

Oppgave 1

a) En bil har masse 1600 kg og kjører med konstant akselerasjon lik $5,0 \text{ m/s}^2$ på en rett vei. Hvor stor nettokraft virker på bilen?

$$F = ma = 8000 \text{ N}$$

b) En bil kjører med konstant fart $15,0 \text{ m/s}$ gjennom en horisontal sving (dvs uten dosering) med radius 90 m. Hvor stor er bilens (sentripetal-)akselerasjon?

$$a = v^2/r = 15^2/90 = 2,5 \text{ m/s}^2$$

c) Statisk friksjonskoeffisient mellom bildekk gummi og tørr asfalt er 0,8. Hva er da nedre teoretiske grense for antall sekunder som trengs for å akselerere en bil fra 0 til 100 km/h under slike forhold? Vi antar at det kun er friksjonskraften mellom dekkene og asfalten som bidrar til bilens akselerasjon.

$$F_f = \mu F_n = \mu mg = ma = m(v/t), \text{ slik at } t = v/(\mu g) = (100/3,6)/(0,8 \cdot 9,81) \text{ s} = 3,54 \text{ s}$$

Oppgave 2

Månen går i en tilnærmet sirkulær bane rundt jorda, med baneradius $r = 384400 \text{ km}$ og omløpstid $T = 2,36 \text{ Ms}$ (millioner sekunder). Gravitasjonskonstanten har verdien $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$.

a) Vis at kjennskap til månens baneradius r og omløpstid T er tilstrekkelig til å bestemme jordas masse M med følgende formel:

$$M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$$

Tips: Newtons 2. lov: $F = ma$. Gravitasjonsloven: $F = GMm/r^2$. Sentripetalakselerasjon: $a = v^2/r$. Sirkelomkrets: $2\pi r$. Se bort fra solas innvirkning på månens banebevegelse rundt jorda.

$$F = GMm/r^2 = ma = mv^2/r = m(2\pi r/T)^2/r, \text{ som gir det oppgitte uttrykket for jordmassen } M.$$

b) Bruk resultatet i punkt a til å regne ut jordas masse M .

$$\text{Innsetting av tallverdier gir } M = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

Oppgave 3

a) Lag figurer som viser et øyeblikksbilde av stående bølger på en streng som er fastspennet i begge ender, for henholdsvis grunntonen (lengst mulig bølgelengde) og første overtone (nest lengste mulige bølgelengde).

FIGUR INN HER!

b) En oktobass har strenger med lengde 2,15 m. Strengene er strukket med en kraft 341 N. En av strengene har masse pr lengdeenhet lik 69 gram pr meter. Hvilken frekvens har grunntonen på denne strengen. Tips: $v = \sqrt{F/(\frac{M}{L})}$. $v = \lambda f$.

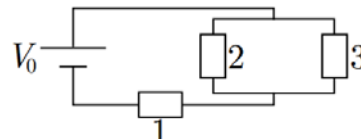
$$f = v/\lambda = (F/(M/L))^{1/2}/2L = (341/0,069)^{1/2}/4,30 = 16,3 \text{ Hz}$$

Oppgave 4

a) Anta at du kan kjøpe kondensatorer (så mange du vil!), hver med kapasitans 10 nF. Forklar hvordan du da vil gå fram for å lage oppkoblinger som har kapasitans henholdvis 5 nF, 20 nF og 25 nF.

5 nF: 2 stk i serie. 20 nF: 2 stk i parallell. 25 nF: de to foregående i parallell

b) I kretsen til høyre er et batteri med spenning $V_0 = 9,0 \text{ V}$ koblet til en krets som består av tre like store motstander $R_j = 7,0 \Omega$ ($j = 1,2,3$). Hva er strømstyrken i motstanden som er merket som nr 1?



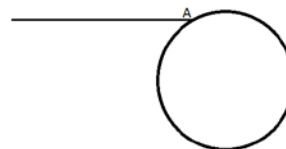
Total motstand er 10,5 ohm, slik at $I = 0,86 \text{ A}$

c) Dersom motstanden merket som nr 1 i kretsen til høyre erstattes av en kondensator med kapasitans 25 nF, og batteriet på 9,0 V kobles til kretsen ved et bestemt tidspunkt, hvor lang tid tar det, sånn omtrent, å lade opp kondensatoren? Anta at kondensatoren har null ladning i utgangspunktet. Kondensatoren kan betraktes som «oppladet» når ladningen har nådd ca 60% av sin maksimale verdi.

Med motstand 3,5 ohm og kapasitans 25 nF blir tidskonstanten i underkant av 0,1 mikrosekund

Oppgave 5

a) En lysstråle kommer inn fra venstre og treffer en kuleformet vanndråpe i punktet merket A i figuren til høyre. Tegn en figur som viser veien lyset tar når det brytes og går inn i vanndråpen ved A, deretter reflekteres neste gang det treffer overflaten, og endelig brytes og går ut av vanndråpen siste gang det treffer overflaten. (Vann har brytningsindeks ca 1,5. Luft har brytningsindeks 1,0.)



