

Studentnummer: \_\_\_\_\_

Ark nr: \_\_\_\_\_

**BOKMÅL** Side 1 av 1  
(pluss VEDLEGG)

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for fysikk



## KONTINUASJONSEKSAMEN I EMNE TFY4100 FYSIKK

Eksamensdato: Lørdag 20. august 2005

Eksamenstid: 09:00 - 13:00

**Faglig kontakt under eksamen:** Institutt for fysikk, Arnljot Elgsæter, tlf. 472 35 518

**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)

**Sensurfrist:** 3 uker

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 "tradisjonelle oppgaver", Oppgaver 2-4 (VEDLEGG B)
4. Formelliste med aktuelle formler og konstanter (VEDLEGG C)

Prosenttallene i parentes 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:							

På side 1 av 1 skal studentnummer førast på og sida skal innleverast.

Studentnummer: \_\_\_\_\_

Ark nr: \_\_\_\_\_

NYNORSK Side 1 av 1  
(pluss VEDLEGG)

Noregs teknisk-naturvitenskapelege universitet  
Institutt for fysikk



## KONTINUASJONSEKSAMEN I EMNE TFY4100 FYSIKK

Eksamensdato: Laurdag 20. august 2005

Eksamenstid: 09:00 - 13:00

**Fagleg kontakt under eksamen:** Institutt for fysikk, Arnljot Elgsæter, tlf. 472 35 518

**Vekttal:** 2,5

**Tilletne hjelpemiddel (kode C):**

Bestemt enkel godkjend kalkulator

Rottmann: Matematisk formelsamling (norsk eller tysk utgåve).

Tabeller og formler i fysikk for 2FY og 3FY (Gyldendal).

Vedlagt formelliste (VEDLEGG C)

**Sensurfrist:** 3 uker

Eksamenpapira består av:

1. Førstesida (denne sida) som skal leverast inn som svar på fleirvalsspørsmåla.
2. Eit sett med fleirvalgsspørsmål, Oppgåve 1 (VEDLEGG A)
3. Tre "tradisjonelle oppgåver", Oppgåver 2-4 (VEDLEGG B)
4. Formelliste med aktuelle formlar og konstantar (VEDLEGG C)

Prosenttala i parantes etter kvar oppgåve syner vektlegginga av oppgåva ved bedømminga.

I dei fleste døme er det fullt mogeleg å løyse etterfølgjande punkt sjølv om eit punkt foran skulle vere utan svar.

I fleirvalsspørsmåla er kun eitt av svara 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 fleirvalsspørsmåla i VEDLEGG A:

Spørsmål:	a	b	c	d	e	f	g
Svar:							

**Oppgave 1. Flervalgsspørsmål (teller 20%)**

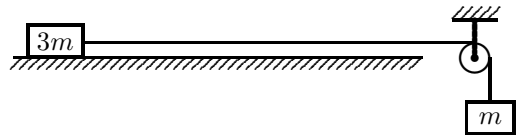
I flervalgsspørsmålene er kun ett av svarene rett. Du skal altså svare A, B, C, D eller E eller du kan svare blankt. Rett svar gir 5 p, galt svar gir -1 p, blank gir 0 p.

a) Ei kraft  $\vec{F}$  blir brukt for å skyve en gjenstand med masse  $m$  oppover et skråplan. Krafta virker parallelt med skråplanet. Vinkelen mellom skråplanet og horisontalplanet er  $\theta$ . Normalkrafta som virker fra skråplanet på massen  $m$  er:

- A)  $mg \cos \theta + F \cos \theta$
- B)  $mg \cos \theta$
- C)  $mg \cos \theta + F \sin \theta$
- D)  $mg \cos \theta - F \cos \theta$
- E) Umulig å bestemme fordi friksjonskoeffisienten ikke er kjent.

b) En masse  $m$  henger i ei masseløs snor. Snora er trekt over ei trinse for så å fortsette horisontalt til den er festa til en annen masse  $3m$  som ligger på et horisontalt bord. Se bort fra all friksjon. Masse  $m$  holdes i ro for så og slippes. Når massen har falt en distanse  $h$ , vil den ha fått en fart  $v$  som kan utregnes fra formelen

- A)  $v = \sqrt{\frac{1}{4}gh}$
- B)  $v = \sqrt{\frac{1}{2}gh}$
- C)  $v = \sqrt{gh}$
- D)  $v = \sqrt{2gh}$
- E) Ingen av svarene A-D er rett.



c) Et legeme som beveger seg med konstant banefart i en sirkel

- A) Har ingen akselerasjon.
- B) Har ingen endring i vektoriell hastighet.
- C) Har ingen resultantkraft som virker på seg.
- D) Har ingen arbeid gjort på seg.
- E) Er beskrevet ved alle utsagn ovenfor.

d) To massive baller (en stor og en liten) og en massiv sylinder ruller ned et skråplan uten rullemotstand. Hvilken av disse har den største farten ved bunnen av skråplanet og hvilken har den minste?

