

Institutt for Fysikk

Eksamensoppgave i TFY 4125 Fysikk (kontinuasjoneksamen)

Faglig kontakt under eksamen: Magnus Borstad Lilledahl
Tlf.: 73591873 / 92851014

Eksamensdato: 7.8.15

Eksamenstid (fra-til): 0900-1300

Hjelpemiddelkode/Tillatte hjelpemidler: C/Bestemt enkel kalkulator, Matematisk formelsamling (Rottman)

Annen informasjon: Eksamenssettet er utarbeidet av Magnus Borstad Lilledahl

Målform/språk: Bokmål

Antall sider: 7 sider (ikke inkludert forside)

Antall sider vedlegg: 1 side (svarark for flervalgsoppgaver)

Kontrollert av:

Dato

Sign

Svar markeres på vedlagte svarark bakerst i oppgavesettet. Riv av dette svararket og lever sammen med eksamensomslaget. Sett kun ett kryss. Feil svar, ingen kryss eller flere enn ett kryss gir null poeng. Ingen minuspoeng for feil svar. Andre vedlegg som utregninger, kladd og kommentarer vil ikke bli tillagt vekt. Totalt antall poeng er 99 poeng. For alle fysiske konstanter, bruk antall signifikante siffer som angitt i formelarket på side 7. Oppgaven kommer ikke nødvendigvis i stigende vanskelighetsgrad så ikke vent for lenge med å gå videre dersom du står fast.

Oppgave 1 (3 poeng)

Vulkanen Hekla skyter ut en lavastein fra toppen med en fart på 150 m/s og en vinkel på $60,0^\circ$ over horisontalen. Steinen lander på en slette som er 500 m lavere en toppen av fjellet. Hvor lenge er steinen i luften?

- A. 15,7s B. 22,3s C. 29,9s D. 39,9s E. 46,5s

Oppgave 2 (3 poeng)

En fallskjermhopper faller med en fart $v(t) = v_t(1 - \exp(-t/\tau))$ for $t > 0$, hvor $v_t = 25 \text{ m s}^{-1}$ og $\tau = 5,0 \text{ s}$. Hvor langt faller fallskjermhopperen fra $t = 0 \text{ s}$ til $t = 10 \text{ s}$?

- A. 23 m B. 52 m C. 89 m D. 0,14 km E. 0,39 km

Oppgave 3 (2 poeng)

En bil (2000 kg) som kjører i 80 km t^{-1} treffer en elg (600 kg) som kræsjer inn i frontruten slik at bilen og elgen fortsetter som ett objekt. Hva er hastigheten til bil/elg systemet like etter sammenstøtet?

- A. 24 km t^{-1} B. 34 km t^{-1} C. 48 km t^{-1} D. 52 km t^{-1} E. 62 km t^{-1}

Oppgave 4 (2 poeng)

En bil kræsjer i en elg (600 kg) og rett etter sammenstøtet fortsetter de som ett objekt med en fart på 20 m s^{-1} . Anta kraften fra bilen på elgen virker over en tidsrom på 0,20 s. Hvor stor gjennomsnittlig kraft virker på elgen i sammenstøtet?

- A. 30 kN B. 60 kN C. 90 kN D. 120 kN E. 240 kN

Oppgave 5 (2 poeng)

De kreftene som virker mellom nøytrale molekyler kan modelleres av et såkalt Leonard-Jones potensial hvor den potensielle energien U , som funksjon av avstand r mellom molekylene er gitt av

$$U(r) = 4\epsilon \left(\left(\frac{\sigma}{r} \right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r} \right)^6 \right)$$

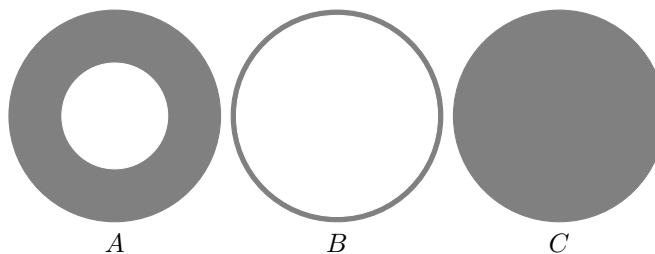
(kreftene har sitt opphav i elektrodynamiske fluktasjoner og kvantemekanikk, men det trenger du ikke vite for å løse denne oppgaven). ϵ og σ er konstanter. Ved hvilket avstand mellom molekylene er de intermolekylære kreftene lik null?

