Norsk Fysikklærerforening
I samarbeid med Skolelaboratoriet,
Fysisk institutt, UiO

FYSIKK-OLYMPIADEN 2020 - 2021

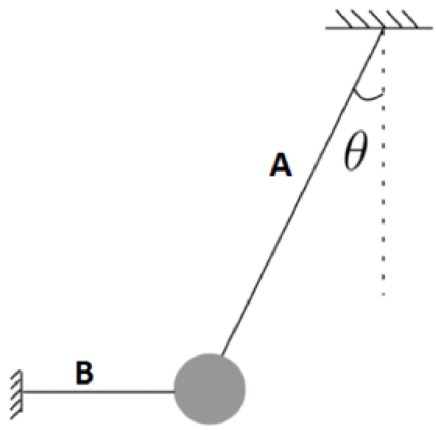
Andre runde: 2. februar - 2021

Varighet: 3 klokketimer
Hjelpemidler: Vedlagt formelark, lommeregner
Oppgavesettet består av 3 sider og det er 7 oppgaver.
Fysikk-OL-komiteen ønsker å legge ut på våre nettsider (https://www.mn.uio.no/fysikk/forskning/grupper/skolelab/fysikk-ol/) navnene på elever som får 50 % eller mer av full poengsum på OL-runde 2. Hvis det viser deg at du er blant disse som får $\geq$50 % - er det greit at navnet og resultatet ditt står på nettsiden?

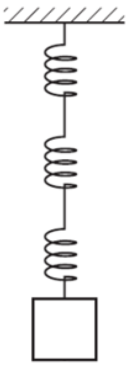
Skriv øverst på arket: Navn, fødselsdato, e-postadresse, skolens navn, og JA eller NEI til navn og resultat på nettside.
Lykke til!

Oppgave 1 (4 poeng)

En ball er festet til et tak og en vegg med masseløse snorer som vist på figuren. Vi kutter snor B. Hva blir forholdet mellom snordraget i A rett etter at snora er kuttet og før den ble kuttet?

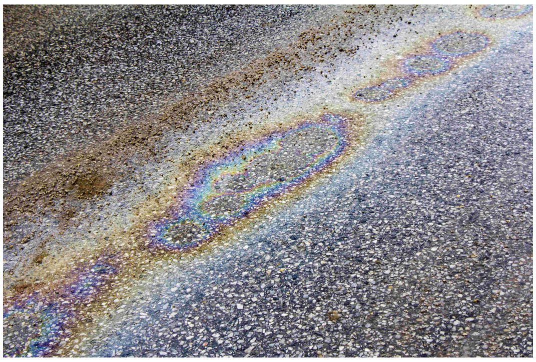


Oppgave 2 (4 poeng)



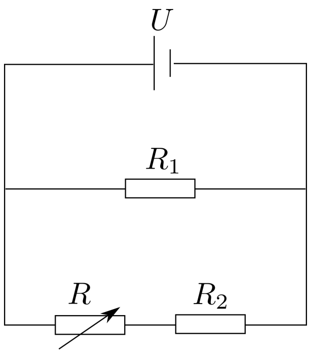
Vi ønsker å utføre et strikkhopp med en strikk som består av n gummistrikker med lengde 50 cm som kobles i serie, se figuren. Hver enkelt strikk oppfører seg som en masseløs fjær og adlyder Hookes lov slik at kreftene som virker på hver enkelt strikk er $F = kx$, der $k = 450$ N/m er fjærkonstanten til én strikk og x er lengden én strikk blir strukket. Du har masse $m = 75$ kg og hopper fra høyden $h = 30$ m over bakken. Hvor mange strikker trenger du for å komme nærmest mulig bakken uten å slå nedi?

Oppgave 3 (4 poeng)



Et 200 nm tykt oljelag ligger på en helt flat overflate. Koherent, hvitt lys fra solen skinner rettvinklet ned på overflaten og reflekteres deretter rett opp igjen. Noe lys blir reflektert mellom luften og oljelaget samt mellom oljelaget og overflaten. Hvilken bølgelengde vil være sterkest i lyset som reflekteres tilbake? Anta at hvitt lys består av fotoner jevnt fordelt mellom bølgelengdene fra 400 nm til 800 nm og at lysfarten i olja er $c = c_0/1{,}427$ der c_0 er lysfarten i vakuum.

Oppgave 4 (4 poeng)



Figuren viser en krets der U =6,0 V, $R_1 = 3{,}0\ \Omega$ og $R_2 = 2{,}0\ \Omega$. R er en motstand der resistansen er avhengig av strømmen slik at $R = 0{,}20\,\frac{\Omega}{\mathrm{A}}I$. Finn strømmen gjennom batteriet.

