WALLENBERGS FYSIKPRIS

KVALIFICERINGSTÄVLING

27 januari 2022

SVENSKA FYSIKERSAMFUNDET

LÖSNINGSFÖRSLAG KVALTÄVLINGEN 2022

1. (a) Total ström i kretsen ges av $3 = (5{,}00 + R_1) \cdot I$

   Spänningen över R_2 ska vara 1,8V: $I \cdot 5{,}00 = 1{,}8$

   Dessa samband ger $R_2 = 3{,}3\Omega$ och $I = 0{,}36$A.

   Svar: Resistansen skall väljas till $R_2 = 3{,}3\Omega$ varmed strömmen genom R_2 blir 0,36A.

   (b) Strömmen genom R_2 ska fortfarande vara 0,36A. Spänningen över R_1 skall vara $(3 - 1{,}8)\text{V} = 1{,}2$V.
   Då blir strömmen genom R_1: $I_1 = (0{,}36 + 0{,}025)\text{A} = 0{,}385$A.

   Resistansen skall alltså vara $R_1 = \frac{1{,}2}{0{,}385}\Omega = 3{,}12\Omega$.

   Svar: Resistansen skall väljas till $R_1 = 3{,}1\Omega$.

2. (a) Lutningen i grafen vid $t = 0$ min: $\frac{dT}{dt} = -\frac{2{,}21\text{K}}{\text{min}} = -0{,}0368\ \text{K/s}$

   vilket ger avgiven effekt $P = -\frac{cmdT}{dt} = 450 \cdot 2{,}1 \cdot 0{,}0368\text{W} = 34{,}8$W

   (b) För att beräkna den utstrålade effekten behöver vi bestämma volym, $V = \frac{m}{\rho}$, radie, $r = \left(\frac{3V}{4\pi}\right)^{1/3}$, och area $A = 4\pi r^2$ för klotet. Vi får då att:
   $r = \left(\frac{3V}{4\pi}\right)^{1/3} = \left(\frac{3m}{4\pi\rho}\right)^{1/3} = 0{,}0400$m och $A = 4\pi r^2 = 0{,}0200\text{m}^2$.

   Den utstrålade nettoeffekten blir då

   $P = A\sigma T^4 - A\sigma T_0^4 = (32{,}36 - 8{,}36)\text{W} = 24{,}1$W, vilket motsvarar

   $\frac{24{,}1}{34{,}8} = 69\%$

   Svar: c:a 70% av den avgivna effekten vid t=0min beror på strålning.

3. (a) Asteroidens massa $M = \rho \cdot V = 1190 \cdot \frac{4\pi 245^3}{3}$kg $= 7{,}33 \cdot 10^{10}$kg.

Rymdfarkostens tyngd på asteroiden

$$F = G \cdot \frac{Mm}{R^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{7{,}33 \cdot 10^{10} \cdot 1532}{245^2}\text{N} = 0{,}12\text{N}.$$

(b) Flykthastigheten ges från den minsta rörelseenergin som farkosten behöver ha vid ytan för att lämna asteroiden.

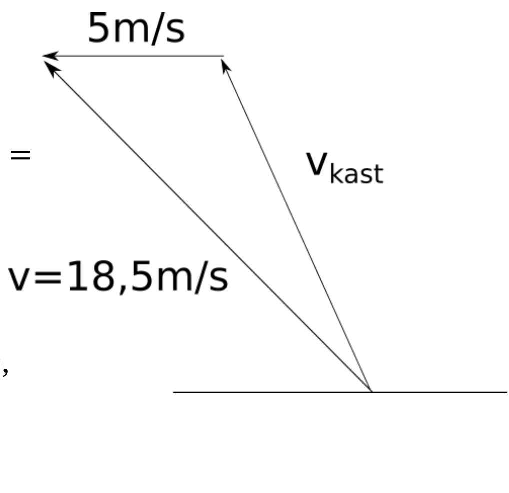
Härledning av flykthastigheten:
Det arbete som krävs för att flytta farkosten från ytan vid $r = R$ till ”långt bort” från asteroiden är $W = \int_R^\infty F dr = \int_R^\infty \frac{GMm}{r^2} dr = \frac{GMm}{R}$.

Med energisambandet $\frac{mv^2}{2} = W$ får vi

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 7{,}33 \cdot 10^{10} \cdot 6{,}67 \cdot 10^{-11}}{245}}\text{m/s} = 0{,}20\text{m/s}.$$

Svar: Tyngden för farkosten är 0,12N och flykthastigheten från asteroiden är 0,20m/s.

