Institutt for fysikk

Eksamensoppgave i
TFY4115 FYSIKK
for MTNANO, MTTK og MTELSYS

Faglig kontakt under eksamen: Institutt for fysikk v/Arne Mikkelsen
Tlf.: 486 05 392

Eksamensdato: Tirsdag 15. august 2017
Eksamenstid: 09:00 - 13:00
Tillatte hjelpemidler (kode C):
Bestemt enkel godkjent kalkulator.
Rottmann: Matematisk formelsamling (norsk eller tysk utgave).
Vedlagt formelark.

Annen informasjon:
1. Prosenttallene i parentes etter hver oppgave angir hvor mye den vektlegges ved bedømmelsen.
2. Noen generelle faglige merknader:
   - Størrelser angis i kursiv (f.eks. m for masse), enheter angis uten kursiv (f.eks. m for meter).
   - $\hat{\mathbf{x}}$, $\hat{\mathbf{y}}$ og $\hat{\mathbf{z}}$ er enhetsvektorer i henholdsvis x-, y- og z-retning.
   - Ved tallsvar kreves både tall og enhet.
3. I flervalgsspørsmålene er kun ett av svarene rett. Du skal altså svare A, B, C, D eller E (stor bokstav) eller du kan svare blankt. **Rett svar gir 5 poeng, galt svar eller flere svar gir 0 poeng, blank (ubesvart) gir 1 poeng.**
4. Svar på flervalgsspørsmålene fører du på **siste ark** i dette oppgavesettet. Arket skal innleveres.
5. Oppgavene er utarbeidet av Arne Mikkelsen.

Målform/språk: Bokmål.

Antall sider (uten denne forsida): 7.

Antall sider vedlegg: 3.

Kontrollert av:

Informasjon om trykking av eksamensoppgave:	
Originalen er:	2-sidig
	sort/hvitt
Ikke ekstra flervalgskjema	

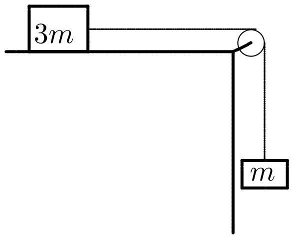
Dato Sign

(blank side)

Oppgave 1. Flervalgsspørsmål (teller 45 %, hvert spørsmål teller like mye)

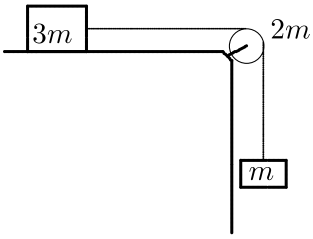
1-1. En masse m henger i ei snor. Snora er trekt over ei masseløs trinse for så å fortsette horisontalt til den er festa til en annen masse $3m$ som ligger på et horisontalt bord. Se bort fra all friksjon. Masse m holdes i ro og slippes så. Når den har falt en distanse h vil den ha fått en fart v som kan uttrykkes ved 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.



1-2. Hva blir farten v i oppgaven over hvis trinsa ikke er masseløs men har masse $2m$, radius R og treghetsmoment $I = \frac{1}{2}2mR^2$. Trinsa følger med snora uten å glippe.

A) $v = \sqrt{\frac{5}{2}gh}$
B) $v = \sqrt{\frac{1}{2}gh}$
C) $v = \sqrt{gh}$
D) $v = \sqrt{\frac{2}{5}gh}$
E) $v = \sqrt{\frac{1}{3}gh}$

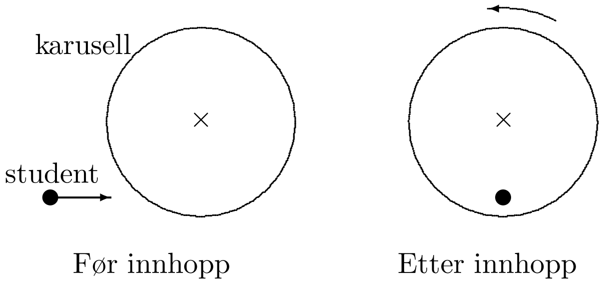


1-3. Et hjul med radius R ruller uten å gli med konstant hastighet V bortover et flatt golv, i positiv x-retning. Loddrett opp velges som positiv y-retning. Banen til et punkt P på periferien til hjulet har da koordinatene $x(t) = Vt - R\sin\omega t$ og $y(t) = R - R\cos\omega t$, dvs punktet P har kontakt med golvet ved tidspunktet $t = 0$. Hva er akselerasjonen $a(t)$ til punktet P (i absoluttverdi)?

