

Institutt for fysikk

Eksamensoppgave i
TFY4115 FYSIKK
for MTNANO, MTTK og MTELSYS

Faglig kontakt under eksamen: Institutt for fysikk v/Jon Andreas Støvneng
Tlf.: 454 55 533

Eksamensdato: Lørdag 16. desember 2017

Eksamenstid: 09:00 - 13:00

Tillatte hjelpemidler (kode C):

- Bestemt enkel godkjent kalkulator.
- Rottmann: Matematisk formelsamling.
- Formelark i vedlegg.

Annen informasjon:

1. Denne eksamen teller 90 % på endelig karakter, laboratorierapport 10 %. For studenter med laboratorium godkjent 2016 og før teller denne eksamen 100 %.
2. Eksamenssettet består av kun flervalgsspørsmål. Hvert spørsmål teller like mye.
For hvert spørsmål er kun ett av svarene rett. Kryss av for ditt svar, eller du kan svare blankt. **Rett svar gir 5 poeng, galt svar eller flere svar gir 0 poeng, blank (ubesvart) gir 1 poeng.**
3. Innlevering: Kun ett ark med svartabell.
4. Oppgavene er utarbeidet av Arne Mikkelsen og vurdert av Jon Andreas Støvneng.

Målform/språk: Bokmål.

Antall sider (uten framside): 10.

Antall sider vedlegg: 2.

Antall ark svartabell: 2. (Ett ark leveres inn, det andre for din kopi.)

Kontrollert av:

Informasjon om trykking av eksamensoppgave:

Originalen er: 2-sidig; sort/hvitt

Dato

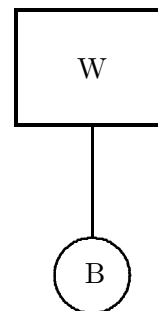
Sign

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.

(blank side)

1. Systemet i figuren består av ei stålkule B forbundet med ei snor til ei stor treblokk W. Hvis systemet blir sluppet i vakuum, vil snorkrafta bli

- A) null
- B) lik differansen til massene til B og W
- C) lik differansen til vektene av B og W
- D) lik vekta av B
- E) ingen av A-D er rett svar

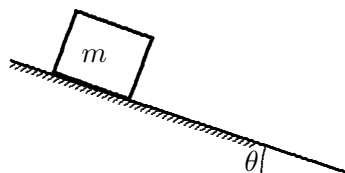


2. En rektangulær kloss på 50 kg hviler på et horisontalt underlag. Statisk friksjonskoeffisient er $\mu_s = 0,50$, kinetisk friksjonskoeffisient er $\mu_k = 0,35$. Ei horisontal kraft på 275 N blir påsatt klossen. Anta $g = 10,0 \text{ m/s}^2$. Hvilken av de følgende påstander er rett om klossens bevegelse?

- A) Klossen forblir i ro
- B) Klossen beveger seg og fortsetter å bevege seg med konstant hastighet i kraftas retning
- C) Klossen akselererer i kraftas retning
- D) Klossen beveger seg ikke før krafta økes til 500 N
- E) Ingen entydig konklusjon kan trekkes om klossens bevegelser fra de gitte informasjoner

3. En massiv rektangulær kloss med masse m ligger i ro på et skråplan som har vinkel θ med horisontalplanet. Vinkelen er mye mindre enn at klossen begynner å gli. Statisk friksjonskoeffisient er μ_s . Hvilken av de følgende påstander er rett om absoluttverdien av den statiske friksjonskrafta F_f ?

- A) $F_f = \mu_s mg$
- B) $F_f = \mu_s mg \cos \theta$
- C) $F_f = mg \cos \theta$
- D) $F_f = mg \sin \theta$
- E) $F_f = mg \tan \theta$



4. Et legeme blir påvirket av ei kraft på 10 N og forflytter seg i kraftas retning slik at forflytningen s er gitt som $s = 3,0 \text{ m/s}^2 \cdot t^2 + 2,0 \text{ m/s} \cdot t$, hvor t er tida. Effekten av kraftas arbeid ved tid $t = 2,0 \text{ s}$ er:

- A) 14 W
- B) 80 W
- C) 120 W
- D) 140 W
- E) 160 W

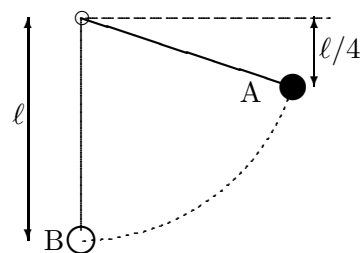
5. To like kuler henger i hver si snor med lik lengde. Ei av kulene blir sluppet fra en høyde h over bunnpunktet og treffer den andre kula på det laveste punktet i banen. Under kollisjonen (støtet) festes de to kulene til hverandre og beveger seg videre sammen. Hvilke(n) størrelse(r) er konstant under 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
- D) E og L
- E) p og L