- A. σ B. $\sqrt{2}\sigma$ C. $\sqrt[3]{6}\sigma$ D. $\sqrt[6]{2}\sigma$ E. 2σ

Oppgave 6 (2 poeng)

Tre sylindere med ulikt tverrsnittsareal (se figur 1) men med samme masse og med samme radius. Sylindrene roterer rundt symmetriaksen og har samme rotasjonsenergi. Hva er sant om rotasjonshastigheten til sylindrene?

- A. Alle har lik rotasjonshastighet.
 B. A har høyest rotasjonshastighet.
 C. B har høyest rotasjonshastighet.
 D. C har høyest rotasjonshastighet.
 E. A og B har samme rotasjonshastighet.



Figur 1: Oppgave 6. A: Sylinder med tykt skall. B: Sylinder med tynt skall. C: Kompakt sylinder.

Oppgave 7 (3 poeng)

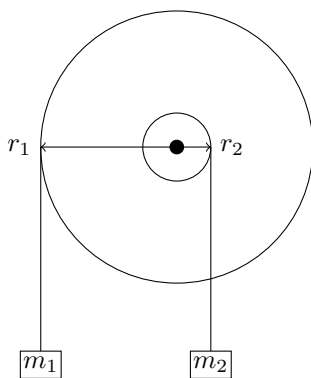
En monstertruck (som har hjul som veier omtrent like mye som resten av bilen) kjører nedover en bakke. Anta at hjulene ruller rent (ikke spinner). Hvilket av følgende utsagn er sant om friksjonskraften fra bakken på dekkene?

- A. Om motoren akselererer bilen mer enn om den bare hadde trillet, peker friksjonskraften *alltid* nedover planet.
- B. Om motoren akselererer bilen raskere enn om den bare hadde trillet, peker friksjonskraften nedover planet når dreiemomentet fra motoren overstiger en viss verdi.
- C. Om bilen triller (uten motorkraft) med økende fart, peker friksjonskraften nedover planet.
- D. Om bilen triller med konstant fart fordi man holder bremsen nede, blir absoluttverdien til friksjonskraften mindre enn i C
- E. Om bilen bremses slik at farten minker, peker friksjonskraften nedover planet.

Oppgave 8 (2 poeng)

Anta at vi har to trinser med radius $r_1 = 12$ cm og $r_2 = 4,0$ cm som er festet på samme aksling slik at de må rotere med samme vinkelhastighet. Trinsesystemet som helhet har et treghetsmoment på $I = 0,50$ kgm². Rundt hver av trinsene er det tvunnet opp en snor hvor det henger klosser med masse på henholdsvis $m_1 = 1$ kg og $m_2 = 2$ kg. Se figur 2. Snoren sklir ikke på trinsa. Hvilket av følgende utsagn er sant?

- A. m_1 faller nedover.
- B. Det totale dreiemomentet på trinsesystemet er null.
- C. Klossenes akselerasjon er like stor.
- D. Klossenes akselerasjon er uvhengig av trinsenes masse.
- E. Klossenes akselerasjon er uavhengig av trinsenes radius.



Figur 2: Trinsesystem for oppgave 8 og 9

Oppgave 9 (3 poeng)

Hva blir akselerasjonen til klossen som faller nedover i systemet som er angitt i oppgave 8?