- A) Den store ballen har størst, den lille ballen har minst
- B) Den lille ballen har størst, den store ballen har minst
- C) Sylindere har størst, den lille ballen har minst
- D) Sylindere har størst, de to ballen har den samme (og mindre) fart
- E) Begge ballene har samme største fart, sylindere har mindre

e) To enatomige gasser, helium og neon, blir blanda i forholdet 2:1 og er i termisk likevekt ved temperatur  $T$ . Molar masse til neon er 5x molar masse til helium. Hvis den midlere kinetiske energien per heliumatom er  $U$ , er den midlere kinetiske energien per neonatom lik

- A)  $U$
- B)  $0,5 U$
- C)  $2 U$
- D)  $5 U$
- E)  $U/5$

f) Når en gass blir komprimert adiabatisk skjer følgende:

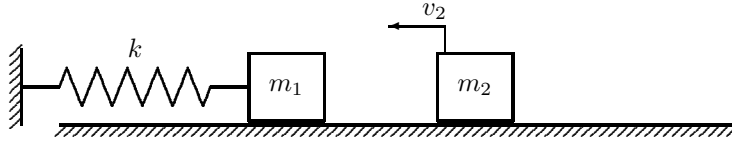
- A) Trykket øker og indre energi avtar.
- B) Trykket øker og arbeid blir gjort av gassen.
- C) Temperaturen avtar og indre energi avtar.
- D) Trykket er uendret og varme strømmer ut av systemet.
- E) Arbeid blir gjort på systemet og temperaturen øker.

g) En varmekraftmaskin absorberer 64 kJ varme fra et varmt reservoar og gir fra seg 42 kJ varme til et kaldt reservoar for hvert omløp. Effektiviteten til maskinen er (avrundet til to gjeldende sifre):

- A) 30%
- B) 34%
- C) 38%
- D) 52%
- E) 66%

**Oppgave 2. Mekanikk (teller 30%)**

Figuren viser en kloss med masse  $m_1 = 1,00$  kg som er festa til ei masseløs fjær som har fjærkonstant  $k = 100$  N/m. Systemet hviler på ei flat, friksjonsfri overflate og klossen er initielt i ro. En annen kloss har inngangsfart  $v_2 = 15,0$  m/s i retning mot kloss 1 (regner positiv retning mot venstre) og treffer denne i et sentralt og fullstendig elastisk støt. Kloss 2 har masse  $m_2 = 0,80$  kg.



a) Hva er farten  $v_1'$  til kloss 1 umiddelbart etter støtet?

*Tips:* Hvilke fysiske størrelser er bevart under støtet? Fjæra har ingen betydning for den initielle farten til kloss 1.

b) Hva blir perioden til svingningen for masse-fjær-systemet?

c) Og hvor stor amplitude svinger systemet med?

d) Beregn utgangsfarten  $v_2'$  til kloss 2 etter støtet og finn ut om kloss 1, etter at den er kommet i gang med svingningen, vil nå igjen kloss 2 slik at de kolliderer nok en gang.

*Tips:* Sammenlikn utgangsfarten med svingeperioden. Hvis du ikke har fått tallsvar i oppgavene over, kan du bruke periode 0,50 s og amplitude 1,0 m (som ikke nødvendigvis er fasitsvar i b og c).

**Oppgave 3. Bølger (teller 25%)**

En stemmegaffel svinger med fast frekvens  $f = 400$  Hz og settes i kontakt med en strekt streng. Svingningene i stemmegaffelen genererer transversale vandreølger i strengen med en amplitude på 0,50 mm. Strengen har en lineær massetetthet på  $\mu = 10,0$  g/m og er under et strekk på 1,00 kN. Anta at strengen er så lang at vi kan se bort fra reflektert bølge fra endene.

a) Finn frekvensen og perioden til bølga i strengen.

b) Finn bølgehastigheten i strengen.

c) Hva er bølgelengden og bølgetallet til bølga?

d) Skriv ned en bølgefunksjon  $y(x, t)$  som kan beskrive bølga. Sett inn aktuelle tallverdier.