6. En masse m som henger i ei snor slippes fra stillstand i punktet A. Idet massen passerer det laveste punktet B, så er snorkrafta

- A) Ingen er riktige, svaret avhenger av snorlengden
- B) $\frac{3}{2}mg$
- C) $2mg$
- D) $3mg$
- E) $\frac{5}{2}mg$



7. Et legeme beveger seg rettlinjet med konstant akselerasjon. La startfarten være v_1 . Etter at strekningen s er tilbakelagt, er farten $2v_1$. Hvor stor er farten etter at ytterligere en strekning s (totalt $2s$) er tilbakelagt?

- A) $\sqrt{6}v_1$
- B) $\sqrt{7}v_1$
- C) $\sqrt{8}v_1$
- D) $3v_1$
- E) $4v_1$

8. Ei konstant trekkraft virker på ei vogn som beveger seg uten startfart på et horisontalt underlag uten friksjon. Hvilken av de følgende påstander er riktig?

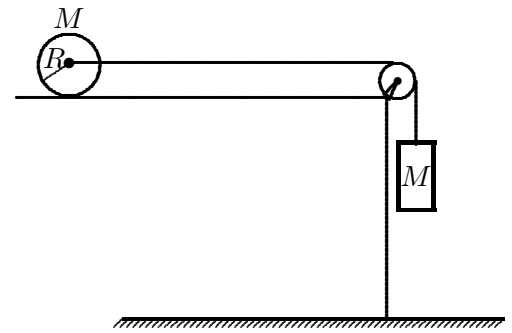
- A) Vogna får konstant fart
- B) Farten øker proporsjonalt med tida
- C) Den tilførte effekten er konstant
- D) Den kinetiske energien er proporsjonal med tida
- E) Bevegelsesmengden er konstant

9. Ei metallkule som faller i ei viskøs væske utsettes for friksjonskrafta $f = -kv$, der k er en konstant. Kula har masse M , og tyngdens akselerasjon er g . Hvilken likning bestemmer da kulas hastighet $v(t)$?

- A) $\frac{dv}{1 - kv/Mg} = g dt$
- B) $\frac{dv}{1 + kv/M} = g dt$
- C) $\frac{dv}{k - v/Mg} = g dt$
- D) $\frac{dv}{v - Mg} = \frac{k}{g} dt$
- E) $\frac{dv}{1 + kv/Mg} = \frac{k}{g} dt$

(Følgende oppsett og figur brukes i oppgavene 10, 11, 12.)

En massiv sylinder med masse M , radius R og treghetsmoment $\frac{1}{2}MR^2$, ligger på et horisontalt bord, se figuren. Sylindren kan rotere uten friksjon om sin egen akse, men det kan være friksjon mellom sylindren og bordflata. Til sylindrens akse er det festa ei snor på en slik måte at sylindren kan trekkes mot høyre uten å vri seg. I den andre enden er snora forbundet til en kloss også med masse M som henger fritt. Snora går via ei friksjonsløs og masseløs trinse og er hele tida stram og den kan regnes masseløs.



I de tre følgende spørsmål studerer vi tre ulike tilfeller av friksjon som angitt og du skal i hvert tilfelle finne systemets translasjonsakselerasjon a .

10. Det er ingen friksjon mellom sylindren og bordflata. Hva er akselerasjonen a ?

- A) g B) $\frac{1}{4}g$ C) $\frac{1}{2}g$ D) $\frac{2}{5}g$ E) $\frac{9}{20}g$

11. Det er stor nok friksjon mellom sylindren og bordflata til at sylindren ruller uten å glippe (rein rulling). Hva er akselerasjonen a ?

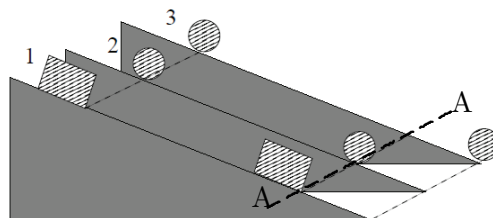
- A) g B) $\frac{1}{4}g$ C) $\frac{1}{2}g$ D) $\frac{2}{5}g$ E) $\frac{9}{20}g$

12. Friksjonskoeffisientene for statisk og kinematisk friksjon er lik $\mu = 0,100$ og ikke stor nok til rein rulling for sylindren. Hva er akselerasjonen a ?

