Norsk Fysikklærerforening
i samarbeid med Skolelaboratoriet
Universitetet i Oslo

Fysikkolympiaden

1. runde

24. oktober – 4. november 2016

Hjelpemidler: *Tabell og formelsamlinger i fysikk og matematikk*
Lommeregner
Tid: *90 minutter*

Oppgavesettet består både av flervalgsoppgaver og oppgaver der du skal vise hvordan du har kommet fram til svaret. På flervalgsoppgavene er det oppgitt fire eller fem 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.

Oppgavesettet har 5 sider, og det er 9 oppgaver.

Lykke til!

Oppgave 1 (2 poeng)

Et energiverk utnytter vann med en fallhøyde på 150 m. Vannføringen er 25 m^3 per sekund. Hvor stor elektrisk effekt kan energiverket levere når virkningsgraden er 90 %?

A. 2,1 GW
B. 1250 kW
C. 24 000 000 W
D. 33 MW

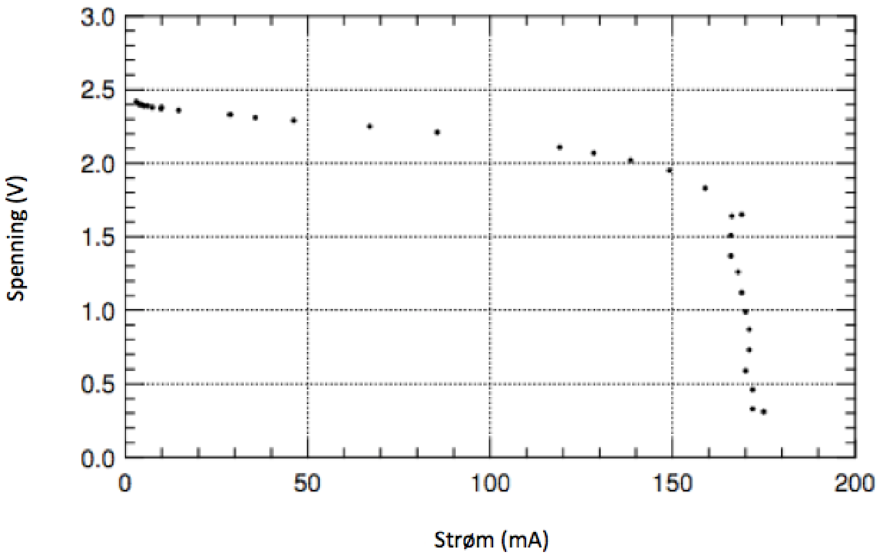
Oppgave 2 (2 poeng)

Jack har massen 85 kg og er glad i å løpe. Store deler av året løper han ute, men når det går mot vinter trekker han inn og løper på tredemølle. En dag han løper i 18 km/h på tredemølla, tenker han på all luftmotstanden han vanligvis kjenner når han løper ute som han nå går glipp av. For å veie opp for tapet av luftmotstand velger han å øke helningsvinkelen til tredemølla. Hvilken vinkel bør han stille inn tredemølla på?
Anta en luftmotstand på formen $L = kv^2$, der k = 0,6 kg/m.

A. 0,5°
B. 1°
C. 2°
D. 3°
E. 4°

Oppgave 3 (2 poeng)

I grafen under har vi vist spenning-strøm-karakteristikken for en solcelle ved en gitt innstråling. Vi har koblet solcellen i en krets med en variabel motstand. Målepunktene har vi funnet ved å variere resistansen mens vi har målt den tilhørende strømmen gjennom solcellen og spenningen over solcellen.



Hvor stor er den største effekten solcellen kan gi?

A. 0,3 W
B. 0,4 W
C. 2,4 mW
D. 53 mW

Oppgave 4 (3 poeng)

To vogner triller med samme konstante fart, v_0, på en horisontal flate. Avstanden mellom vognene er d_0. Vognene triller så nedover et skråplan for så å komme ut på en horisontal flate igjen. Avstanden mellom vognene er nå blitt *d*. Høydeforskjellen mellom de to horisontale flatene er *h*. Se bort fra all friksjon.
Avstanden *d* mellom vognene er blitt

A. $d = d_0$

B. $d = d_0\sqrt{1+\frac{2gh}{v_0^2}}$

C. $d = \frac{d_0}{v_0}\sqrt{2gh}$

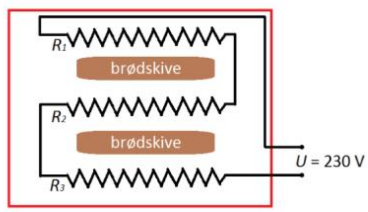
D. $d = d_0\frac{v_0}{\sqrt{v_0^2+2gh}}$