A) $a(t) = \omega^2 R\cos\omega t$
B) $a(t) = \omega V\sin\omega t$
C) $a(t) = (V/t)\sin^2\omega t$
D) $a(t) = V/t$
E) $a(t) = V^2/R$

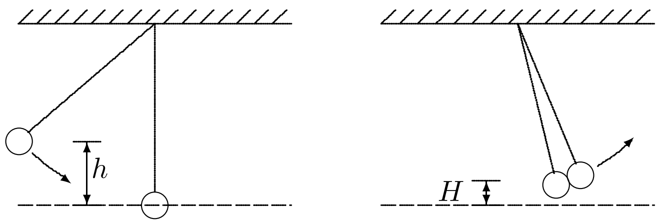
1-4. En student tar fart og hopper på en karusell som dermed begynner å rotere (tilnærmet friksjonsfritt) omkring en aksling som står fast i bakken, og som passerer gjennom karusellens sentrum. For systemet karusell pluss student, hvilke(n) størrelse(r) endrer seg *ikke* fra før til etter studentens innhopp på karusellen? (Her er E systemets energi, p systemets bevegelsesmengde og L systemets spinn mhp. en akse gjennom karusellens sentrum, markert med $\times$.)

A) L
B) L og E
C) L og p
D) L, E og p
E) p

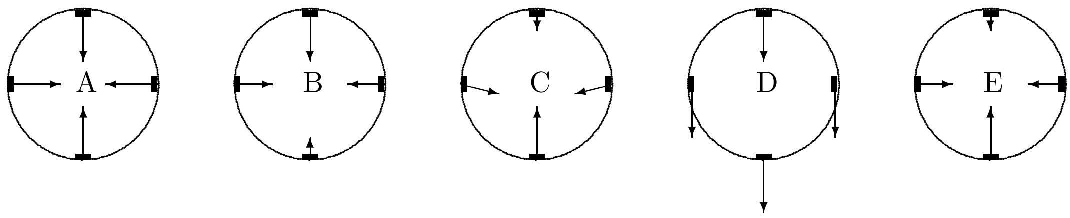


1-5. To like kuler henger i hver si snor med lik lengde. Ei av kulene blir sluppet fra en høyde h over bunnpunktet og treffer den andre kula på det laveste punktet i banen. Under kollisjonen (støtet) festes de to kulene til hverandre og beveger seg videre sammen. Hvilke(n) størrelse(r) er konstant under støtet? (Her er E total kinetisk energi, p total bevegelsesmengde og L totalt spinn om snorenes festepunkt i taket.)

A) E, p og L
B) E og p
C) p og L
D) E og L
E) p

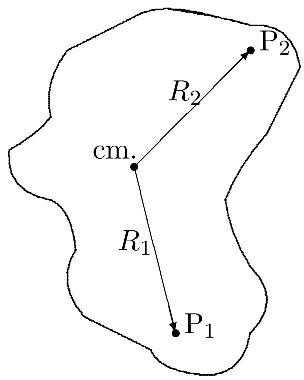


1-6. Ei vogn har stor nok hastighet til å fullføre en vertikaltstilt sirkelformet "loop" i tyngdefeltet. Hvilken figur viser riktige akselerasjonsvektorer på de fire stedene på loopen (nederst, øverst, venstre og høyre)? Se bort fra friksjon.



1-7. For legemet vist i figuren er $R_1 = R_2$ og "cm" er massesenteret (tyngdepunktet) til legemet. Treghetsmomentet om en akse gjennom punktet P_1 er I_1, treghetsmomentet om en akse gjennom punktet P_2 er I_2 og treghetsmomentet om en akse gjennom cm er I_{cm}. Alle aksene er parallelle og går normalt på papirplanet. Relasjonen mellom de ulike treghetsmoment er

A) $I_1 = I_2 > I_{\text{cm}}$
B) $I_1 = I_2 < I_{\text{cm}}$
C) $I_1 > I_2 > I_{\text{cm}}$
D) $I_1 < I_2 > I_{\text{cm}}$
E) $I_1 = I_2 = I_{\text{cm}}$



1-8. Hvis du dobler massen til et svingende ideelt masse/fjær-system og beholder amplitude og fjærstivhet uendra, vil den totale mekaniske energien til systemet

A) Forbli uendra.
B) Øke med en faktor $\sqrt{2}$.
C) Øke med en faktor 2.
D) Øke med en faktor 3.
E) Øke med en faktor 4.

1-9. Termodynamikkens første lov kan skrives $\mathrm{d}U = đQ - đW$. Vi betrakter reversible prosesser i ideell gass. For en isobar prosess er alltid

A) $\mathrm{d}U = 0$
B) $đQ = 0$
C) $đW = 0$
D) $đQ + đW = 0$
E) Ingen av disse er rett svar.

