

Institutt for Fysikk

Eksamensoppgave i TFY 4125 Fysikk

Faglig kontakt under eksamen: Magnus Borstad Lilledahl

Tlf.: 73591873 / 92851014

Eksamensdato: 01.6.16

Eksamenstid (fra-til): 0900-1300

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

Annen informasjon: Eksamenssettet er utarbeidet av Magnus Borstad Lilledahl og Elisabeth Inge Romjin

Målform/språk: Bokmål-A

Antall sider: 8 sider

Antall sider vedlegg: 1 side (svarark for flervalgsoppgaver)

Kontrollert av:

Dato

Sign

Merk! Studenter finner sensur i Studentweb. Har du spørsmål om din sensur må du kontakte instituttet ditt. Eksamenkontoret vil ikke kunne svare på slike spørsmål.

Instruksjoner

Oppgavesetter består kun av flervalgsoppgaver. Svar markeres på vedlagte svarark bakerst i oppgavesettet. Riv av dette svararket og lever sammen med eksamensomslaget. Sett kun ett kryss. **Husk å markere kandidatnummer på svararket** 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. For alle fysiske konstanter, bruk antall signifikante siffer som angitt i formelarket på side 8 hvis ikke annet er oppgitt. Oppgaven kommer ikke nødvendigvis i stigende vanskelighetsgrad så ikke vent for lenge med å gå videre dersom du står fast. Lykke til!. Oppgavesettet kommer i ulike versjoner med oppgavene i ulik rekkefølge. Pass på at følgende oppgaversjon stemmer overens med versjonen som er angitt på svararket på slutten av oppgavesettet. **Oppgaveversjon: A**

