Norsk Fysikklærerforening

I samarbeid med Skolelaboratoriet,

Fysisk institutt, UiO

FYSIKK-OLYMPIADEN 2017 – 2018

Andre runde: 6. februar – 2018

Skriv øverst:

Navn, fødselsdato, e-postadresse og skolens navn

Varighet: *3 klokketimer*

Hjelpemidler: *Tabell med formelsamling, lommeregner*

Prøven består av 3 sider og det er 7 oppgaver.

Lykke til!

Oppgave 1 (4 poeng)

En pendel består av en kule med massen m og en lett snor med lengden l. Pendelen blir holdt horisontalt ut fra opphengningspunktet og blir sluppet.

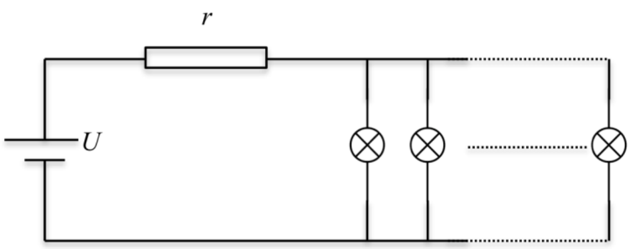
Bestem vinkelen pendelen danner med vertikalen idet sentripetalakselerasjonen er lik baneakselerasjonen. Se bort fra friksjon og luftmotstand.

Oppgave 2 (4 poeng)

På en romsonde trenger man elektrisk energi for at sonden skal fungere. Skjøteledninger fra jorda er lite praktiske til dette. Nærme sola er solceller det vanligste. Romsonder som befinner seg langt unna sola, som f.eks. Voyager I som nå i 2017 er ca. 21 milliarder kilometer fra sola og langt utenfor Neptun sin bane, kunne ikke bruke solceller siden sollyset ble for svakt, i alle fall for datidens teknologi, og måtte derfor bruke andre energikilder.

Den internasjonale romstasjonen ISS har 8 solcellepaneler på 313 kvadratmeter hver, og trenger opp til 40 kW. La oss si at panelene var moderne med en virkningsgrad på 42,8 % (som er nåværende verdensrekord for virkningsgrad). Hvor langt unna sola ville ISS da kunne fungere?

Oppgave 3 (4 poeng)



Vi har en krets som vist på figuren. En spenningskilde er koplet i serie med en motstand med resistansen r og i parallell med n lyspærer. Hver av lyspærene har resistansen R.

Finn effekten i hver lyspære som funksjon av n.

Oppgave 4 (4 poeng)

Når lys går fra et stoff til et annet, f.eks. fra luft til glass, får vi brytning. Det betyr at lyset skifter retning i overgangen mellom luft og glass. Dette er beskrevet av Snells brytningslov som sier at

$$n_{\text{luft}} \sin \alpha = n_{\text{glass}} \sin \beta$$

der α er innfallsvinkelen, β er brytningsvinkelen og n_{luft} og n_{glass} er brytningsindeksen til henholdsvis luft og glass. Brytningsindeksen til luft setter vi til 1.

I et forsøk skal vi undersøke Snells brytningslov. Vi sender laserlys fra luft til glass og måler innfallsvinkelen (α) og brytningsvinkelen (β) for en rekke vinkler. Resultatene er gitt i tabellen nedenfor. Der er også sinus til vinklene regnet ut.

α (grader)	β (grader)	sin α	sin β
10	6	0,17	0,1
15	11	0,26	0,19
20	13	0,34	0,22
25	17	0,42	0,29
30	19	0,5	0,33
35	24	0,6	0,41
45	28	0,71	0,47
50	32	0,77	0,53

Bestem brytningsindeksen for glasset og vurder usikkerheten.

Oppgave 5 (4 poeng)

Fire punktladninger $+q$ ligger i ro på et isolerende underlag i hvert sitt hjørne av et kvadrat med sidekant s.
En femte punktladning $+Q$ befinner seg i høyden h over midtpunktet av kvadratet.
Bestem h slik at kraftsummen fra de fire stasjonære ladningene blir størst mulig.

Oppgave 6 (4 poeng)

Den internasjonale romstasjonen ISS kretser rundt jorda i en tilnærmet sirkelbane i høyden 400 km over jordoverflata. Romstasjonens totale masse er $4{,}2 \cdot 10^5$ kg.
I denne høyden er ikke rommet helt tomt. ISS utsettes derfor for en liten friksjonskraft slik at banehøyden reduseres med omtrent 2 km per måned dersom banen ikke justeres aktivt.
Finn et anslag for friksjonskrafta.