Oppgave 5 (3 poeng)

Et hydrogenatom er i ro i grunntilstanden. Hydrogenatomet blir truffet av et proton, og ved støtet blir hydrogenatomet eksitert. Etter støtet beveger protonet og hydrogenatomet seg med samme fart. Energiforskjellen mellom grunntilstanden og den eksiterte tilstanden i hydrogenatomet er $1{,}64 \cdot 10^{-18}$ J.
Protonets kinetiske energi før støtet var da

A. $0{,}82 \cdot 10^{-18}$ J
B. $1{,}64 \cdot 10^{-18}$ J
C. $2{,}69 \cdot 10^{-18}$ J
D. $3{,}28 \cdot 10^{-18}$ J

Oppgave 6 (3 poeng)



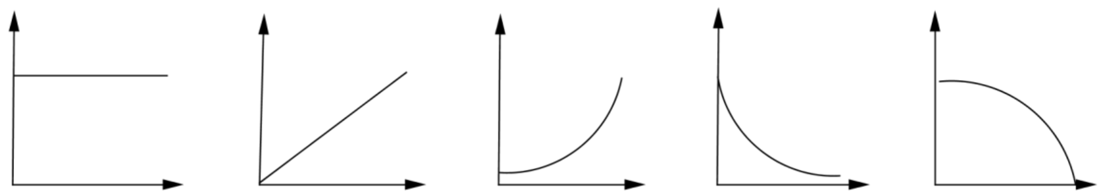
Figuren viser en brødrister som kan riste to skiver brød samtidig på begge sider. Brødristeren har en effekt på 500 W når den er tilkoblet 230 V. Den har tre seriekoblete glødetråder med resistansene R_1, R_2 og R_3. Anta at metallveggene i brødristeren reflekterer all varmestråling.

Bestem verdiene for R_1, R_2 og R_3 slik at brødskivene ristes like mye på hver side.

A. $R_1 = 0{,}115\ \Omega$, $R_2 = 0{,}230\ \Omega$ og $R_3 = 0{,}115\ \Omega$
B. $R_1 = 26{,}5\ \Omega$, $R_2 = 52{,}9\ \Omega$ og $R_3 = 26{,}5\ \Omega$
C. $R_1 = R_2 = R_3 = 35{,}3\ \Omega$
D. $R_1 = R_2 = R_3 = 0{,}153\ \Omega$

Oppgave 7 (3 poeng)

Raske protoner blir bremset ned i et homogent materiale. Vi antar at energitapet for hvert proton per tidsenhet er konstant. Hvilken av grafene nedenfor beskriver best avsatt energi per lengde som funksjon av tilbakelagt strekning i materialet?

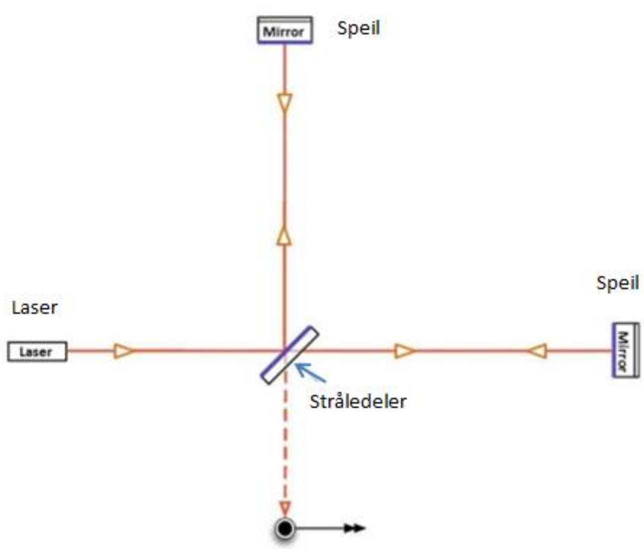


A B C D E

Oppgave 8 (3 poeng)

Bilde av et LIGO-interferometer

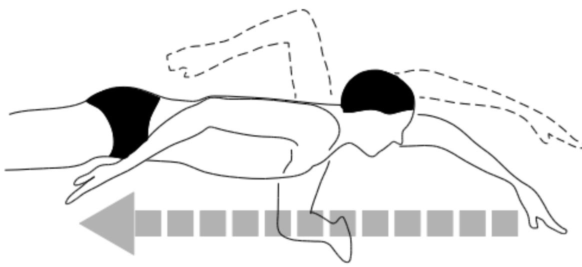
I februar i år ble det annonsert at man for første gang hadde detektert gravitasjonsbølger. Dette er bølger i universets romtid-struktur, og innebærer at avstander i bølgeretningen blir periodisk kortere og lengre. Avstander vinkelrett på bølgeretningen blir ikke påvirket. For å måle dette brukes et interferometer, se figur.



