Norsk Fysikklærerforening
I samarbeid med Skolelaboratoriet, Fysisk institutt, UiO

FYSIKK-OLYMPIADEN 2019 - 2020

Første runde: 21. oktober - 1. november 2019

Varighet: 90 minutter
Hjelpemidler: Tabell med formelsamling, lommeregner
Oppgavesettet består av 4 sider og det er 9 oppgaver.
Oppgavesettet består både av flervalgsoppgaver og oppgaver der du skal vise hvordan du har kommet fram til svaret. På flervalgsoppgavene er det oppgitt flere mulige svar angitt med en bokstav. Sett en ring rundt bokstaven ved det svaret du mener er riktig. Maks poeng er angitt for hver oppgave.
Lykke til!

Oppgave 1 (4 poeng)

Du slipper en gjenstand fra en høyde h_0. Ved hvilken høyde h er momentanfarten den samme som gjennomsnittsfarten for hele fallet?

A. $\frac{1}{4}h_0$

B. $\left(1-\frac{\sqrt{2}}{2}\right)h_0$

C. $\frac{1}{2}h_0$

D. $\frac{\sqrt{2}}{2}h_0$

E. $\frac{3}{4}h_0$

Oppgave 2 (4 poeng)

En kloss med massen M henger i en snor med massen m. Snora har lengden l. Vi drar i toppen av snora med en konstant kraft F slik at snora med klossen akselererer oppover. Finn et uttrykk for snordraget S i en avstand x fra toppen av snora.

A. $S = F\left(1-\frac{xm}{2l(m+M)}\right)$

B. $S = F\left(1-\frac{xm}{l(m+M)}\right)$

C. $S = F\frac{xm}{l(m+M)}$

D. $S = F\left(1-\frac{xm}{lM}\right)$

Oppgave 3 (4 poeng)

Ei jente med massen M holder i en snor som er festet til en kjelke med massen m. Jenta og kjelken befinner seg på glatt is og vi kan se bort fra massen til snora. Avstanden mellom jenta og kjelken er l. Jenta drar i snora med en konstant kraft, F, slik at både hun og kjelken beveger seg mot hverandre på isen. Hvor langt fra jentas opprinnelige posisjon vil jenta og kjelken møtes?

A. $\frac{l}{2}$

B. $\frac{ml}{M}$

C. $\frac{(m+M)l}{m}$

D. $\frac{ml}{m+M}$

Oppgave 4 (4 poeng)

En elsykkel kjører nedover en rett bakke. Massen til sykkel med syklist er til sammen 100 kg. Farten er konstant med $v = 7,0$ m/s. Lengden på bakken er 70 m, og på denne strekningen kommer sykkelen 5,0 m lavere. De totale motstandskreftene (rullemotstand, luftmotstand etc.) er på 40 N. I tillegg bremser sykkelen for å ikke øke farten, og energien fra bremsingen brukes til å lade batteriene. Hvor stor effekt vil batteriene maksimalt kunne motta fra bremsene i denne bakken?

A. 0,49 kW

B. 0,21 kW

C. 2,8 kW

D. 0,28 kW

E. 2,1 kW

F. 4,9 kW

Oppgave 5 (4 poeng)

En sylinder har en sirkulær grunnflate med radius 1,0 m. 1,0 m over bunnen ligger det et stempel som kan bevege seg friksjonsfritt opp eller ned. Lufttrykket er 100 kPa. Inni sylinderen er det en gass som nå tilføres varmen $Q = 12,1$ kJ fra omgivelsene. Dette øker den indre energien til gassen med $\Delta U = 9,0$ kJ. Hvor mye flytter stempelet seg, og hvilken vei går det?

A. 1 cm nedover

B. 4 cm nedover

C. 7 cm nedover

D. 1 cm oppover

E. 4 cm oppover

F. 7 cm oppover

Oppgave 6 (4 poeng)

En høyttaler står i en avstand $d = 2,75$ m fra en vegg. Den sender ut lyd med bølgelengden 1,0 m. Hvis du står rett ved høyttaleren opplever du svak lyd fordi bølgen fra høyttaleren og bølgen som er reflektert tilbake fra veggen interfererer destruktivt. Hvis du går bort fra høyttaleren parallelt med veggen slik at du hele tida har avstanden d til veggen vil du høre at lyden blir sterkere for så å bli svakere igjen. Hvor langt har du gått før lyden når sitt første minimum, og så begynner å styrkes igjen?

A. 1,1 m

B. 2,1 m

C. 3,1 m

D. 4,1 m

Oppgave 7 (4 poeng)

I termiske solkraftverk benyttes varme til å produsere elektrisitet ved hjelp av dampturbiner. Speil brukes til å konsentrere sollyset for å oppnå høye nok temperaturer. Speilene rettes slik at alt sollys treffer et område i et tårn hvor det er en saltsmelte som blir varmet opp. Saltsmelten blir så ledet bort i rør for å kunne koke vann. For å ha mulighet til å danne damp med høyt nok trykk, trengs gjerne en temperatur på over 1000°C i saltsmelten. Hvor mange ganger større må arealet på speilene være enn arealet på området i tårnet, for at det oppvarmede området holder 1000°C samtidig som saltsmelten leder bort 200 kW/m^2?

