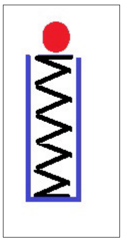
Energi, bølger - 02.12.16

Løsningsskisser

Oppgave 1

Vi har en "kanon" bestående av et plastrør, en fjær og en ball, der fjæren trykkes sammen og ballen skytes ut gjennom plastrøret når fjæren utløses.
Se figur:



Ballen har en masse $m = 0.045$ kg og har en fart på $v = 8.0$ m/s når den kommer ut av plastrøret.

a) Hvor høyt kommer ballen hvis plastrøret peker rett oppover?

b) Hvis plastrøret peker skrått oppover vil ballen få mindre maksimal høyde.
Forklar hvorfor.

a) Kinetisk energi i starten: $E_1 = \frac{1}{2}mv^2$
Bare potensiell energi på det høyeste: $E_2 = mgh$
(Med nullnivå ved utgangspunktet.)

Energiloven gir høyden: $E_1 = E_2 \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv^2 = mgh \Leftrightarrow$
$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{8^2}{2 \cdot 9.81} \approx 3.3$ [m]

b) Nå vil vi ha både potensiell og kinetisk energi på det høyeste, da ballen på det høyeste vil ha horisontal fart v_h, totalenergien blir da fordelt på både potensiell og kinetisk energi, så den potensielle energien, og dermed også høyden, blir derfor mindre, som det fremgår av ulikheten:
$\frac{1}{2}mv^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_h^2 \Leftrightarrow h_2 = \frac{v^2}{2g} - \frac{v_h^2}{2g} < \frac{v^2}{2g} = h$

Oppgave 2

Et lodd med massen 150 kg henger i et tau og blir heist opp av en motor.
Når farten blir konstant bruker motoren effekten 6.0 kW.
Hva er loddets fart hvis vi ser bort fra energitap til friksjon og luftmotstand?

Hvis loddet heves en høyde h på t sekunder, har arbeidet
$W = Pt$
blitt brukt til å gi loddet en økning i potensiell energi på $E = mgh$,

så vi har ligningen: ($v = const$ gjør at kinetisk energi ikke endres!)

$W = E \Leftrightarrow Pt = mgh \Leftrightarrow \frac{h}{t} = \frac{P}{mg}$

Som gir farten:

$v = \frac{h}{t} = \frac{P}{mg} = \frac{6000}{150 \cdot 9.81} \approx 4.1$ [m/s]

Hvis man husker at $P = Fv$, kan man direkte $v = \frac{P}{F} = \frac{P}{mg}$,
men må da huske å forklare at Newton I gir: $F - mg = 0 \Leftrightarrow F = mg$.

Oppgave 3

I et vanndrevet energiverk mottar turbinen 100 000 kg vann hvert sekund.
Vannet kommer fra en oppdemmet innsjø som ligger 150 meter høyere enn turbinen. Virkningsgraden til turbinen og generatoren er tilsammen $\eta = 92\%$.

a) Hva er den elektriske effekten dette energiverket produserer?

b) Hvor mye energi produserer energiverket i året hvis effekten er konstant?

c) Hvor mange boliger kunne energiverket forsynt med strøm hvis vi regner med at hver bolig bruker 20 000 kWh med energi i året?

a) I tiden $t = 1$ sekund, vil det passere $m = 100000$ kg vann gjennom turbinen, som har hatt en potensiell energi: $E = mgh$, som har gått over til kinetisk energi som driver turbinen og gir elektrisk energi:

$E_{el} = E\eta = mgh\eta = 100000 \cdot 9.81 \cdot 150 \cdot 0.92 = 1.353 \cdot 10^8$ [J]

Dette gir effekten: $P = \frac{E_{el}}{t} = \frac{1.353 \cdot 10^8}{1} \approx 1.4 \cdot 10^8$ [W]= 140 [MW]

b) Energi i året:

