Institutt for Fysikk

Eksamensoppgave i TFY 4125 Fysikk

Faglig kontakt under eksamen: Magnus Borstad Lilledahl

Tlf.: 73591873 / 92851014

Eksamensdato: 23.5.14

Eksamenstid (fra-til): 0900-1300

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

Annen informasjon: Eksamenssettet er utarbeidet av Magnus Borstad Lilledahl i samarbeid med Dag Werner Breiby.

Målform/språk: Bokmål

Antall sider: 9 sider (ikke inkludert forside)

Antall sider vedlegg: 1 side (svarark for flervalgsoppgaver)

Kontrollert av:

Dato Sign

Svar markeres på vedlagte skjema bakerst i oppgavesettet. Riv av dette arket og lever med eksamensomslaget. 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 66 poeng. For alle fysiske konstanter, bruk antall signifikante siffer som angitt i formelarket på side 18

Oppgave 1 (2 poeng)

En bil starter i ro ved $t = 0$ og har en akselerasjon gitt av $a(t) = c_1 t - c_2 t^2$. $c_1 = 3{,}0\ \mathrm{m/s^3}$ og $c_2 = 0{,}6\ \mathrm{m/s^4}$. Hvor langt har bilen kjørt på 5,0 s?

A. 24 m B. 12 m C. 42 m **D. 31 m** E. 17 m

Løsningsforslag:

Vi har at $a(t) = \frac{d^2x}{dt}$. Vi integrer så denne likningen to ganger og finner først hastigheten som $v(t) = \frac{c_1}{2}t^2 - \frac{c_2}{3}t^3$ og dernest at forflytningen er gitt av

$$s(t) = \frac{c_2}{6}t^3 - \frac{c_2}{12}t^4$$

Når vi setter inn verdiene finner vi at

$$s = \frac{3{,}0\ \mathrm{m/s^3}}{6}(5{,}0\ \mathrm{s})^3 - \frac{0{,}6\ \mathrm{m/s^4}}{12}(5{,}0\ \mathrm{s})^4 = 31\ \mathrm{m}$$

Oppgave 2 (2 poeng)

En appelsin med masse $m = 0{,}231$ kg faller fra en posisjon 1,83 m over gulvet. Hva er hastigheten til appelsinen i det den treffer gulvet (hint: antall korrekte siffer)?

A. 3,0 m/s B. 6 m/s C. 2,99 m/s **D. 5,99 m/s** E. 2,993024 m/s

Løsningsforslag:

Mekanisk energi er bevart slik at $\Delta K = \Delta U \implies \frac{1}{2}mv^2 = mgh \implies v = \sqrt{2gh}$

$$v = \sqrt{2 \cdot 9{,}81\ \mathrm{m/s^2} \cdot 1{,}83\mathrm{m}} = 5{,}99\mathrm{m/s}$$

(Med korrekte 3 signifikante siffer som oppgitt i oppgaven. Massen kommer ikke inn i utregningen).

Oppgave 3 (4 poeng)

En motorsykkelkjører skal gjøre et stunt hvor han skal kjøre utfor et hopp som har en vinkel på 18 grader over horisontalen og deretter lande bortenfor en 40 m lang rekke

med biler. Hoppkanten er 3,0 m over bakken Hvor høy hastighet må han *minst* ha for å hoppe langt nok? Se bort fra luftmotstand.
A. 17 m/s **B. 23 m/s** C. 28 m/s D. 35 m/s E. 38 m/s