Anta at sola står på sitt høyeste (rett opp) og at 30 % av strålingen fra Sola blir absorbert eller reflektert i atmosfæren. Anta også at det oppvarmede området er et tilnærmet sort legeme og at det ikke taper varme annet enn ved stråling og det som saltsmelten leder bort.

A. 146

B. 155

C. 209

D. 255

E. 364

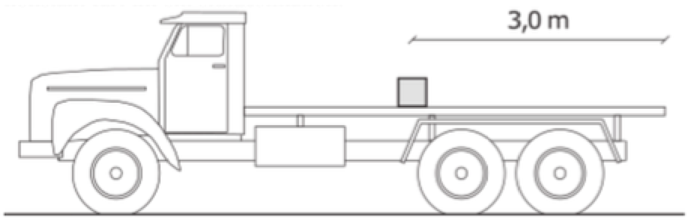
F. 504

Oppgave 8 (4 poeng)

Et batteri med spenningen $\mathcal{E}$ (ems) har også en indre resistans R. Den indre resistansen kan tenkes som en motstand koplet i serie med batteriet. Batteriet er koplet i serie med en ytre motstand som også har resistansen R. Så dobler vi resistansen i den ytre motstanden, altså til $2R$. Hva blir forholdet mellom effektene i den ytre motstanden i de to tilfellene?

Oppgave 9 (4 poeng)

En kasse er plassert på et lastebilplan. Plasseringen er 3,0 m fra den bakre enden av planet. Friksjonskoeffisienten mellom kassen og planet er 0,18. Siden lastebilen bare skal kjøre en kort strekning langs en rett, horisontal vei, velger sjåføren å ikke spenne fast kassen. Lastebilen starter i ro og øker farten til 36 km/h på 5,0 sekunder. Deretter fortsetter lastebilen i konstant fart frem til bestemmelsesstedet. Vil kassen fortsatt ligge på lastebilplanet i det lastebilen begynner nedbremsingen?



FYSIKK-OLYMPIADEN 2019 - 2020

Løsningsforslag til 1. runde

Oppgave 1

Bevegelseslikningen $s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ gir med $v_0 = 0$ og $s = h_0$ at $t = \sqrt{\frac{2h_0}{a}}$. Da blir gjennomsnittsfarten for fallet $\bar{v} = \frac{h_0}{t} = \sqrt{\frac{h_0 a}{2}}$. Tilbakelagt strekning s når vi har fått denne farten finner vi fra $2as = v^2 - v_0^2$:

$$s = \frac{v^2}{2a} = \frac{\frac{h_0 a}{2}}{2a} = \frac{h_0}{4}$$

Høyden vi har når dette skjer er da

$$h = h_0 - s = \frac{3}{4}h_0.$$

Oppgave 2

Vi finner først akselerasjonen til hele systemet.

$$F - (m+M)g = (m+M)a$$

som gir

$$a = \frac{F}{m+M} - g$$

Massen av snora fra toppen til avstanden x er

$$m_x = \frac{x}{l}m$$

Vi bruker Newtons 2. lov på lengden x av snora. Det gir:

$$F - S - m_x g = m_x a.$$

Altså

$$F - S - \frac{x}{l}mg = \frac{x}{l}ma = \frac{x}{l}m\left(\frac{F}{m+M} - g\right),$$

som gir

$$S = F\left(1 - \frac{xm}{l(m+M)}\right).$$

Oppgave 3

Både jenta og kjelken akselererer. Vi kaller avstanden jenta beveger seg for x, og da beveger kjelken seg avstanden $l - x$ på samme tid. Akselerasjonene blir for jenta:

$$a_j = \frac{F}{M}$$

Og for kjelken, i motsatt retning:

$$a_k = \frac{F}{m}$$

Da får vi at $x = \frac{1}{2}a_j t^2$ og $l - x = \frac{1}{2}a_k t^2$, som gir

$$\frac{x}{l-x} = \frac{m}{M}.$$

Altså

$$x = \frac{ml}{m+M}$$

Det er selvsagt enklere å løse oppgaven ved å bruke at massesenteret ikke flytter seg (men det er ikke pensum):

$$Mgx = mg(l-x)$$

som gir

$$x = \frac{ml}{m+M}.$$

Oppgave 4

Farta er konstant. Da er det totale arbeidet på systemet lik 0, og arbeidet fra gravitasjonen (som er lik mgh) er like stort som summen av arbeidene fra bremsekrafta, F, og de andre motstandskreftene, R:

$$W_F + W_R = mgh$$

$$W_F = mgh - W_R = mgh - Rs = 100\ \mathrm{kg} \cdot 9,81\ \mathrm{m/s}^2 \cdot 5,0\ \mathrm{m} - 40N \cdot 70\ \mathrm{m} = 2105\ \mathrm{J}$$

Med to gjeldende siffer kan batteriene maksimalt motta 2,1 kJ fra bremsene ned denne bakken. Tiden dette tar blir 10 s siden bakken er 70 m med fart 7,0 m/s. Da blir den maksimale effekten 210 W eller 0,21 kW (altså løsning B).