Oppgave 5 (4 poeng)

Hvor mye solenergi i form av lys treffer jorda hvert år? Om mennesker bruker $2{,}2347 \cdot 10^{13}$ kWh elektrisk energi hvert år, hvor mange prosent av solenergien som treffer jorda måtte man ha fanget for å dekke menneskers energibehov? Overflatearealet av en sfære er $4\pi r^2$. Solas radius er $6{,}95 \cdot 10^8$ m og overflatetemperatur 5780 K. Jordas radius er $6{,}378 \cdot 10^6$ m og avstanden fra jorda til sola er $1{,}5 \cdot 10^{11}$ m.

Oppgave 6 (4 poeng)

En fjær med fjærkonstanten 3,85 N/m er trykt sammen 8,0 cm. Fjæra blir først holdt i ro på et horisontalt underlag mellom to klosser, A og B. Kloss A har massen 0,25 kg og kloss B har massen 0,50 kg. Mellom klossene og underlaget er det friksjon. Den statiske (hvilefriksjon) friksjonskoeffisienten er 0,12 og den dynamiske (glidefriksjon) er 0,10. Så slipper vi begge klossene samtidig.

Hva blir maksimumfarten til hver av klossene?

Oppgave 7 (4 poeng)

11. november 2020 kunne NRK avsløre at det nye redningshelikopteret, SAR Queen, kun kan lande på 6 av de 21 norske akuttsykehusene som dagens Sea King-helikoptre lander på. Landingsforbudet til SAR Queen er gitt på grunn av voldsom vind fra rotorene. Beregn hastighet på luftstrømmen under de to helikoptrene. Oppgi hvilke antagelser du gjør. Gode antagelser gir også poeng.

Nødvendig informasjon om helikoptrene:

	Sea King	SAR Queen
Diameter rotor	18,90 m	18,59 m
Masse inkl. drivstoff, besetning og en pasient	9100 kg	14600 kg

Lufttettheten ved havoverflata er $\rho = 1{,}2\ \mathrm{kg/m^3}$.

FYSIKK-OLYMPIADEN 2020 - 2021

Løsningsforslag til 2. runde

Oppgave 1

Før snora kuttes er

$$S_{A1}\cos\theta = mg.$$

Etter at snora er kuttet får vi akselerasjon langs banen og da blir

$$mg\cos\theta = S_{A2}.$$

Dermed blir

$$\frac{S_{A1}}{S_{A2}} = \cos^2\theta.$$

Oppgave 2

Den potensielle energien i starten er mgH og når man akkurat berører bakken med null fart $\frac{n}{2}kx^2$ der n er antallet strikk og x er forlenglesen til hver strikk. Hvis vi kaller lengden av hver strikk L_0 har vi

$$x = \frac{1}{n}(H - nL_o)$$

Energibevaring gir da

$$\frac{n}{2}k(\frac{H}{n} - L_0)^2 = mgH$$

Dette gir

$$L_0^2 n^2 - 2H(L_0 + L)n + H^2 = 0$$

der $L = \frac{mg}{k}$. Løsningen av denne likninga er

$$n = \frac{H}{L_0^2}(L_0 + L \pm \sqrt{L(2L_0 + L)}) = 7,12$$

når vi velger negativt fortegn foran kvadratrota. 7 strikk gjør altså at vi stopper så nær bakken som mulig uten å treffe den.

Oppgave 3

Bølgelengdene som er sterkest i det reflekterte lyset vil være de bølgelengdene som har mest konstruktiv interferens. For å finne ut hvilke bølgelengder som opplever mest konstruktiv interferens må vi først finne ut hvor lang tid lyset bruker i oljen: Lysets hastighet i oljen er

$$c = c_0/1,427 = 2,10 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$

Tiden det tar lyset å nå bunnen av oljen, reflekteres, og reise tilbake til overflaten blir da ($d = 200$ nm er tykkelsen til oljelaget)

$$t = \frac{2d}{c} = 1,90 \cdot 10^{-15} \text{ s}.$$

På denne tiden vil lyset som ikke gikk inn i oljen ha reist

$$s = c_0 t = 570 \text{ nm}.$$

De bølgelengdene som opplever sterkest konstruktiv interferens vil være de bølgelengdene som går et heltall antall ganger opp i 570 nm. Av bølgelengdene mellom 400 nm og 800 nm er det kun 570 nm som går et heltall antall ganger opp i 570 nm og dette vil derfor være den sterkeste bølgelengden i det reflektere lyset.

Da lysfarten i stoffet under oljen ikke er oppgitt er det mulig noen antar en faseendring på 180° når lyset reflekteres i bunnen. I så fall vil ingen av bølgelengdene i det hvite lyset oppleve komplett, positiv interferens, men lyset på 400 nm vil ha den sterkeste positive interferensen. Dette er også godtatt som et rett svar.