1. (2 points) En rampete måke flyr etter deg og sikter inn en ladning. Du tusler med en konstant hastighet på 1.4 m s^{-1} . Måken flyr 20 m høyere enn deg med en fart på 11 m s^{-1} parallelt med bakken og din fartsretning. Hvor langt unna deg (dvs horisontal avstand) må måken avfyre for at den skal treffe deg? Anta at avføringen har samme startfart som farten til måken, se bort fra luftmotstand og din egen høyde og anta at $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.
A. 2.8m B. 19m C. 20m D. 22m E. 25m
2. (2 points) Du skal hoppe strikk fra en 50 m høy heiskran. Strikken har en fjærkonstant på 150 N m^{-1} . Anta at du veier 75 kg. Hvor lang kan strikken være for at du akkurat skal stoppe rett før du treffer bakken. Anta $g = 9.8 \text{ m/s}^2$
A. 7 m B. 10 m C. 14 m D. 18 m E. 28 m
3. (2 points) To kuler med samme fart v og samme masse m går henholdsvis i x -retning og y -retning. Hva er absoluttverdien til den totale bevegelsesmengden til systemet?
A. $2mv$ B. $\sqrt{2}mv$ C. $mv/\sqrt{2}$ D. $2\sqrt{2}mv$ E. $mv/2$
4. (2 points) En liten kule med masse m som henger i en snor med lengde L som er festet i taket blir trukket ut til siden så den er $L/2$ høyere enn likevektspunktet og sluppet. Hva er snorkraft i det kula når likevektspunktet?
A. 0 B. mg C. $2mg$ D. $3mg$ E. $4mg$
5. (2 points) To fjærer, med fjærkonstantene k_1 og k_2 , er seriekoblet. Du skal erstatte de to fjærene med én fjær og skape et tilsvarende system med samme effektive fjærkonstant. Hvilken fjærkonstant skal den nye fjæren ha?
A. $k_1 + k_2$ B. $k_1 - k_2$ C. $k_1 k_2$ D. $\frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$ E. $\frac{k_1 + k_2}{k_1 k_2}$
6. (3 points) Anta at vi har en tynn stang med lengde L hvor massetettheten ρ til stangen varierer som $\rho(x) = \rho_0(1 + bx)$ langs stangen, hvor x er posisjon langs stangen med $x = 0$ ved enden. Konstanten b er gitt av $b = 2/L$. Hva er treghetsmomentet til stangen for rotasjon rundt midtpunktet på stangen?
A. $\rho_0 \frac{1}{6} L^3$ B. $\rho_0 \frac{5}{12} L^3$ C. $\rho_0 \frac{1}{24} L^3$ D. $\rho_0 \frac{7}{24} L^3$ E. $\rho_0 \frac{13}{24} L^3$
7. (2 points) Anta at vi har en uniform lang tynn stang med treghetsmoment $I = \frac{1}{12} ML^2$ rundt midtpunktet, som roterer med vinkelhastighet ω rundt en akse gjennom midtpunktet. Dersom vi nå plasserer to punktmasser, hver med masse M , slik at de fester seg på enden av stangen mens den roterer, (uten at det virker noe eksternt dreiemoment på systemet), hva blir den resulterende vinkehastigheten?
A. $\frac{1}{2}\omega$ B. $\frac{1}{3}\omega$ C. $\frac{1}{5}\omega$ D. $\frac{1}{7}\omega$ E. $\frac{1}{8}\omega$
8. (2 points) Anta at vi har et svingesystem som består av en masse og en fjær med en gitt resonansfrekvens. Dersom vi dobler massen og halverer fjærkonstanten, hva skjer med resonansfrekvensen?
A. Den øker. B. Den minker. C. Den forblir uendret D. Det kommer an på amplituden til svingningen.
E. Det kommer an på frekvensen til drivkraften.
9. (2 points) En sylinder med masse m , radius R og med treghetsmoment $\frac{1}{5}mR^2$ (altså med ikke-uniform massefordeling), ruller nedover et skråplan med helning θ . Anta ren rulling. Hva er friksjonskraften som må virke fra skråplanet på sylindere?
A. $\frac{1}{2}mg \sin \theta$ B. $\frac{1}{3}mg \sin \theta$ C. $\frac{1}{4}mg \sin \theta$ D. $\frac{1}{5}mg \sin \theta$ E. $\frac{1}{6}mg \sin \theta$
10. (2 points) En kule festet i en snor som er festet til en vegg henger inntil veggen (som vist i figur 1). Lengden på snoren er L og radien på kula er R . Massen er M . Hva er snorkraften som virker på kula?
A. Mg B. $\frac{Mg}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{R+L}\right)^2}}$ C. $\frac{Mg}{\sqrt{1 - \left(\frac{R}{R+L}\right)^2}}$ D. $\frac{Mg}{\sqrt{1 - \left(\frac{R}{R+L}\right)^2}}$ E. $Mg \frac{R}{R+L}$
11. (2 points) Du trekker rett opp på en snor som er festet til en jojo som vist på figur 2. Det er tilstrekkelig friksjon til at jojoen ikke spinner. Hva er riktig om friksjonskraften på jojoen og retningen den vil rulle?
A. Ruller til venstre, friksjonskraft er null.
B. Ruller til høyre, friksjonskraft er null.
C. Ruller mot venstre, friksjonskraft peker mot venstre.
D. Ruller mot høyre, friksjonskraft peker mot høyre.
E. Friksjonskraft og retning på rulling er i motsatt retning.

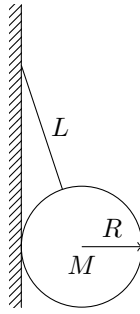


Figure 1: En kule med masse M er festet til en vegg med en snor med lengde L . (Oppgave 10)