4. Antag (t.ex.) att landningen sker på samma höjd som utkastet. Hastigheten i x-led, $v_x = v \cdot \cos(\alpha)$ ger kastvidden enligt $s_\text{x} = v_\text{x} t$ där hastigheten i y-led, $v_y = v \cdot \sin(\alpha)$, ger tiden i luften enligt $t = 2v_y/g$ (där $g = 9{,}82\text{m/s}^2$). Kastvidden ges då av sambandet $s_x = \frac{2v^2 \sin(\alpha)\cos(\alpha)}{g}$. Den kastvinkel α som ger störst kastvidd är $\alpha = 45°$ varmed $v = \sqrt{s_x g} = 18{,}5\text{m/s}$
och $v_x = \sqrt{\frac{v}{2}} = 13{,}1\text{m/s}$.



v_x har två delar: ansats, $v_0 = 5\text{m/s}$, och kast, $v_{\text{x,kast}}$ enligt $v_\text{x} = v_{\text{x,kast}} + v_0$ så att

$$v_{\text{x,kast}} = (13{,}1 - 5)\text{m/s} = 8{,}1\text{m/s}.$$

Den fart med vilken bollen lämnade handen (relativt kastaren),

$$v_{\text{kast}} = \sqrt{v_\text{y}^2 + v_{\text{x,kast}}^2} = \sqrt{13{,}1^2 + 8{,}1^2}\text{m/s} = 15{,}4\text{m/s}.$$

Kastlängden för det stillastående kastet ($s_{x,2}$) ges då kastvinkeln är 45° och farten $v_{\text{kast}} = 15{,}4\text{m/s}$ på liknande sätt som ovan:

$$s_{x,2} = \frac{v_{\text{kast}}^2}{g} = 24{,}2\text{m}.$$

Svar: Flickan kan kasta 24 m stillastående.

5. När vågen rör sig gäller att den inducerade spänningen är
$U = Blv,$

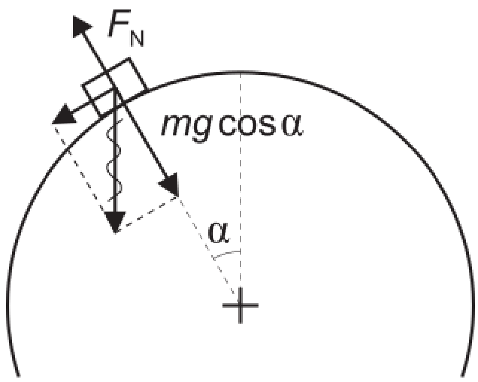
där B är magnetsfältets styrka och l spolens längd. Vid jämvikt är kraften på spolen
$F = BIl = mg.$

Elimination av produkten Bl ger sambanden
$Bl = \frac{U}{v} = \frac{mg}{I}.$

Alltså gäller att $mg = \frac{IU}{v}$. Och således $m = \frac{IU}{vg} = \frac{0{,}13892 \cdot 0{,}10191}{1{,}441 \cdot 10^{-3} \cdot 9{,}8166}$ kg $= 1{,}0008$kg

Svar: Den vägda massan är *m* = 1,0008 kg.

6. Då isflaket glider på ytan påverkas den av en tyngdkraft och en normalkraft. I normalens riktning ges kraftsituationen enligt:
$F_c = mg \cdot \cos\alpha - F_N$, där α är vinkeln mätt från toppen på globen och $F_c = \frac{mv^2}{r}$ är centripetalkraften.



Isflaket lämnar ytan vid vinkeln α då $F_N = 0$, varmed
$\frac{mv^2}{r} = mg \cdot \cos(\alpha).$ (1)
Då isflakets är vid α gäller även energisambandet (försummar friktion):
$\frac{mv^2}{2} = mgr(1 - \cos(\alpha)).$ (2)

(1) och (2) ger $\cos(\alpha) = \frac{2}{3}$ och $\alpha = 48°$.
Farten är då $v = \sqrt{\frac{2gr}{3}} = 19{,}1\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ på höjden s_y över marken, där
$s_y = h - r(1 - \cos(\alpha)) = h - \frac{r}{3} = \left(85{,}3 - \frac{55{,}2}{3}\right)\mathrm{m} = 66{,}8\mathrm{m}.$
Isflakets läge i x-led från Globens centrum är:
$s_{0x} = r \cdot \sin(\alpha) = 41{,}14\mathrm{m}.$

Hastighetskomposanterna när isflaket släppt är:
$v_x = v \cdot \cos(\alpha) = 12{,}67\mathrm{m/s}$ och $v_y = v \cdot \sin(\alpha) = 14{,}17\mathrm{m/s}$

Tiden för fallet till marken ges av
$s_y = v_y t + \frac{gt^2}{2}$ dvs $66{,}8 = 14{,}17t + \frac{9{,}82t^2}{2}$med lösningen $t = 2{,}52$ s.
Isflaket har då rört sig $s_x = v_x t = 12{,}67 \cdot 2{,}52$ m $= 31{,}93$ m från läget då det släppte från taket. Flaket faller ner $s_{0x} + s_x = (41{,}14 + 31{,}93)\mathrm{m} = 73$ m från centrum.

Svar: Flaket faller ner 73 m från centrum av Globen om vi försummar friktionskrafter.