FIGUR INN HER

b) Det oppgis at vannets brytningsindeks avtar med økende bølgelengde for synlig lys, slik at blått lys har litt større brytningsindeks enn rødt lys. Bruk samme figur som i punkt a, eller tegn en ny figur, og illustrer forskjellen på «lysveien» for blått og rødt lys for sekvensen brytning – refleksjon – brytning (som beskrevet i punkt a). Tips: Snells lov, $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$.

FIGUR INN HER. (Som viser at regnbuen har blått innerst og rødt ytterst.)

Oppgave 6

^{14}C (karbon-14) er radioaktivt med halveringstid 5730 år. Andelen av ^{14}C i atmosfæren og levende planter er ca 10^{-12} . I en prøve av plantemateriale måles andelen ^{14}C til $0,18 \cdot 10^{-12}$. Hvor gammel er denne prøven?

Formel fra vedlegget gir $t = 5730 \text{ år} (\log 0,18 / \log 0,50) = 14176 \text{ år}$

Oppgave 7

Avstanden fra jorda til Polarstjernen (Nordstjernen) er ca 434 lysår. Stråling fra Polarstjernen har høyest intensitet ved en bølgelengde 480 nm, og på jorda er intensiteten til strålingen fra Polarstjernen $4,5 \text{ nW/m}^2$. Anta i det følgende at Polarstjernen kan betraktes som et perfekt svart legeme.

a) Vis at dette gir Polarstjernen en overflatetemperatur på ca 6000 K.

Wiens forskyvningslov gir 6042 K.

b) Bestem Polarstjernens radius.

Stefan-Boltzmanns lov gir intensitet $75,6 \text{ MW}$ pr kvadratmeter på stjernens overflate, og det er oppgitt at intensiteten er $4,5 \text{ nW}$ pr kvadratmeter i avstand 434 lysår. Siden intensiteten avtar med kvadratet av avstanden, må stjernens radius være 3,35 mikro-lysår, dvs ca 32 Gm (gigameter!)

c) Bestem total utstrålt effekt fra Polarstjernen.

$P = jA$. Her kan vi bruke arealet av overflaten eller arealet av kuleflate med radius lik avstanden mellom stjernen og jorda. I begge tilfeller finner vi $P = 10^{30} \text{ W}$, som er ca 2500 ganger så mye som utstrålt effekt fra sola.

Fysiske konstanter og benevninger/ Physical constants and units:

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

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

$$q_e = -1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$q_p = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$k_e = 8,99 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{Nm}^2$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

$$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

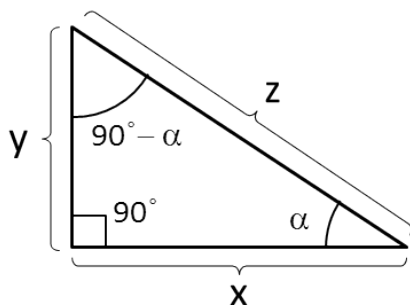
$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$a_0 = 0,0529 \text{ nm}$$

$$1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Trigonometri / Trigonometry



$$\sin \alpha = \frac{y}{z}$$

$$\cos \alpha = \frac{x}{z}$$

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{y}{x}$$

Formler/ Equations

Mekanikk/Mechanics

Fart ved konstant akselerasjon/ Speed with constant acceleration	$v = v_0 + at$
Strekning ved konstant akselerasjon/ Distance with constant acceleration	$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$
Tidløs formel/ Time less formula	$a(x - x_0) = \frac{1}{2}(v^2 - v_0^2)$
Newtons 1. lov	$\sum \vec{F} = 0$
Newtons 2. lov	$\sum \vec{F} = m\vec{a}$
Friksjonskraft (Glidefriksjon)/ Friction force	$F_f = \mu F_n$
Tyngdekraft, i konstant gravitasjonsfelt/ Gravitational force, constant field	$F_g = mg$
Kinetisk energi/ Kinetic energy	$K = E_{\text{kin}} = (1/2) mv^2$
Potensiell energi i konstant gravitasjonsfelt/ Potential energy const.field	$U = E_{\text{pot}} = mgh$
Sentripetalakselerasjon/ Centripetal acceleration	$a_{\perp} = \frac{v^2}{R}$
Gravitasjonskraft mellom punktlegemer/ Gravitational force between point bodies	$F = G \frac{Mm}{r^2}$
Potensiell energi for to punktlegemer/Potential energy, two point bodies	$U = -\frac{GmM}{r}$

Bølger og lyd/ Waves and sound

Harmonisk svingning/ Harmonic oscillation	$y(t) = A \sin(\omega t) = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right)$
Stående bølger på streng/ Standing waves on a string	$\lambda_1 = 2L, \quad \lambda_2 = \frac{2L}{2}, \quad \lambda_3 = \frac{2L}{3}, \text{etc}$
Beat frekvens/ Beat frequency	$f_{\text{beat}} = f_2 - f_1$
Stående lydbølger i et rør med en lukket ende/ Standing sound waves in a tube with one closed end	$\lambda_1 = 4L, \quad \lambda_2 = \frac{4}{3}L, \quad \lambda_3 = \frac{4}{5}L, \text{etc.}$