Løsningsforslag:
Tar utganspunkt i bevegelseslikingen for konstant akselerasjon $s = v_0 t + 1/2at^2$ For y-retningen (vertikalt) kan vi sette opp likningen

$$s_y = v_0 \sin\theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$$

og for x-retningen kan vi sette

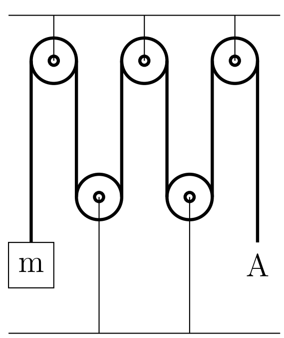
$$s_x = v_0 \cos\theta \cdot t$$

Vi løser så siste likning for t og setter inn i første. Etter litt algebra kommer vi da frem til

$$v_0 = \sqrt{\frac{g s_x^2}{2\cos^2\theta(s_x \tan\theta) - s_y)}}$$

Setter vi inn verdier får vi ($18° = 0{,}314$ rad)

$$v_0 = \sqrt{\frac{9{,}81 \text{ m/s}^2 \cdot (40 \text{ m/s})^2}{2\cos^2(0{,}314)(40 \text{ m/s} \cdot \tan(0{,}314) - (-3{,}0 \text{ m/s}))}} = 23 \text{ m/s}$$



Figur 1: Oppsett for oppgave 4.

Oppgave 4 (2 poeng)
Figur 1 viser et trinsesystem som holder opp en masse m (anta masseløs snor, samt friksjonsfrie og masseløse trinser) Hvor stor kraft på du trekke i snoren med i punkt A for at massen m ikke skal akselerere?
A. mg B. $\frac{3mg}{5}$ C. $\frac{2mg}{7}$ D. $\frac{mg}{5}$ E. $\frac{mg}{3}$

Løsningsforslag:

Snordraget er likt på begge sider av en masseløs snor slik at kraften vi må dra med i punkt A er mg for at massen ikke skal akselerere. Skulle vi hatt en trinseeffekt hvor det ble letter å holde massen oppe kunne vi festet snorenden massen henger i til gulvet og hengt opp massen i de to nederste trinsene .

Oppgave 5 (4 poeng)

En pendel (masse $m = 1{,}0$ kg, snorlengde $r = 1{,}0$ m) dras ut til siden med en vinkel $\theta = 20°$ og slippes ved $t = 0$ (pendelen er i ro når den slippes). Kreften som virker på pendelen er gravitasjonskraften samt en friksjonskraft (luftmotstand) som er gitt av $F_L = -bv(t)$, hvor $v(t)$ er banefarten til massen og $b = 0{,}050$ Ns/m). Hvilken av kodealternativene skal byttes ut med *** i koden nedenfor for at variabelen `v` gir en riktig gjengivelse av vinkelposisjonen (hint: finn riktig differensiallikning fra Newtons 2. lov, skriv som koblet sett med 1. ordens likninger og diskretiser disse)

```
import numpy as np

g = 9.81  #gravitasjonskonstanten
b = 0.05  #friksjonskoefisient
N = 10000  #Antall datapunkter for diskretisering
T = 10.0  #Totalt tidsintervall
h = T/(N-1) #Tidsinterval mellom hvert datapunkt
m = 1.0  #Massen
r = 1.0  #Pendelens lengde
v = np.zeros(N) # vinkelposisjon
w = np.zeros(N) # vinkelhastighet
v[0] = 20*3.14/180 #Initialbetingelser
w[0] = 0
for n in range(0,N-1):
 ***
```

A. `w[n+1] = (g/r*np.sin(v[n])+b/m*w[n])*h + w[n]`
   `v[n+1] = w[n]*h`

B. `w[n+1] = g/r*np.sin(v[n])*h-b/m*w[n] + w[n]`
   `v[n+1] = w[n]*h + v[n]`

C. `w[n+1] = g/r*np.sin(v[n]*h-b/m*w[n] + w[n]*h`
   `v[n+1] = w[n]*h`

D. `w[n+1] = (-g/r*np.sin(v[n])-b/m*w[n])*h + w[n]`
   `v[n+1] = w[n]*h + v[n]`

E. `w[n+1] = (g/r*np.sin(v[n])*h-b/m*w[n]*h**2 + w[n]`
   `v[n+1] = w[n]*h + v[n]`

Løsningsforslag:

Om vi setter opp Newtons 2. lov for systemet får vi likningen

$$ma = -mg\sin\theta - bv(t)$$

Vi endrer så til vinkelstørrelser, deler på r og m, og får da

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -(g/r)\sin\theta - (b/m)\omega$$

