

Studentnummer: _____

Studieretning: _____

BOKMÅL Side 1 av 1
(pluss VEDLEGG)



Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for fysikk

EKSAMEN I EMNE TFY4100 FYSIKK
Eksamensdato: Onsdag 4. august 2004
Eksamenstid: 09:00 - 13:00

Faglig kontakt under eksamen: Institutt for fysikk, Arne Mikkelsen, tlf. 7359 3433
Vekttall: 2,5

Tillatte hjelpemidler (kode C):

- Bestemt enkel godkjent kalkulator
- Rottmann: Matematisk formelsamling (norsk eller tysk utgave).
- Tabeller og formler i fysikk for 2FY og 3FY (Gyldendal).
- Vedlagt formelliste (VEDLEGG C)

Sensurdato: Innen 25. aug. 2004.

Eksamenpapirene består av:

1. Førstesida (denne sida) som skal leveres inn som svar på flervalgsspørsmålene.
2. Ett sett med flervalgsspørsmål, Oppgave 1 (VEDLEGG A)
3. Tre "normale oppgaver", Oppgaver 2-5 (VEDLEGG B)
4. Formelliste med aktuelle formler og konstanter (VEDLEGG C)

Prosenttallene i parantes etter hver oppgave angir hvor mye den vektlegges ved bedømmelsen.
I de fleste tilfeller er det fullt mulig å løse etterfølgende punkter selv om et punkt foran skulle være ubesvart.

I flervalgsspørsmålene er kun ett av svarene rett. Du skal altså svare A, B, C, D eller E eller du kan svare blankt.
Rett svar gir 5 p, galt svar gir -1 p, blank gir 0 p.

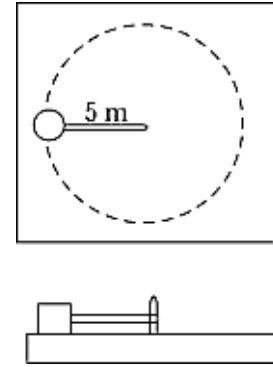
Svar på flervalgsspørsmål i VEDLEGG A:

Spørsmål:	a	b	c	d	e	f	g
Svar:							

Oppgave 1. Flervalgsspørsmål (teller 20%)

a) Ei kule med masse 1,5 kg er festet til enden av ei 5,0 m lang snor. Massen beveger seg i en sirkulær bane på et horisontalt friksjonsløst bord. Hvis snora tåler maksimalt 120 N strekk før den ryker, hva er maksimal banehastighet som du kan svinge kula med før tauet ryker?

- A) 3,2 m/s
- B) 4,0 m/s
- C) 10 m/s
- D) 20 m/s
- E) 0,20 km/s

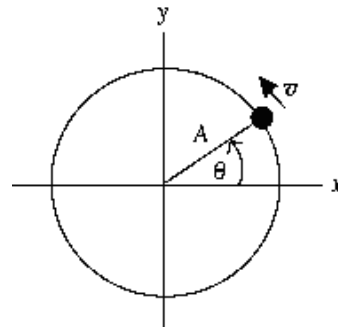


b) To identiske sylinderskiver har en felles akse. Først roterer den ene skiva mens den andre er i ro. Når de to skivene bringes i kontakt med hverandre, vil de øyeblikkelig festes til hverandre. La L_{tot} være det totale spinnet (dreieimpulsen) og $W_{\text{k,tot}}$ være den totale kinetiske energien til de to skivene. Hvilket av følgende utsagn er rett?

- A) $W_{\text{k,tot}}$ og L_{tot} er uendret fra verdiene før kontakten.
- B) $W_{\text{k,tot}}$ og L_{tot} er begge redusert til halvparten av deres opprinnelige verdier.
- C) L_{tot} er uendra, men $W_{\text{k,tot}}$ er redusert til halvparten av opprinnelige verdi.
- D) $W_{\text{k,tot}}$ er uendra men L_{tot} er redusert til halvparten av opprinnelige verdi.
- E) L_{tot} er uendra mens $W_{\text{k,tot}}$ er redusert til fjerdeparten av opprinnelige verdi.