Lys/Light

Refleksjon/Reflection	$\theta_{\text{refl}} = \theta_{\text{inn}}$
Bryting/Refraction (Snells lov)	$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$
Kritisk vinkel for totalrefleksjon/ Critical angle for total internal reflection	$\sin \theta_{\text{krit}} = \frac{n_2}{n_1}, \quad n_1 > n_2$
Lysfart i vakuum og luft/ Speed of light in vacuum and air	$c = \lambda_{\text{vac}} f_{\text{vac}} \quad (= 3 \cdot 10^8 \text{ m/s})$
Lysfart og bølgelengde for $n > 1$ Light speed and wavelength for $n > 1$	$v = \frac{c}{n}, \quad \lambda = \frac{\lambda_{\text{vac}}}{n} \quad (\text{mens } f = f_{\text{vac}})$
Fotoelektrisk effekt/ Photoelectric effect	$E_{f, \text{min}} = hf_{\text{min}} = \phi, \quad K = E_f - \phi$

Elektriske krefter og DC-kretser/ Electric forces and DC-circuits

Elektrisk kraft mellom punktladninger/ Electric force between point charges	$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q \cdot q'}{r^2} = k_e \frac{q \cdot q'}{r^2}$
Elektrisk kraft i uniformt elektrisk felt / Electric force in uniform electric field	$\vec{F}_e = q\vec{E}$
Elektrisk felt/ Electric field	$\vec{E} = \vec{F}_e/q, \quad \text{for uniformt felt / field: } E = V/d$
Potensiell energi (to punktladninger) / Potential energy (two point charges)	$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q \cdot q'}{r}$
Potensiell energi (punktladning i uniformt felt) Potential energy (point charge in uniform field)	$U = qEy$
Elektrostatisk potensial/ Electrostatic potential	$V = \frac{U}{q}; V = \sum_{i=1}^N V_i \quad \text{for } N \text{ punktladninger / point charges}$
Ohms lov/ Ohm's law	$V = R \cdot I$
Elektrisk effekt/ Electric power	$P = V \cdot I$
Kapasitans for parallellplate-kondensator/ Capacitance for a parallel plate capacitor	$C = \frac{Q}{V}, \quad C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}$
Potensiell energi parallellplate-kondensator/ Potential energy parallel plate capacitor	$U = \frac{1}{2} \frac{Q^2 d}{\epsilon_0 \epsilon_r A}$
Tidskonstant, RC-krets/ Time constant RC-circuit	$\tau = RC$

AC kretser / AC circuits

Vekselspenning / Alternating voltage	$V(t) = V_{\max} \cdot \cos(2\pi f t) = V_{\max} \cdot \cos(\omega t)$
RMS verdi/ RMS value	$V_{\text{RMS}} = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}}$
Strøm i AC-krets med motstand/ Current for AC-circuit with resistor	$I(t) = \frac{V_{\max}}{R} \cos(\omega t)$
Strøm i AC-krets med kondensator Current for AC-circuit with capacitor	$I(t) = -V_{\max} C \omega \cdot \sin(\omega t) = -\frac{V_{\max}}{X_C} \cdot \sin(\omega t)$
Kapazitiv reaktans/ Capacitive reactance	$X_C = \frac{1}{\omega C}$

Kjernefysikk / Nuclear physics

Energi frigjort i kjerneprosesser/ Energy released in nuclear processes	$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$
Bindingsenergi/ Binding energy	$B.E. = (m_{\text{nukleoner}} - m_{\text{kjerne}}) \cdot c^2$
Henfall av radioaktivt materiale/ Decay of radioactive matter	$n = n_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{t/t_{1/2}}$
Aktivitet for radioaktivt materiale/ Activity for radioactive matter	$\frac{\Delta n}{\Delta t} = 0,693 \frac{n}{t_{1/2}}$

Diverse

Maksimal statisk friksjonskraft: $F_f^{\max} = \mu F_n$

Motstander, seriekoblet: $R_{\text{total}} = R_1 + R_2 + \dots$ parallellkoblet: $1/R_{\text{total}} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots$

Kapasitanser, seriekoblet: $1/C_{\text{total}} = 1/C_1 + 1/C_2 + \dots$ parallellkoble: $C_{\text{total}} = C_1 + C_2 + \dots$

Stefan-Boltzmanns strålingslov: $j = \sigma T^4 = \text{utstrålt energi pr sekund og pr kvadratmeter}$

Wiens forskyvningslov: $\lambda_{\max} T = 2.90 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$

Areal av kuleflate: $A = 4\pi r^2$

Intensitet j i avstand r fra kuleformet kilde: $j(r) = j(r_0) (r_0/r)^2$