- A) g B) $\frac{1}{4}g$ C) $\frac{1}{2}g$ D) $\frac{2}{5}g$ E) $\frac{9}{20}g$

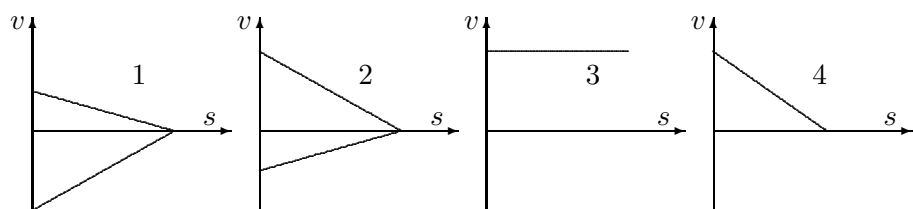
13. Figuren viser en kloss (1) og to sylinderesymmetriske legemer (2 og 3) på identiske skråplan. De tre legemene har lik masse. Klossen glir på skråplanet, de to sylindrene ruller uten å gli eller slure. Vi ser bort fra rullemotstand, dvs. ingen energitap pga. rulling. De tre slippes samtidig fra samme høyde på skråplanet, med null starthastighet. Som figuren indikerer, får sylinder 3 størst fart nedover skråplanet, mens klossen 1 og sylinder 2 får mindre, men samme fart. Vi betrakter den totale kinetiske energi, E_k (translasjon + rotasjon), til hvert legeme idet legemet **passerer linja markert A–A i figuren**. Ranger energiene $E_k(1)$, $E_k(2)$ og $E_k(3)$ for henholdsvis legeme 1, 2 og 3.

- A) $E_k(1) = E_k(2) < E_k(3)$
 B) $E_k(1) = E_k(2) = E_k(3)$
 C) $E_k(1) < E_k(2) < E_k(3)$
 D) $E_k(1) < E_k(2) = E_k(3)$
 E) $E_k(1) = E_k(2) > E_k(3)$



14. En kloss gis en viss startfart oppover et skråplan. Det er friksjon mellom klossen og underlaget, men friksjonskoeffisienter er ikke oppgitt. Hvilken eller hvilke av figurene viser mulig graf for klossens hastighet v ? (s angir klossens posisjon på skråplanet, og v og s er begge positive i retning oppover skråplanet.)

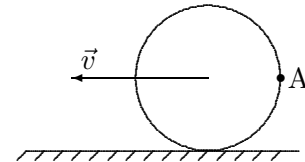
- A) Kun graf 1
 B) Kun graf 2
 C) Graf 2 og 4
 D) Graf 1 og 3
 E) Kun graf 4



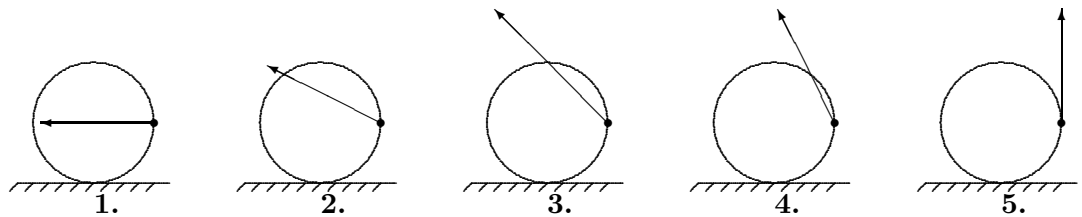
15. En fysikkprofessor sitter på en stol med armene utstreckt og holder ei bok i hver hånd. Stolen roterer initielt med en konstant vinkelhastighet ω og rotasjonen er friksjonsfri. Professoren trekker så armene nærmere kroppen. Da vil det totale spinn L om rotasjonsaksen og den totale kinetiske energien E_k til professor + stol endre seg slik:

- A) L øker og E_k øker
- B) L øker og E_k uendra
- C) L uendra og E_k øker
- D) L uendra og E_k uendra
- E) L uendra og E_k avtar

16. Et hjul med radius R ruller uten å gli på flatt underlag mot venstre med hastighet v . Hvilken av figurene representerer riktig hastighetsvektor for et punkt A på hjulet?



- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5



17. Trehetsmomentet for ei tynn stang med masse m og lengde L om en transversal akse (akse normalt på staven) gjennom stanga i avstand $\frac{1}{3}L$ fra den ene enden er

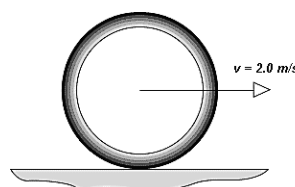
- A) $(1/36)mL^2$
- B) $(1/18)mL^2$
- C) $(1/9)mL^2$
- D) $(2/9)mL^2$
- E) $(4/9)mL^2$

18. To massive baller (en stor og en liten) og en massiv sylinder ruller ned et skråplan uten rullemotstand. Det er ingen luftmotstand. Hvilken har den største farten ved bunnen av skråplanet og hvilken har den minste?

- A) Den lille ballen har størst, den store ballen har minst
- B) Sylindren har størst, den lille ballen har minst
- C) Sylindren har størst, de to ballene har den samme (og mindre) fart
- D) Begge ballene har samme største fart, sylindren har mindre
- E) Det mangler opplysninger til å gi entydig svar

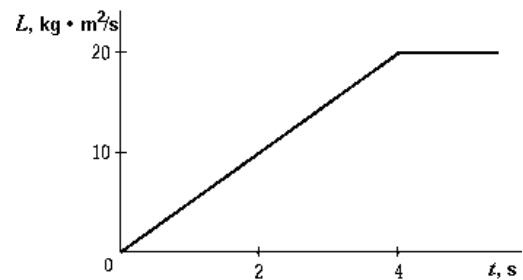
19. En tynn metallring med masse 1,00 kg og radius 0,50 m har en translasjonshastighet på 2,0 m/s idet den ruller uten å glippe. Spinn L (dreieimpulsen) til ringen omkring dens massesenter er

- A) 1,00 kg m²s⁻¹
- B) 2,00 kg m²s⁻¹
- C) 8,00 kg m²s⁻¹
- D) 4,00 kg m²s⁻¹
- E) 0,50 kg m²s⁻¹



20. Spinnet, L , (dreieimpulsen) for et gitt legeme omkring en gitt akse er en funksjon av tida som vist i figuren. Det ytre kraftmomentet (dreiemomentet) som virker på dette legemet omkring den gitte aksen er ved tidspunktet $t = 2$ s

- A) 0 Nm
- B) 5,0 Nm
- C) 10 Nm
- D) 20 Nm
- E) 40 Nm



21. Akselerasjonen, a , til en partikkel som beveger seg i en harmonisk oscillasjon er gitt ved

$$a = -16,0 \text{ s}^{-2} \cdot x,$$

der x er posisjonen. Oscillasjonsbevegelsens periode (svingetid) er lik

- A) 0,250 s
- B) 0,392 s
- C) 1,57 s
- D) 4,00 s
- E) 16,0 s

22. Et legeme svinger harmonisk ifølge likninga

$$x(t) = 0,040 \text{ m} \cdot \sin(30 \text{ s}^{-1} t + \pi/6).$$

Maksimalhastigheten til legemet avrundet til to sifre er lik

- A) $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
- B) 0,040 m/s
- C) 1,2 m/s
- D) 30 m/s
- E) 36 m/s

23. Ei pendelklokke på jordoverflata har en svingeperiode på 1,000 s. På en annen planet må pendelens lengde forkortes litt for å gi en periode på 1,000 s med samme maksimale vinkelutslag. Hva er rett for tyngdens akselerasjon, g , på denne planeten? Se bort fra friksjon og luftmotstand for pendelen.

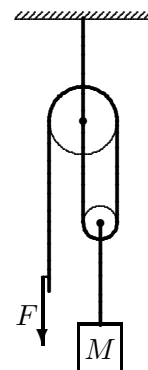
- A) Tyngdens akselerasjon på planeten er litt større enn g på jorda
- B) Tyngdens akselerasjon på planeten er litt mindre enn g på jorda
- C) Tyngdens akselerasjon på planeten er lik g på jorda
- D) Kan ikke svare uten å vite massen til pendelen
- E) Kan ikke svare uten å vite maksimalt vinkelutslag for pendelen

24.

Et legeme med masse M er hengt opp i et system av snorer og to trinser som vist i figuren. Trinsene er masseløse og kan gli friksjonsfritt om sin aksling. Øverste snor er festa i taket og ei ytre kraft F virker nedover på venstre snorende.

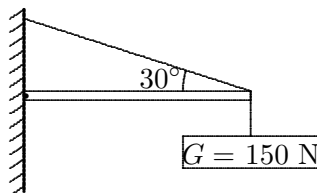
Hva er nødvendig kraft F for å holde systemet i ro?