- A. $0,094$ m/s² B. $0,12$ m/s² C. $0,23$ m/s² D. $0,37$ m/s² E. $0,49$ m/s²

Oppgave 10 ()

En hul sylinder med tynne vegger med radius $R = 0,50$ m og masse $m = 20$ kg ruller (uten å skli) ned et skråplan som har en vinkel på $\theta = 30^\circ$ over horisontalen. Sylindren starter i ro 10 m opp langs skråplanet. Hva er hastigheten til sylindren i det den kommer til enden av skråplanet?

- A. $7,0$ m s⁻¹ B. $11,0$ m s⁻¹ C. $13,7$ m s⁻¹ D. $17,9$ m s⁻¹ E. $21,2$ m s⁻¹

Oppgave 11 (2 poeng)

En kloss i enden av en fjær svinger harmonisk. Om vi dobler amplituden på svingningen, hvordan påvirker dette perioden, T , og maksimal hastighet, v_{max} ?

- A. Både T og v_{max} dobles.
- B. T er uendret og v_{max} dobles.
- C. Både T og v_{max} forbli uendret.
- D. T dobles og v_{max} forblir uendret.
- E. T forblir uendret og v_{max} øker med en faktor $\sqrt{2}$.

Oppgave 12 (2 poeng)

Et drevet og dempet harmonisk svingesystem svinger med en amplitude på 0,10 m. Systemet har en fjærkonstant på $7,0 \text{ N m}^{-1}$ og en dempningskoeffisient $b = 0,20 \text{ N s m}^{-1}$. Systemet drives med en frekvens på 8 Hz. Hvor mye mekanisk energi dissiperes av dempningen gjennom en svingeperiode? (Hint: $\int_0^{2\pi} \sin^2(x) dx = \pi$).

- A. 0,16 J B. 0,32 J C. 0,54 J D. 0,78 J E. 0,99 J

Oppgave 13 (32 poeng)

Et drevet og dempet harmonisk svingesystem svinger med en amplitude på 0,20 m. Systemet har en fjærkonstant på $50,0 \text{ N m}^{-1}$. En ukjent dempningskoeffisient b gjør energien som blir dissipert i hver syklus er 0,025 J. Hva blir Q-faktoren til systemet? Q-faktoren er gitt av forholdet mellom mekanisk energi lagret i systemet og energitap per syklus.

- A. 0.90 B. 16 C. 40 D. 62 E. 70

Oppgave 14 (3 poeng)

La en hammer representeres av et 20 cm langt skaft med en masse på 500 g og et 10 cm lang hode som er vinkelrett på skaftet og har en masse på 400 g. Anta at skaftet og hodet har homogen massetetthet. Skaftet sitter midt på hodet. Se bort fra tykkelsen til skaft og hode. Hvor langt fra skjøten mellom hode og skaft er massesenteret til hammeren?

- A. 3,0 cm B. 4,2 cm C. 5,6 cm D. 6,9 cm E. 10 cm

Oppgave 15 (2 poeng)

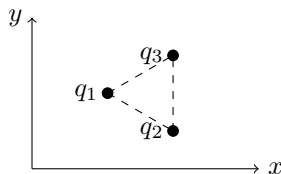
Vi har to partikler med ladning $q_1 = 3 \text{ C}$ og $q_2 = 1 \text{ C}$ som er en avstand $d = 1 \text{ m}$ fra hverandre. Hvilket av følgende utsagn om de elektrostatiske kreftene mellom partiklene er sant?

- A. Kraften på q_1 er større enn kraften på q_2
 B. Kraften på q_2 er større enn kraften på q_1
 C. Kraftene øker med økende avstand d
 D. Kraftene som virker på partiklene peker i samme retning
 E. Kraftene som virker på partiklene er like store

Oppgave 16 (2 poeng)

Tre punktladninger ligger på hjørnene av et likesidet triangel som vist i figur 3. Linjen mellom q_3 og q_2 er parallell med y -aksen. $q_1 = q_2 = -q_3$. I hvilken retning peker netto kraft som virker på q_1 ?