1-10. En ideell gass befinner seg i en tilstand a med volum V_1. Når volumet økes fra V_1 til V_2 i en **isoterm** prosess, gjør gassen et arbeid W_T. Hvis vi for den samme gassen i tilstand a øker volumet fra V_1 til V_2 i en **adiabatisk** prosess, gjør gassen et arbeid W_{ad}. Hvilken påstand er rett?

A) $W_{\text{ad}} = W_T$
B) $W_{\text{ad}} < W_T$
C) $W_{\text{ad}} > W_T$
D) A, B eller C er rett avhengig av forholdet V_2/V_1
E) A, B eller C er rett avhengig av gassens temperatur.

1-11. En ideell gass befinner seg i en tilstand a med temperatur T_1. Når gasstemperaturen økes fra T_1 til T_2 i en **isokor** prosess, tilføres en varme Q_V til gassen. Hvis vi for den samme gassen i tilstand a øker temperaturen fra T_1 til T_2 i en **isobar** prosess, tilføres en varme Q_p til gassen. Hvilken av påstandene er rett?

A) $Q_p > Q_V$
B) $Q_p = Q_V$
C) $0 < Q_p < Q_V$
D) $Q_p = 0$
E) $Q_p < 0$ (varme ut av systemet)

1-12. En varmekraftmaskin absorberer 64 kJ varme fra et varmt reservoar og gir fra seg 42 kJ varme til et kaldt reservoar for hvert omløp. Maskinens effektivitet er (avrundet til to gjeldende sifre):

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

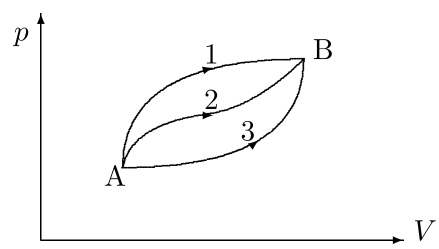
1-13. To enatomige gasser, helium og neon, blir blanda i forholdet 2:1 og er i termisk likevekt ved temperaturen T. Molar masse til neon er 5x molar masse til helium. Hvis den midlere kinetiske energien per heliumatom er U, er den midlere kinetiske energien per neonatom lik

A) U
B) $U/2$
C) $2U$
D) $5U$
E) $U/5$

1-14. I en ideell gass ved normale termodynamiske betingelser er varmekapasiteten per mol av størrelsesorden

A) N_A B) R/N_A C) R D) k_B E) k_B/N_A

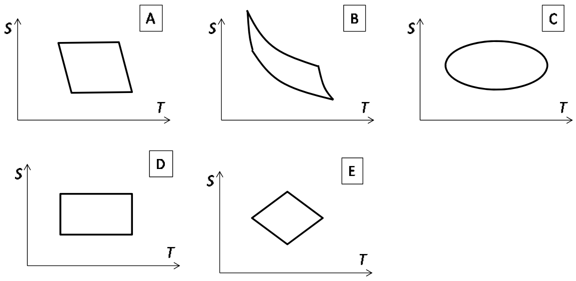
1-15. Et termodynamisk system kan bli ført fra tilstand A til tilstand B langs de tre mulige prosesser vist i pV-diagrammet. Hvis tilstand B har høyere indre energi U enn tilstand A, hvilken av prosessvegene i figuren har den største absoluttverdien $|Q|$ for varmen som utveksles under prosessen?



A) prosess 1
B) prosess 2
C) prosess 3
D) lik for alle prosesser
E) det er ikke nok informasjon til å gi svar.

1-16. Hvilken av grafene A-E viser best en Carnotprosess i et (S, T)-diagram?

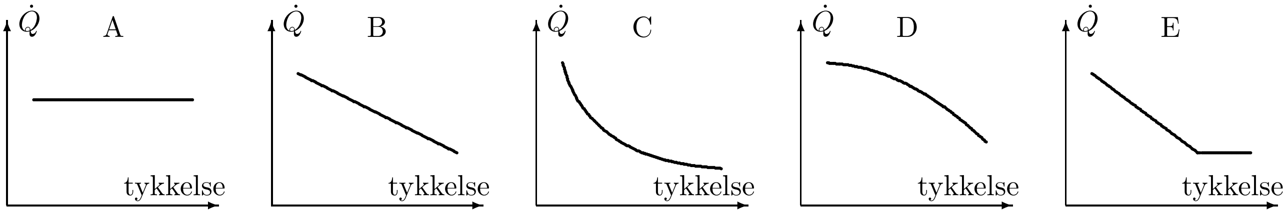
Tips: Husk at adiabatisk er det samme som isentropisk.