Oppgave 7 (4 poeng)

En kloss sendes med startfarten v oppover et langt skråplan med hellingsvinkel 45°.
Tida t det tar før klossen kommer tilbake til startpunktet er avhengig av friksjonstallet μ.
Finn et uttrykk for t.

Fysikkolympiaden 2017/2018

Løsningsforslag til 2. runde

Oppgave 1

Baneakselerasjonen er $a_\mathrm{b} = g \cdot \sin\alpha$

For å finne sentripetalakselerasjonen, bruker vi energibevaring:

$$mgl = \tfrac{1}{2}mv^2 + mg(l - l\cos\alpha)$$

Og da blir $v^2 = 2g \cdot \cos\alpha$ og sentripetalakselerasjonen blir:

$$a_\mathrm{r} = \frac{v^2}{l} = \frac{2g\cos\alpha}{l} = 2g\cos\alpha$$

$a_\mathrm{b} = a_\mathrm{r}$ gir
$g\sin\alpha = 2g\cos\alpha$

Altså $\sin\alpha = 2\cos\alpha$ som gir $\tan\alpha = 2$

Og $\alpha = 63^\mathrm{o}$

Oppgave 2

Innstrålingstetthet er gitt ved:

$$E = \frac{P}{4\pi r^2}$$
$$E = \frac{4\pi R_\mathrm{sol}{}^2\sigma T^4}{4\pi r^2}$$

Romstasjonen trenger 40 000 W fordelt på 8·313 m^2, men siden virkningsgraden er 42.8% Får vi et effektivt areal, A_{eff}, på 0,428·8·313 m^2 = 1072 m^2. Innstrålingstettheten må da være nødvendig effekt/effektivt areal = 40000/1072 m^2:

$$\frac{P_{\text{ønsket}}}{A_{\text{eff}}} = \frac{4\pi R_{\text{sol}}{}^2 \sigma T^4}{4\pi r^2}$$

$$r = \sqrt{\frac{R_{\text{sol}}{}^2 \sigma T^4 A_{\text{eff}}}{P_{\text{ønsket}}}} = \sqrt{\frac{(6{,}95\cdot 10^8)^2 \cdot 5{,}67\cdot 10^{-8} \cdot 5780^4 \cdot 1072}{40000}}\,\text{m}$$

$$= 9{,}05\cdot 10^{11}\,\text{m}$$

I følge denne beregningen ville den kunne fungere 6 astronomiske enheter unna sola (altså 6 ganger lenger unna enn det sola er), men om den skal lenger unna måtte den økonomisere med energien på et eller annet vis.

Oppgave 3

Den totale resistansen i kretsen er $R_{\text{t}} = r + \dfrac{R}{n}$

Da blir strømmen i kretsen $I = \dfrac{U}{r + \dfrac{R}{n}}$

Gjennom én lyspære blir da strømmen $I_{\text{p}} = \dfrac{I}{n} = \dfrac{1}{n} \cdot \dfrac{U}{r + \dfrac{R}{n}}$

og effekten blir $P(n) = RI_{\text{p}}^2 = \dfrac{R}{n^2} \cdot \left(\dfrac{U}{r + \dfrac{R}{n}} \right)^2$

Litt regning til gir at $P(n) = \dfrac{RU^2}{(nr + R)^2}$.

Oppgave 4

Snells brytningslov (fra luft til glass der vi setter brytningsindeksen for luft til 1):

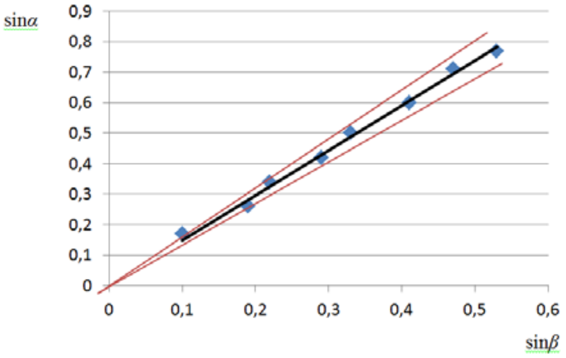
$$\sin \alpha = n \sin \beta$$

Vi plotter $\sin \alpha$ mot $\sin \beta$ og trekker beste linje mellom punktene. Da blir stigningstallet brytningsindeksen. Av figuren får vi at n = 1,5.

Usikkerhet:

Vi har tegnet to linjer som representerer største avvik i målingene. Vi får da $n_{maks} = 1,6$ og $n_{min} = 1,4$.

Brytningsindeksen fra dette forsøket blir da $n = 1,5 \pm 0,1$
Usikkerheten i målingene i dette forsøket er altså på omtrent 7 %.