- A. I positiv x -retning.
 B. I negativ x -retning.
 C. I positiv y -retning.
 D. I negativ y -retning.
 E. Inn i planet.

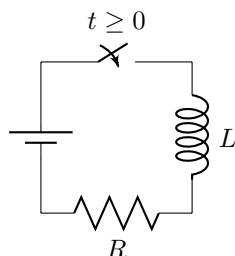


Figur 3: Oppgave 16.

Oppgave 17 (3 poeng)

Vi har en krets som vist i figur 4. Hvilket av følgende alternitiv beskriver strømmen I_0 i det bryteren lukkes, og for strømmen I_∞ når bryteren har vært lukket lenge?

- A. $I_0 = V/R, I_\infty = V/L$
 B. $I_0 = V/L, I_\infty = 0$
 C. $I_0 = V/R, I_\infty = 0$
 D. $I_0 = 0, I_\infty = V/R$
 E. $I_0 = 0, I_\infty = V/(R + L)$

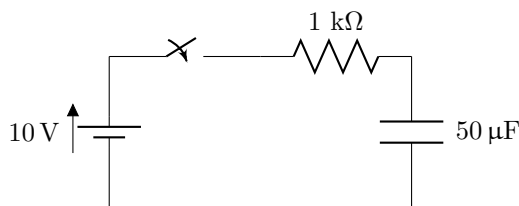


Figur 4: En LR krets
. Oppgave 17

Oppgave 18 (3 poeng)

Gitt kretsen i figur 5. Det er ingen ladning på kondensatoren før bryteren lukkes. Anta at bryteren lukkes ved $t = 0$. Hvor stor er ladningen på kondensatoren ved $t = 30$ ms. (Hint: den generelle løsningen for differensiallikningen $y' + ay = b$ er $y(t) = c \exp(-at) + \frac{b}{a}$.)

- A. $2,9 \mu\text{C}$ B. $8,1 \mu\text{C}$ C. $0,018 \text{mC}$ D. $0,054 \text{mC}$ E. $0,23 \text{mC}$



Figur 5: Krets for oppgave 18

Oppgave 19 (2 poeng)

En 20 km lang leder beveger seg gjennom ionosfæren hvor jorden gir opphav til et magnetfelt $B = 25 \mu\text{T}$. Lederen beveger seg med en hastighet på 8000ms^{-1} gjennom magnetfeltet. Både lederens lengderetning og hastigheten er vinkelrett på magnetfeltet. Hvor stor spenning blir generert i lederen?

- A. 1,1 kV B. 2,3 kV C. 3,3 kV D. 4,0 kV E. 5,7 kV

Oppgave 20 (3 poeng)

To ulike ioner med ulik masse m_1 og m_2 men med samme ladning q , starter fra ro ved en elektrode og akselereres mot en annen elektrode. Mellom elektrodene er det en potensialforskjell V . Ved den siste elektroden går atomene gjennom en spalte hvor de kommer inn i et magnetfelt B som er vinkelrett på bevegelsesretningen. I magnetfeltet følger atomene en sirkulær bane. Hva blir forholdet r_1/r_2 mellom radien til banene for de to atomene?

- A. $\frac{m_1+m_2}{m_1-m_2}$ B. $\ln \frac{m_1}{m_2}$ C. $\frac{m_1^2}{m_2^2}$ D. $\frac{m_1}{m_2}$ E. $\sqrt{\frac{m_1}{m_2}}$

Oppgave 21 (2 poeng)

En punktladning med ladning $q = 4,0 \mu\text{C}$ er plassert i punktet $(0,25 \text{ cm}, 0,25 \text{ cm}, 0 \text{ cm})$ inne i en tenkt kube med sidekanter på 1,0 cm som er sentrert i origo. Hva blir integralet av det elektriske feltet (fluksen) over alle sidekantene, altså $\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A}$?