$E_{år} = Pt_{år} = 1.35 \cdot 10^8 \cdot (60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365) = 4.25 \cdot 10^{15} \approx 4.3$ [PJ]

c) I Wh: $E_{år} = 4.25 \cdot 10^{15}$[Ws]= $4.25 \cdot 10^{15}$[W]$\frac{[h]}{60 \cdot 60} \approx 1.2 \cdot 10^{12}$[Wh]= 1.2 [TWh]

Antall boliger: $n = \frac{E_{år}}{E_{bolig}} = \frac{1.2 \cdot 10^{12} \text{ [Wh]}}{20000 \cdot 1000 \text{ [Wh]}} = 60000$

Oppgave 4

En stemmegaffel er en gaffellignende metalldings som svinger med frekvensen $f = 440$ hz hvis man setter igang svingningene ved å slå den mot en bordkant eller ved å slå på den med en dertil egnet hammer. (Musikere bruker stemmegafler for å ha en referansetone å stemme instrumentene sine etter.)
Stemmegafler er et et svingesystem som sender ut lydbølger med frekvensen f.

a) Hva er svingetiden og bølgelengden til stemmegaflen?
(Lydhastigheten i luft er $c = 340$ m/s.)

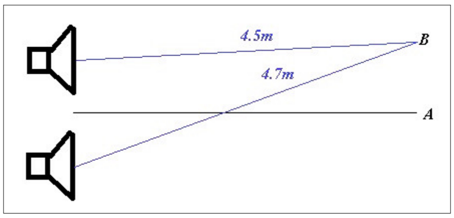
b) Vi gjorde et forsøk med et plastrør der vi kunne regulere luftsøylen øverst ved å føre vann opp i røret nedenfra. I teorien skal vi få resonans når luftsøylen øverst har lengde lik en kvart bølgelengde.
Hva blir lengden på luftsøylen når vi har resonans?

a) Svingetid: $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{440} \approx 2.3 \cdot 10^{-3} = 2.3$ [ms]
Bølgelengde gitt av: $c = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{340}{440} = 0.773 \approx 0.77$ [m]

b) Luftsøylens lengde: $l = \frac{\lambda}{4} = \frac{0.773}{4} \approx 0.19$ [m]

Oppgave 5

To helt like høytalere er koblet sammen slik at de sender ut lydbølger i fase.
En mikrofon fanger opp et maksimalt sterkt lydsignnal i posisjonen A i figuren under.
Når vi flytter mikrofonen langsomt fra A til B, får vi først lydminimum og deretter lydmaksimum i B. Avstandene fra B til hver av høytalerne er henholdsvis 4.5 og 4.7 meter.



Hva er bølgelengden og frekvensen til lydbølgene?

Forskjellen i avstand fra høytalerne må i første ordens lydmaksimum være nøyaktig en bølgelengde;

$$\lambda = 4.7 - 4.5 = 0.2 \text{ [m]}$$

Frekvens gitt av: $c = \lambda f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{340}{0.2} = 1700$ [hz]

Oppgave 6

I et interferensforsøk med gitter ble det brukt grønt laserlys med bølgelengde $\lambda = 532$ nm.
Gitteret hadde 500 linjer per. millimeter.

a) Regn ut retningen (vinkelen θ_1) for lysmaksimum av første orden ved hjelp av Youngs formel: $\sin\theta_n = \frac{n \cdot \lambda}{d}$.

b) Interferensmønstrene (prikkene) viste seg på en hvit vegg som sto 1.5 meter unna gitteret. Hvor lang ble avstanden mellom prikkene som representerte nullte og første ordens lysmaksimum på veggen?

a) Spaltebredden blir: $d = \frac{0.001}{500} = 2.0 \cdot 10^{-6} = 2$ [μm]

Youngs formel gir retningen:
$\sin\theta_1 = \frac{1 \cdot \lambda}{d} = \frac{532 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{6}} = 0.266$
$\theta_1 \approx 15.4^\circ$

b) Vi har geometrisk: $\tan\theta_1 = \frac{a}{L}$, som gir avstanden:
$a = L \cdot \tan\theta_1 = 1.5 \cdot \tan(15.4^\circ) \approx 0.41$ [m]