



Faglig kontakt under eksamen:
Alex Hansen
Telefon: 93649

**Eksamen i SIF4004 FYSIKK for
ELEKTRONIKK OG TEKNISK KYBERNETIKK**

11. desember 2002
09:00–15:00

Tillatte hjelpemidler: Alternativ B

(Alternativ B): Godkjent lommekalkulator.

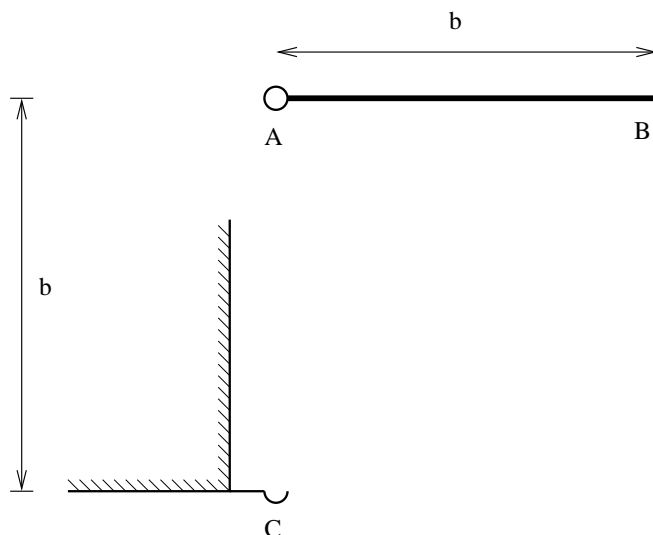
K. Rottman: Matematisk formelsamling (alle språkutgaver). O.H. Jahren og K.J.

Knudsen: Formelsamling i matematikk. Et A4-ark med fysikkformler for SIF4004

hvor den trykte teksten kan være forminsket. Egne notater på dette arket er tillatt.

Dette oppgavesettet er på 3 sider, pluss et vedlegg på 3 sider.

Oppgave 1.



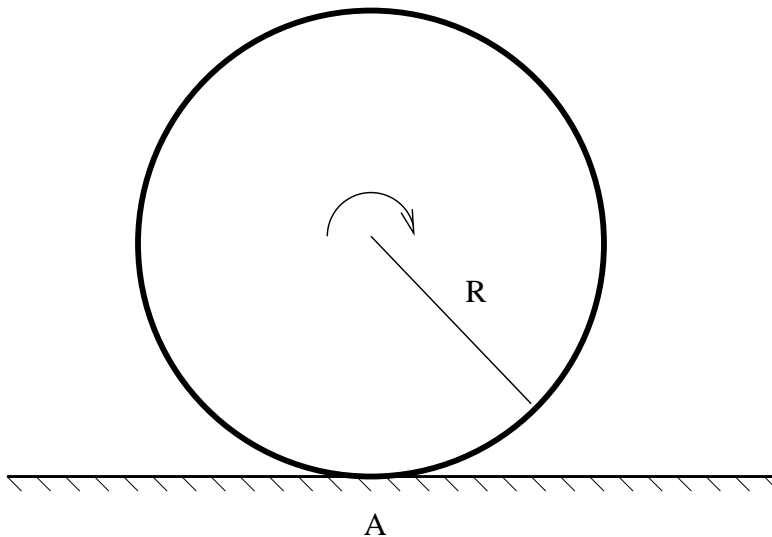
En tynn homogen stang AB med masse m og lengde b slippes fra ro i den viste horisontale stillingen. Når den har falt et stykke b , hefter A seg fast i et punkt C og bevegelsen er deretter en rotasjon om dette punktet. I nederste stilling ryker heftemekanismen og stangen beveger seg deretter fritt i det homogene tyngdefeltet.

- Finn stangens hastighet v_1 umiddelbart før støtet mot C .
- Finn vinkelhastigheten ω_2 umiddelbart etter støtet mot C .

- c) Finn vinkelhastigheten ω_3 umiddelbart før holdet i C ryker.
- d) Beskriv stangens bevegelse etter at den er blitt fri fra C . Beregninger kreves ikke her, kun begrunnelser.

Oppgave 2.