- A. $0,12 \times 10^6 \text{ V m}$ B. $0,45 \times 10^6 \text{ V m}$ C. $1,6 \times 10^6 \text{ V m}$ D. $3,8 \times 10^6 \text{ V m}$ E. $4,9 \times 10^6 \text{ V m}$

Oppgave 22 (2 poeng)

En sløyfe med areal på $0,45 \text{ cm}^2$ hvor det går en strøm på 0,10 A ligger i et magnetfelt på 0,4 T hvor normalvektoren til planet definert av sløyfen er parallell med magnetfeltet. Hva blir dreiemomentet som virker på sløyfen.

- A. 0 N m B. 0,12 N m C. 0,76 N m D. 1,9 N m E. 2,8 N m

Oppgave 23 (2 poeng)

En sirkulær sløyfe med areal $A = 1,5 \text{ m}^2$ roterer 50 ganger i sekundet rundt sin egen diameter i et magnetfelt $B = 0,12 \text{ T}$ slik at rotasjonsaksen ligger vinkelrett på magnetfeltet. Sløyfen har en total motstand $R = 30 \Omega$. Hvor stor blir den maksimale strømmen forårsaket av den induerte elektromotoriske spenningen?

- A. 32 mA B. 0,18 A C. 0,45 A D. 1,2 A E. 1,9 A

Oppgave 24 (3 poeng)

Anta at vi har en ideell lang spole med tverrsnittsareal A og n vindinger per lengdeenhet. For en ideell lang spole magnetfeltet inne i spolen homogent over tverrsnittet og gitt av $B = \mu_0 in$, hvor i er strømmen i spolen, og n er tettheten av vindinger (vindinger per lengdeenhet). Utenfor spolen er magnetfeltet neglisjerbart. En leder er tvunnet N ganger rundt spolen. Hva er den gjensidige induktansen mellom spolen og lederen (Hint: Den gjensidige induktansen M er definert av $\mathcal{E}_2 = -M \frac{di_1}{dt}$)?

- A. $M = \mu_0 ANn$
- B. $M = \mu_0 AN^2/n$
- C. $M = \mu_0 A(N - n)N$
- D. $M = \mu_0 A(N^2 - n^2)$
- E. $M = \mu_0 AN^{-1}n^3$

Oppgave 25 (2 poeng)

Om vinteren kjennes det kaldere ut å ta på en lyktestolpe av metall enn en telefonstolpe av tre. Hvorfor er det slik?

- A. Metallet inntar en lavere temperatur enn tre om vinteren
- B. Metallet har høyere varmekapasitet enn tre
- C. Metallet har lavere varmekapasitet enn tre
- D. Metallet har høyere varmeledningsevne enn tre
- E. Metallet har lavere varmeledningsevne enn tre

Oppgave 26 (4 poeng)

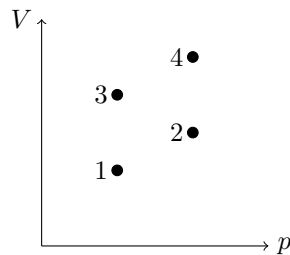
En bjørn sover i hi om vinteren. Bjørnen har et spekklag som er 5,0 cm tykt med en varmeledningsevne på $0,20 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ og en pels som er 5,0 cm tykk og har en termisk ledningsevne på $0,020 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Bjørnen har en kroppstemperatur på 37°C og i hiet er det en temperatur på $-2,0^\circ\text{C}$. Anta at bjørnens overflateareal er $2,0 \text{ m}^2$. Hvor stort er bjørnens varmetap (effekten) gjennom spekk og pels?

- A. 9 W B. 18 W C. 28 W D. 42 W E. 52 W

Oppgave 27 (2 poeng)

I pV -diagrammet i figur 6, representerer fire punkter en ideell gass i 4 ulike tilstander. I hvilke(n) av disse tilstanden er temperaturen høyest?