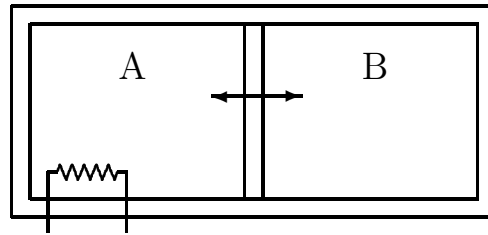
e) Finn den maksimale farten og akselerasjonen for et punkt på strengen.

*Tips:* Hvis du ikke har funnet svar ovenfor, kan du i e) og d) bruke bølgetallet  $6,40$  m<sup>-1</sup> og vinkelfrekvensen  $2000$  s<sup>-1</sup> for bølga (som ikke nødvendigvis er fasitsvar).

f) Hvilken midlere effekt må tilføres stemmegaffelen for at den skal kunne opprettholde konstant amplitude og dermed ei konstant bølgegenerering i strengen?

**Oppgave 4. Termodynamikk. (teller 25%)**

Et lukket kammer har form av en sylinder som er atskilt i to rom A og B med et stempel som kan gli friksjonsfritt langs sylindere. Hvert rom inneholder en enatomig, ideell gass. Det kan tilføres varme til kammer A (f.eks. ved en elektrisk glødetråd), ellers er sylindere varmeisolerert fra omgivelsene og stempelet varmeisolerer fullstendig mellom A og B. Opprinnelig har hvert rom et volum  $V_{A,0} = V_{B,0} = 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$ , temperatur  $T_{A,0} = T_{B,0} = 273 \text{ K}$  og trykk  $p_{A,0} = p_{B,0} = 1,00 \text{ atm}$ .



- a) Beregn hvor mange mol gass det er i hvert rom.
- b) Hva er adiabatkonstanten  $\gamma$  for en enatomig, ideell gass?

Varme  $Q$  blir langsomt tilført gass A slik at volum A ekspanderer og B komprimeres inntil trykkene i begge gassene er  $p_A = p_B = 3,00 \text{ atm}$ . Prosessene kan antas reversible.

- c) Bruk adiabatlikning for prosessen i B til å finne sluttvolumet  $V_B$ . Finn også sluttvolumet  $V_A$  i A.
- d) Finn sluttemperaturene  $T_A$  og  $T_B$  i begge gassene

- e) Finn nødvendig tilført varme  $Q$ .

*Tips:* Bruk termodynamikkens 1. lov på totalsystemet A+B. Hvis du ikke har fått tallsvar i oppgavene over, kan du bruke  $T_A = 450 \text{ K}$ ,  $T_B = 1200 \text{ K}$  og  $n = 2,0 \text{ mol}$  (som ikke nødvendigvis er fasitsvar i a og d).

- f) Hva er entropiendringa  $\Delta S_B$  for gassen i rom B under prosessen?

**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:**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{Lang, tynn stav: } I_T = \frac{1}{12} M\ell^2 \quad \text{Parallellakseeteoremet: } I = I_T + MR_T^2$$

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

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

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

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

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

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

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

$\omega = \frac{2\pi}{T}$     $k = \frac{2\pi}{\lambda}$     $v = \pm \frac{\omega}{k} = \pm \frac{\lambda}{T}$    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:  $\xi(x, t) = \xi_0 \sin(kx \pm \omega t)$     $p_{\text{lyd}} = kv^2 \rho \xi_0$    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:  $y(t) = \frac{1}{2} y_0 \sin[kx + \omega t] + \frac{1}{2} y_0 \sin[kx - \omega t] = y_0 \sin(kx) \cos(\omega t)$     $L = n \frac{\lambda}{2}$     $f_n = n \frac{v}{2L}$

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

$pV = n_M RT = N k_B T = N \cdot \frac{2}{3} E$  hvor  $E = \frac{1}{2} m \bar{v}^2$    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:  $dS = \frac{dQ_{\text{rev}}}{T}$     $\Delta S_{12} = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ_{\text{rev}}}{T}$     $S = k_B \ln w$