- A) Mg
- B) $\frac{1}{4}Mg$
- C) $\frac{1}{2}Mg$
- D) $\frac{1}{3}Mg$
- E) 0



25. Et skilt med vekt 150 N holdes oppe av en horisontal bjelke og et skrått tau, som vist i figuren. Bjelken har jamn tykkelse og vekt 100 N og er hengslet ved veggen. (En hengsling kan oppta krefter i alle retninger men ingen vridningskrefter (moment)). Den **vertikale komponenten** av krafta på bjelken fra hengslingen ved veggen har verdi nærmest

- A) 150 N
- B) 250 N
- C) 346 N
- D) 0 N
- E) 50,0 N



26. I et volum V_0 befinner seg en viss mengde He-gass ved standard temperatur og trykk. Hvor stort volum vil gassen utgjøre hvis mengden gass blir halvert, temperaturen (i kelvin) doblet og trykket økt til $4/3$ av opprinnelig trykk?

- A) $\frac{3}{16} V_0$
- B) $\frac{4}{3} V_0$
- C) $\frac{3}{4} V_0$
- D) $\frac{3}{8} V_0$
- E) $\frac{1}{3} V_0$

27. Vi tilfører 10 J varme til en idealgass ved konstant trykk. Da vil den indre energien

- A) øke med 10 J
- B) øke med mindre enn 10 J
- C) øke med mer enn 10 J
- D) forbli uendra
- E) svaret vil være avhengig av om gassen er enatomig eller toatomig

28. En ideell gass utvider seg reversibelt fra et volum V_1 til $2V_1$. Dette kan skje ved tre ulike prosesser: Konstant trykk (isobar), konstant temperatur (isotermt) eller adiabatisk. Arbeidet på omgivelsene ved de ulike prosessene benevnes henholdsvis W_p , W_T og W_{ad} . Hva er størrelsen til arbeidene i forhold til hverandre?

- A) $W_T > W_p > W_{ad}$
- B) $W_p > W_{ad} > W_T$
- C) $W_{ad} > W_p > W_T$
- D) $W_p > W_T > W_{ad}$
- E) $W_{ad} > W_T > W_p$

29. Termodynamikkens første lov lyder $dU = \delta Q - \delta W$. Vi betrakter reversible prosesser i ideell gass. For en isentropisk prosess er alltid

- A) $dU = 0$
- B) $\delta Q = 0$
- C) $\delta W = 0$
- D) $\delta Q + \delta W = 0$
- E) Ingen av disse er rett svar.

30. Et metallstykke med temperaturen 20°C varmes opp slik at den indre energien doubles. Hva blir temperaturen?

- A) 20°C
- B) 40°C
- C) 313°C
- D) 400°C
- E) 586°C

31. Verdien av den molare varmekapasiteten for gass er avhengig av type prosess, vi har f.eks. de mest kjente C_V og C_p ved henholdsvis isokor og isobar prosess. Hva ville være den mest sannsynlige verdien for C_T , varmekapasitet ved en isoterm prosess?

- A) $C_T = 0$
- B) $0 < C_T < C_V$
- C) $C_V < C_T < C_p$
- D) $C_T = C_p$
- E) $C_T = \infty$.

32. To enatomige gasser, helium og neon, blir blanda i forholdet 2:1 og er i termisk likevekt ved temperatur 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

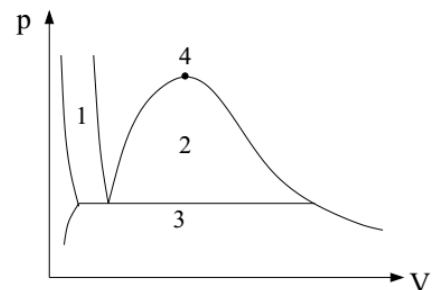
- A) U
- B) $U/2$
- C) $2U$
- D) $5U$
- E) $U/5$

33. Hvis temperaturen i en ideell enatomig gass halveres, hvordan vil da molekylene $v_{\text{rms}} = \sqrt{\langle v^2 \rangle}$ (rms-hastighet) endres?

