NTNU **Institutt for fysikk**

Faglig kontakt under eksamen:
Professor Johan S. Høye/Professor Asle Sudbø
Telefon: 91839082/40485727

Eksamen i TFY4106 FYSIKK

Torsdag 6. august 2009
09:00–13:00

Tillatte hjelpemidler: Alternativ **C**

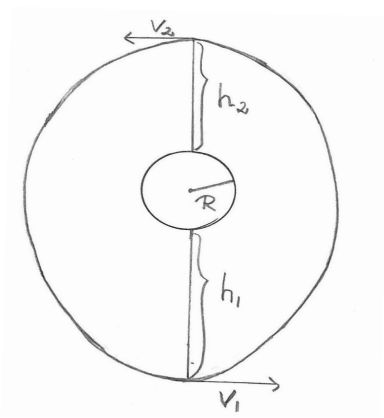
Typegodkjent kalkulator, med tomt minne (i henhold til NTNU liste).
K. Rottman: *Matematisk formelsamling* (alle språkutgaver).
Schaum's Outline Series: *Mathematical Handbook of Formulas and Tables.*
Vedlegg: Formelliste for faget TFY4106 Fysikk høsten 2008.

Dette oppgavesettet er på 5 sider.

Sensurfrist: 27. august
(Hver av oppgavene 1, 2, 3 og 4 teller like mye.)

Oppgave 1. Mekanikk

a) Kommunikasjonssatelitter i bane rundt jorda er geostasjonære, det vil si at de går i en bane rundt jorda slik at de står stille i forhold til et punkt på jordas overflate på ekvator. Beregn hvor høyt over jordas overflate h en slik geostasjonær satelitt må befinne seg. [Hint: Anta at både satelitt og jorda kan regnes som kuleformede med uniform massefordeling, og relater eller knytt tyngdekraften mellom satelitten og jorda til sentripetalakselerasjonen som virker på satelitten i banen til denne rundt jorda. Satelittbanen kan regnes som sirkelformet med omløpstid $T = 24$ timer. Uttrykket for tyngdekraften er oppgitt nedenfor.]



b) En vanlig satelitt går i en ellipseformet bane rundt jorda (se figur). I det høyeste punktet på banen befinner satelitten seg $h_1 = 25000\,\text{km}$ over jordas overflate og har en banehastighet på $v_1 = 3470\,\text{m/s}$. Det laveste punktet på banen er $h_2 = 22000\,\text{km}$ over jordas overflate. Finn satelittens banehastighet v_2 i dette punktet. [Hint: Benytt bevarelse av dreieimpuls $\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p}$.]

Oppgitt:
Tyngdekraften mellom to kuleformede masser M_1 og M_2 (henholdsvis satelitten og jorda), som har en avstand r mellom de to massesentrene sine, er gitt ved

$$F = G\frac{M_1 M_2}{r^2}$$

Her er $G = 6,67 \cdot 10^{-11}\,\text{m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$. Videre er jordas masse $M_2 = 5,97 \cdot 10^{24}\,\text{kg}$. Jordas radius ved ekvator kan antas å være $R = 6370\,\text{km}$.

Oppgave 2. Svingninger og bølger

a) Hastigheten til biler kan bestemmes med radarmåling ved å benytte dopplereffekten. En radarbølge sendes da mot en møtende bil og frekvensendringen på den reflekterte strålen registreres. Anta at frekvensendringen på den reflekterte strålen i forhold til den innkommende strålen mot en bil er $\Delta f = 700\,\mathrm{Hz}$. Hva er hastigheten til bilen dersom bølgelengden til radarstrålen er $\lambda = 7,0\,\mathrm{cm}$?

b) La $y(x,t)$ representere det transversale utsvinget til en streng av lengde L. Strengen er fastspent i en ende og er fri til å bevege seg transversalt i den andre ved at strengen er festet i en masseløs ring som glir friksjonsløst på en stang som er parallell til det transversale utsvinget. Dette innebærer at grensebetingelsene på utsvinget er gitt ved

$$\begin{aligned} y(x=0,t) &= 0, \\ \frac{\partial y(x,t)}{\partial x}\Big|_{x=L} &= 0. \end{aligned}$$

[Dette er samme grensebetingelser som for en orgelpipe som er åpen i den ene enden og er lukket i den andre.] For å oppfylle grensebetingelsene vil det dannes en stående bølge $y = A(\sin(kx - \omega t) + \sin(kx + \omega t))$. Finn med dette de mulige tillatte verdier på k for svingninger av denne strengen.

Finn også bølgelengden λ til en svingning som er slik at bare det ene endepunktet (og ingen andre punkter) på strengen alltid ligger i ro.