Vi tar for oss en homogen, jevntykk sirkulær skive med radius R og masse m .



Skiven roterer i et vertikalt plan med vinkelhastighet ω_0 om en akse gjennom sentrum, normalt på skivens plan. Ved et gitt tidspunkt ($t = 0$) plasseres skiven forsiktig på et fast underlag (i punkt A) og slippes. Vi regner at skivens sentrum har hastighet null ved dette tidspunktet. Friksjonskoeffisienten μ mellom skiven og underlaget er kjent. Vi ser bort fra (den i praksis forekommende) muligheten at skiven velter. Tyngdeakselerasjonen er g .

- a) Vis at treghetsmomentet om en akse gjennom sentrum, normalt på skivens plan, er $mR^2/2$.
- b) Angi verdi, retning og angrepspunkt for de ytre krefter som virker på skiven under dens videre bevegelse.
- c) Finn vinkelhastigheten ω og senterets hastighet v som funksjoner av tiden t for $t > 0$. Karakteriser skivens bevegelse før og etter tidspunktet $t_1 = R\omega_0/(3\mu g)$.
- d) Finn forandringen i skivens kinetiske energi samt friksjonskraftens arbeid på skiven fra $t = 0$ til $t = t_1$.

Oppgave 3.

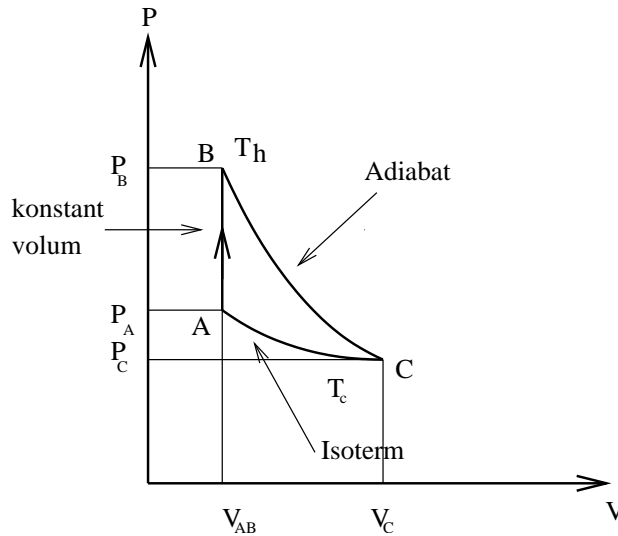
For å holde temperaturen på $T_h = 20^\circ \text{C}$ inne i et hus når utetemperaturen er $T_c = -10^\circ \text{C}$, må man bruke 5 kW.

Man ønsker i stedet å bruke en varmepumpe som arbeider som en omvendt Carnotmaskin til oppvarming. Varmen tas fra omgivelsene.

- a) Beskriv Carnotmaskinen.

- b) Finn den varmemengde per tidsenhet, dQ_c/dt som må tas fra reservoaret under de gitte betingelser.
- c) Finn den effekt — arbeid per tid — dW/dt som må tilføres varmpumpen.
- d) Finn hvordan effektiviteten av varmpumpen avhenger av reservoarets temperatur. (Effektiviteten for en varmpumpe defineres som forholdet mellom avgitt varme og tilført arbeid.)

Oppgave 4.



Vi betrakter nå en maskin som arbeider mellom to reservoarer med temperatur T_h og T_c som vist i figuren.

- a) Hva er en adiabatisk prosess?
- b) Utled ligningen

$$PV^\gamma = \text{konstant} \quad (1)$$

for en ideel gass. Her er $\gamma = C_P/C_V$.

- c) Hva er virkningsgraden $\eta = W/Q_h$ til maskinen i figuren.

FORMLER FOR FAG SIF4004 FYSIKK

Denne formelsamlingen (3 sider kopiert ned på et a4-ark) kan tas med på eksamen 11. desember 2002. Det er tillatt å tilføye private notater på arket.

Punktlegemers og stive legemers mekanikk, kraftlover etc.

