Norsk Fysikklærerforening

Norsk Fysisk Selskaps faggruppe for undervisning

FYSIKK-OLYMPIADEN 2011 – 2012

Andre runde: 2/2 – 2012

Skriv øverst:
<u>Navn, fødselsdato, e-postadresse og skolens navn</u>

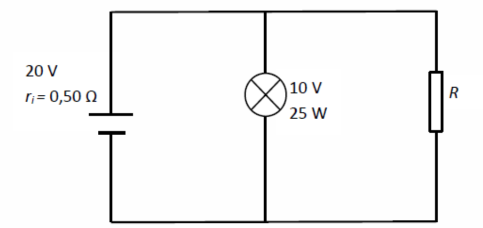
***Varighet**: 3 klokketimer*
***Hjelpemidler:** Tabell med formelsamling, lommeregner*

***Prøven består av 2 sider og det er 7 oppgaver**.*
Lykke til!

Oppgave 1 *(3 poeng)*

En bil kjører med farten v og kommer til en sving med radien r. Veien er hele tiden horisontal. Friksjonstallet mellom veien og bilens hjul er μ. Hva er den minste radien svingen kan ha for at bilen ikke skal begynne å skli?

Oppgave 2 *(3 poeng)*



Figuren viser en elektrisk krets. Batteriet har ε = 20 V og indre resistans på 0,50 Ω. Lampen lyser normalt når spenningen over den er 10 V, og da gir den 25 W. Hva må resistansen R være for at lampen skal lyse normalt?

Oppgave 3 *(3 poeng)*

Den internasjonale romstasjonen (ISS) gjør 15,65 omløp per døgn. Vi kan anta at romstasjonen går i en sirkelbane rundt jorda. Hvor høyt over jordoverflaten er romstasjonen?

Oppgave 4 *(3 poeng)*

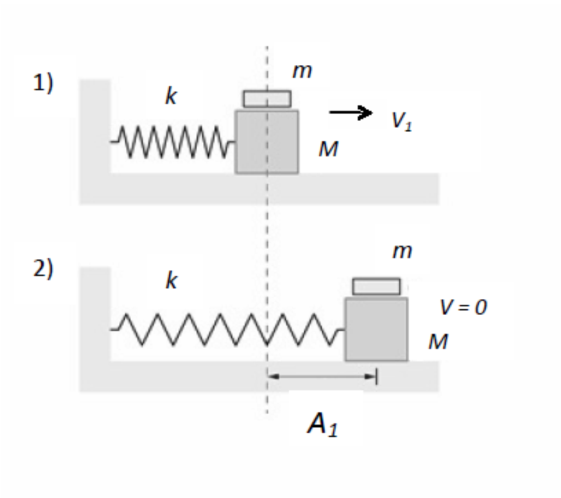
Alle gjenstander sender ut termisk stråling (når $T > 0$) og mottar stråling fra omgivelsene.

Vi kan anta at overflaten av en menneskekropp er 1,2 m^2 og at den stråler som et svart legeme. Anta videre at kroppens overflatetemperatur er 30^0 C og omgivelsenes temperatur er 20^0 C. Kroppen får da en netto utstråling. Bestem den netto utstrålte effekten.

Oppgave 5 *(3 poeng)*
En person som veier 44,0 kg, faller utfor en klippe og rett ned i vannet 10,0 m nedenfor. Han kommer 3,0 m under vannets overflate før han begynner å flyte oppover igjen. Finn gjennomsnittskraften som vannet påfører personen på hans ferd ned gjennom vannet. Se bort fra luftmotstanden.

Oppgave 6 *(5 poeng)*
Når en liten elektrisk bil kjører, er den påvirket av rullemotstand og luftmotstand. Vi kan anta at rullemotstanden er konstant, mens luftmotstanden er proporsjonal med kvadratet av farten. Bilen med fører har massen 450 kg. Når bilen ruller nedover en bakke med hellingsvinkel $2,0^\circ$ uten bruk av verken motor eller bremser, er farten 20 m/s. Hvis den ruller nedover en bakke med hellingsvinkel $4,0^\circ$, blir farten 32 m/s.
Bilen skal kunne kjøre med en konstant fart på 90 km/h oppover en bakke med hellingsvinkel $6,0^\circ$. Hvor stor effekt må motoren yte?

