NTNU
Kunnskap for en bedre verden

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. Eksamenskontoret 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 11 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 $1.4\,\mathrm{m\,s^{-1}}$. Måken flyr $20\,\mathrm{m}$ høyere enn deg med en fart på $11\,\mathrm{m\,s^{-1}}$ 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 $g = 9.81\mathrm{m/s^2}$.

   A. 2.8m **B. 19m** C. 20m D. 22m E. 25m

   Solution: Tiden det tar for prosjektilen å falle kan bestemmes ved å bruke $s_v = gt^2/2$, hvor $s = 20\mathrm{m}$ og $g = 9,81\mathrm{m/s^2}$. Den horisontale avstanden prosjektilet flytter seg i forhold til deg på denne tiden er gitt ved $s_h = \Delta vt$, hvor Δv er forskjellen i den horisontale farten, dvs $\Delta v = (11 - 1,4)\mathrm{m/s} = 9,6\mathrm{m/s}$. Vi setter inn for t og løser for s_h og finner at avstanden er $19\,\mathrm{m}$

2. (2 points) Du skal hoppe strikk fra en $50\,\mathrm{m}$ høy heiskran. Strikken har en fjærkonstant på $150\,\mathrm{N\,m^{-1}}$. Anta at du veier $75\,\mathrm{kg}$. Hvor lang kan strikken være for at du akkurat skal stoppe rett før du treffer bakken. Anta $g = 9.8\,\mathrm{m/s^2}$

   A. 7 m B. 10 m C. 14 m D. 18 m **E.** 28 m

   Solution: Ved toppen av kranen er den totale mekaniske energien (potensiell, kinetisk og elastisk) $E = mgh$. Ved bakken er den totale mekaniske energien $E = \frac{1}{2}kx^2$. Mekanisk energi er bevart slik at $mgh = \frac{1}{2}kx^2$ som gir $x = \sqrt{\frac{2mgh}{k}}$ Setter vi inn verdier får vi

   $$x = \sqrt{\frac{2 \cdot 75\,\mathrm{kg} \cdot 9.8\,\mathrm{m/s^2} \cdot 50\,\mathrm{m}}{150\,\mathrm{N\,m^{-1}}}} = 22\,\mathrm{m}$$

   Lengden på strikken kan dermed maksimalt være $50\,\mathrm{m} - 22\,\mathrm{m} = 28\,\mathrm{m}$.

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. $mv/2$

   Solution: Bevegelsesmengde er gitt som $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$. Som i dette tilfellet blir $\mathbf{p} = mv\hat{x} + mv\hat{y}$. Absoluttverdien gir $p = \sqrt{2}mv$.

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. $4mg$

   Solution: Likevektspunktet er punktet hvor summen av kreftene som virker på kulen er null, dvs ved maksimal utslag. I dette punktet er den vertikale snorkraften lik tyngdekraften $S_y = mg$. Ved å bruke trigonometri kan en finne et uttrykk for den vertikale snorkraften $S_y = S\cos\theta = S\frac{L/2}{L}$, hvor θ er den maksimale utslagsvinkelen. Ved å sette de to ligningene lik hverandre får en $S = 2mg$

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_1k_2 **D.** $\frac{k_1k_2}{k_1+k_2}$ E. $\frac{k_1+k_2}{k_1k_2}$

   Solution: Kraft påført på de seriekoblede fjærene vil være lik på begge fjærene; $F = k_1x_1 = k_2x_2$. Det totale utslaget er definert som $x = x_1 + x_2$, og $F = kx$ definerer den effektive fjærkonstanten. Vi setter inn for x, fulgt av x_1 og x_2, og løser mhp k finner vi at

   $$k = \frac{k_1k_2}{k_1+k_2} \tag{1}$$

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. $\rho_0 \frac{13}{24} L^3$