- A. 2 B. 3 C. 4 D. 1 og 2 E. 3 og 4



Figur 6: Oppgave 27.

Oppgave 28 (2 poeng)

En (reversibel) Carnot varmemaskin har isoterme prosesser ved 900 K og 400 K . Ved den høyeste temperaturen tilføres en varme $Q = 260 \text{ kJ}$. Hvor mye varme fjernes ved den laveste temperaturen?

- A. 31,1 kJ B. 63,5 kJ C. 97,0 kJ D. 116 kJ E. 178 kJ

Oppgave 29 (2 poeng)

Et kjøleskap som følger en Carnot-syklus står i et kjøkken med en romtemperatur på 301 K . Anta at dette er temperaturen til det varme reservoaret i kjølemaskinen. Kjøleskapet gjør et arbeid på 173 J for å fjerne 2578 J varme fra maten i kjøleskapet. Hva er den minste temperaturen vi kan få inni kjøleskapet, altså hva er temperaturen til det kalde reservoaret i kjølemaskinen?

- A. 278 K B. 280 K C. 282 K D. 284 K E. 286 K

Oppgave 30 (2 poeng)

En satelitt stopper plutselig opp og faller loddrett ned gjennom atmosfæren under påvirkning av tyngdekraften og friksjon fra atmosfæren. Tyngdekraften følger Newtons gravitasjonslov og friksjonen fra atmosfæren går som $f = b(h)v^2$, hvor h er høyden over jordoverflaten og v er hastigheten til satelitten. Luftmostanden varierer med atmosfærens tetthet som $b(h) = b_0(\exp(-h/H))$, hvor H er en konstant. Hvilken av følgende kodesnutter skal byttes ut med ******* i koden nedenfor for å plote satelittens hastighet som funksjon av høyde over jordoverflaten (forutsatt at den ikke brenner opp på vei ned, noe den ville gjort i virkeligheten)?

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

y_0 = 700e3 #Start height over earth surface
b_0 = 1.0 #frictional coefficient at surface
H = 7.99e3 #scale height for atmosphere density
G = 6.67e-11 #Gravitational constant
Me = 5.97e24 #Mass earth
Ms = 1.0e3 #Mass satelite
Re = 6371e3 #Jordens radius
#-----
N = 30000 #Data points
T = 10*60.0 #Simulation interval
h = T/(N-1) #Time step
t = np.linspace(0,T,N) #time points
y = np.zeros(N) #postitions
v = np.zeros(N) #velocity
y[0] = y_0

for i in range(0,N-1):
    ***
    if y[i+1]<0:
        break

plt.plot(y,v)
plt.show()