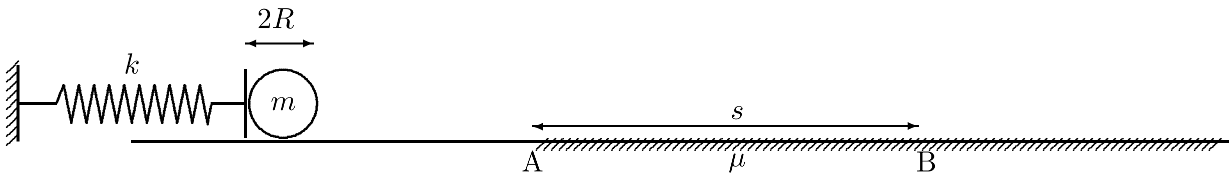
1-17. Et legeme har temperatur 227 °C og har en gitt netto varmeutstråling $P = P_{\text{ut}} - P_{\text{inn}}$. Hva blir legemets netto utstråling P' hvis legemets temperatur øker til 427 °C? Omgivelsene har konstant temperatur 0 °C. Både legemet og omgivelsene stråler som et svart legeme.

A) 4,1·P
B) 3,8·P
C) 12,5·P
D) 8,3·P
E) 6,7·P

1-18. La $\dot{Q}$ (i J/s = W) være den totale varmestrømmen gjennom et isolasjonsmateriale pga. varmeledningen gjennom materialet. Du måler $\dot{Q}$ for ulike tykkelser av materialet mens temperaturen på de to ytterflater holdes konstant. Hvilken av grafene A-E viser best varmestrømmen $\dot{Q}$ som funksjon av tykkelsen til materialet?



Oppgave 2. Translasjon og rulling (teller 15%)



Ei kule med masse $m = 0{,}500$ kg og radius $R = 5,00$ cm settes i fart med ei spent fjær med fjærkonstant k. Fjæra er før utskytinga klemt sammen $b = 4{,}00$ cm fra likevektsstilling og dette gir umiddelbart etter utskytinga kula en fart $v = 1,40\,\mathrm{m/s}$ mot høyre.

a. Finn (tall)verdi for fjærkonstanten k.

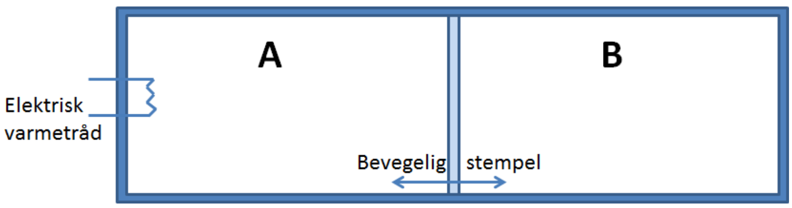
Kulas bevegelse er friksjonsfri og rein translatorisk (uten rulling) fram til punkt A. Ved punkt A skifter underlaget fra friksjonsfritt til et underlag med statisk og kinetisk friksjonskoeffisient lik μ (ikke oppgitt verdi). Når kula passerer punkt A vil den derfor gradvis rotere mer og mer (slure). Når den har nådd punkt B i friksjonsområdet, i avstand s fra A, er bevegelsen rein rulling. Translasjonshastigheten (lineær hastighet) er da redusert til $v_{\mathrm{B}} = \frac{5}{7}v_{\mathrm{A}}$, der $v_{\mathrm{A}} = v$.

b. Vis at kulas kinetiske energi ved rein rulling ved B kan uttrykkes $E_{\mathrm{k,B}} = \frac{7}{10}m\,v_{\mathrm{B}}^2$.

c. Finn uttrykk for translasjonsakselerasjonen, a, for kula når den er mellom A og B, uttrykt med bl.a. μ.

d. Finn (tall)verdi for friksjonskoeffisienten μ når strekningen mellom A og B er målt til $s = 0,326$ m.

Oppgave 3. Termodynamikk (teller 20%)



Et lukket rom har form av en sylinder som er atskilt i to rom A og B med et tett stempel som kan gli friksjonsfritt langs sylinderen. Rom A inneholder en enatomig, ideell gass og rom B inneholder en toatomig, ideell gass. Det kan tilføres varme til rom A (f.eks. ved en elektrisk glødetråd som vist i figuren), ellers er sylinderen varmeisolert fra omgivelsene. Stempelet varmeisolerer også fullstendig mellom A og B. Opprinnelig har hvert rom et volum $V_{\mathrm{A},0} = V_{\mathrm{B},0} = 5,00 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{m}^3$, temperatur $T_{\mathrm{A},0} = T_{\mathrm{B},0} = 273$ K og trykk $p_{\mathrm{A},0} = p_{\mathrm{B},0} = 1,000$ atm. Enatomig ideell gass har antall frihetsgrader $n_{\mathrm{f}} = 3$ og toatomig ideell gass har $n_{\mathrm{f}} = 5$.

a. Beregn hvor mange mol gass det er i hvert rom.

