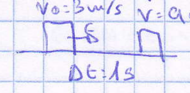
$\Sigma \vec F = 0 \rightarrow \boxed{\vec P = \vec P_0}$

- Bulkada mekanikoa $\boxed{\vec I = \vec F \cdot \Delta t}$ (N/s) sistemaren momentu lineala aldatzen da

$\Sigma \vec F \neq 0 \quad \vec F \Delta t = m\vec v - m\vec v_0$

Adb:

a) 14 Kg-ko gorputz bat 3 m/s-ko abiaduraz mugitzen dena, abiaduraren norabide eta noranzko bereko indar bat aplikatu zaio segundo batean. Bukaeran 9 m/s-ko abiadura badu,
a) Kalkulatu hasiera eta bukaerako momentu linealak
b) Kalkulatu aplikatutako indarraren balioa



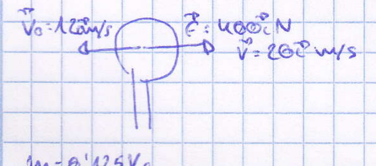
$m = 14 Kg$

a) $\vec P_0 = m \vec v_0 = 14 \cdot 3 = 42 \vec \imath \; Kg \cdot m/s$

$P = m \vec v = 14 \cdot 9 = 126 \vec \imath \; Kg \cdot m/s$

b) $\vec F = \frac{\Delta \vec P}{\Delta t} = \frac{\vec P - \vec P_0}{\Delta t} = \frac{126\vec \imath - 42\vec \imath}{1} = 84 \vec \imath \, (N)$

b) Tenis jokalari batek bere erraketarekin pelota bat golpeatzen du 125g-ko masa duena eta 12 m/s-ko abiadura duena eta pelota bueltatzen du norabide berean baina aurkako noranzkoan 20 m/s-ko abiaduraz. 400N-eko indarra aplikatu badu, kalkulatu zein den pelota eta erraketaren arteko kontaktu denbora.



$m = 0'125 Kg$

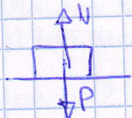
$\Sigma \vec F \neq 0$ (kanpoko indar bat dago)

$\vec F \Delta t = m \cdot \vec v - m \vec v_0$
$400 \cdot \Delta t = 0'125 \cdot 20 - 0'125(-12) \rightarrow \Delta t = \frac{0'125 \cdot 20 + 0'125 \cdot 12}{400} = 0'01 s$

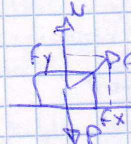
3. UKIPEN INDARRAK (Newtonen legeen esplikazioak):

• **Indar normala**: gainazal batek bere gainean dagoen gorputzari eragiten dion indarra. Beti gainazalarekiko perpendikularra.

Adib:

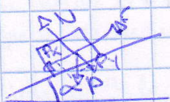


$N = P = m \cdot g$



x) $F_x = m \cdot a$

y) $N + F_y - P = 0 \rightarrow N = P - F_y$



x) $\rightarrow F - P_x = m \cdot a$

y) $N - P_y = 0 \rightarrow N = P_y$

$P_x = P \cdot \sin\alpha = m \cdot g \cdot \cancel{\cos\alpha}$ sin

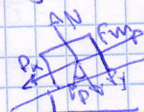
$P_y = P \cdot \cos\alpha = m \cdot g \cdot \cos\alpha$

• **Marruskadura indarra**: gainazal batek gorputz bati bere higiduraren aurka eragiten dion indarra.

$\boxed{F_m = \mu N}$

→ $F_{me} = \mu_e \cdot N$; marruskadura indar estatikoa; gorputza geldirik egotetik mugitzen hasteko gainditu beharrekoa. μ_e: marruskadura koef. estatikoa

→ $F_{md} = \mu_d \cdot N$; marruskadura indar dinamikoa; gorputza mugitzen dagoelarik, gainazalak higiduraren aurka egiten duena. μ_d: marrusk. koef. dinamikoa.



x) $\rightarrow F - F_m = m \cdot a$

y) $\rightarrow N - P = 0 \rightarrow N = P$

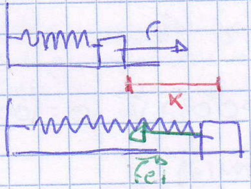
x) $\rightarrow P_x - F_m = m \cdot a$

y) $\rightarrow N - P_y = 0 \rightarrow N = P_y$

x) $\rightarrow F - P_x - F_m = m \cdot a$

y) $\rightarrow N - P_y = 0 \rightarrow N = P_y$

• Indar elastikoa: Hooken legea:



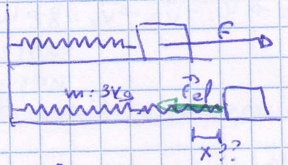
Malgukiak eragiten duen indar elastikoa deformazioarekiko proportzionala da.

$$\boxed{\vec{F}_{el} = -k \cdot \vec{x}}$$

→ Indar berreskuratzailea da. Deformazioa eragiten duen indarraren aurka.