Oppgave 7 *(5 poeng)*
En kloss med massen M er festet til en elastisk fjær med fjærstivheten k. Klossen svinger friksjonsfritt om et likevektspunkt med amplituden A_1
En klebrig klump, med masse m, blir sluppet ned på klossen fra lav høyde (altså rett over klossen) og setter seg fast. Vi ser på to forskjellige steder for å slippe klumpen: 1) over likevekstpunktet; 2) ved maks utslag, A_1.



Hvor stor forskjell er det mellom amplituden i 1) og amplituden i 2) etter at klumpen har satt seg fast?

FYSIKK-OLYMPIADEN 2011 – 2012
Andre runde: 2/2 – 2012
Løsningsforslag

Oppgave 1 (3 poeng)
Friksjonskraften som holder bilen i svingen (altså sentripetalkraften) er:

$$R = \mu N = \mu mg = m\frac{v^2}{r}$$

Som gir $r = \dfrac{v^2}{\mu g}$

Oppgave 2 (3 poeng)

Strømmen gjennom lampen er $I_l = \dfrac{25\,\mathrm{W}}{10\,\mathrm{V}} = 2{,}5\mathrm{A}$

Strømmen gjennom batteriet: $I_b = \dfrac{10\,\mathrm{V}}{0{,}5\Omega} = 20\mathrm{A}$

Resistansen blir da: $R = \dfrac{10\,\mathrm{V}}{17{,}5\,\mathrm{A}} = 0{,}57\Omega$

Oppgave 3 (3 poeng)
1 døgn er $8{,}64 \cdot 10^4$ s
Omløpstiden blir da: $T = 5{,}52 \cdot 10^3$ s

Videre er: $G = \gamma\dfrac{mM}{r^2} = m\dfrac{v^2}{r} = m\dfrac{4\pi^2 r^2}{T^2 r}$

Og $r = \left(\dfrac{\gamma M T^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} = 6{,}75 \cdot 10^6$ m

som gir $h = r - r_{jord} = 370\,\mathrm{km}$

Oppgave 4 (3 poeng)

Utstrålingstettheten er gitt ved $U = \sigma T^4$ og utstrålt effekt ved $P = U \cdot A$ der A er overflaten av kroppen.

I dette tilfellet vil kroppen både stråle ut og motta stråling fra omgivelsene. Da blir netto utstrålt effekt:

$P = A\sigma(T_{kropp}^4 - T_{omg}^4) = 72 \text{ W}$

Oppgave 5 (3 poeng)
Farten rett før mannen treffer vannet (v_0 = 0):

$v = \sqrt{2gx}$
Som gir v = 14,0 m/s

Gjennomsnittsakselerasjonen til mannen mens han er i vannet blir:

$$a_{av} = \frac{v^2 - {v_0}^2}{2x}$$

a_{av} = - 32,7 m/s^2

(minustegnet indikerer at mannens fart reduseres)

Gjennomsnittsakselerasjonen til mannen er a_{av}, så gjennomsnitts*netto*kraften mannen opplevde var $F_{net,av} = ma_{av}$. Men, mannen opplevde hele tiden gravitasjonskraften også, så gjennomsnittskraften fra vannet på mannen er gitt av (vi definerer opp til å være positivt):

$$F_{net,av} = F_{vann,av} - F_g$$

Derfor har vi

$$\begin{aligned} F_{vann,av} &= F_{net,av} + F_g \\ &= m(a_{av} + g) \end{aligned}$$