12. (2 points) Anta at vi har to ladninger med ladning $+q$ og $-q$ plassert på x -aksen, symmetrisk om origo. I hvilken retning peker det elektriske feltet i et punkt på y -aksen?
 A. x -retning B. y -retning C. z -retning D. 45 grader på x -aksen E. Feltet er null
13. (3 points) Det elektriske feltet rundt en veldig lang leder med en uniform ladningsfordeling kan skrives som $\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \frac{k}{r} \mathbf{a}_r$, hvor \mathbf{a}_r er den radiale enhetsvektor (positiv retning utover). Om vi lar $k = 1.0 \text{ V}$ hva blir det elektriske potensialet ved $r = 0.50 \text{ m}$, relativt til $r = 1.0 \text{ m}$?
 A. 0.11 V B. 0.43 V C. 0.69 V D. 0.99 V E. 1.2 V
14. (2 points) En metallring roterer med uniform vinkelhastighet rundt y -aksen, slik at normalvektoren på arealet omsluttet av ringen roterer i xz -planet. Ringen roterer i et homogent magnetfelt som peker i en vilkårlig retning i xz -planet. Ved hvilken vinkel mellom ringens normalvektor og B-feltet, vil den induerte spenningen i lederen være størst?
 A. 0° B. 30° C. 45° D. 60° E. 90°
15. (2 points) En ladd partikkel beveger seg med en hastighet v . I hvilken retning i forhold til bevegelsesretningen vil det magnetiske feltet generert av partikkelen være sterkest i en avstand R fra partikkelen?
 A. Foran partikkelen, langs partikkelens bevegelsesretning.
 B. 45 grader til siden for bevegelsesretning.
 C. I en retning 90 grader i forhold til bevegelsesretningen.
 D. Rett bak partikkelen.
 E. Feltet er like sterkt i alle retninger i en avstand R .
16. (2 points) En krets består kun av en kondensator og en motstand i serie. Anta at kondensatoren, som har en kapasitans $C = 1.0 \text{ mF}$, initielt er ladet opp med en hvis ladning Q . Når vi slutter kretsen lades kondensatoren ut gjennom motstanden og vi måler at totalt 10 J termisk energi genereres i motstanden gjennom utladningen. Hvor mye ladning var initielt på kondensatoren?
 A. 0.11 mC B. 0.45 mC C. 12 mC D. 35 mC E. 0.14 C
17. (2 points) Hovedegenskapen til en spole i en elektrisk krets er å
 A. Lagre ladning
 B. Hindre rask endring i motstand
 C. Hindre rask endring i strøm
 D. Hindre rask endring i spenning
 E. Levere energi til kretsen

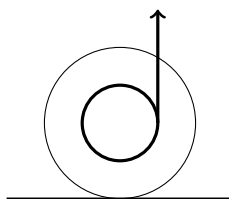


Figure 2: Jojo (Oppgave 11)

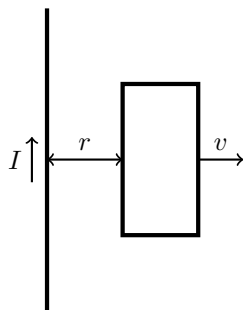


Figure 3: Sløyfe som beveger seg mot høyre, bort fra strømførende leder (Oppgave 18).

18. (2 points) En kvadratisk sløyfe beveger seg bort fra en strømførende leder som vist på figur 3. Hvilket utsagn er riktig om den induserte spenningen i sløyfen?
- går mot klokken, øker med r og proporsjonal med I .
 - går med klokken, øker med r og proporsjonal med I .
 - går mot klokken, minker med r og proporsjonal med I .
 - går med klokken, minker med r og proporsjonal med I .
 - går mot klokken, minker med r og proporsjonal med I^2 .

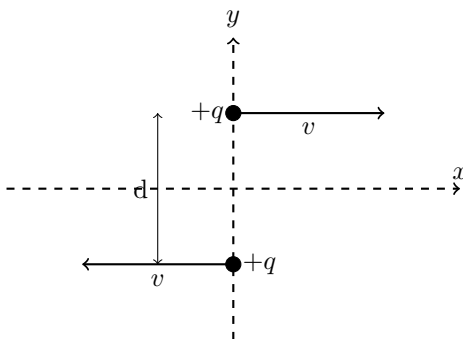


Figure 4: Oppgave 19.