   Solution: La $r = 0$ være midtpunkt på stangen. Massetettheten til stangen blir da $\rho(r) = \rho_0(1 + b(r + L/2))$. Treghetsmomentet regnes ut fra $I = \int r^2 \rho(r) dr$. Om vi setter inn for $\rho(r)$ og integrerer finner vi at $I = \rho_0/6L^3$

7. (2 points) Anta at vi har en uniform lang tynn stang med treghetsmoment $I = \dfrac{1}{12} ML^2$ 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. $\frac{1}{8}\omega$

   Solution: Dersom det ikke virker noe eksternt dreiemoment er spinn bevart $I_1\omega_1 = I_2\omega_2$. Treghetsmomentet etter at vi legger på de ekstra massene er $I_2 = I_1 + ML^2/2$. Om vi løser for ω_2 i første likning får vi $\omega_2 = 1/7\omega$

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.

   Solution: Resonansfrekvensen er gitt av $\omega_0 = \sqrt{k/m}$. Hvis massen dobles og fjærkonstanten halveres så halveres resonansfrekvensen.

9. (2 points) En sylinder med masse m, radius R og med treghetsmoment $\dfrac{1}{5} mR^2$ (altså med ikke-uniform massefordeling), ruller nedover et skråplan med helning θ. Anta ren rulling. Hva er friksjonskraften som må virke fra skråplanet på sylinderen?

   A. $\dfrac{1}{2} mg \sin\theta$ B. $\dfrac{1}{3} mg \sin\theta$ C. $\dfrac{1}{4} mg \sin\theta$ D. $\dfrac{1}{5} mg \sin\theta$ **E.** $\dfrac{1}{6} mg \sin\theta$

   Solution: Dreiemomentet er $\tau = Fr = I\alpha = Ia/r$, som gir $a = FR^2/I$. Langs planet har vi $ma = mg \sin\theta - F$. Setter inn for a og får $F = \dfrac{1}{6} mg \sin\theta$.

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. $\dfrac{Mg}{\sqrt{1 + \left(\dfrac{R}{R+L}\right)}}$ **C.** $\dfrac{Mg}{\sqrt{1 - \left(\dfrac{R}{R+L}\right)^2}}$ D. $\dfrac{Mg}{\sqrt{1 - \left(\dfrac{R}{R+L}\right)}}$ E. $Mg\dfrac{R}{R+L}$

    Solution: Det blir dannet en rettvinklet trekant mellom disse punktene: (A) hvor tråden er festet til veggen, (B) hvor kulen rører veggen og (C) midten av kulen.

    Det er tre krefter som virker på kulen; snorkraften, tyngdekraften og kraften fra veggen på kulen. Hvis vi dekomponerer snorkraften så er kraften oppover gitt ved $S_y = S\cos\theta$, hvor θ er vinkelen til hjørne A. Denne kraften må være like stor som tyngdekraften, $Mg = S\cos\theta$. Vi vet lengdene AC og BC som er $R + L$ og R, respektivt. Så ved å bruke trigonometri og pytagoras kan vi finne at

    $$\cos\theta = \sqrt{1 - \left(\frac{R}{R+L}\right)^2}. \qquad (2)$$

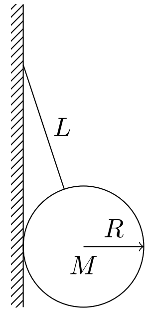

Figure 1: En kule med masse M er festet til en vegg med en snor med lengde L. (Oppgave 10)

Dermed er snorkraften gitt ved

$$S = \frac{Mg}{\sqrt{1 - \left(\frac{R}{R+L}\right)^2}}. \tag{3}$$

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.

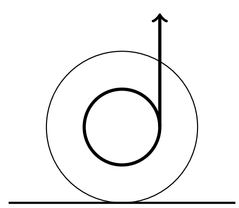

Figure 2: Jojo (Oppgave 11)

12. (2 points) Anta at vi har to ladninger med ladning $+q$ og $-q$ plassert på x-aksen, symmmetrisk om origo. I hvilken retning peker det elektrisk 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

Solution: Komponentene langs y-aksen vil kanselere og vi har bare komponentene langs x-aksen igjen.