Som gir $F_{vann,av}$ = 1,87·10^3 N

En alternativ måte å løse denne oppgaven på er å bruke energiargumenter. Når mannen står på toppen av klippen, er hans totale energi kun potensiell energi. Hvis vi definerer 3,00 m under vannoverflaten som null-punkt, så er mannens potensielle energi på det laveste punktet lik null. All potensielle energi omformes i vannet. Ved å bruke

$$W = \Delta E = mgh - 0 = mgh$$

og

$$W = F_{vann,av}s, \quad s = 3{,}00 \text{ m}$$

og setter arbeidsuttrykkene lik hverandre, får vi

$$F_{vann,av} = \frac{mgh}{s} = 1{,}87 \cdot 10^3 \text{N}$$

Oppgave 6 (5 poeng)
Når bilen ruller uten bruk av bremser eller motor, har vi:
$G\sin\alpha = R + L = R + k\cdot v^2$

$\alpha = 2,0^\circ$:
$450\,\text{kg}\cdot 9,8\,\text{m/s}^2\cdot\sin 2,0^\circ = R + k\cdot(20\,\text{m/s})^2$

$\alpha = 4,0^\circ$
$450\,\text{kg}\cdot 9,8\,\text{m/s}^2\cdot\sin 4,0^\circ = R + k\cdot(32\,\text{m/s})^2$
De to likningene gir $R = 55,4\,\text{N}$ og $k = 0,246\,\text{kg/m}$

Når bilen kjører med farten $v = 90\,\text{km/h} = 25\,\text{m/s}$ oppover en bakke med $\alpha = 6,0^\circ$ er effekten P gitt ved
$P = \left(R + L + G\sin\alpha\right)\cdot v$
Som innsatt verdier gir $P = 17\,\text{kW} = 23\,\text{hk}$

Oppgave 7 (5 poeng)
Ser først på situasjon 1)

Før klumpen blir sluppet er den totale mekaniske energien til kloss og fjær lik
$$E_1 = \frac{1}{2}kA_1^2$$

Ved likevekstpunktet er den potensielle energien null og vi får da

$$E_1 = \frac{1}{2}Mv_1^2 = \frac{1}{2}kA_1^2$$

Dette gir $v_1 = \sqrt{\frac{k}{M}}A_1$

Bevaring av bevegelsesmengde gir

$$Mv_1 + 0 = \left(M + m\right)v_2$$

Dette gir $v_2 = \frac{M}{M+m}v_1$

Rett etter droppet er klossen og klumpen fremdeles like ved likevektspunktet og energien kun kinetisk.

Ny kinetisk energi blir

$$E_2 = \frac{1}{2}\left(M+m\right)v_2^2 = \frac{1}{2}\left(M+m\right)\frac{M^2}{\left(M+m\right)^2}v_1^2 = \frac{M}{M+m}\left(\frac{1}{2}Mv_1^2\right) = \frac{M}{M+m}E_1$$

Siden vi også har at $E_2 = \frac{1}{2}kA_2^2$, hvor A_2 er amplituden etter at klumpen har festet seg, får vi

$$\frac{1}{2}kA_2^2 = \frac{M}{M+m}E_1$$

$$\frac{1}{2}kA_2^2 = \frac{M}{M+m}\frac{1}{2}kA_1^2$$

$$A_2 = \sqrt{\frac{M}{M+m}}A_1$$

Ser så på situasjon 2)

Når klumpen treffer klossen er systemet i ro og vi har ingen kinetisk energi. All mekanisk energi er lagret som potensiell energi. Klossen har null kinetisk energi før. Bevaring av bevegelsesmengde gir at siden det ikke var noen bevegelse i x-retning før, vil det heller ikke være noen bevegelse i x-retning etter. Dermed vil klossen og klumpen også ha null kinetisk energi etter at klumpen har festet seg, dvs. ingen effekt på den mekaniske energien

$$E_2 = E_1 = \frac{1}{2}kA_1^2$$

Og dermed ingen effekt på amplituden

$$A_2 = A_1$$

Forskjellen i disse to "etter"-amplitudene blir da

$$A_1 - \sqrt{\frac{M}{M+m}}A_1 = \underline{\underline{\left(1-\sqrt{\frac{M}{M+m}}\right)A_1}}$$