Oppgave 4

Strømmen gjennom R_1 finner vi av

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = 2 \text{ A}.$$

Strømmen gjennom R og R_2 finner vi av ($k = 0,20\frac{\Omega}{\text{A}}$)

$$(kI_2 + R_2)I_2 = U$$

som vi løser og får at

$$I_2 = \frac{-R_2 + \sqrt{R_2^2 + 4Uk}}{2k} = 2,4 \text{ A}.$$

Strømmen gjennom batteriet er

$$I = I_1 + I_2 = 4,4 \text{ A}.$$

Oppgave 5

Først bruker vi Stefan-Boltzmanns lov til regne ut den utstrålte effekten til solen:

$$P = A\sigma T^4 = 4\pi R_{sol}^2 \sigma T^4 = 3,8 \cdot 10^{26} \text{ W}.$$

Deretter regner vi ut hvor stor andel av denne energien som treffer jorden. Denne andelen vil være lik andelen av himmeloverflaten jorden tar opp, sett fra solens perspektiv. Solen er veldig langt fra jorden og fra dens perspektiv vil jorden dermed se ut som en sirkel med radius lik jordradien r_j. Andelen av himmelen jorden tar opp vil derfor være arealet av denne sirkelen delt på overflatearealet av en sfære med radius lik avstanden R mellom solen og jorden.

$$\frac{A_{jorden}}{A_{himmel}} = \frac{\pi r_j^2}{4\pi R^2} = 4,53 \cdot 10^{-10}.$$

Effekten som treffer jorden er da:

$$P_J = P\frac{A_{jorden}}{A_{himmel}} = 1,74 \cdot 10^{17} \text{ W}.$$

Energien som treffer jorden i løpet av et år blir:

$$E_J = P_j t = 1,74 \cdot 10^{17} \text{ W} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s} = 5,49 \cdot 10^{24} \text{ J}.$$

Andelen av energien vi trenger å fange er da:

$$\frac{E_{mennesker}}{E_J} = \frac{2.2347 \cdot 10^{13} \text{ kWh}}{5,49 \cdot 10^{24} \text{ J}} = \frac{2.2347 \cdot 10^{13} \cdot 10^3 \cdot 60 \cdot 60 \text{ J}}{5,49 \cdot 10^{24} \text{ J}} = 1,46 \cdot 10^{-5}.$$

Oppgave 6

Kraften på klossene fra fjæra blir

$$F = kx = 0,308 \text{ N}.$$

Vi bruker først friksjonskoeffisienten for statisk friksjon for å finne den maksimale friksjonskraften for hver av klossene:

$$R_{As} = \mu_s m_A g = 0,294 \text{ N},$$
$$R_{Bs} = \mu_s m_B g = 0,588 \text{ N}.$$

Siden R_{Bs} er større enn F er det bare kloss A som vil bevege seg.

Kloss A vil øke farten så lenge fjærkraften er større enn friksjonene, altså til $F = R_{Ad}$. Da blir

$$kx_d = \mu_d m_A g.$$

Altså

$$x_D = 0,0636 \text{ m}.$$

Energibevaring gir oss farten:

$$\frac{1}{2}kx^2 = R_{Ad}(x - x_d)\frac{1}{2}m_A v^2 + \frac{1}{2}kx_d^2.$$

Av dette får vi maksimal fart til kloss A:

$$v = 0,064 \text{ m/s}.$$

Oppgave 7

Antagelser: stasjonær stilling i en tilstrekkelig høyde over bakken slik at det gir en uniform nedadgående sylinderformet luftstrøm med diameter lik rotordiameteren. Antar at vi er nær havnivå som gir lufttetthet ved 1 atmosfære $\rho = 1{,}2 \text{ kg/m}^3$ og beregner luftens nedadgående hastighet.

For å holde helikopteret i en stasjonær stilling trengs en kraft. Kraft er endring av bevegelsesmende per tid. Stasjonær stilling gir konstant hastighet på luftstrømmen, v. Vi får da

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = v\frac{\Delta m}{\Delta t}$$

For lufta er $m_{luft} = \rho V$, som gir

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = v\frac{\Delta(\rho V)}{\Delta t} = v^2 \rho A$$

Der $A = \pi r^2$ er arealet av helikopterrotoren. For å holde helikopteret i en stasjonær stilling, får vi fra Newtons 3. lov

$$m_{helikopter} g = \frac{\Delta p}{\Delta t} = v^2 \rho A$$

og dermed blir luftfarten

$$v = \sqrt{\frac{m_{helikopter} g}{\rho \pi r^2}}.$$

For de to helikoptrene får vi da

$$v_{SeaKing} = 15{,}3 \text{ m/s}$$
$$v_{SARQueen} = 19{,}0 \text{ m/s}$$