19. (2 points) To positivt ladde partikler med ladning q passerer hverandre i en avstand d med hastighet v langs parallelle baner men i motstatt retning som vist i figur 4. Positiv z -retning er ut av arket. Hva blir det magnetisk feltet i origo?
- $-\frac{2\mu_0 v q^2}{\pi d^2} \hat{\mathbf{k}}$
 - $-\frac{2\mu_0 v q^2}{\pi d^2} \hat{\mathbf{j}}$
 - $-\frac{2\mu_0 v q}{\pi d^2} \hat{\mathbf{j}}$
 - $-\frac{2\mu_0 v q}{\pi d^2} \hat{\mathbf{k}}$
 - 0
20. (2 points) En punktladning beveger seg i retningen $\hat{r} = 1/\sqrt{2}\hat{x} + 1/\sqrt{2}\hat{y}$. Det blir skrudd på et konstant og uniformt magnetisk felt i x -retning. Hvordan oppfører punktladningen seg?
- Den fortsetter uendret i samme retning
 - Bøyer av og fortsette parallelt med x -aksen
 - Går i en sirkelbane rundt z -aksen.
 - Går som en heliks i \hat{y} retning
 - Går som en heliks i \hat{x} retningen
21. (3 points) I CERNs partikkelakselerator blir protoner (ladning 1.60×10^{-19} C, masse $1.67 \cdot 10^{-27}$ kg) akselerert til borti mot lys-hastigheten ($c = 3.00 \times 10^8$ m s $^{-1}$). En del av akseleratoren består av en sirkulær bane med en radius på 25.0 m. Her blir protonene akselerert fra en fart på $c/3$ til $0.916c$ ved hjelp av elektriske felt. Magnetiske felt blir brukt for å styre protonene. Anta at magnetfeltet alltid står vinkelrett på bevegelsesretningen til protonene. Hva må styrken til magnetfeltet være for at protonene holder seg i en sirkulær bane?
- 41.8 mT
 - øke fra 41.8 mT til 76.0 mT
 - 115 mT
 - Øke fra 41.8 mT til 115 mT
 - Minke fra 115 mT til 41.8 mT

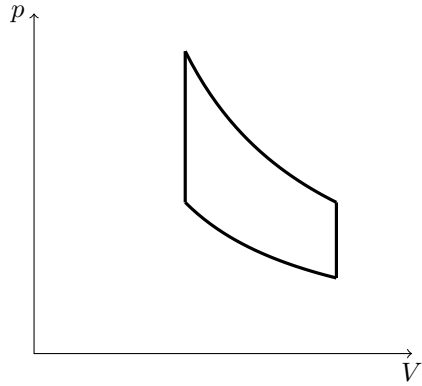


Figure 5: Stirling syklus (Oppgave 25, 26 og 27)