A. a = -mg + 1.0/Ms*b_0*(np.exp(-y[i]/H))*v[i]**2
   v[i+1] = a*h + v[i]
   y[i+1] = v[i]*h + y[i]

B. a = -mg + 1.0/Ms*b_0*(np.exp(-y[i]/H))*v[i]**2
   v[i+1] = a + v[i]
   y[i+1] = v[i] + y[i]

C. a = -G*Me/(y[i]+Re)**2 + 1.0/Ms*b_0*(np.exp(-y[i]/H))*v[i]**2
   v[i+1] = a + v[i]**2
   y[i+1] = v[i] + y[i]**2

D. a = -G*Me/(y[i]+Re)**2 + 1.0/Ms*b_0*(np.exp(-y[i]/H))*v[i]**2
   v[i+1] = a*h + v[i]
   y[i+1] = v[i]*h + y[i]

E. a = -G*Me/(y[i]+Re)**2 + 1.0/Ms*b_0*(np.exp(-y[i]/H))*v[i]**2
   v[i+1] = a*h + v[i]**2
   y[i+1] = v[i]*h + y[i]**2
```


Fysiske konstanter

$$\begin{aligned}g &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\k_B &= 1,3807 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \\N_A &= 6,02 \cdot 10^{23} \\R &= N_A k_B = 8,31 \text{ Jmol}^{-1} \text{K}^{-1} \\ \epsilon_0 &= 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2} \\ \mu_0 &= 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2 \\ k &= 8,99 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 \text{C}^{-2} \\ e &= 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ m_e &= 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \\ G &= 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}\end{aligned}$$

Mekanikk

$$\begin{aligned}\mathbf{a} &= \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2} \\ \mathbf{s}(t) &= \mathbf{v}_0 t + \frac{1}{2} \mathbf{a} t^2 \\ \mathbf{v}(t) &= \mathbf{v}_0 + \mathbf{a} t \\ \mathbf{F} &= m\mathbf{a} \\ \mathbf{p} &= m\mathbf{v} \\ \frac{d\mathbf{p}}{dt} &= \mathbf{F} \\ W &= \int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s} \\ K &= \frac{1}{2} m v^2 \\ W_{\text{tot}} &= \Delta K \\ \mathbf{F} &= -\nabla U \\ F_T &\leq \mu_s F_{\perp} \\ \alpha &= \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2} \\ b &= \theta r, v = \omega r, a = \alpha r \\ K_{\text{rot}} &= \frac{1}{2} I \omega^2 \\ \boldsymbol{\tau} &= \mathbf{r} \times \mathbf{F}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau &= I\alpha \\ I &= \sum_i m_i \mathbf{r}_i^2 \\ I_r &= I_0 + M r^2 \\ \mathbf{r}_{\text{cm}} &= \frac{1}{M_{\text{tot}}} \sum_i m_i \mathbf{r}_i \\ \mathbf{I} = \Delta \mathbf{p} &= \int \mathbf{F} dt \\ \mathbf{F} &= G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{\mathbf{r}}\end{aligned}$$

Svingninger

$$\begin{aligned}x'' + \omega_0^2 x &= 0 \\ \omega_0 &= \sqrt{k/m} \\ T &= 2\pi/\omega \\ f &= 1/T\end{aligned}$$

Termisk fysikk

$$\begin{aligned}n & \text{ (antall mol)} \\ N &= n N_A \text{ (antall molekyler)} \\ \Delta U &= Q - W \\ pV &= nRT \\ pV &= N \frac{2}{3} K_{\text{avg}} \\ W &= \int p dV \\ dQ &= nC dT \\ C_V &= \frac{3}{2} R \text{ (en-atomig)} \\ C_V &= \frac{5}{2} R \text{ (to-atomig)} \\ C_P &= C_V + R \\ \gamma &= \frac{C_P}{C_V} \\ PV^\gamma &= \text{konst (adiabatisk)} \\ TV^{\gamma-1} &= \text{konst (adiabatisk)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{W}{Q} \\ \eta_{\text{Carnot}} &= 1 - \frac{T_c}{T_h} \\ dS &= \frac{dQ_{\text{rev}}}{T}\end{aligned}$$

Elektrisitet og magnetisme

$$\begin{aligned}\mathbf{F} &= k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{\mathbf{r}} \\ \mathbf{E} &= \frac{\mathbf{F}}{q} \\ \Delta V &= -\int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} \\ \Phi_B &= \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} \\ \oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} &= \frac{Q}{\epsilon_0} \\ \oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} &= 0 \\ \oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} &= \mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt} \\ \oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} &= \mu_0 (I + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}) \\ d\mathbf{B} &= \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{d\mathbf{l} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2} \\ \mathbf{F} &= q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \\ \boldsymbol{\tau} &= \boldsymbol{\mu} \times \mathbf{B} \\ \mu &= I A \\ C &= \frac{Q}{V} \\ V &= RI \\ R &= \rho \frac{L}{A}\end{aligned}$$

Annet

$$\Delta f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta x_1\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \Delta x_2\right)^2} + \dots$$

Vedlegg 1: Svarark (riv av og lever med eksamensomslag)

Kandidatnummer:

Fagkode:

	A	B	C	D	E
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					