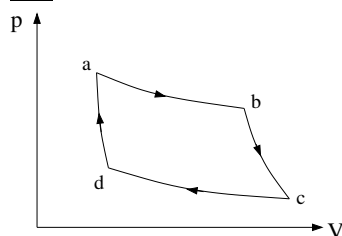
- A) v_{rms} reduseres til $1/2$ (halveres)
- B) v_{rms} blir uendra
- C) v_{rms} reduseres med ca. 30 prosent
- D) v_{rms} blir dobbelt så stor
- E) v_{rms} reduseres til $1/4$

34. Hva kalles punktet merket 4 i figuren?

- A) Kritisk punkt
- B) Trippelpunkt
- C) Kokepunkt
- D) Smeltepunkt
- E) Sublimeringspunkt



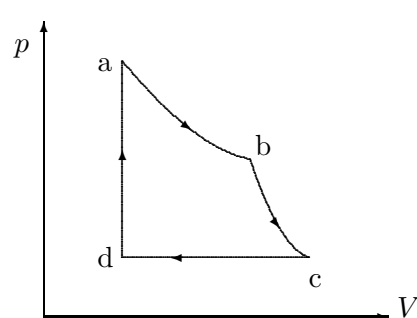
35.



Figuren viser en reversibel kretsprosess der arbeidssubstansen er en gass. Hva er netto arbeid som utføres i kretsprosessen?

- A) Null
- B) Arealet omsluttet av kurva abcda
- C) Arealet under kurva abc
- D) Arealet under kurva ab minus arealet under kurva dc
- E) Arbeidet vil være avhengig av om gassen er ideell eller ikke

36.



Figuren viser en reversibel kretsprosess for en ideell gass, bestående av en isoterm (a til b), en adiabat (b til c), en isobar (c til d) og en isokor prosess (d til a). Ranger temperaturene T_a , T_b , T_c og T_d i de fire tilstandene (hjørnene) merket a, b, c og d.

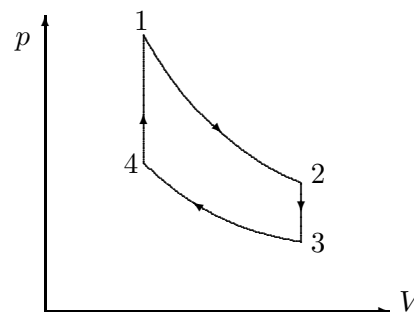
- A) $T_d < T_a = T_b < T_c$
- B) $T_a = T_b = T_c = T_d$
- C) $T_c < T_a = T_b < T_d$
- D) $T_d < T_c < T_b = T_a$
- E) $T_d < T_a < T_c < T_b$

37. I en kretsprosess opptas i løpet av én syklus 12 000 J varme og det avgis 8 000 J varme. Hva er prosessens virkningsgrad (effektivitet) η ?

- A) 133 %
- B) 75 %
- C) 66 %
- D) 33 %
- E) 25 %

38. En stirlingsyklus består av to isotermer og to isokore prosesser (se figuren). Anta at vi har 1,00 mol av en enatomig gass som følger en stirlingsyklus med følgende parametre $V_1 = V_4 = 1,00 \text{ dm}^3$, $V_2 = V_3 = 3,00 \text{ dm}^3$, $T_1 = T_2 = T_H = 600 \text{ K}$ og $T_3 = T_4 = T_L = 300 \text{ K}$. Hvor mye varme blir tilført langs isotermeren T_H ?

- A) 3,5 kJ
- B) 4,7 kJ
- C) 5,5 kJ
- D) 6,8 kJ
- E) 8,1 kJ



39. Hva er virkningsgraden til stirlingsyklusen beskrevet i forrige oppgave? Anta at varmen som avgis i den ene isokore prosessen kan absorberes med neglisjerbart tap i den andre isokore prosessen, slik at varmen som overføres i disse prosessene ikke påvirker virkningsgraden.

- A) 0,30
- B) 0,34
- C) 0,50
- D) 0,62
- E) 0,70

40. Antakelsen i oppgaven ovenfor er i praksis nesten umulig å tilfredsstille. Hva er virkningsgraden til stirlingsyklusen hvis du antar at varmen som avgis i den ene isokore prosessen ikke i det hele tatt kan absorberes i den andre isokore prosessen? Tips: Beregn opptatt varme.

- A) 0,30
- B) 0,34
- C) 0,50
- D) 0,62
- E) 0,70

41. Anta en reversibel stirlingsyklus (som i figuren ovenfor) men med andre verdier: varmeoverføringen i de isoterme prosessene er henholdsvis $Q_H = 10,0 \text{ kJ}$ og $Q_L = 5,0 \text{ kJ}$, varmeoverføringen i de isokore prosessene er $6,0 \text{ kJ}$, $T_H = 1000 \text{ K}$ og $T_L = 500 \text{ K}$. Hva er den totale endringen i arbeidssubstansens entropi gjennom en full syklus?