En laserstråle med bølgelengden 1064 nm treffer en stråledeler som slipper igjennom halvparten av lyset og reflekterer den andre halvparten 90 grader til siden. Strålene går til hvert sitt speil, og reflekteres tilbake igjen. Når de møtes igjen i stråledeleren vil de enten bli sendt tilbake til laseren eller til en detektor (nederst på figuren), avhengig av faseforskjellen mellom de to strålene. Normalt (når det ikke er noen gravitasjonsbølge) er det innstilt slik at de to strålene som går mot detektoren er i motfase, slik at det blir fullstendig destruktiv interferens, og dermed ikke noe lys som treffer detektoren. Anta at en gravitasjonsbølge brer seg horisontalt på figuren, og dermed endrer på lengden av den horisontale lysbanen. Detektoren er så følsom at den kan registrere en faseforskyvning på en hundredels bølgelengde.

Hva er den minste endring i lengden som kan detekteres?

Oppgave 9 (4 poeng)



En konkurransesvømmer vil på 50 m fri (crawl) hovedsakelig bruke armtakene for å skape fremdrift. Beinsparkene blir brukt til å holde kroppen vannrett i vannet for å minske vannmotstanden som oppstår når svømmeren beveger seg fremover. I denne oppgaven antar vi at armtaket går parallelt med vannoverflaten. Se figuren.
En modell for kraften fra armtaket på vannet er gitt ved

$$F = \frac{1}{2} C A \rho v^2$$

Vi bruker samme modell for kraften fra vannet på svømmeren (vannmotstanden). Her er A tverrsnittarealet, C er vannmotstandskoeffisienten, ρ er vanntettheten og v er farten til svømmeren i forhold til vannet. For fremdriften, altså kraften fra armtaket, får vi en god tilnærming om vi setter $C = 0{,}8$ og $A = 0{,}04\,\mathrm{m}^2$. For vannmotstanden, altså kraften på svømmeren, kan vi sette $C = 0{,}6$ og $A = 0{,}07\,\mathrm{m}^2$. Svømmeren har en frekvens på 2,5 armtak per sekund og hvert armtak er 1,5 m langt.

Hvilken tid oppnår svømmeren på 50 m fri om vi antar at farten er konstant?

Fysikkolympiaden

1. runde

24. oktober – 4. november 2016

Løsning med poeng

Oppgave 1 D (2 poeng)

Effekten er

$$P = \frac{mgh}{t}\eta$$

P = 25 000 kg/s · 9,81 N/kg · 150 m · 0,90 = 33 · 10^6 W = 33 MW

Oppgave 2 B (2 poeng)

I begge tilfeller er farten konstant, v = 18 km/h = 5,0 m/s. Når han løper ute kan vi tenke oss at han bruker en kraft F_1 for å motvirke luftmotstanden L og eventuelt andre friksjonskrefter mot underlaget R. Når han løper på tredemølla bruker han en kraft F_2 parallelt med tredemølla for å motvirke de samme friksjonskreftene mot underlaget, R, men i stedet for luftmotstanden skal han nå motvirke den parallelle komponenten til tyngdekraften G_p, altså har vi $F_1 = L + R$ og $F_2 = G_p + R$

For at han skal måtte yte det samme i de to tilfellene får vi:

$F_1 = F_2$

$L + R = G_p + R$

$kv^2 = mgsin\theta$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{kv^2}{mg}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{0{,}6\text{ kg/m}\cdot(5{,}0\text{ m/s})^2}{85\text{ kg}\cdot 9{,}8\text{ m/s}^2}\right) \approx 1°$$

Oppgave 3 A (2 poeng)

Effekten er gitt ved $P = UI$. Vi finner den største effekten ved å prøve oss fram med noen verdier. Den største effekten finner vi av $P = 1{,}85\text{ V}\cdot 0{,}16\text{ A} = 0{,}3\text{ W}$, eller $P = 1{,}95\text{ V}\cdot 0{,}15\text{ A} = 0{,}3\text{ W}$.

Oppgave 4 B (3 poeng)

Fartene er konstant på de horisontale flatene. Da blir

$d_0 = v_0\Delta t$ og $d = v\Delta t$

Tidsdifferensen mellom vognene er den samme hele tiden fordi akselerasjonen er konstant nedover skråplanet.