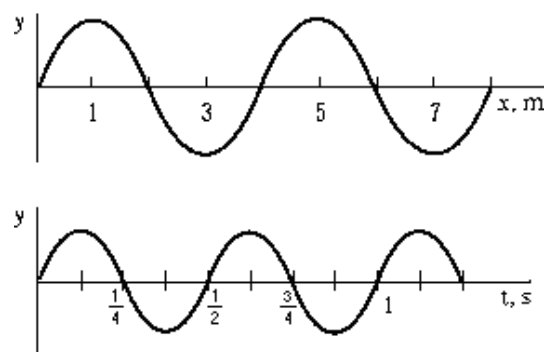
c) Objektet i diagrammet utfører en sirkulær bevegelse. Posisjonen ved tid $t = 0$ var $(r, \theta) = (A, 0)$. Frekvensen er f i Hz. Da er y -komponenten til objektets bevegelse gitt av

- A) $y = y_0 + v_0yt + \frac{1}{2}at^2$
- B) $y = A \cos(2\pi ft)$
- C) $y = A \sin(ft)$
- D) $y = A \sin(2\pi ft)$
- E) $y = A \cos(ft)$



d) En bølge brer seg i positiv x -retning med fart v . Den øvre grafen viser utsvinget y som funksjon av avstand x for et gitt tidspunkt. Den nedre grafen viser utsvinget y som funksjon av tida t for et gitt punkt x . Fra informasjonen i grafen, hva er bølgefarten v ?

- A) 8,0 m/s
- B) 4,0 m/s
- C) 6,0 m/s
- D) Det er ikke nok informasjon til å løse problemet.
- E) Ingen av svarene er riktige.



e) I et volum V befinner seg en viss mengde He-gass ved standard temperatur og trykk. Hvor stort volum vil gassen utgjøre hvis mengden gass blir halvert, temperaturen (i kelvin) doblet og trykket økt med 1/3?

- A) $(3/16)V$
- B) $(4/3)V$
- C) $(3/4)V$
- D) $(3/8)V$
- E) $(1/3)V$

- f) Av de følgende utsagn om varmepumpe er ett **ikke** riktig:
- A) I ekspansjonsventilen faller trykket i en tilnærmet isentalpisk prosess
 - B) Trykket ved utgangen fra ekspansjonsventilen er lik trykket ved inngangen til kompressoren
 - C) Trykket i kondensatorspolen er lik dampens metningstrykk ved gitt temperatur i kondensatorspolen
 - D) I fordamperspoken tar mediet opp varme fra omgivelsene
 - E) Kompressoren øker trykket i kjølemediet slik at det meste av dampen komprimeres til væske
- g) Hvis temperaturen (i kelvin) på den varme siden av en vegg blir doblet, vil varmestrømmen gjennom veggen
- A) doubles
 - B) øke med en faktor 4
 - C) avta med en faktor 4
 - D) halveres
 - E) øke, men kan ikke bestemme hvor mye

VEDLEGG B.

Oppgave 2. Akselerasjon (teller 20%)

Under heldige omstendigheter kan en fallskjermhopper overleve et fall selv om fallskjermen ikke åpner seg. Dette hvis han/hun treffer et tre, ei stor snøfonn eller en bratt skråning. Det er mulig å overleve et fall når retardasjonen er omtrent 500 m/s^2 , hvilket tilsvarer ca $50 \times g$, idet en treffer underlaget.

- a) Formuler først uttrykket for arbeid utført av en konstant kraft \vec{F} som virker over en distanse \vec{s} . Hvis \vec{F} er eneste krafta som virker, hva blir akselerasjonen til et legeme med masse m ?
- b) En fallskjermhopper har hastigheten $v_0 = 40 \text{ m/s}$ idet hun treffer ei snøfonn. Anta hun vil få en retardasjon konstant lik 500 m/s^2 til hun stopper. Bruk energibetraktning og Newtons 2.lov til å finne hvor langt ned hun vil bevege seg før hun stopper. Bruk av likninger for konstant akselerasjon fra formelarket gir ikke full uttelling for besvarelsen.
- c) Og hvor lang tid tar det før hun stopper opp, regnet fra hun treffer snøfonna?

Oppgave 3. Rotasjon (teller 25%)

Ei massiv kule med radius R og masse M slippes på et skråplan med lengde L . Skråplanet har hellingsvinkel θ og kula ruller tapsfritt (ingen rullefriksjon) og uten å gli.