Skriver dette som to koblede differensiallikniner

$$\begin{aligned} \tfrac{d\omega}{dt} &= -(g/r)\sin\theta - (b/m)\omega(t) \\ \tfrac{d\theta}{dt} &= \omega(t) \end{aligned}$$

Disse likningene diskretiseres så som

$$\begin{aligned} \omega_{n+1} - \omega_n &= (-(g/r)\sin\theta_n - (b/m)\omega_n) \cdot \Delta t \\ \theta_{n+1} - \theta_n &= \omega_n \cdot \Delta t \end{aligned}$$

Fra dette følger alternativ D.

Oppgave 6 (3 poeng)
Anta at startvinkelen i forrige oppgave er liten og at friksjonskraften er neglisjerbar. Hva er et riktig uttrykk for perioden T til svingningen?

A. $T = \sqrt{g/r}$
B. $T = g/r$
C. $T = 2\pi\sqrt{r/g}$
D. $T = \pi r\sqrt{g}$
E. $T = 2\pi r^2/g$

Løsningsforslag:
Likningen vi får blir da
$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -(g/r)\theta$$
Her ser vi at vinkelfrekvensen blir $\omega = \sqrt{\frac{g}{r}}$ (harmonisk oscilator). Sammen med definisjonen for perioden $T = \frac{2\pi}{\omega}$ følger alternativ C. Man kan også enkelt komme frem til dette svaret ved å se på enhetene til svaralternativene.

Oppgave 7 (4 poeng)
Anta at vi har systemet tilsvarende det i oppgave 5 hvor vi har målt vinkelhastigheten i N jevnt fordelte posisjoner fra startpunktet $\theta = 20°$ til bunnpunktet og lagret disse dataene i (python)variabelen `w`. Hvilket av følgende alternativer skal byttest ut med *** i koden nedenfor for at variabelen `W` skal gi en tilnærming for absoluttverdien av arbeidet som blir gjort av *friksjonskraften* i løpet av denne bevegelsen?

```
#Målepunktene er lastet inn i variabelen w
b = 0.05 #Friksjonskoeffisient
N = 10000 #Antall målepunkter
v0 = 20*3.14/180 #startpunkt
dv = v0/(N-1) #Vinkelintervall mellom målepunkter
dW = np.zeros(N-1)
 ***
W = np.sum(dW)
```

A. `F = -b*r*w`
`dW = F[1:N-1]*r*dv`

B. `F = -m/g*np.sin(w)-b*r*w`
`dW = F[1:N-1]*r*dv`

C. `F = -b*r*w`
`dW = F[1:N-1]*dv`

D.
```
F = -b*r*w
dW = F[1:N-1]*N
```

E.
```
F = -m/g*np.sin(w)-b*r*w
dW = F[1:N-1]*r*dv
```

Løsningsforslag:

For å finne arbeidet i et lite intervall tar vi produktet av kraften og lengden på intervallet

$$dW = F\Delta s = Fr\Delta\theta$$

Kraften er gitt av

$$F = -bv = -b\omega r$$

Intervallet finner vi fra å dele den totale forflytningen på antall målepunkter-1. Så er det bare å summere opp alle delarbeidene.

Oppgave 8 (3 poeng)

En 3,2 m, tilnærmet masseløs, stang har tre masser festet til seg. $m_1 = 13{,}3$ kg på den ene enden, $m_2 = 16{,}2$ kg på midten og $m_3 = 32{,}0$ kg på den andre enden. Hvor er massesenteret til stangen (målt fra enden med massen m_1)?

