

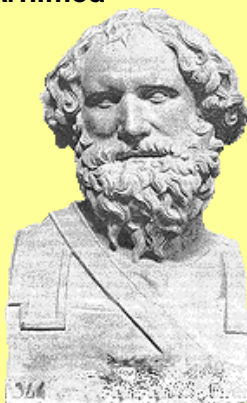
Zanimivosti iz zbirke SATCITANANDA – FIZIKA:

Problemi iz vzgona: problem kralja Hierona, led v kozarcu vode, toplozračni balon, splav.

Izrek o vzgonu ali Arhimedov zakon

Vzgon je sila, ki deluje v nasprotno smer kot je teža telesa in je po velikosti enaka teži izpodrinjene tekočine ali plina.

Arhimed



Grški matematik, fizik in astronom Arhimed je živel v Sirakuzah na Siciliji med letoma 287 in 212 pred našim štetjem. Sicilija je bila v tem času kolonija velike Grčije.

Bil je eden najpomembnejšij znanstevnikov klasične antike.

Na področju fizike – statike je znan njegov izrek o ravnovesju navorov, izrek o vzgonu znan tudi kot Arhimedov zakon ter težišču teles.

O Arhimedu je znanih več anekdot.

Vzgon:

Kralj Hieron je naročil zlatarju, naj mu izdelata zlato krono. Ko je dobil krono, je začel kralja mučiti vprašanje, ali ga ni zlatar ogoljufal in dodal zlatu še kakšno drugo kovino. Prosil je Arhimeda, naj mu reši ta problem.

Do rešitve je prišel Arhimed med kopeljo. Opazil je, da je v vodi lažji kot na zraku. Stekel je gol na cesto in vpil: "Heureka, heureka!" (odkril sem!).

Navor:

Mnogo je proučeval in tudi praktično prikazoval delovanje navora. Za prikaz delovanja navora je baje vzdignil in prestavil celo bojno ladjo z vojniki vred. Znan je njegov vzklik: "Dajte mi točko in palico in premaknil bom Zemljo".

Ko so leta 212 p.n.š. Rimljani osvojili Sirakuze in je rimski vojak vdrl v njegovo hišo, je bil Arhimed zatopljen v geometriske like, ki jih je risal na pesek. Legenda pravi, da mu je tik preden ga je vojak ubil, Arhimed rekel "Noli turbare circulos meos" (ne vtikaj se v moje kroge).

1. Kako bi lahko Arhimed ugotovil, ali je krona kralja Hierona popolnoma zlata?

Vzemimo silomer ali vzmetno tehniko ter izmerimo težo predmeta (krona) F_g . Nato potopimo predmet v vodo, za katero vemo, da ima gostoto $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$. Izmerimo silo $F_g - F_v$. V vodi je namreč predmet lažji za silo vzgona F_v , to je teži izpodrinjene vode. Od izmerjene veličine odštejemo F_g in dobimo samo silo vzgona F_v .

Sledi:

$$F_g = \rho_{predmeta} gV$$

$$F_v = \rho_{vode} gV$$

kjer je:

$$\rho_{predmeta} \quad \text{gostota predmeta} \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$

$$\rho_{vode} \quad \text{gostota vode} \left(1000 \frac{kg}{m^3} \right)$$

$$g \quad \text{gravitacijski pospešek} \left(9,81 \frac{m}{s^2} \right)$$

$$V \quad \text{volumen telesa} \left(m^3 \right)$$

Če zgornji enačbi med sabo delimo, dobimo:

$$\frac{F_g}{F_v} = \frac{\rho_{predmeta}}{\rho_{vode}}$$

oziroma:

$$\underline{\rho_{predmeta} = \rho_{vode} \frac{F_g}{F_v}}$$

Primerjamo rezultat s podatki o gostoti zlata in ugotovimo, ali je krona res zlata!

2. Led plava v kozarcu zvrhanem vode tako, da gleda del ledu iz kozarca. Ali se bo voda zliła čez rob kozarca, ko se bo led popolnoma stalil?

Ko plava led v kozarcu, polnem vode, je sila teže ledu enaka sili vzgona (t.j. teži vode, ki jo led izpodrine).

$$F_g = F_v$$

$$F_g = \rho_{ledu} gV_{ledu}$$

$$F_v = \rho_{vode} gV_{izp.vode}$$

$$\rho_{ledu} V_{ledu} = \rho_{vode} V_{izp.vode}$$

$$V_{izp.vode} = V_{ledu} \frac{\rho_{ledu}}{\rho_{vode}}$$

Ko se led popolnoma stopi, velja:

$$m_{ledu} = m_{vode}$$

$$\rho_{ledu} V_{ledu} = \rho_{vode} V_{vode}$$

$$V_{vode} = V_{ledu} \frac{\rho_{ledu}}{\rho_{vode}}$$

Volumen vode, ki jo je izpodrinil led, je enak volumnu vode, ki je nastala, ko se je led popolnoma raztopil. Gladina vode v kozarcu se torej ne bo spremenila.