- a) Hva er sammenhengen mellom kulas rotasjonshastighet (vinkelhastighet), ω , og den lineære hastigheten (translasjonshastigheten), v , til kulas tyngdepunkt?
- b) Vis at kulas totale kinetiske energi når den har oppnådd hastigheten v kan uttrykkes $W_k = \frac{7}{10}Mv^2$.
- c) Finn så et uttrykk for hastigheten v der bl.a. θ og ℓ inngår. θ er skråplanets hellingsvinkel og $\ell < L$ er lengden som kula har tilbakelagt langs skråplanet.

(oppg. 3 forts.)

Når kula har trillet ned hele skråplanet har den fått en fart $v = 1,9$ m/s. (Skråplanet har forresten lengde $L = 1,00$ m og hellingsvinkel $\theta = 15^\circ$). Den triller så ut på et horisontalt bord og beholder hastigheten fordi den fortsatt ruller tapsfritt. Her treffer den en kloss som ligger i ro ($u = 0$). Kollisjonen kan betraktes som fullstendig elastisk og kula treffer klossen midt på slik at ikke klossen roterer (slenger rundt) etter kollisjonen. Klossens masse er lik kulas masse: $m = M$.

d) Sett opp likninger for impuls- og energibevarelse under kollisjonen og finn herfra klossens hastighet u' umiddelbart etter kollisjonen (tallverdi).

e) Anta så det mellom klossen og underlaget er en friksjonskoeffisient på $\mu = 0,30$. Hvor langt glir klossen før den stopper opp? Hvis du ikke har funnet svar i pkt. d) kan du bruke tallverdien $u' = 2,0$ m/s.

Oppgave 4. Bølgefart (teller 15%)

I en forelesningsdemonstrasjon av bølgepulser blir en gummistrikk med lengde 10,0 m festet i ene veggen. Massen av strikken er 0,70 kg og den blir strammet opp med et strekk på 110 N.

a) Finn bølgefarta for strikken fra formler oppgitt på formelark.

b) Hvis strikken settes i stående bølger slik at den svinger med 2. harmoniske (første "overtone"), hva blir bølgelengden og frekvensen (i Hz) til denne bølga?

c) Hvis strikken strekkes til 20,0 m og dermed strekket økes til 220 N, hva blir da frekvensen for den samme 2. harmoniske stående bølga?

Oppgave 5. Termodynamikk (teller 20%)

I et termodynamisk system foregår tilstandsforandringer mellom A og B langs tre alternative veger som vist i pV -diagrammet til høyre. Alle prosesser er reversible.

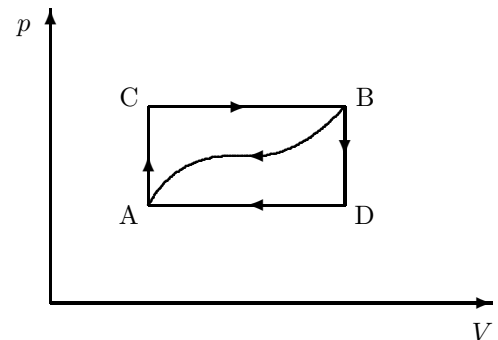
a) Hva kjennetegner en reversibel prosess?

Under prosessen ACB opptar systemet 80 J varme samtidig som det utfører et arbeid på 30 J.

b) Hva er forskjellen i indre energi ΔU_{AB} mellom tilstand B og tilstand A?

c) I prosessen BA langs den krumme banen avgis en varme lik 70 J. Hvor mye arbeid gjøres på systemet i denne prosessen?

d) Beregn tilslutt entropiendringen for prosessen ACBDA.



FORMELLISTE.

Formlenes gyldighetsområde og de ulike symbolenes betydning antas å være kjent. Symbolbruk som i forelesninger og kompendium.

Fysiske konstanter:

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2 \quad N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \quad k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \quad R = N_A k_B = 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$$

$$1 \text{ atm} = 101,3 \text{ kPa} \quad 0^\circ \text{C} = 273 \text{ K} \quad \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{K}^{-4} \quad h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