Finner farten v

$$\tfrac{1}{2}mv_0^{\ 2}+mgh=\tfrac{1}{2}mv^2 \text{ som gir } v=\sqrt{v_0^{\ 2}+2gh}$$

Altså blir

$$\frac{d}{d_0}=\frac{v}{v_0} \quad \text{som gir } d=\frac{d_0}{v_0}\sqrt{v_0^{\ 2}+2gh}=d_0\sqrt{1+\frac{2gh}{v_0^{\ 2}}}$$

Oppgave 5 D (3 poeng)

Vi har bevaring av bevegelsesmengde, og massen til protonet kan vi sette lik massen til hydrogenatomet. Da blir

$$mv=(M+m)u=2mu \text{ og } \quad u=\frac{v}{2}$$

Kinetisk energi etter støtet blir

$$E_{\text{k}}=2\tfrac{1}{2}mu^2=\frac{mv^2}{4}$$

Protonet har mistet halvparten av sin energi. Altså var den kinetiske energien før støtet

$$E_{\text{proton}}=2\cdot 1{,}64\cdot 10^{-18}\,\text{J} \ = \ 3{,}28\cdot 10^{-18}\,\text{J}$$

Oppgave 6 B (3 poeng)

Vi har at effekten er P = 500 W og spenningen U = 230 V.

For å få brødskivene til å bli ristet likt, må glødetråden i midten ha doblet så stor effekt som de andre, dvs: $2P_1 = P_2 = 2P_3$

For seriekopling gjelder $I = I_1 = I_2 = I_3$ og generelt at $R = P/I^2$ gir at $2R_1 = R_2 = 2R_3$

Totalresistansen i seriekoplingen blir da $R = R_1 + R_2 + R_3 = R_1 + 2R_1 + R_1 = 4R_1$

$$R=\frac{U^2}{P}=\frac{(230\ V)^2}{(500\ W)}=105{,}8\ \Omega$$

$$R_1=R_3=\frac{R}{4}=\frac{105{,}8\ \Omega}{4}=26{,}45\ \Omega=26{,}5\ \Omega$$

$$R_2=2R_1=2\cdot 26{,}45\ \Omega\ =52{,}9\ \Omega$$

Oppgave 7 C (3 poeng)

Deler vi partikkelbanen i et antall små, like lange intervaller, vil tida partikkelen befinner seg innenfor hvert intervall være omvendt proporsjonal med farten.

$$t = \frac{k}{v}$$

Etter hvert som farten avtar, vil protonet bruke lengre tid per lengdeenhet. Det vil si at avsatt energi per lengde er økende langs partikkelbanen. Dvs. alternativ B eller C.

I figur B starter grafen i origo, og det betyr null energitap i det første lille intervallet. Det kan ikke være riktig. Alternativ C er riktig.

Litt mer formelt kan vi også vise at grafen ikke kan være lineær.

Endringen i energi per tid er konstant. Det vil si

$$\frac{dE}{dt} = \frac{d(\frac{1}{2}mv^2)}{dt} = mv\frac{dv}{dt} = \text{konstant} \quad \text{(vi bruker kjerneregelen)}$$

Da blir $\frac{dv}{dt} = \frac{\text{konstant}}{mv}$

Og derfor vil farten avta raskere og raskere, og tida innenfor hvert intervall vil også øke raskere og raskere. Avsatt energi per lengde, må derfor stige raskere etter hvert som farten avtar mot null. Grafen er altså ikke lineær.

Oppgave 8 (3 poeng)

Hvis lengdeendringen er ΔL, er endringen i veilengde $2\,\Delta L$ siden laserstrålen går fram og tilbake. Det betyr at $2\Delta L = \frac{\lambda}{100}$ (λ = 1064 nm er bølgelengden). Dermed er

$$\Delta L = \frac{\lambda}{200} = 5{,}3\,\text{nm}$$

Oppgave 9 (4 poeng)

Siden farten er konstant gjelder Newtons første lov: $F_1 = F_2$ hvor F_1 er kraften fra armtaket og F_2 er vannmotstanden. Vi finner først armtakets fart gitt ved $v_{\text{arm}} = 1{,}5\ \text{m} \cdot 2{,}5\ \text{s}^{-1} = 3{,}8\ \text{m/s}$. Svømmerens hastighet er v. Armenes hastighet relativt til vannet er da gitt ved $v_{\text{arm}} - v$.

Siden summen av kreftene er null, får vi da

$$0,6 \cdot 0,07 \cdot v^2 = 0,8 \cdot 0,04 \cdot (3,8 - v)^2$$

Løser vi denne andregradslikningen, får vi én gyldig fysisk løsning:

$$v = 1,77\,\text{m/s}$$

Dette gir en tid på $t = \dfrac{50}{1,77}\,\text{s} = 28,2\,\text{s}$. Dette er en god tid, men fortsatt et stykke bak verdensrekorden som er 20,91 s for menn og 23,73 s for kvinner. I et ekte løp vil svømmerne også få hjelp av startstupet.