13. (3 points) Det elektriske feltet rundt en veldig lang leder med en uniform ladningsfordeling kan skrives som $\mathbf{E(r)} = \frac{k}{r}\mathbf{a_r}$, hvor $\mathbf{a_r}$ er den radielle 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. $0.11\,\text{V}$ B. $0.43\,\text{V}$ **C.** $0.69\,\text{V}$ D. $0.99\,\text{V}$ E. $1.2\,\text{V}$

Solution: Vi finner potensialforskjellen mellom punkten A og B fra $V_{AB} = \int E dr$. Dette gir $V(r) = k\ln(r_0/r)$. Setter vi inn verdier får vi $0.69\,\text{V}$

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 induserte spenningen i lederen være størst?

A. $0°$ B. $30°$ C. $45°$ D. $60°$ **E.** $90°$

Solution: Fluksen gjennom flaten omsluttet av ringen varierer mest når overflatenormalen er vinkelrett på det magnetisk feltet.

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 bevegelsesretnigen.**
    - D. Rett bak partikkelen.
    - E. Feltet er like sterkt i alle retninger i en avstand R.

Solution: Feltet er gitt av Biot-Savarts lov som inneholder et ledd $v \times \mathbf{a_r}$ slik at feltet er sterkest vinkelrett på bevegelsesretningen

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 kondesatoren ut gjennom motstanden og vi måler at totalt 10 J termisk energi genereres i motstanden gjennom utladningen. Hvor mye ladning var initsielt på kondensatoren?

A. $0.11\,\text{mC}$ B. $0.45\,\text{mC}$ C. $12\,\text{mC}$ D. $35\,\text{mC}$ **E.** $0.14\,\text{C}$

Solution: All energien fra kondensatoren blir omsatt i motstanden. Fra U = Vq, finner vi ved å integrere at energien som er ladet i kondensatoren er $U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$. Løser vi får Q finner vi at ladningen på kondensatoren var $Q = \sqrt{2UC} = 0.14\,\text{C}$

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

Solution: Ifølge Faradays lov vil en spole alltid motarbeide endringer i magnetiske feltet som går gjennom den. Enhver endring i strømmen vil føre til en endring av magnetfeltet, siden dette blir motarbeidet vil raske endringer i strømmen bli forhindret.

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?
    - A. går mot klokken, øker med r og proporsjonal med I.
    - B. går med klokken, øker med r og proporsjonal med I.
    - C. går mot klokken, minker med r og proporsjonal med I.
    - **D. går med klokken, minker med r og proporsjonal med I.**
    - E. går mot klokken, minker med r og proporsjonal med I^2.

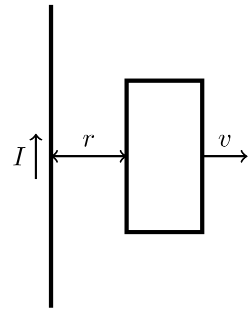

Figure 3: Sløyfe som beveger seg mot høyre, bort fra strømførende leder (Oppgave 18).

Solution: Det magnetiske feltet generert av ledningen går inn i planet gjennom sløyfen ifølge høyre-handsregelen. Ifølge Faradays lov vil det bli indusert en strøm i sløyfen som motsarbeider endringer i den magnetiske fluksen. Ved å flytte sløyfen lenger unna lederen vil fluksen minke, og derfor blir det indusert en strøm som går med klokken. Den magnetiske fluksen gjennom sløyfen er gitt av

$$\Phi_B = \int B dA = \int_r^{b+r} \frac{\mu_0 I}{2\pi x} h dx = \frac{\mu_0 I}{2\pi} h[\ln(b+r) - \ln(r)]. \tag{4}$$