Elementær mekanikk:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}(\vec{r}, t) \quad \text{med } \vec{p}(\vec{r}, t) = m \vec{v} = m \dot{\vec{r}} \quad \vec{F} = m \vec{a} \quad \text{Konstant } a: \quad v = v_0 + at \quad s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s} \quad \text{Kinetisk energi } W_k = \frac{1}{2} m v^2 \quad V(\vec{r}) = \text{potensiell energi (f.eks. tyngde: } mgh, \text{ fjær: } \frac{1}{2} kx^2)$$

$$F_x = -\frac{\partial}{\partial x} V(x, y, z) \quad E = \frac{1}{2} m \vec{v}^2 + V(\vec{r}) + \text{friksjonsarbeide} = \text{konstant}$$

$$|F_f| = \mu_s \cdot F_\perp \quad |F_f| = \mu_k \cdot F_\perp \quad \vec{F}_f = -k_f \vec{v}$$

$$\text{Dreiemoment } \vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \quad dW = |\vec{\tau}| d\alpha \quad \text{Statisk likevekt: } \Sigma \vec{F}_i = \vec{0} \quad \Sigma \vec{\tau}_i = \vec{0}$$

$$\text{Massefellespunkt: } \vec{R}_M = \frac{m_A}{M} \vec{r}_A + \frac{m_B}{M} \vec{r}_B \quad \text{Relativ koordinat: } \vec{r} = \vec{r}_A - \vec{r}_B$$

$$\text{Elastisk støt: } \vec{p} = \text{konstant} \quad W_k = \text{konstant} \quad \text{Uelastisk støt: } \vec{p} = \text{konstant}$$

$$\text{Vinkelhastighet } \vec{\omega} = \omega \hat{e}_z \quad |\vec{\omega}| = \omega = \dot{\theta} \quad \text{Vinkelakselerasjon } \vec{\alpha} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \quad \alpha = \frac{d\omega}{dt} = \ddot{\theta}$$

$$v = r\omega \quad \text{Sentripetalaksel. } a_r = -v\omega = -\frac{v^2}{r} = -\omega^2 r \quad \text{Baneaksel. } a_\theta = \frac{dv}{dt} = r \frac{d\omega}{dt} = r\alpha$$

$$\text{Kinetisk energi } W_k = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad \text{der treghetsmoment } I = \sum_i m_i r_i^2 \rightarrow \int r^2 dm$$

$$\text{Massiv kule: } I_T = \frac{2}{5} MR^2 \quad \text{Ring: } I_T = MR^2 \quad \text{Sylinder/skive: } I_T = \frac{1}{2} MR^2 \quad \text{Kuleskall: } I_T = \frac{2}{3} MR^2$$

$$\text{Lang, tynn stav: } I_T = \frac{1}{12} M\ell^2 \quad \text{Parallellakse-teoremet: } I = I_T + MR^2$$

$$\text{Dreieimpuls (spinn) } \vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} \quad \vec{\tau} = \frac{d}{dt} \vec{L} \quad \text{Stive legemer: } \vec{L} = I \cdot \vec{\omega} \quad \vec{\tau} = I \cdot \frac{d\vec{\omega}}{dt}$$

$$\text{Hookes lov: } F = -kx \quad T = \frac{F}{A} = E\epsilon = E \frac{\Delta\ell}{\ell} \quad T = \mu\gamma = \mu \frac{\Delta x}{y} \quad \Delta p = -B \frac{\Delta V}{V} \quad \tau = \frac{\pi}{32} \mu \frac{D^4}{\ell} \theta$$

$$\text{Bøyning: } \theta = \frac{\ell}{r_0} = \frac{\tau}{EI} \ell \quad \mathcal{I} = \int y^2 dA = \frac{1}{12} a b^3 \quad \delta(\ell) = \frac{\ell^3}{3EI} F$$

$$\text{Hydrostatisk trykk } p(h) = p_0 + \rho gh \quad \text{Trykket i boble: } p = p_0 + \frac{2\gamma}{R}$$

$$\text{Massekonservering: } A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad \text{Bernoulli: } p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{konstant}$$

$$\text{Skjærspenning og viskositet: } T = \frac{F}{A} = \eta \frac{v}{b} \quad \text{Stokes lov: } F = -6\pi\eta vr \quad \text{Poiseuilles: } Q = \frac{\pi R^4}{8 \eta} \frac{dp}{dx}$$

Svingninger og bølger:

Udempet svingning: $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$ $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$ $f_0 = \frac{1}{T} = \frac{\omega_0}{2\pi}$

$\ddot{\theta} + \omega_0^2 \sin \theta = 0$ $\omega_0 = \sqrt{\frac{mgd}{I}}$ eller $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{\ell}}$

Dempet svingning: $\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$ $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ $\delta = \frac{1}{2} \frac{b}{m}$

$\delta < \omega_0$ Underkritisk dempet: $x(t) = A e^{-\delta t} \cos(\omega_d t + \theta_0)$ $\omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$