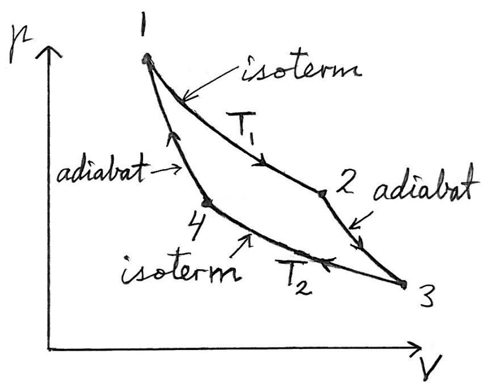
Oppgitt: $f_r = f_s \dfrac{c + u_r}{c + u_s} \approx f_s \left(1 + \dfrac{u_r - u_s}{c}\right) \quad \text{når} \quad u_r - u_s \ll c,$

$$\sin u + \sin v = 2\sin((u+v)/2)\cos((u-v)/2), \quad k = 2\pi/\lambda.$$

Oppgave 3. Termisk fysikk

a) Et kar inneholder et volum $V = 3,5\,\mathrm{l}$ vann med temperatur $T_v = 35\,^o\mathrm{C}$. En mengde med is $m_{is} = 2,5\,\mathrm{kg}$ med temperatur $T_{is} = -15\,^o\mathrm{C}$ tømmes i vannet. Vannet har varmekapasitet $C_V = 4,18\,\mathrm{kJ/(kg\cdot K)}$, og isen har varmekapasitet $C_{is} = 2,0\,\mathrm{kJ/(kg\cdot K)}$. Etter at isen er tømt i vannet røres det til det er blitt termisk likevekt. Anta at karet har neglisjerbar varmekapasitet, og at varmeutveksling med omgivelsene kan neglisjeres tilsvarende. Det viser seg at mengden is er så stor at ikke all isen har smeltet. Hvor mye is Δm_{is} har smeltet når smeltevarmen for is er $L_{is} = 334\,\mathrm{kJ/kg}$? [Hint: Finn først avgitt varme fra vannet og så opptatt varme i isen før den smelter.]

b)



Et mol av en ideell gass gjennomløper en Carnot-prosess som vist på figuren. Temperaturene T_1 og T_2 langs isotermene og volumene V_1 og V_2 i punktene 1 og 2 antas gitt.

Hva er forskjellen i indre energi ΔU_{12} mellom punktene 1 og 2 på figuren?

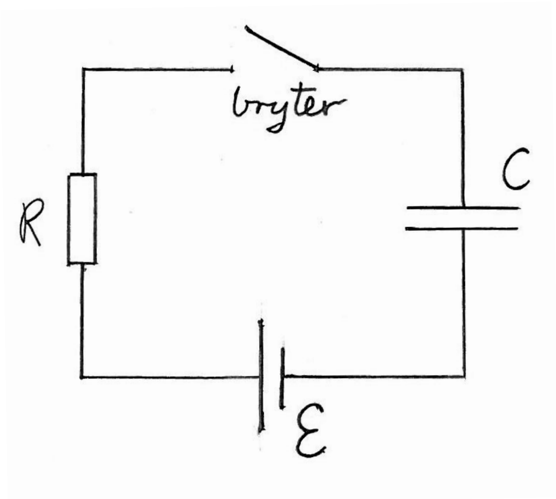
Beregn utført arbeid langs isotermen mellom punktene 1 og 2 på figuren.

Ved beregning vil en finne at utført arbeid langs isotermen mellom punktene 3 og 4 er gitt ved $W_{34} = -(T_1/T_2)W_{12}$. Hvor mye varme Q_t tilføres systemet, og hvor mye varme Q_a avgis ved denne Carnot-prosessen?

Hva blir virkningsgraden $\eta = W_n/Q_t$ der W_n er netto tilført arbeid?

Oppgitt: $W = \int p\,dV$.

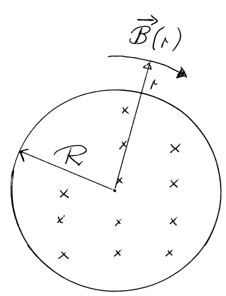
Oppgave 4. Elektrisitet og magnetisme



a) En RC-krets, som er påsatt en ytre spenning $\mathcal{E}$, er vist i figuren. Her er R en resistans og C en kapasitans. Bryteren er først åpen, slik at det ikke går noen strøm i kretsen. Ved tiden $t = 0$ lukkes bryteren slik at ladningen Q begynner å øke i verdi. Vi har initialbetingelsen $Q(t = 0) = 0$.

Sett opp differensialligningen for $Q = Q(t)$, $\mathcal{E} = V_R + V_C$, der V_R og V_C er spenningene assosiert med henholdsvis en resistans R og en kapasitans C.

Finn ladningen gitt ved $Q(t) = A + B\,e^{-t/\tau}$ der A, B og τ er konstanter som skal bestemmes ved innsetting i differensialligningen.



b) En kompakt strømførende uendelig lang sylinder med radius R fører en total strøm I_0 rettet parallellt med lengdeaksen på sylinderen. Strømmen er ikke konstant fordelt over det sirkulære tversnittet, men har en strømtetthet $j(r)$ gitt ved

$$j(r) = \frac{3I_0}{\pi R^2}\left[1 - \frac{r}{R}\right]; \quad r < R$$

og null ellers. Her er r den radiale avstanden fra sylinderens senterakse. Hva er total strømstyrke $I(r)$ innenfor en sirkel med radius r omkring sentrum for $r < R$?

Bruk Ampères lov til å finne magnetfeltet $B(r)$ for $r < R$ og $r > R$.

Oppgitt: $$V = \frac{Q}{C}, \quad I = \frac{dQ}{dt}, \quad \oint \mathbf{B}\,d\mathbf{l} = \mu_0 I_i \quad \text{(Ampères lov).},$$