A. 3,0 m **B. 2,1 m** C. 2,6 m D. 1,1 m E. 1,9 m

Løsningsforslag:

Massesenterets posisjon er gitt av $r_{\text{cm}} = \dfrac{1}{M}\sum r_i m_i$.

$$M = 13{,}3 \text{ kg} + 16{,}2 \text{ kg} + 32{,}0 \text{ kg} = 61{,}5 \text{ kg}.$$

Summation gives

$$\frac{1}{M}\sum r_i m_i = 1/61{,}5 \text{ kg} \sum 0 \text{ m} \cdot 13{,}3 \text{ kg} + 1{,}6 \text{ m} \cdot 16{,}2 \text{ kg} + 3.2 \text{ m} \cdot 32{,}0 \text{ kg} = 2{,}1 \text{ m}$$

Flere av verdiene har bare to signifikante tall og dermed bør svaret også ha det.

Oppgave 9 (4 poeng)

Sisyfos dytter en stor stein (tilnærmet som en rund kompakt kule, $I = \frac{2}{5}mR^2$) med masse $m = 6000$ kg og radius $R = 1{,}0$ m opp en bakke (sterk kar). Helningen på bakken er 25°. Anta at kraften F_s han dytter med virker parallelt med bakken og langs en linje gjennom senter på kula (altså ingen friksjon mellom hendene og kula som kan gi opphav til et dreiemoment når kula roterer). Friksjonskoeffisientent mellom kula og bakken er $\mu = 0{,}20$. Hvor stor kraft kan Sisyfos dytte med uten at kula begynner å skli?

A. 62 kN B. 32 kN C. 54 kN D. 112 kN E. 19 kN

Løsningsforslag:

Definer et koordinatsystem med x-aksen oppover, parallelt med bakken og y-aksen vertikalt på bakken. Vi setter opp Newtons 2. lov for translasjon og rotasjon

$$\begin{aligned} ma &= F_s - mg\sin\theta - f \\ I\alpha &= \tau = fr \end{aligned}$$

Om vi antar at kulen ruller uten å skli må vi ha at

$$a = \alpha r = \frac{fr^2}{I}$$

Vi setter så dette inn i første likningen og løser med hensyn på F_s

$$F_s = mg\sin\theta + f\left(\frac{mr^2}{I} + 1\right) = mg\sin\theta + 7f/2$$

For friksjonen gjelder det at $f < \mu mg\cos\theta$ og vi finner dermed tilslutt at

$$F \leq mg(\mu\cos\theta\frac{7}{2}+\sin\theta) = 6000\text{ kg}\cdot 9{,}81\text{ m/s}^2\left(0{,}20\cos(25°)\frac{7}{2}+\sin(25°)\right) = 62{,}0\text{ kN}$$

Oppgave 10 (4 poeng)

En tynn stang har en massetetthet (masse/lengde) som er gitt av $\rho(x) = (0{,}2\text{ kg/m} + 0{,}1x^2\text{ kg/m}^3)$, hvor x er et punkt på stangen målt fra den ene enden. Lengden av stangen er 1.0 m. Stangen roterer rundt et punkt som er festet til den enden av stangen som er lettest. Hva er treghetsmomentet til stangen?

A. 0.012 kgm^2 B. 0.045 kgm^2 C. 0.062 kgm^2 **D.** 0.087 kgm^2 E. 0.13 kgm^2

Løsningsforslag:

Treghetsmoment er definert av $I = \sum m_i r_i^2$. Dersom vi har en kontinuerlig massefordeling får vi $I = \int r^2 dm$. Vi kan skrive $dm = \rho(r)dr$. Så setter man inn uttrykket for $\rho(r)$ og integrerer og får

$$I = \int_0^1 r^2(a+br^2)dr = \left[\frac{ar^3}{3}+\frac{br^5}{5}\right]_0^1$$

Setter inn tall og får

$$\frac{0.2\text{ kg/m}\cdot 1\text{ m}^3}{3} + \frac{0{,}1\text{ kg/m}^3\cdot 1\text{ m}^5}{5} = 0{,}087\text{ kgm}^2$$

Oppgave 11 (2 poeng)

Etter at du gnir en ballong mot håret ditt (forutsatt at du har litt mer hår en faglærer) og holder den mot veggen, hva er det som gjør at den sitter fast når du slipper den?

A. Vekselvirkning med håret skaper eddy-strømmer i ballongen som induserer strømmer i veggen slik at man får magnetisk tiltrekning.