Newton's 2. lov	$\vec{F} = \frac{d}{dt}\vec{p} = \frac{d}{dt}m\vec{v}$	der \vec{F} kan være vektorsum av mange bidrag \vec{p} bevegelsesmengde. Engelsk: <i>Momentum</i>
Newton's 3. lov	$\vec{F}_{A \rightarrow B} = -\vec{F}_{B \rightarrow A}$	virkning er lik motvirkning
Tyngdekraft	$\vec{F} = m\vec{g} = -mg\hat{e}_z$	$g \approx 9.81 \text{ m/s}^2$ er tyngdens akselerasjon
Gravitasjonskraft	$\vec{F} = -m_1m_2G\vec{r}/r^3$	der $G = 6.67259 \times 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$
Friksjonskraft (s)	$F_f \leq \mu_s N$	der N er normalkraften (en føringskraft)
Friksjonskraft (k)	$F_f = \mu_k N$	μ_s statisk, μ_k kinetisk friksjonskoeffisient
Fjærkraft	$\vec{F} = -K\vec{r}$	der \vec{r} er utslaget fra likevektsposisjonen
Fra potensial	$\vec{F}(\vec{r}) = -\nabla U(\vec{r})$	for konservative krefter, $\nabla \times \vec{F}(\vec{r}) = 0$
Kraftmoment	$\vec{M} = \sum_i \vec{r}_i \times \vec{F}_i$	Engelsk: <i>Moment of force</i>
Dreiemoment	Kraftmoment	når $\sum_i \vec{F}_i = 0$. Engelsk: <i>Torque</i> \vec{T}
Masse(tetthet)	$M = \int d^3r \rho(\vec{r})$	M masse, ρ massetetthet
Massesenter	$M \vec{R}_C = \int d^3r \rho(\vec{r}) \vec{r}$	der \vec{R}_C er massesenteret (massemiddelpunktet)
Trehetsmoment:	$I = \int d^3r \rho(\vec{r}) r_\perp^2$	r_\perp avstanden til rotasjonsaksen Engelsk: <i>Moment of inertia</i>
Trehetsmoment:	Homogen (i) radius r sylinder: $I = \frac{1}{2}Mr^2$, (ii) radius r kule: $I = \frac{2}{5}Mr^2$, (iii) rektangulær $a \times b$ plate: $I = \frac{1}{2}M(a^2 + b^2)$. M total masse.	
Trehetsmoment:	$I = I_C + M\ell^2$	parallellakseteoremet; ℓ avstand til massesenterakse C
Dreieimpuls	$\vec{L} = \sum_i \vec{r}_i \times m_i \vec{v}_i$	Også kalt spinn. Engelsk: <i>Angular momentum</i>
Dreieimpuls	$\vec{L} = I\vec{\omega}$	Brukes forsiktig! Om symmetriakser gjennom \vec{R}_C er OK
Likevektsbetingelse:	$\vec{F} = 0, \vec{M} = 0$	
Spinndynamikk	$\vec{M} = \frac{d}{dt}\vec{L} = \frac{d}{dt}I\vec{\omega}$	med $\vec{\omega}$ vinkelhastigheten ($\omega = \frac{2\pi}{T}$).
Arbeid	$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s}$ (forskyvning), $dW = \vec{T} \cdot d\vec{\theta}$ (dreining)	
Effekt	$P = \frac{dW}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$ (forskyvning), $P = \vec{T} \cdot \vec{\omega}$ (dreining)	

Punktlegemers og stive legemers mekanikk, bevaringslover

Total energi E , total bevegelsesmengde \vec{p} , og total dreieimpuls \vec{L} er bevart i et lukket system		
Kinetisk energi	$K_t = \frac{1}{2}m\vec{v}^2 = \frac{1}{2m}\vec{p}^2$	translasjonsbevegelse
Kinetisk energi	$K_r = \frac{1}{2}I\vec{\omega}^2 = \frac{1}{2I}\vec{L}^2$	rotasjonsbevegelse
Potensiell energi	$U = -m\vec{g} \cdot \vec{r}$	i jordens tyngdefelt
Gravitasjonsenergi	$U = -m_1m_2G/r$	G gravitasjonskonstanten
Energi i fjær	$U = \frac{1}{2}Kx^2$	