Hvor b og h er bredden og høyden til sløyfen, respektivt. Dermed er strømmen gitt av

$$I' = \frac{|\mathcal{E}|}{R} = \frac{\mu_0 I h}{2\pi R} \left| \frac{1}{b+r} - \frac{1}{r} \right| \frac{dr}{dt} = \frac{\mu_0 I h}{2\pi R} \frac{b}{r(b+r)} v. \tag{5}$$

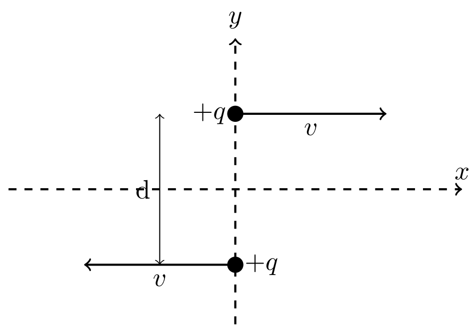

Figure 4: Oppgave 19.

19. (2 points) To positivt ladde partikler med ladning q passerer hverandre i en avstand d med hastighet v langs parallele baner men i motstatt retning som vist i figur 4. Positiv z-retning er ut av arket. Hva blir det magnetisk feltet i origo?

A. $-\dfrac{2\mu_0 v q^2}{\pi d^2}\hat{\mathbf{k}}$ B. $-\dfrac{2\mu_0 v q^2}{\pi d^2}\hat{\mathbf{j}}$ C. $-\dfrac{2\mu_0 v q}{\pi d^2}\hat{\mathbf{j}}$ **D.** $-\dfrac{2\mu_0 v q}{\pi d^2}\hat{\mathbf{k}}$ E. 0

Solution: Begge partiklene lager et magnetisk felt som peker i negativ z-retning. Styrken på feltet finner man fra magnetfeltet fra en partikkel i bevegelse.

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?

   A. Den fortsetter uendret i samme retning

   B. Bøyer av og fortsette parallelt med x-aksen

   C. Går i en sirkelbane rundt z-aksen.

   D. Går som en heliks i $\hat{y}$ retning

E. Går som en heliks i $\hat{x}$ retningen

Solution: Ifølge formelen for Lorentzkraft, $\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$, vil farten ladningen har i x-retningen være upåvirket av magnetfeltet. Farten i y-retningen vil bøyes av og føre til en sirkel formet bevegelse i yz-planet. Kombineres den konstante farten i x-retning med sirkel bevegelsen i yz-planet blir det en heliks som ligger langs x-aksen.

21. (3 points) I CERNs partikkelakselerator blir protoner (ladning 1.60×10^{-19} C, masse $1.67 \cdot 10^{-27}$kg) akselerert til bortimot lys-hastigheten ($c = 3.00 \times 10^{8}\,\mathrm{m\,s^{-1}}$). 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?

A. 41.8 mT B. øke fra 41.8 mT til 76.0 mT C. 115 mT **D. Øke fra** 41.8 mT **til** 115 mT E. Minke fra 115 mT til 41.8 mT

Solution: For at protonene skal gå i bane må Lorentzkraften, $F = qvB$, være lik sentripetalkraften, $F = mv^2/r$. Løser vi for magnetfeltet får vi $B = \frac{mv}{qr}$. Hvis vi tar utgangspunktet i den minste og maksimale farten får vi et magnetfelt som må tilpasses proton farten og derfor øke fra 38mT til 115mT.

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?

    A. varme opp begge objektene
    B. kjøle ned begge objektene
    C. varme opp akslingen og kjøle ned tannhjulet
    D. varme opp tannhjulet og kjøle ned akslingen.
    E. varme opp kun akslingen

23. (3 points) Anta at vi har en vegg som består av 2 lag med termisk ledningsevne $\kappa_1 = 0.040\,\mathrm{W\,m^{-1}\,K^{-1}}$ og $\kappa_2 = 0.13\,\mathrm{W\,m^{-1}\,K^{-1}}$. Tykkelesene på lagene er henholdsvis $d_1 = 10\,\mathrm{cm}$ og $d_2 = 2.0\,\mathrm{cm}$ Anta at temperaturen på ytterflaten til det tykkeste laget er konstant +20 °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?