B. Ladning på ballongen polariserer molekylene i veggen slik at man får elektrostatisk tiltrekning.

C. Gnikkingen lager små hakk i ballongen som øker friksjonskoefisienten mellom ballong og vegg.

D. Den nære kontakten mellom vegg og ballong gir et sterkt elektrisk felt som skaper dielektrisk brudd i luften og påfølgende kjemiske reaksjoner som “limer” ballongen til veggen

E. Dielektrisk brudd rundt ballongen skaper økt temperatur og dermed oppdrift som følge av konveksjonsstrømmer i luften. Det gjør at ballongen ikke detter ned.

Oppgave 12 (3 poeng)

En lukket strømsløyfe er plassert i et magnetfelt som er gitt ved $\mathbf{B} = B_0 \sin(\omega t)\hat{\mathbf{z}}$. Arealet av sløyfen er A. Hvis spolen ligger i xy planet, hva blir absoluttverdien til den induserte emf $\mathcal{E}$ i sløyfen?

A. $B_0 A$ B. $\omega B_0 A$ **C.** $A\omega B_0 \cos(\omega t)$ D. $A^2\omega^2 B_0 \cos(\omega t)$ E. $A^2\omega^2 B_0 \cos(\omega t)\sin(\omega t)$

Løsningsforslag:

Den induserte emf er gitt av

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Theta}{dt} = -\frac{d(BA)}{dt} = -A\frac{dB}{dt} = -A\omega B_0 \cos\omega t$$

Vi tar så absoluttveriden av dette svaret og får alternativ C.

Oppgave 13 (2 poeng)

Vi har to partikler med ladning $q_1 = 3$ C og $q_2 = 1$ C som er en avstand $d = 1$ 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. Kreftene øker med økende avstand d

D. Kreftene som virker på partiklene peker i samme retning

E. Kreftene som virker på partiklene er like store

Oppgave 14 (4 poeng)

Vi har tre ladninger $q_1 = -3{,}0\ \mu$C, $q_2 = -6{,}0\ \mu$C og $q_3 = 6{,}0\ \mu$C. Disse er plassert henholdsvis i posisjonene $\mathbf{r_1} = [0,\ 1.0]$ cm, $\mathbf{r_2} = [1.0,\ 3.0]$ cm og $\mathbf{r_3} = [0.0,\ 0.0]$ cm. Hva blir kraften på q_3?

A. [1.2, 3.4] N

B. [0.56, -0.99] N

C. [-1.2, 0.6] N

D. [0.30, 0.75] N

E. [0.010, 0.19] N

Løsningsforslag:

For å finne kraften bruker vi Coulombs lov sammen med superposisjonsprinsippet.

$$F_3 = \sum_{i \in (1,2)} k \frac{q_3 q_i}{|\mathbf{r}_{i3}|^3} \mathbf{r}_{i3}$$

Retningsvektorene blir

$$\begin{aligned} r_{13} = &\quad [0,0] - [0,1] = [0,-1] \\ r_{23} = &\quad [0,0] - [1,3] = [-1,-3] \end{aligned}$$

Verdien på nevneren blir

$$\begin{aligned} r_{13}^3 = &\quad (1)^{3/2} = 1.0 \\ r_{23}^3 = &\quad (1+9)^{3/2} = 31.6 \end{aligned}$$

$$F = 8{,}99 \cdot 10^9 \frac{\mathrm{Nm}^2}{\mathrm{C}^2} \left[\frac{6 \cdot (-3)}{1} [0,-1] + \frac{6 \cdot (-6)}{31{,}6} [-1,-3] \right) \frac{(\mu C)^2}{m^2} = [0.010, 0.19] \text{ N}$$

Oppgave 15 (3 poeng)

Du slipper en magnet med polene oritentert vertikalt mot en lukket spole som ligger på gulvet (spolens akse er orientert vertikalt). Akselerasjonen til magneten vil være (se bort fra luftmotstand)