Varme Q blir langsomt tilført gass A slik at volum A ekspanderer og volum B komprimeres. Ved endt prosess er temperaturene $T_\mathrm{A} = 1264$ K og $T_\mathrm{B} = 373{,}6$ K. Prosessene kan antas reversible. Merk at prosessen for gass B er adiabatisk.

b. Hva er adiabatkonstanten γ for gassen i B?

c. Finn sluttvolumet V_B til gass B.

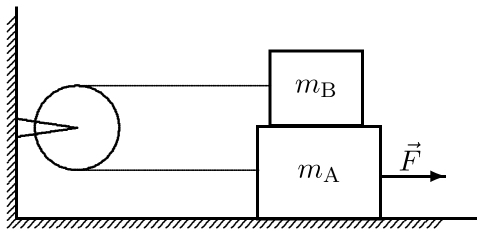
d. Finn nødvendig tilført varme Q.

e. Beregn entropiendringen ΔS_A og ΔS_B i hver av de to gassene.

Oppgave 4. Uavhengige småoppgaver (teller 20%)

a. Friksjon (teller 5%)

De to klossene, A og B, i figuren har masse henholdsvis $m_\mathrm{A} = 5{,}00$ kg og $m_\mathrm{B} = 3{,}00$ kg. Kloss B er plassert oppå kloss A. Kloss A ligger på et horisontalt underlag. Statisk friksjonskoeffisient mellom kloss A og B samt mellom kloss A og underlaget er $\mu_\mathrm{s} = 0,600$. De to klossene er forbundet med en masseløs stram snor som ligger over en masseløs og friksjonsløs trinse.

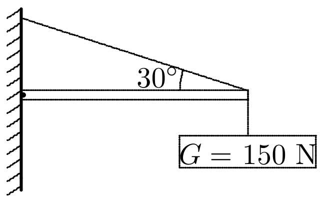


På massen A virker ei kraft $\vec{F}$ i retning som angitt i figuren.

Tegn inn alle krefter som virker i horisontal retning på kloss A og B. Hva er den minste verdien av krafta $F = |\vec{F}|$ som trengs for å bevege de to klossene?

b. Statikk (teller 5%)

En last med vekt $G = 150$ N holdes oppe av en horisontal bjelke og et skrått tau, som vist i figuren. Bjelken har jamn tykkelse med vekt $G_0 = 100$ N og er hengslet ved veggen. (En hengsling kan oppta krefter i alle retninger men ingen vridningskrefter (moment).



Finn horisontal- og vertikalkomponent av krafta på bjelken fra hengslingen ved veggen.

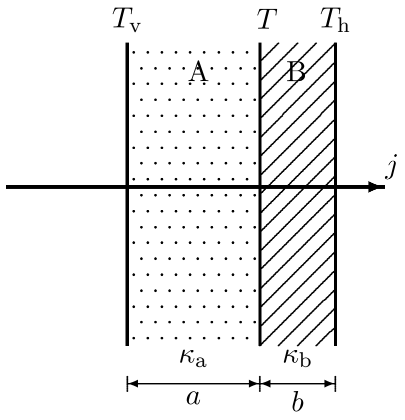
c. Kollisjon (teller 5%)

Et prosjektil med massen m og farten v blir skutt gjennom en kloss med massen $M = 4m$. Klossen kan gli friksjonsfritt på et horisontalt underlag. Når prosjektilet har passert gjennom klossen, har det farten $v/2$. Finn det totale tapet av kinetisk energi i støtprosessen uttrykt i % av opprinnelig kinetisk energi.

d. Varmeledning (teller 5%)

Ei stor plate er sammensatt av to lag, A og B, med ulikt materiale. Lag A er dobbelt så tykt som lag B: $a = 2b$, termisk ledningsevne til materialet i A er tre ganger så stor som den til materialet i B: $\kappa_a = 3\kappa_b$. Temperaturen på venstre overflate av A er $T_v = 80\,^\circ\mathrm{C}$, og temperaturen på høyre overflate av B er $T_h = 10\,^\circ\mathrm{C}$.

Finn temperaturen T på grenseflata mellom de to materialene når stasjonære forhold er etablert.



(blank side)

FORMELLISTE.
Formlenes gyldighetsområde og de ulike symbolenes betydning antas å være kjent. Symbolbruk som i forelesningene.