$\delta > \omega_0$ Overkritisk dempet: $x(t) = A^+ e^{-\alpha^{(+)} t} + A^- e^{-\alpha^{(-)} t}$ $\alpha^{(\pm)} = \delta \pm \sqrt{\delta^2 - \omega_0^2}$

$\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = a_0 \cos \omega t$ når t er stor: $x(t) = x_0 \cos(\omega t + \phi)$, der $x_0(\omega) = \frac{a_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2 \omega^2}}$

Bølger: $\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - v^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0$ $y(x, t) = f(x \pm vt)$ $y(x, t) = y_0 \cos(kx) \cos(\omega t)$ $y(x, t) = y_0 \cos(kx \pm \omega t)$

$v = \pm \frac{\omega}{k}$ $|v| = \frac{\omega}{k} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$ $v_g = \frac{\partial \omega}{\partial k}$ Streng: $v = \sqrt{\frac{T}{\rho}} = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ hvor $T = \frac{F}{A}$ og $\mu = \rho A = \frac{\Delta m}{\Delta \ell}$

Lydbølger: $\xi(x, t) = \xi_0 \cos(kx \pm \omega t)$ $p_{\text{lyd}} = kv^2 \rho \xi_0$ Luft: $v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma k_B T}{m}}$ Fast stoff: $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$

$P = \frac{1}{2} \mu v \omega^2 y_0^2$ $I = \frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho v \omega^2 \xi_0^2$ $I = \frac{1}{2} \frac{p_{\text{lyd}}^2}{\rho v} = \frac{1}{2} \frac{p_{\text{lyd}}^2}{\sqrt{\rho B}}$

$\beta(\text{i dB}) = 10 \log_{10} \frac{I}{I_{\text{min}}}$ der $I_{\text{min}} = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

Stående bølger: $y(t) = \frac{1}{2} y_0 \cos[kx + \omega t] + \frac{1}{2} y_0 \cos[kx - \omega t]$ $L = n \frac{\lambda}{2}$ $f_n = n \frac{v}{2L}$

Termisk fysikk:

n_M (iblant også n) = antall mol N = antall molekyler $n = N/V$ n_f = antall frihetsgrader

$\alpha = \frac{1}{\ell} \frac{d\ell}{dT}$ $\Delta U = Q - W$ $C = \frac{Q}{\Delta T} = mc = n_M c' = N c_m$

Varmetransport: $j_Q = \frac{d\Phi}{dA} = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x}$ $j = \sigma T^4$ $j = e \sigma T^4$ $j_\nu(\nu, T) = \frac{2\pi h \nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{h\nu/k_B T} - 1}$

$pV = n_M RT$ $pV = n \frac{2}{3} E$ $E = \frac{1}{2} m \overline{v^2}$ van der Waals: $\left(p + \frac{a}{v_M^2}\right) (v_M - b) = RT$

$c'_V = \frac{1}{2} n_f R$ $c'_p = \frac{1}{2} (n_f + 2) R = c'_V + R$ $\Delta W = p \Delta V$ $W = \int_1^2 p dV$ $dU = C_V \cdot dT$

$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{n_f + 2}{n_f}$ $pV^\gamma = \text{konstant}$ $TV^{\gamma-1} = \text{konstant}$ $p^{1-\gamma} T^\gamma = \text{konstant}$ $v_{\text{lyd}} = \sqrt{\frac{\gamma k_B T}{m}}$

Molekylære kollisjoner: $\sigma = \pi d^2$ $\ell_0 = \frac{1}{n\sigma}$ $\tau = \frac{1}{nv\sigma}$

Effektivitet: $e = \frac{W}{Q_H} \xrightarrow{\text{Carnot}} 1 - \frac{T_L}{T_H}$ Otto: $e = 1 - \frac{1}{r^{\gamma-1}}$

$K = \left| \frac{Q_L}{W} \right| \xrightarrow{\text{Carnot}} \frac{T_L}{T_H - T_L}$ $\epsilon = \left| \frac{Q_H}{W} \right| \xrightarrow{\text{Carnot}} \frac{T_H}{T_H - T_L}$ Clausius: $\sum \frac{\Delta Q}{T} \leq 0$ $\oint \frac{dQ}{T} \leq 0$

Entropi: $dS = \frac{dQ_{\text{rev}}}{T}$ $\Delta S_{12} = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ_{\text{rev}}}{T}$ $S = k_B \ln w$