A. $> g$

B. $< g$

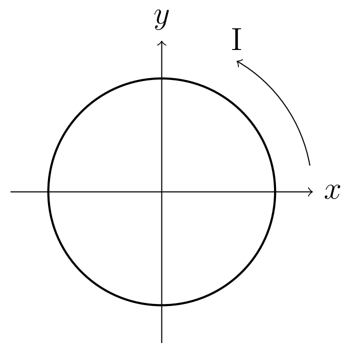
C. g

D. 0

E. Det kommer an på om sydpolen eller nordpolen er orientert mot spolen.

Løsningsforslag:

Magnetfeltet fra magneten gir opphav til en varierende fluks gjennom spolen som induserer en emf som igjen gir en strøm i spolen. Denne strømmen vil sette opp et magnetfelt som vil bremse magnetens bevegelse (Lenzs lov).



Figur 2: En spole er i et uniformt magnetfelt som går i positiv x-retning (mot høyre). Det går en strøm i kretsen i retning som pilen viser

Oppgave 16 (2 poeng)

En sirkulær spole ligger i xy planet som vist i figur 2. Anta at vi har et stasjonært magnetfelt som peker i positv x-retning. Det går en strøm i spolen som vist i figuren. I hvilken retning peker dreiemomentet (uttrykt som en vektorstørrelse) som spolen opplever.

A. $\hat{\mathbf{x}}$ B. $-\hat{\mathbf{x}}$ **C.** $\hat{\mathbf{y}}$ D. $-\hat{\mathbf{y}}$ E. $\hat{\mathbf{z}}$

Løsningsforslag:

Sløyfens magnetisk moment er i positiv z-retning (høyrehåndsregel - fingre langs strøm, tommel langs moment). Bruker så høyrehåndsregel på kryssproduktet $vecttau = \mu \times \mathbf{B}$ og finner dreiemoment langs positiv y-akse

Oppgave 17 (3 poeng)

En sirkulær spole ligger i xy planet som vist i figur 2. Anta at vi har et stasjonært magnetfelt som peker i positv x-retning. Det går en strøm i spolen som vist i figuren. Spolen starter som vist i figuren og kan rotere rundt y-aksen. I hvilken retning vil punktet som ligger lengst til høyre (på positiv x akse) bevege seg når spolen begynner å bevege seg?

A. $\hat{\mathbf{z}}$

B. $-\hat{\mathbf{z}}$

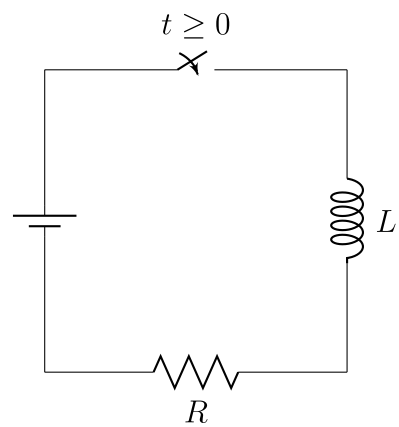
C. Den står stille

D. Det kommer an på styrken til feltet

E. Det kommer an på om lederen er paramagnetisk eller diamagnetisk

Løsningsforslag:

Høyrehåndsregel: Legger tommel langs dreiemoment og rotasjonen skjer da langs fingrene. Høyre side av sløyfen vil da bevege seg i negativ z-retning.