Fysiske konstanter:

$N_{\mathrm{A}} = 6,02 \cdot 10^{23}\,\mathrm{mol}^{-1}$ $\quad \mathrm{u} = \frac{1}{12}\,m(^{12}\mathrm{C}) = \frac{10^{-3}\,\mathrm{kg/mol}}{N_{\mathrm{A}}} = 1,66 \cdot 10^{-27}\mathrm{kg}$

$k_{\mathrm{B}} = 1,38 \cdot 10^{-23}\,\mathrm{J/K}$ $\quad R = N_{\mathrm{A}} k_{\mathrm{B}} = 8,31\,\mathrm{J\,mol^{-1}K^{-1}}$ $\quad \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}\,\mathrm{Wm^{-2}K^{-4}}$

$c = 2,9979 \cdot 10^{8}\,\mathrm{m/s}$ $\quad h = 6,63 \cdot 10^{-34}\,\mathrm{Js}$ $\quad 0°\mathrm{C} = 273\,\mathrm{K}$ $\quad g = 9,81\,\mathrm{m/s^2}$

SI-enheter:

Fundamentale SI-enheter: meter (m) sekund (s) kilogram (kg) ampere (A) kelvin (K) mol

Noen avledede SI-enheter: $\mathrm{N = kg\,m/s^2}$ $\quad \mathrm{Pa = N/m^2}$ $\quad \mathrm{J = N\,m}$ $\quad \mathrm{W = J/s}$ $\quad \mathrm{rad = m/m = 1}$ $\quad \mathrm{Hz = omdr/s}$

Varianter: $\mathrm{kWh = 3,6\,MJ}$ $\quad \mathrm{m/s = 3,6\,km/h}$ $\quad \mathrm{atm = 1,013 \cdot 10^5\,Pa = 1013\,hPa = 1013\,mb}$ $\quad \mathrm{1\,cal = 4,19\,J}$

Dekadiske prefikser: $\mathrm{p} = 10^{-12}$ $\quad \mathrm{n} = 10^{-9}$ $\quad \mu = 10^{-6}$ $\quad \mathrm{m} = 10^{-3}$ $\quad \mathrm{h} = 10^{2}$ $\quad \mathrm{k} = 10^{3}$ $\quad \mathrm{M} = 10^{6}$ $\quad \mathrm{G} = 10^{9}$ $\quad \mathrm{T} = 10^{12}$

Klassisk mekanikk:

$\frac{\mathrm{d}\vec{p}}{\mathrm{d}t} = \vec{F}(\vec{r},t)$ $\quad$ der $\vec{p}(\vec{r},t) = m\vec{v} = m\dot{\vec{r}}$ $\quad \vec{F} = m\vec{a}$

Konstant $\vec{a}$: $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$ $\quad \vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2$ $\quad v^2 - v_0^2 = 2\vec{a}\cdot(\vec{r} - \vec{r}_0)$

Konstant $\vec{\alpha}$: $\omega = \omega_0 + \alpha t$ $\quad \theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$ $\quad \omega^2 - \omega_0^2 = 2\alpha\,(\theta - \theta_0)$

Arbeid: $\mathrm{d}W = \vec{F}\cdot \mathrm{d}\vec{s}$ $\quad W_{12} = \int_1^2 \vec{F}\cdot\mathrm{d}\vec{s}$ $\quad$ Kinetisk energi: $E_{\mathrm{k}} = \frac{1}{2}mv^2$

$E_{\mathrm{p}}(\vec{r})$ = potensiell energi (tyngde: mgh, fjær: $\frac{1}{2}kx^2$) $\quad E = \frac{1}{2}m\vec{v}^2 + E_{\mathrm{p}}(\vec{r})$ + friksjonsarbeide = konstant

Konservativ kraft: $\vec{F} = -\vec{\nabla}E_{\mathrm{p}}(\vec{r})$ $\quad$ f.eks. $F_x = -\frac{\partial}{\partial x}E_{\mathrm{p}}(x,y,z)$ $\quad$ Hookes lov (fjær): $F_x = -kx$

Tørr friksjon: $|F_{\mathrm{f}}| \le \mu_{\mathrm{s}}\,F_\perp$ eller $|F_{\mathrm{f}}| = \mu_{\mathrm{k}}\,F_\perp$ $\quad$ Våt friksjon: $\vec{F}_{\mathrm{f}} = -k_{\mathrm{f}}\vec{v}$ eller $\vec{F}_{\mathrm{f}} = -bv^2\hat{v}$

Kraftmoment (dreiemoment) om origo: $\vec{\tau} = \vec{r}\times\vec{F}$, $\quad$ Arbeid: $\mathrm{d}W = \tau\mathrm{d}\theta$

Betingelser for statisk likevekt: $\Sigma\vec{F}_i = \vec{0}$ $\quad \Sigma\vec{\tau}_i = \vec{0}$, $\quad$ uansett valg av referansepunkt for $\vec{\tau}_i$

Massemiddelpunkt (tyngdepunkt): $\vec{R} = \frac{1}{M}\sum m_i\vec{r}_i \to \frac{1}{M}\int \vec{r}\,\mathrm{d}m$ $\quad M = \sum m_i$