A. 2 °C B. -2 °C C. -6 °C D. -13 °C **E. -**18 °C

Solution: For å ha en stasjonær tilstand må varmestrømmen være lik gjennom hele veggen. Løser vi likningssettet får vi at $T_0 = -18\,°\mathrm{C}$

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.

A. 4.4 bar B. 6.2 bar C. 8.3 bar D. 10 bar E. 12 bar

Solution: Volumet og antall mol er konstant slik at vi fra den ideelle gass loven får at P/T må være konstant. Da får vi $p_2 = \frac{T_2}{T_1}p_1$

25. (2 points) En stirling syklus beståråv 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 paramtere at $V_1 = 1L$, $V_2 = 2L$, $T_H = 600K$ og $T_C = 300K$. Hvor mye varme blir tilført langs isotermen ved den høyeste temeperaturen.

A. 3.5 kJ B. 4.7 kJ C. 5.9 kJ D. 6.8 kJ E. 8.1 kJ

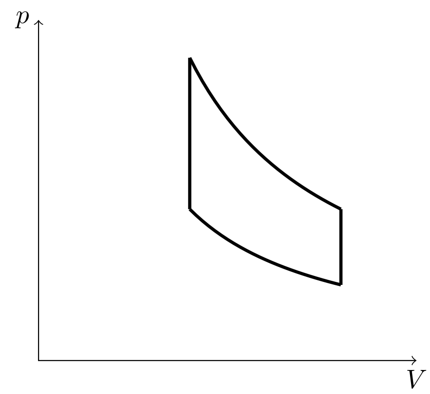

Figure 5: Stirling syklus (Oppgave 25, 26 og 27

Solution: I en isoterm prosess er tilført varme like stor som arbeid utført. Vi får dermed $W = nRT_H \ln(V_2/V_1)$ som gir $Q = 8.1\,\mathrm{kJ}$.

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.

A. 0.34 **B. 0.50** C. 0.62 D. 0.70 E. 1.0

Solution: Ettersom varmen i de isokore prosessene regenereres vil virkningsgraden være gitt av forholdet mellom netto arbeid og tilført varme $\eta = W_H + W_C/Q_H$ Ettersom arbeid er lik varme for en isoterm prosess får vi $\eta = Q_H + Q_C/Q_H$. Dette gir $\eta = 1 - T_C/T_H = 0.50$.

27. (2 points) Anta en reversibel stirling-prosess (se figure 5) hvor varmeoverføringen i de isotermiske prosessene er 2 J og 1 J og varmeoverføringen i de isokore prosessene er 0.5 J. $T_H = 1000\,\mathrm{K}$ og $T_C = 500\,\mathrm{K}$. Hva er den totale endringen i systemets entropi gjennom en full syklus?

A. 0 B. $0.5 \times 10^{-3}\,\mathrm{J\,K^{-1}}$ C. $1\,\mathrm{J\,K^{-1}}$ D. $2\,\mathrm{J\,K^{-1}}$ E. $3\,\mathrm{J\,K^{-1}}$

Solution: Entropi er en tilstandsvariabel og endringen i denne gjennom en full syklus vil dermed være 0.