22. (2 points) Anta vi har en aksling som skal stikkes inn i et hull på et tannhjul. Hullet er like stort som akslingen med veldig god nøyaktighet slik at det kan være trangt å få stukket den inn. Hva bør vi gjøre for å gjøre det enklere å få den inn?
- varme opp begge objektene
 - kjøle ned begge objektene
 - varme opp akslingen og kjøle ned tannhjulet
 - varme opp tannhjulet og kjøle ned akslingen.
 - varme opp kun akslingen
23. (3 points) Anta at vi har en vegg som består av 2 lag med termisk ledningsevne $\kappa_1 = 0.040 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ og $\kappa_2 = 0.13 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Tykkelsene på lagene er henholdsvis $d_1 = 10 \text{ cm}$ og $d_2 = 2.0 \text{ cm}$. Anta at temperaturen på ytterflaten til det tykkeste laget er konstant $+20^\circ \text{C}$, og -20°C på den andre ytterflaten. Anta en stasjonær tilstand (altså at temperaturfordelingen gjennom veggen ikke endres over tid). Hva blir temperaturen i grensesjiktet mellom de to lagene?
- 2°C
 - -2°C
 - -6°C
 - -13°C
 - -18°C
24. (2 points) En beholder med hydrogengass blir fylt ved 0.0°C til 4.0 bar. Hva blir trykket i tanken på en varm dag hvor beholderen og gassen blir varmet opp til 30°C . Anta at beholderens volum ikke endrer seg. Anta at hydrogengassen oppfører seg som en ideell gass.
- 4.4 bar
 - 6.2 bar
 - 8.3 bar
 - 10 bar
 - 12 bar
25. (2 points) En stirling syklus består av to isotermer og to isokore prosesser (se figur 5). Anta at vi har 1.0 mol av en gass som følger en stirling syklus med følgende parametre at $V_1 = 1 \text{ L}$, $V_2 = 2 \text{ L}$, $T_H = 600 \text{ K}$ og $T_C = 300 \text{ K}$. Hvor mye varme blir tilført langs isotermeren ved den høyeste temperaturen.
- 3.5 kJ
 - 4.7 kJ
 - 5.9 kJ
 - 6.8 kJ
 - 8.1 kJ
26. (2 points) Hva er virkningsgraden til stirling-prosessen beskrevet i forrige oppgave? Anta at varmen som avgis i den ene isokore prosessen kan absorberes uten tap i den andre isokore prosessen, slik at varmen som overføres i disse prosessene ikke påvirker virkningsgraden.
- 0.34
 - 0.50
 - 0.62
 - 0.70
 - 1.0
27. (2 points) Anta en reversibel stirling-prosess (se figure 5) hvor varmeoverføringen i de isoterme prosessene er 2 J og 1 J og varmeoverføringen i de isokore prosessene er 0.5 J. $T_H = 1000 \text{ K}$ og $T_C = 500 \text{ K}$. Hva er den totale endringen i systemets entropi gjennom en full syklus?
- 0
 - $0.5 \times 10^{-3} \text{ JK}^{-1}$
 - 1 JK^{-1}
 - 2 JK^{-1}
 - 3 JK^{-1}
28. (2 points) Hvilket av følgende utsagn er sant?
- Termodynamikkens andre lov er en konsekvens av første lov.
 - Det er ikke mulig for en syklisk prosess å overføre varme fra et kaldt til et varmt objekt.
 - Det er umulig for en syklisk prosess å omgjøre all varme helt til arbeid.
 - Det er umulig for en syklisk prosess å omgjøre alt arbeid helt til varme.
 - Termodynamikkens andre lov gjelder bare reversible prosesser.

29. (2 points) Anta at vi har en stang med lengde L og masse m som balanserer vertikalt på et fast rotasjonspunkt på den nederste enden av stangen. Dersom vi gir stangen en liten startfart slik at den svinger nedover, hvilken av følgende kodesnutter skal legges inn for `***` i følgende kode for å finne stangens vinkelposisjonen $\theta(t)$ (`theta`) relativt til vertikalen ($\theta = 0$ i utgangsposisjonen)?

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
L = 0.30 #Lengde på stang
m = 1.0 #Masse
I = m*L**2/3 #Tregghetsmoment rundt enden av stangen
g = 9.8

N = 1000
T = 1.5
h = T/(N-1)
t = np.linspace(0,T,N)
theta = np.zeros(N)
omega = np.zeros(N)
tau = np.zeros(N)
omega[0] = 0.01 #startfart
```

```
for i in range(0,N-1):
```

```
    ***
```

```
    theta[i+1] = theta[i]+omega[i]*h
```

```
    omega[i+1] = omega[i] + tau[i]/I*h
```

```
#-----
```

A. `tau[i] = m*g*np.cos(theta[i])*2L`

B. `tau[i] = m*g*np.sin(theta[i])`

C. `tau[i] = m*g*np.cos(theta[i])`

D. `tau[i] = m*g*L`

E. `tau[i] = m*g*np.sin(theta[i])*L/2`

30. (2 points) Anta at vi har en ulineær fjær beskrevet av $F = -k_1x + k_2x^2$ ($x = 0$ i likevekt). En masse m er festet i enden på fjæren. Hvilken av følgende kodesnutter skal byttes ut med `***` i følgende kode for at programmet skal gi posisjonen til massen som funksjon av tid dersom vi strekker fjæren med massen og slipper?

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