Kontinuumsmekanikk

Tetthet	$\rho(\vec{r}) = m n(\vec{r})$	n antallstetthet, m molekylmasse, ρ massetetthet
Molekylmasse	$m = A m_u$	A total atomvekt, $m_u = 1.660\,540 \times 10^{-27}$ kg
Mol	$n \text{ mol} = n N_A$	der $N_A = 6.022\,137 \times 10^{23}$ er Avogadro's tall (1000 mol molekyler med atomvekt A veier A kg)
Volumarbeid	$dW = p dV$	trykk p , volum V
Bernoulli's lov	$\frac{1}{2}v^2 + \mathcal{A} + gh$	er konstant langs strømlinjer. ρ massetetthet, h høyde, $\mathcal{A} = \int_{p_0}^p \frac{dp'}{\rho(p')}$

Termodynamikk, statistisk fysikk

Ideell gasslov	$pV = N k_B T$	med $k_B = 1.380\,658 \times 10^{-23}$ J/K (Boltzmann)
Adiabatisk prosess	$pV^\gamma = p_0 V_0^\gamma$	når $\gamma = C_p/C_V$ er konstant under prosessen
Indre energi, arb og varme	$dU = -dW + dQ$	som er termodynamikkens første lov
Ekvipartisjonspri.	$C_V = \frac{1}{2} f N k_B$	Enatomig gass: $f = 3$, toatomig: $f = 5$.
RMS-hastighet	$v_{\text{rms}}^2 = 3k_B T/m$	Midlere kvadratiske hastighet
Maxwellfordeling	$\left(\frac{m}{2\pi k_B T}\right)^{3/2} e^{-m\vec{v}^2/2k_B T}$	sannsynlighetstetthet for hastighet \vec{v}

Noen fysiske konstanter

$$m_e = 9.109\,390 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$k_B = 1.380\,658 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa (kg/ms}^2)$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$m_u = 1.660\,540 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$R = N_A k_B = 8.314\,510 \text{ J/mol K}$$

$$0 \text{ }^\circ\text{C} = 273.16 \text{ K}$$

$$G = 6.672\,59 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$$

$$N_A = 6.022\,137 \cdot 10^{23} = 1 \text{ g}/m_u$$

$$\sigma = 5.670\,51 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$$

$$N_2 : A = 28, O_2 : A = 32$$

Dekadiske prefikser

E	exa	10^{18}	P	peta	10^{15}
T	tera	10^{12}	G	giga	10^9
M	mega	10^6	k	kilo	10^3
h	hekto	10^2	da	deka	10^1
d	desi	10^{-1}	c	centi	10^{-2}
m	milli	10^{-3}	μ	mikro	10^{-6}
n	nano	10^{-9}	p	piko	10^{-12}
f	femto	10^{-15}	a	atto	10^{-18}

Størrelse

SI-enhet

Navn	Vanlig symbol	Navn	Symbol
Vinkelfrekvens	ω	invers-sekund	s^{-1}
Vinkelakselerasjon	α	sekund $^{-2}$	s^{-2}
Vinkel	$\alpha, \beta, \gamma, \dots$	radian	rad
Romvinkel	Ω	steradian	sr
Lengde	l	meter	m
Areal	A	kvadratmeter	m^2
Volum	V	kubikmeter	m^3
Tid	t	sekund	s
Hastighet	u, v	meter pr. sekund	m/s
Frekvens	f, ν	Hertz	Hz= s^{-1}
Bølgelengde	λ	meter	m
Masse	m	kilogram	kg
Kraft	F	Newton	N= kgm/s^2
Trykk	p	Pascal	Pa= N/m^2
Arbeid	A, W	Joule	J= kgm^2/s^2
Energi	E, W	Joule	J=Ws
Effekt	P	Watt	W=J/s
Termodynamisk temperatur	T, Θ	Kelvin	K
Celsiustemperatur	T, t, Θ	grad Celcius	$^\circ\text{C}$
Varme, varmemengde	Q	Joule	J=VA s
Varmestrøm	I_Q	Watt	J/s=W
Varmestrømtetthet	j_Q	Watt pr. m^2	J/ m^2 s=W/ m^2