Kraftimpuls: $\int_{\Delta t}\vec{F}(t)\mathrm{d}t = m\Delta\vec{v}$ $\quad$ Alle støt: $\sum\vec{p}_i$ = konstant $\quad$ Elastisk støt: $\sum E_i$ = konstant

Vinkelhastighet: $\vec{\omega} = \omega\,\hat{\mathbf{z}}$ $\quad |\,\vec{\omega}\,| = \omega = \dot{\phi}$ $\quad$ Vinkelakselerasjon: $\vec{\alpha} = \mathrm{d}\vec{\omega}/\mathrm{d}t$ $\quad \alpha = \mathrm{d}\omega/\mathrm{d}t = \ddot{\phi}$

Sirkelbev.: $v = r\omega$ $\quad$ Sentripetalaks.: $\vec{a} = -v\omega\,\hat{\mathbf{r}} = -\frac{v^2}{r}\,\hat{\mathbf{r}} = -r\omega^2\,\hat{\mathbf{r}}$ $\quad$ Baneaks.: $a_\theta = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = r\,\frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t} = r\,\alpha$

Spinn (dreieimpuls) og spinnsatsen: $\vec{L} = \vec{r}\times\vec{p}$ $\quad \vec{\tau} = \frac{\mathrm{d}\vec{L}}{\mathrm{d}t}$, $\quad$ stive legemer: $\vec{L} = I\,\vec{\omega}$ $\quad \vec{\tau} = I\,\frac{\mathrm{d}\vec{\omega}}{\mathrm{d}t}$

Spinn for rullende legeme: $\vec{L} = \vec{R}_{\mathrm{cm}}\times M\vec{V} + I_0\vec{\omega}$, $\quad$ Rotasjonsenergi: $E_{\mathrm{k,rot}} = \frac{1}{2}\,I\,\omega^2$,
der treghetsmoment $I \stackrel{\mathrm{def}}{=} \sum m_i r_i^2 \to \int r^2\mathrm{d}m$ $\quad$ med r = avstanden fra m_i ($\mathrm{d}m$) til rotasjonsaksen.

Med aksen gjennom massemiddelpunktet: $I \to I_0$, og da gjelder:
kule: $I_0 = \frac{2}{5}\,MR^2$ $\quad$ kuleskall: $I_0 = \frac{2}{3}\,MR^2$ $\quad$ sylinder/skive: $I_0 = \frac{1}{2}MR^2$ $\quad$ åpen sylinder/ring: $I_0 = MR^2$
lang, tynn stav: $I_0 = \frac{1}{12}\,M\ell^2$ $\quad$ Parallellakseteoremet (Steiners sats): $I = I_0 + Mb^2$

Udempet svingning: $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$ $\quad T = \dfrac{2\pi}{\omega_0}$ $\quad f_0 = \dfrac{1}{T} = \dfrac{\omega_0}{2\pi}$ $\quad$ Masse/fjær: $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{k}{m}}$

Tyngdependel: $\ddot{\theta} + \omega_0^2 \sin\theta = 0$, der $\sin\theta \approx \theta$ $\quad$ Fysisk: $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{mgd}{I}}$ $\quad$ Matematisk: $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{g}{\ell}}$

Dempet svingning: $\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$ $\quad$ Masse/fjær: $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ $\quad \gamma = b/(2m)$

$\gamma < \omega_0$ Underkritisk dempet: $x(t) = A\,\mathrm{e}^{-\gamma t}\cos(\omega_\mathrm{d} t + \phi)$ med $\omega_\mathrm{d} = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}$

$\gamma > \omega_0$ Overkritisk dempet: $x(t) = A\mathrm{e}^{-\gamma t}\mathrm{e}^{\alpha t} + B\mathrm{e}^{-\gamma t}\mathrm{e}^{-\alpha t}$ med $\alpha = \sqrt{\gamma^2 - \omega_0^2}$,

$\gamma = \omega_0$ Kritisk dempet: $x(t) = (A + tB)\,\mathrm{e}^{-\gamma t}$

Tvungne svingninger: $\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = f_0 \cos\omega t$, med (partikulær)løsning når $t \gg \gamma^{-1}$:

$$x(t) = x_0 \cos(\omega t - \delta), \quad \text{der} \quad x_0(\omega) = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\gamma^2\omega^2}} \qquad \tan\delta = \frac{2\gamma\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}$$

Termisk fysikk:

n= antall mol $\quad N = nN_\mathrm{A}$ = antall molekyler $\quad n_\mathrm{f}$ = antall frihetsgrader

$\alpha = \ell^{-1}\mathrm{d}\ell/\mathrm{d}T \quad \beta = V^{-1}\mathrm{d}V/\mathrm{d}T$