28. (2 points) Hvilket av følgende utsagn er sant?
    - A. Termodynamikkens andre lov er en konsekvens av første lov.
    - B. Det er ikke mulig for en syklisk prosess å overføre varme fra et kaldt til et varmt objekt.
    - **C. Det er umulig for en syklisk prosess å omgjøre all varme helt til arbeid.**
    - D. Det er umulig for en syklisk prosess å omgjøre alt arbeid helt til varme.
    - E. 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 #Treghetsmoment 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`

Solution: Dreiemomentet til stangen er gitt av

$$\tau_i = \mathbf{r} \times \mathbf{F} = \int_0^L \Delta mgr \sin\theta_i dr = \frac{1}{2}\Delta mgL^2 \sin\theta_i = \frac{1}{2}mgL\sin\theta_i \tag{6}$$

30. (2 points) Anta at vi har en ulineær fjær beskrevet av av $F = -k_1 x + k_2 x^2$ ($x = 0$ 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

$g = 9,81\ \mathrm{m/s^2}$

$k_\mathrm{B} = 1,3807 \cdot 10^{-23}\mathrm{J/K}$

$N_\mathrm{A} = 6,02 \cdot 10^{23}$

$R = N_\mathrm{A} k_\mathrm{B} = 8,31\ \mathrm{Jmol^{-1}K^{-1}}$

$\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}\ \mathrm{C^2\ N^{-1}\ m^{-2}}$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \mathrm{N/A^2}$

$k = 8,99 \cdot 10^9\ \mathrm{Nm^2C^{-2}}$

$e = 1,60 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}$

$m_\mathrm{e} = 9,11 \cdot 10^{-31}\ \mathrm{kg}$

$G = 6,67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{m^3\ kg^{-1}\ s^{-2}}$

$\sigma = 5.67 \times 10^{-8}\,\mathrm{W/m^2/K^4}$

Mekanikk

$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}$

$\mathbf{s}(t) = \mathbf{v}_0 t + \frac{1}{2}\mathbf{a}t^2$

$\mathbf{v}(t) = \mathbf{v}_0 + \mathbf{a}t$

$\mathbf{F} = m\mathbf{a}$

$\mathbf{p} = m\mathbf{v}$

$\frac{d\mathbf{p}}{dt} = \mathbf{F}$

$W = \int \mathbf{F} \cdot \mathbf{ds}$

$K = \frac{1}{2}mv^2$

$W_{tot} = \Delta K$

$\mathbf{F} = -\nabla U$

$F_\mathrm{f} \leq \mu_s F_\perp$

$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$

$b = \theta r,\ v = \omega r,\ a = \alpha r$

$K_\mathrm{rot} = \frac{1}{2}I\omega^2$

$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$

$\boldsymbol{\tau} = I\boldsymbol{\alpha}$

$I = \sum_i m_i \mathbf{r}_i^2$

$I_r = I_0 + Mr^2$

$\mathbf{r_{cm}} = \frac{1}{M_\mathrm{tot}} \sum_i m_i \mathbf{r}_i$

$L = I\omega$

$\mathbf{J} = \Delta\mathbf{p} = \int \mathbf{F} dt$

$\mathbf{F} = G\frac{m_1 m_2}{r^2}\hat{\mathbf{r}}$

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)

$\eta = \frac{W}{Q_H}$

$K = \frac{Q_C}{W}$

$\eta_\mathrm{Carnot} = 1 - \frac{T_c}{T_h}$

$dS = \frac{dQ_{rev}}{T}$

$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$

$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$

$H_c = -kA\frac{dT}{dx}$

$H_r = Ae\sigma T^4$

Elektrisitet og magnetisme

$\mathbf{F} = k\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{\mathbf{r}}$

$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q}$

$\Delta V = -\int \mathbf{E} \cdot \mathbf{ds}$

$\Phi_B = \int \mathbf{B} \cdot \mathbf{dA}$

$\oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$

$\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$

$\oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = \mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$

$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0(I + \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt})$

$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{d\mathbf{l} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}$

$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} q \frac{d\mathbf{v} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}$

$\mathbf{F} = q(E + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$

$\boldsymbol{\tau} = \mu \times \mathbf{B}$

$\mu = IA$

$C = \frac{Q}{V}$

$V = RI$

$R = \rho\frac{L}{A}$

$M = \frac{N_2 \Phi_2}{i_1}$

$\mathcal{E}_2 = -M\frac{di_1}{dt}$

Annet

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

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					