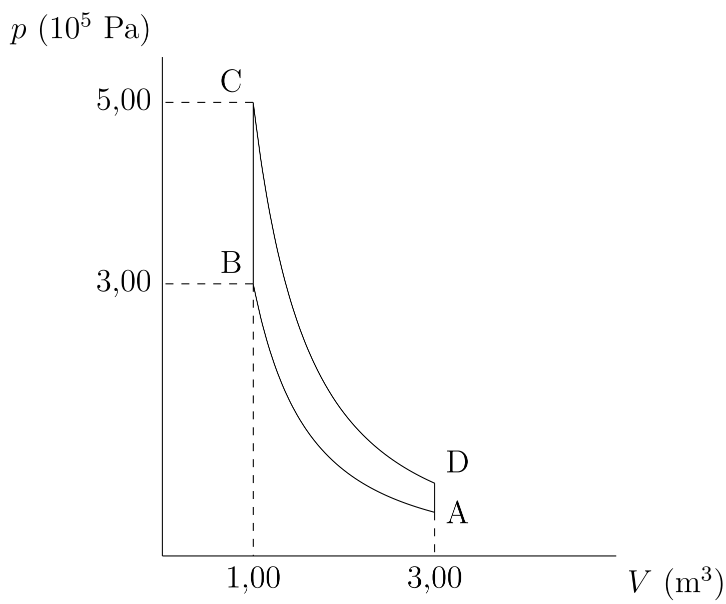


Figur 3: En LR krets

Oppgave 18 (3 poeng)
Vi har en krets som vist i figur 3. Hvilket av følgende alterntiv er riktig for 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. $I_0 = 0$, $I_\infty = V/(R + L)$

Løsningsforslag:
I det bryteren lukkes vil den induserte emf i spolen hindre strøm fra å gå slik at strømmen er lik null. Gradvis vil den induserte emf minke og spolen vil til slutt oppføre seg som en leder slik at strømmen blir $I = V/R$.



Figur 4: Den termiske prosessen går i retning A-B-C-D-A. Prosessen AB og CD er adiabatiske. Anta at alle prosesser er reversible. Virkegassen er 300 mol av en ideell (en-atomig) gass.

Oppgave 19 (3 poeng)
Gitt den termiske prosessen i figur 4. Hvor stort arbeid blir gjort av gassen i prosessen fra A til B?
A. -0,23 MJ B. -40,6 kJ C. 0 J D. 98,5 kJ E. 0,13 MJ

Løsningsforslag:
Vi har at $W = \int pdV$ og at $pV^\gamma = p_B V_B^\gamma$. Vi får da

$$W = p_B V_B^\gamma \int_{V_A}^{V_B} \frac{dV}{V^\gamma} = \frac{p_B V_B^\gamma}{1-\gamma}[V^{1-\gamma}]_{V_A}^{V_B} = \frac{p_B}{1-\gamma}\left[V_B - V_A\left(\frac{V_B}{V_A}\right)^\gamma\right]$$

Setter vi inn verdier finner vi da at arbeidet blir

$$W = \frac{3\cdot 10^5 \text{ Pa}}{1-5/3}\left[1 \text{ m}^3 - 3 \text{ m}^3 \left(\frac{1 \text{ m}^3}{3 \text{ m}^3}\right)^{5/3}\right] = -0{,}23 \text{ MJ}.$$

Oppgave 20 (3 poeng)
Gitt den termiske prosessen i figur 4. Hva er entropiendring i gassen i prosessen fra A til B?
A. -28,0 J/K B. -12,0 J/K C. 0 J/K D. 16,0 J/K E. 29,0 J/K

Løsningsforslag:
Ettersom AB er en adiabatisk prosess, vil det ikke være noen varmeutveksling og dermed heller ingen endring i entropi.

Oppgave 21 (3 poeng)
Gitt den termiske prosessen i figur 4. Hvor mye varme blir tilført gassen i prosessen fra B til C?
A. 45,0 kJ B. 60,0 kJ C. 92,0 kJ D. 115 kJ E. 300 kJ

Løsningsforslag:
Vi kan regne ut tilført varme fra $Q = nC_V\Delta T$, hvor ΔT kan finnes fra den ideelle gass loven $pV = nRT$. Vi ender da opp med $Q = \frac{3}{2}V_B\Delta p$. Om vi setter inn verdier finner vi da at

$$Q = 3/2 \cdot 1{,}0 \text{ m}^3 \cdot (5-3)\cdot 10^5 \text{ Pa} = 300{,}0\text{kJ}$$

Oppgave 22 (3 poeng)

Gitt den termiske prosessen i figur 4. Hva er virkningsgraden til denne prosessen?