```
m = 2.0
```

```
k1 = 1.0
```

```
k2 = 0.2
```

```
T = 10.0
```

```
N = 1000
```

```
h = T/(N-1)
```

```
t = np.linspace(0,T,N)
```

```
v = np.zeros(N)
```

```
x = np.zeros(N)
```

```
x[0] = 0.5
```

```
for i in range(0,N-1):
```

```
    F = -k1*x[i]+k2*x[i]**2
```

```
    ***
```

```
    x[i+1] = x[i] + v[i]*h
```

```
#-----
```

A. `v[i+1] = x[i] + F/m*h`

B. `v[i+1] =x[i] + F/m`

C. `v[i+1] = F/m*h + v[i]`

D. `v[i+1] = F/m`

E. `v[i+1] = F/m*h`

Fysiske konstanter

$$\begin{aligned}
 g &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 k_B &= 1,3807 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \\
 N_A &= 6,02 \cdot 10^{23} \\
 R &= N_A k_B = 8,31 \text{ Jmol}^{-1} \text{K}^{-1} \\
 \epsilon_0 &= 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2} \\
 \mu_0 &= 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2 \\
 k &= 8,99 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 \text{C}^{-2} \\
 e &= 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\
 m_e &= 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \\
 G &= 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2} \\
 \sigma &= 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{K}^4
 \end{aligned}$$

Mekanikk

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

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

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

$$\begin{aligned}
 n & \text{ (antall mol)} \\
 N &= n N_A \text{ (antall molekyler)} \\
 \Delta U &= Q - W \\
 pV &= nRT \\
 pV &= N \frac{2}{3} K_{avg} \\
 W &= \int p dV \\
 dQ &= nC dT \\
 C_V &= \frac{3}{2} R \text{ (en-atomig)} \\
 C_V &= \frac{5}{2} R \text{ (to-atomig)} \\
 C_P &= C_V + R \\
 \gamma &= \frac{C_P}{C_V} \\
 PV^\gamma &= \text{konst (adiabatisk)} \\
 TV^{\gamma-1} &= \text{konst (adiabatisk)} \\
 \eta &= \frac{W}{Q_H} \\
 K &= \frac{Q_C}{W} \\
 \eta_{Carnot} &= 1 - \frac{T_c}{T_h} \\
 dS &= \frac{dQ_{rev}}{T} \\
 \Delta L &= \alpha L_0 \Delta T
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= \beta V_0 \Delta T \\
 H_c &= -kA \frac{dT}{dx} \\
 H_r &= A \epsilon \sigma T^4
 \end{aligned}$$

Elektrisitet og magnetisme

$$\begin{aligned}
 \mathbf{F} &= k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{\mathbf{r}} \\
 \mathbf{E} &= \frac{\mathbf{F}}{q} \\
 \Delta V &= -\int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} \\
 \Phi_B &= \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} \\
 \oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} &= \frac{Q}{\epsilon_0} \\
 \oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} &= 0 \\
 \oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} &= \mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt} \\
 \oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} &= \mu_0 (I + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}) \\
 d\mathbf{B} &= \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\mathbf{l} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2} \\
 d\mathbf{B} &= \frac{\mu_0}{4\pi} q \frac{d\mathbf{v} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2} \\
 \mathbf{F} &= q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \\
 \boldsymbol{\tau} &= \boldsymbol{\mu} \times \mathbf{B} \\
 \mu &= IA \\
 C &= \frac{Q}{V} \\
 V &= RI \\
 R &= \rho \frac{L}{A} \\
 M &= \frac{N_s \Phi_2}{i_1} \\
 \mathcal{E}_2 &= -M \frac{di_1}{dt}
 \end{aligned}$$

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:

Oppgaveversjon: A

	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					