- A) $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ J/K}$
- B) $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ J/K}$
- C) $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ J/K}$
- D) $3,0 \cdot 10^{-3} \text{ J/K}$
- E) 0 J/K

42. Et termodynamisk system blir tatt fra tilstand I til tilstand II og det er likevekt underveis i hele prosessen. For de gitte termodynamiske størrelser:

- 1 indre energi,
- 2 entropi,
- 3 temperatur,
- 4 arbeid,
- 5 varme.

er endringen uavhengig av vegen som prosessen gjennomfører for følgende:

- A) 1 og 3
- B) 4 og 5
- C) 2, 3 og 4
- D) 3, 4 og 5
- E) 1, 2 og 3

43. Ved trykk 1,0 atm fordampes 45 mol flytende helium ved dets kokepunkt 4,22 K. Spesifikk fordampningsvarme for helium ved dette trykk og temperatur er $2,09 \cdot 10^4$ J/kg, og molar masse for helium er 4,00 g/mol. Entropiendringen for helium under fordampingen er nærmest

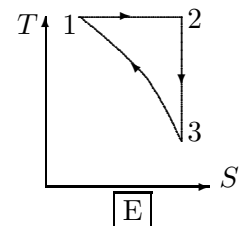
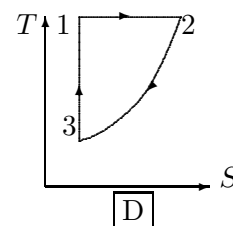
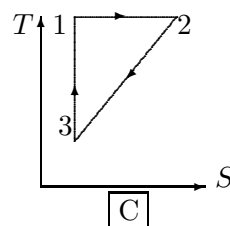
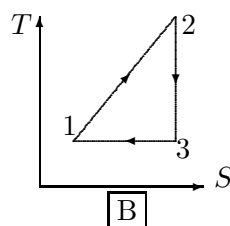
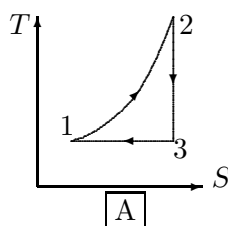
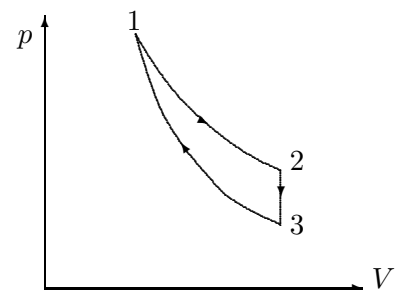
- A) 0,890 kJ/K
- B) 14 kJ/K
- C) 18 kJ/K
- D) -9,4 kJ/K
- E) -14 kJ/K

44. Ei isblokk på $0,0^\circ\text{C}$ plasseres i et stort kar med vann som holder 30°C og isblokka smelter. Karet er stort slik at du kan se bort fra temperaturendring i vannbadet. Hvilken av de følgende påstander er rett?

- A) Entropien mottatt av isblokka er lik entropitapet for vannet
- B) Entropitapet for isblokka er lik entropien mottatt av vannet
- C) Netto entropiendring til systemet (is pluss vann) er null fordi ingen varme er tilført systemet
- D) Entropiendring til systemet (is pluss vann) øker fordi prosessen er irreversibel
- E) Entropien til vannet endres ikke fordi temperaturen ikke endres

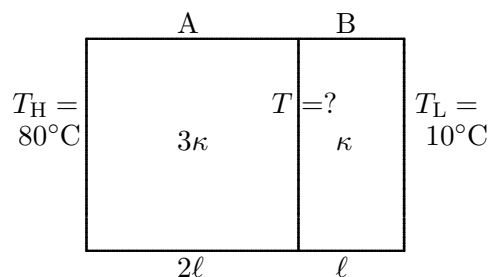
45. En reversibel prosess 1231 på en ideell gass er vist i et pV -diagram i figuren til høyre. Prosessen består av en isoterm, isokor og en adiabat.

Hvordan ser denne prosessen ut i et TS -diagram?



46. Du tester termisk ledning gjennom et sammensatt materiale som består av to lag, A og B. Lag A er dobbelt så tykt som lag B, og termisk ledningsevne til materialet i A er tre ganger så stor som den til materialet i B. Hvis temperaturen på venstre overflate av A er 80°C , og temperaturen på høyre overflate av B er 10°C , finn temperaturen til grenseflata mellom de to materialene når stasjonære forhold er etablert.