A. 0,231 B. 0,381 **C. 0,519** D. 0,629 E. 0,989

Løsningsforslag:

Virkningsgraden finnes fra $\eta = \frac{W}{Q_H} = 1 - \frac{|Q_C|}{Q_H}$. Vi kan for eksempel bruke resultatet fra oppgave 21 at $Q = 3/2 V_B \Delta p$ i en isokor prosess. Vi får da

$$\eta = 1 - \frac{|Q_C|}{Q_H} = \frac{V_A}{V_B} \frac{(p_D - p_A)}{p_C - p_B} = 1 - \frac{3}{1} \frac{(0.801 - 0.480)}{5 - 3} = 0.519$$

Fysiske konstanter

$g = 9{,}81\ \mathrm{m/s^2}$
$k_\mathrm{B} = 1{,}3807 \cdot 10^{-23}\mathrm{J/K}$
$N_\mathrm{A} = 6{,}02 \cdot 10^{23}$
$R = N_\mathrm{A} k_\mathrm{B} = 8{,}31\ \mathrm{Jmol^{-1}K^{-1}}$
$\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}\ \mathrm{C^2\ N^{-1}\ m^{-2}}$
$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \mathrm{N/A^2}$
$k = 8{,}99 \cdot 10^{9}\ \mathrm{Nm^2C^{-2}}$
$e = 1{,}60 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}$
$m_\mathrm{e} = 9{,}11 \cdot 10^{-31}\ \mathrm{kg}$

Mekanikk

$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}$
$\mathbf{F} = m\mathbf{a}$
$\mathbf{p} = m\mathbf{v}$
$\frac{d\mathbf{p}}{dt} = \mathbf{F}$
$W = \int \mathbf{F} \cdot \mathbf{ds}$
$K = \frac{1}{2}mv^2$
$\mathbf{F} = -\nabla U$
$F_\mathrm{f} \leq \mu_s F_\perp$
$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$
$b = \theta r,\ v = \omega r,\ a = \alpha r$
$K_\mathrm{rot} = \frac{1}{2}I\omega^2$
$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$
$\mathbf{F} = I\boldsymbol{\alpha}$
$I = \sum_i m_i \mathbf{r}_i^2$
$I_r = I_0 + Mr^2$
$\mathbf{r_{cm}} = \frac{1}{M_\mathrm{tot}} \sum_i m_i \mathbf{r}_i$
$\mathbf{I} = \Delta\mathbf{p} = \int \mathbf{F} dt$
Betingelser for ren rulling:
$v = \omega r,\ a = \alpha r$

Svingninger

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

Termisk fysikk

n (antall mol)
$N = nN_\mathrm{A}$ (antall molekyler)
$\Delta U = Q - W$
$pV = nRT$
$pV = N\frac{2}{3}K_\mathrm{avg}$
$W = \int pdV$
$dQ = nCdT$
$C_\mathrm{V} = \frac{3}{2}R$ (en-atomig)

$C_\mathrm{V} = \frac{5}{2}R$ (to-atomig)
$C_\mathrm{P} = C_\mathrm{V} + R$
$\gamma = \frac{C_\mathrm{P}}{C_\mathrm{V}}$
$PV^\gamma =$ konst (adiabatisk)
$TV^{\gamma-1} =$ konst (adiabatisk)
$\eta = \frac{W}{Q}$
$\eta_\mathrm{Carnot} = 1 - \frac{T_c}{T_h}$
$dS = \frac{dQ_{rev}}{T}$

Elektrisitet og magnetisme

$\mathbf{F} = k\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{\mathbf{r}}$
$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q}$
$\Delta V = -\int \mathbf{E} \cdot \mathbf{ds}$
$\Phi_B = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{dA}$
$\oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$
$\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$
$\oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = \mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$
$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0(I + \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt})$
$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{d\mathbf{l} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}$
$\mathbf{F} = q(E + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$
$\boldsymbol{\tau} = \mu \times \mathbf{B}$
$\mu = IA$
$C = \frac{Q}{V}$
$V = RI$

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					