Oppgave 5

$$\Delta U = Q + W$$
$$W = \Delta U - Q = 9,0\ \text{kJ} - 12,1\ \text{kJ} = -3,1\ \text{kJ}$$

Siden arbeidet på sylinderen er negativt må sylinderen gjøre et arbeid på omgivelsene, og måten det kan gjøre det på er å trykke stempelet oppover. Arbeidet som utføres er $W = Fs$

$$s = \frac{W}{F} = \frac{W}{pA} = \frac{W}{p\pi r^2} = \frac{3100\ \text{J}}{100 \cdot 10^3\ \text{Pa} \cdot \pi \cdot 1,0\ \text{m}^2} = 0,00987\ \text{m}.$$

Stempelet flyttes altså ca. 1 cm oppover. (Altså løsning D)

Oppgave 6

Når vi står ved høyttaleren er avstanden til veggen og tilbake 5,5 m, som er 5,5 bølgelengder, slik at vi får destruktiv interferens som oppgitt. Hvis vi har gått avstanden l fra høyttaleren er det to lydbølger som treffer oss, en direkte som har gått avstanden l og en reflektert som har gått avstanden $2\sqrt{d^2 + (l/2)^2}$. Ved første minimum må veiforskjellen mellom disse være $A = n + \frac{1}{2}$ bølgelengder, og n må være enten 4 eller 6. Vi må derfor løse likningen

$$2\sqrt{d^2 + (l/2)^2} - l = A\lambda$$

Det gir

$$l = \frac{4d^2 - A^2}{2A}$$

For at l skal bli positiv må $n = 4$, og vi finner $l = 1,1$ m.

Oppgave 7

Oppvarmet areal er A mens speil-arealet er n ganger oppvarmet areal, dvs. nA. Temperaturen er $T = 1000\ °\text{C} = 1273$ K. Vi bruker solarkonstanten og Stefan-Boltzmann-konstanten fra tabellen og får:

Effekt inn = Effekt tatt ut via saltsmelten + strålingstap

$$nA \cdot 1,37 \cdot 10^3\ \text{W/m}^2 \cdot 0,70 = A \cdot 200 \cdot 10^3\ \text{W/m}^2 + A \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}\ \text{W/m}^2\text{K}^4 \cdot T^4$$
$$\frac{nA}{A} = \frac{200 \cdot 10^3 + 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 1273^4}{1,37 \cdot 10^3 \cdot 0,700}$$

Dermed blir $n = 364$.

Oppgave 8

Med ytre resistans R får vi:

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{2R}$$

Effekten blir:

$$P_1 = RI_1^2 = \frac{\mathcal{E}^2}{4R}$$

Med ytre resistans 2R får vi:

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{3R}$$

$$P_2 = 2RI_2^2 = \frac{2\mathcal{E}^2}{9R}$$

Forholdet mellom effektene blir da

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\frac{\mathcal{E}^2}{4R}}{\frac{2\mathcal{E}^2}{9R}} = \frac{9}{8}.$$

Eller vi kan skrive

$$P_2 = \frac{8}{9}P_1$$

Oppgave 9

Lastebilens akselerasjon er $a_l = \frac{v-v_0}{t} = \frac{36}{5{,}0\cdot 3{,}6}$ m/s^2 $= 2,0$ m/s. Friksjonskraften mellom kassen og lastebilplanet er $R = \mu N = \mu G = 0,18mg = 1,766m$ m/s^2 hvor m er massen til kassen. Kassen kommer til å akselerere i samme retning som lastebilen, men med akselerasjonen $a_k = \frac{R}{m} = 1,766$ m/s^2. Sett fra lastebilplanet, vil kassen akselerere med $a = a_l - a_k = 0,234$ m/s^2. Mens lastebilen akselererer vil kassen bevege seg strekningen $s = \frac{at^2}{2} = 2,925$ m langs lasteplanet. Kassen har nå en relativ bevegelse bakover i forhold til lastebilplanet med farta $v = at = 1,17$ m/s . I det lastebilen har kommet opp i fart vil kassen fortsette å akselerere med $a = 1,766$ m/s^2 relativt til lastebilen.

Tiden det tar før kassen stopper blir $t = \frac{v}{a} = \frac{1{,}17}{1{,}766}$ s $= 0,663$ s. Da har kassen beveget seg strekningen $s = \frac{vt}{2} = 0.388$ m. Kassen har da til sammen beveget seg $2,925$ m$+0,388$ m $=$ $3,31$ m $> 3,0$ m . Altså, kassen faller av lasteplanet.