Det er flere måter en kan vurdere usikkerheten på. For eksempel kan en regne ut brytningsindeksen for hver verdi og se på avviket fra gjennomsnittet, eller bruke regresjon på kalkulatoren.

Oppgave 5

Kreftenes horisontale komponenter har sum null.

Resultantkrafta F virker da vertikalt oppover.
Vi summerer de fire vertikalkomponentene og får:

$$F = \frac{4kqQ \cdot h}{\left(\frac{s^2}{2} + h^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

F er størst når

$$\frac{d}{dh}\frac{h}{\left(\frac{s^2}{2}+h^2\right)^{\frac{3}{2}}}=0$$

$$\left(\frac{s^2}{2}+h^2\right)^{\frac{3}{2}}-h\cdot\frac{3}{2}\cdot\left(\frac{s^2}{2}+h^2\right)^{\frac{1}{2}}\cdot 2h=0$$

$$\left(\frac{s^2}{2}+h^2\right)^{\frac{1}{2}}\cdot\left(\frac{s^2}{2}+h^2\right)-\left(\frac{s^2}{2}+h^2\right)^{\frac{1}{2}}\cdot 3h^2=0$$

$$\frac{s^2}{2}+h^2-3h^2=0$$

$$h=\frac{s}{2}$$

Oppgave 6

Vi regner banen som sirkelformet hele tida og bruker jordas ekvatorradius 6378 km. Baneradien endrer seg fra

$$R_1=6378\text{ km}+400\text{ km}=6778\text{ km}$$

til R_2 = 6776 km på 1 måned.

Vi finner først endringen ΔE i totalenergien:

$$\Delta E=\frac{-\gamma mM}{2R_1}-\frac{-\gamma mM}{2R_2}$$

$$\Delta E=\frac{\gamma mM}{2}\left(\frac{1}{R_2}-\frac{1}{R_1}\right)$$

Vi setter inn

$\gamma=6,67\cdot 10^{-11}\text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

$m=420000\text{ kg}$

$M=5,97\cdot 10^{24}\text{ kg}$

$R_1=6778000\text{ m}$

$R_2=6776000\text{ m}$

og får $\Delta E=3,64\cdot 10^{9}\text{ J}$

Banefarten for sirkelbane er gitt ved $v = \sqrt{\dfrac{\gamma M}{R}}$.

Det gir $v = 7,67\ \text{km/s}$ både for R_1 og for R_2, så vi regner at farten er konstant.
Friksjonskrafta F gjør et arbeid som er lik ΔE :

$$F \cdot v \cdot t = \Delta E$$
$$F \cdot 7670\text{m/s} \cdot 30\text{d} \cdot 24\text{h/d} \cdot 3600\text{s/h} = 3{,}64 \cdot 10^9\text{J}$$
$$F \cdot 1{,}99 \cdot 10^{10}\,\text{m} = 3{,}64 \cdot 10^9\ \text{J}$$
$$F = 0{,}18\ \text{N}$$

Oppgave 7

For akselerasjonen opp og ned på skråplanet får vi:

$$a_{\text{opp}} = g\sin 45^\circ + \mu g\cos 45^\circ = \frac{g}{\sqrt{2}}(1+\mu)$$
$$a_{\text{ned}} = g\sin 45^\circ - \mu g\cos 45^\circ = \frac{g}{\sqrt{2}}(1-\mu)$$

Begge rettet nedover skråplanet.

Tida klossen bruker på vei oppover er da

$$t_{\text{opp}} = \frac{v}{a_{\text{opp}}} = \frac{\sqrt{2}v}{g(1+\mu)}$$

Vi trenger også lengden L klossen sklir oppover før den snur:

$$L = \frac{v}{2} \cdot t_{\text{opp}} = \frac{\sqrt{2}v^2}{2g(1+\mu)}$$

Tida klossen bruker på vei ned er:

$$t_{\text{ned}} = \sqrt{\frac{2L}{a_{\text{ned}}}} = \sqrt{\frac{\sqrt{2}v^2}{g(1+\mu)} \cdot \frac{\sqrt{2}}{g(1-\mu)}}$$
$$t_{\text{ned}} = \frac{\sqrt{2}\ v}{g\sqrt{1-\mu^2}}$$

Klossen er tilbake i startpunktet etter tida $t = t_{\text{opp}} + t_{\text{ned}}$.

$$t = \frac{\sqrt{2}\ v}{g}\left(\frac{1}{1+\mu} + \frac{1}{\sqrt{1-\mu^2}}\right)$$