$\Delta U = Q - W \quad C = \frac{1}{n}\frac{đQ}{\mathrm{d}T} \quad C' = \frac{1}{m}\frac{đQ}{\mathrm{d}T} \quad L'_\mathrm{s} = \frac{đQ_\mathrm{s}}{\mathrm{d}m} \quad L'_\mathrm{f} = \frac{đQ_\mathrm{f}}{\mathrm{d}m}$

$pV = nRT = Nk_\mathrm{B}T \quad pV = N\,\frac{2}{3}\,\langle E_\mathrm{k}\rangle \quad \langle E_\mathrm{k}\rangle = \frac{1}{2}m\left\langle v^2\right\rangle = \frac{3}{2}k_\mathrm{B}T \quad W = p\Delta V \quad W = \int_1^2 p\mathrm{d}V$

Ideell gass: $C_V = \frac{1}{2}n_\mathrm{f}R \quad C_p = \frac{1}{2}(n_\mathrm{f}+2)R = C_V + R \quad \gamma = \dfrac{C_p}{C_V} = \dfrac{n_\mathrm{f}+2}{n_\mathrm{f}} \quad \mathrm{d}U = C_V\,n\,\mathrm{d}T$

Adiabat: $Q = 0$ $\quad$ Ideell gass: pV^γ = konst. $\quad TV^{\gamma-1}$ = konst. $\quad T^\gamma p^{1-\gamma}$ = konst.

Virkningsgrader for varmekraftmaskiner: $\eta = \dfrac{W}{Q_\mathrm{inn}}$ $\quad$ Carnot: $\eta_\mathrm{C} = 1 - \dfrac{T_\mathrm{L}}{T_\mathrm{H}}$ $\quad$ Otto: $\eta_\mathrm{O} = 1 - \dfrac{1}{r^{\gamma-1}}$

Effektfaktorer: Kjøleskap: $\eta_\mathrm{K} = \left|\dfrac{Q_\mathrm{inn}}{W}\right| \xrightarrow{\text{Carnot}} \dfrac{T_\mathrm{L}}{T_\mathrm{H} - T_\mathrm{L}}$ $\quad$ Varmepumpe: $\eta_\mathrm{V} = \left|\dfrac{Q_\mathrm{ut}}{W}\right| \xrightarrow{\text{Carnot}} \dfrac{T_\mathrm{H}}{T_\mathrm{H} - T_\mathrm{L}}$

Clausius: $\displaystyle\sum \frac{Q}{T} \le 0 \quad \oint \frac{đQ}{T} \le 0$ $\quad$ Entropi: $\mathrm{d}S = \dfrac{đQ_\mathrm{rev}}{T}$ $\quad \displaystyle\Delta S_{12} = \int_1^2 \frac{đQ_\mathrm{rev}}{T}$

1. og 2. hovedsetning: $\mathrm{d}U = đQ - đW = T\mathrm{d}S - p\mathrm{d}V$

Entropiendring $1 \to 2$ i en ideell gass: $\Delta S_{12} = nC_V \ln\dfrac{T_2}{T_1} + nR\ln\dfrac{V_2}{V_1}$

Varmeledning: $\dot{Q} = \dfrac{\kappa A}{\ell}\Delta T = \dfrac{1}{R}\Delta T \quad j_x = -\kappa\dfrac{\partial T}{\partial x} \quad \vec{j} = -\kappa\vec{\nabla}T$ $\quad$ Varmeovergang: $j = \alpha\Delta T$

Stråling: $j_\mathrm{s} = e\sigma T^4 = a\sigma T^4 = (1-r)\sigma T^4$

Planck: $\displaystyle j_\mathrm{s}(T) = \int_0^\infty g(\lambda, T)\,\mathrm{d}\lambda$ $\quad$ der j_s's frekvensspekter $= g(\lambda,T) = \dfrac{\mathrm{d}j_\mathrm{s}}{\mathrm{d}\lambda} = 2\pi hc^2 \cdot \dfrac{\lambda^{-5}}{\exp\left(\frac{hc}{k_\mathrm{B}T\lambda}\right) - 1}$

Wiens forskyvningslov: $\lambda_\mathrm{max}\,T = 2898\,\mu\mathrm{m\,K}$

Studieprogram: MT.........

Kandidat nr. ____________

Dato: ________ Side*): ____

Antall ark: ____________

Svartabell for flervalgsspørsmål i oppgave 1.

*Denne siden skal fylles ut, rives av og leveres inn, *) fortrinnsvis som side 1.*
Husk informasjonen øverst til høyre.

Oppgave	Mitt svar
1-1	
1-2	
1-3	
1-4	
1-5	
1-6	
1-7	
1-8	
1-9	
1-10	
1-11	
1-12	
1-13	
1-14	
1-15	
1-16	
1-17	
1-18	

(blank side)