→ Konstante elastikoa (N/m)

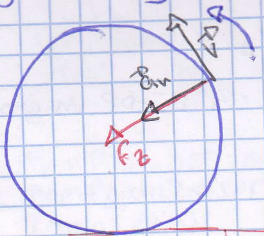
Adib (290. or 7):



$m = 3\,kg$
$F_R = 0\,N$
$k = 400\,N/m$
$a = 4\,m/s^2$

$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$
$\vec{F}_{el} = -k \cdot \vec{x}$
$\vec{F} = -\vec{F}_{el}$
$m \cdot a = k \cdot x$
$3 \cdot 4 = 400 \cdot x \rightarrow x = 0{,}03\,m$ luzatuko da

• Indar zentripetua: Higidura zirkularrean, a_n dago. Newtonen 2. legearen arabera, indar bat egon behar da a_n badago, indar hau indar zentripetua da. Beti dago ibilbidearen zentrorantz zuzenduta.



Esan daiteke indar zentripetuak seihesten duela gorputzak bere ibilbidetik alde egitea. Adib:

- Soka batetik lotuta biratzen ari den gorputzean indar zentripetuaren jatorria tentsioa.

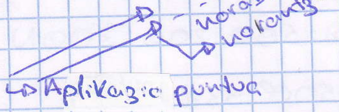
- Bihurgune batean sartzen den automobilean indar zentripetuaren jatorria marruskadura.

$$\boxed{F_z = m \cdot a_n = m \cdot \frac{v^2}{R}} \quad (N)$$

3. INDARRAK:

1. INDARREN EZAUGARRIAK ETA MOTAK (259. or)

• Indarra $\vec{F}$ (N)



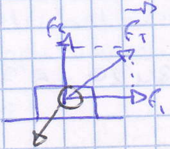
2. INDARREN KONPOSIZIO ETA DESKONPOSIZIOA

1)

$\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \rightarrow F_T = F_1 + F_2$

$F_T = F_1 - F_2$

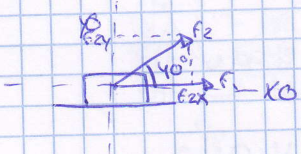
2)



$\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

$F_T = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$

Indar konkorrenteak



$F_{Tx} = F_1 + F_{2x}$

$F_{Ty} = F_{2y}$

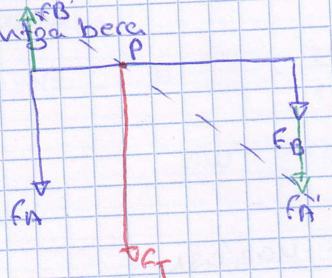
$F_T = \sqrt{F_{Tx} + F_{Ty}}$

$F_{2y} = \sin 40° \cdot F_2$

$F_{2x} = \cos 40° \cdot F_2$

3. INDAR PARALELOEN KONPOSIZIOA

a) noranzko bera

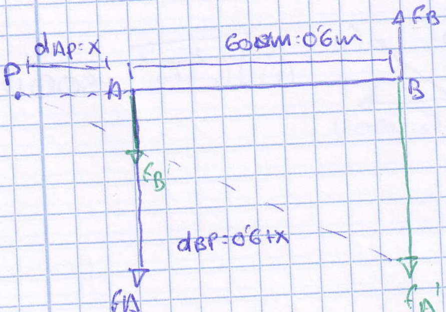


* $F_{handiena}$ F_{txikia} dagoen lekura eraman (F_A')
* F_{txikia} $F_{handiena}$ dagoen lekura eraman aurkako noranzkoarekin (F_B')
* B: muturrak lotu (P)

$$\left.\begin{array}{l} F_A = 10N \\ F_B = 8N \end{array}\right\} F_T = 18N$$

$$F_A \cdot d_{AP} = F_B \cdot d_{BP}$$

b) noranzko desberdina



$$\left.\begin{array}{l} F_A = 10N \\ F_B = 8N \end{array}\right\} F_T = 2N$$

$$F_A \cdot d_{AP} = F_B \cdot d_{BP}$$

$$10 \cdot x = 8 \cdot (x + 0'6)$$

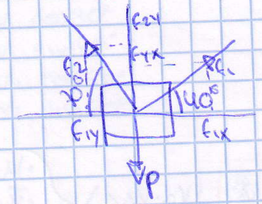
4. OREKA ESTATIKOA (265.or)

Objetu bat orekan dago, geldiunean dagoenean edo abiadura konstantez higitzen denean → Horretarako: $\boxed{\sum \vec{F} = 0}$

Adb:

267. orrialdea

8.



$F_1 \to x = \cos 40° \cdot F_1 = F_1 \cdot 0'76$

$y = \sin 40° \cdot F_1 = F_1 \cdot 0'64$

$F_2 \to x = \cos 70° \cdot F_2 = F_2 \cdot 0'34$

$y = \sin 70° \cdot F_2 = F_2 \cdot 0'93$

$$\left.\begin{array}{l} F_x \to F_{1x} - F_{2x} = 0 \\ F_y \to F_{1y} + F_{2y} - P = 0 \end{array}\right\} \begin{array}{l} 0'77F_1 - 0'34F_2 = 0 \\ 0'64 \cdot F_1 + 0'93 \cdot F_2 - 5 = 0 \end{array}$$

$$F_1 = \frac{0'34 \cdot F_2}{0'77}$$

$$0'64 \cdot \frac{0'34 \cdot F_2}{0'77} + 0'93F_2 - 5 = 0 \to$$

$$\to \frac{0'2176F_2}{0'77} + 0'93F_2 - 5 = 0 \to \frac{0'9337F_2}{0'77} - \frac{3'85}{0'77} = 0 \to F_2 = 4'1N$$

$$0'77 \cdot F_1 - 0'34 \cdot 4'1 = 0$$

$$F_1 = 1'82N$$