Slika 1 Led v polnem kozarcu vode.

Ali bo šla voda čez rob kozarca, ko se bo led stalil?

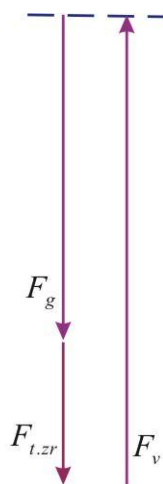
3. Kolikšen naj bo volumen toplozračnega balona, če je njegova masa skupaj s tovorom in posadko 250 kg? Podani sta tudi gostoti toplega in hladnega zraka ($\rho_{t.zr}$, $\rho_{h.zr}$).

$$m = 250 \text{ kg}$$

$$\rho_{t.zr} = 0,8 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{h.zr} = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$V = ?$$



Na levi sliki so uporabljene naslednje oznake:
 F_g sila teže balona (s tovorom in posadko)
 $F_{t.zr}$ sila teže toplega zraka v balonu
 F_v sila vzgona

Slika 2 Toplozračni balon

Če so sile so v ravnovesju, toplozračni balon lebdi v zraku (I. Newtonov zakon). V kolikor bi se balon enakomerno dvigoval ali spuščal, bi morali upoštevati še silo upora zraka.

Napišemo enačbo za ravnovesje sil:

$$F_g + F_{t.zr} = F_v$$

$$mg + \rho_{t.zr}gV = \rho_{h.zr}gV / : g$$

$$m + \rho_{t.zr}V = \rho_{h.zr}V$$

$$V(\rho_{h.zr} - \rho_{t.zr}) = m$$

$$V = \frac{m}{\rho_{h.zr} - \rho_{t.zr}}$$

Vstavimo podatke in dobimo:

$$V = 625 \text{ m}^3$$

4. Koliko je potopljen neobremenjen lesen splav. Ali bi nosil težo dveh ljudi s skupno maso 135kg? Podane so dimenzije spava, gostota lesa in vode.

$$V = abc = 1,5 \text{ m} \cdot 1,0 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m}$$

$$m = 135 \text{ kg}$$

$$\rho_{lesa} = 700 \text{ kg/m}^3$$

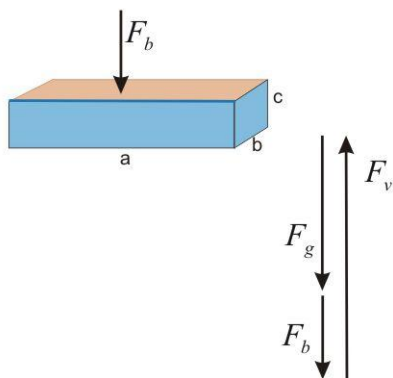
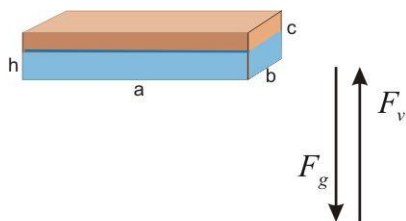
$$\rho_{vode} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

a) $h = ?$

b) Ali bi nosil maso 135kg

SATCITANANDA





Oznake sliki pomenijo

a, b, c dimenzije splava

h koliko je neobremenjen splav pod vodo

F_g sila teže

F_v sila vzgona

F_b sila bremena



Slika 3 Neobremenjen in obremenjen splav

Slika 4 Maksimalno obremenjen splav

a) Sila teže je enaka sili vzgona:

$$F_g = F_v$$

$$\rho_{lesa} g V_{lesa} = \rho_{vode} g V_{izp.vode}$$

$$\rho_{lesa} abc = \rho_{vode} abh$$

$$h = c \frac{\rho_{lesa}}{\rho_{vode}}$$

Vstavimo podatke in dobimo:

$$h = 0,21m = 21cm$$

b) Izračunamo vsoto sile teže splava (lesa) in teže bremena (mase m) ter jo primerjamo z maksimalno silo vzgona splava (mejni primer, ko je splav ravno popolnoma potopljen).

$$F_g + F_b = \rho_{lesa} g abc + mg = 3150N + 1350N = 4500N$$

$$F_v = \rho_{vode} g abc = 4500N$$

Ker je sila vzgona enaka sili teže in bremena, splav ne bo potonil, vendar je dosegel maksimalno nosilnost.