- A) 44°C
- B) 52°C
- C) 70°C
- D) 12°C
- E) 47°C

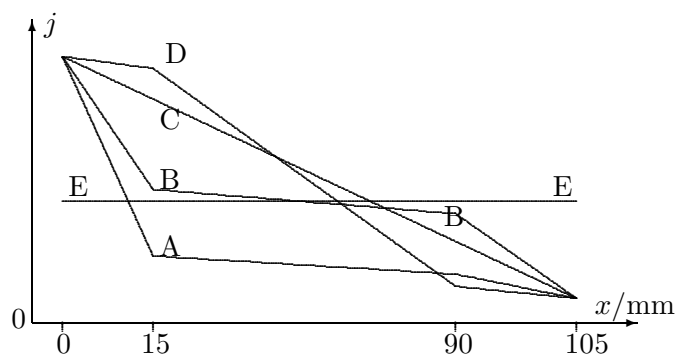


47. Et legeme har temperatur 227°C og har en gitt netto varmeutstråling $P = P_{\text{ut}} - P_{\text{inn}}$. Hva blir legemets netto utstråling P' hvis legemets temperatur øker til 427°C ? Omgivelsene har konstant temperatur 0°C . Både legemet og omgivelsene stråler som et svart legeme.

- A) $P' = 4,1 \cdot P$
- B) $P' = 3,8 \cdot P$
- C) $P' = 12,5 \cdot P$
- D) $P' = 8,3 \cdot P$
- E) $P' = 6,7 \cdot P$

48. En vegg mellom ei stue og et soverom har 15 mm tykke gipsplater på begge sider av et 75 mm tykt lag med glassvatt ("glava"). Stuetemperaturen er 22°C og soveromstemperaturen er 12°C . Varmeledningsevne: $\kappa_{\text{gips}} = 0,25 \text{ W}/(\text{m K})$ og $\kappa_{\text{glava}} = 0,035 \text{ W}/(\text{m K})$.

Figuren viser varmestrøm per tids- og per flateenhet, j , som funksjon av posisjon x gjennom vegg (vilkaarlige enheter langs vertikal akse.) Hvilken graf (A,B,C,D,E) viser korrekt kurve for den gitte vegg?



49. Ei metallkule med diameter 15,0 cm har temperatur 112°C og stråler ut en effekt på 71,3 W. Hva er emissiviteten (emisjonskoeffisienten) til overflata? Se bort fra innstrålt effekt til kula.

- A) 0,770
- B) 0,900
- C) 1,000
- D) 0,880
- E) 0,810

50. Et legeme ved 100°C stråler som et sort legeme med varmestrømtetthet j_1 og maksimum intensitet ved bølgelengde λ_1 . Legemets temperatur blir så økt til 200°C . Ved hvilken bølgelengde λ_2 har da utstrålingen maksimum intensitet?

- A) $\lambda_2 = 0,8 \cdot \lambda_1$
- B) $\lambda_2 = 0,9 \cdot \lambda_1$
- C) $\lambda_2 = 1,0 \cdot \lambda_1$
- D) $\lambda_2 = 1,1 \cdot \lambda_1$
- E) $\lambda_2 = 1,2 \cdot \lambda_1$

FORMELLISTE.

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

Fysiske konstanter:

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

$$k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \quad R = N_A k_B = 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{K}^{-1} \quad \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{K}^{-4}$$

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

SI-enheter:

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

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

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

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

Klassisk mekanikk:

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

$$\text{Konstant } \vec{a}: \quad \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t \quad \vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2 \quad v^2 - v_0^2 = 2\vec{a} \cdot (\vec{r} - \vec{r}_0)$$

$$\text{Konstant } \vec{\alpha}: \quad \omega = \omega_0 + \alpha t \quad \theta = \theta_0 + \omega_0t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \quad \omega^2 - \omega_0^2 = 2\alpha(\theta - \theta_0)$$

$$\text{Arbeid: } dW = \vec{F} \cdot d\vec{s} \quad W_{12} = \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{s} \quad \text{Kinetisk energi: } E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

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

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

$$\text{Tørr friksjon: } |F_f| \leq \mu_s F_\perp \text{ eller } |F_f| = \mu_k F_\perp \quad \text{Våt friksjon: } \vec{F}_f = -k_f \vec{v} \text{ eller } \vec{F}_f = -bv^2 \hat{v}$$

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

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

$$\text{Massemiddelpunkt (tyngdepunkt): } \vec{R} = \frac{1}{M} \sum m_i \vec{r}_i \rightarrow \frac{1}{M} \int \vec{r} dm \quad M = \sum m_i$$

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

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

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

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

$$\text{Spinn for rullende legeme: } \vec{L} = \vec{R}_{\text{cm}} \times M\vec{V} + I_0\vec{\omega}, \quad \text{Rotasjonsenergi: } E_{k,\text{rot}} = \frac{1}{2} I \omega^2,$$

$$\text{der treghetsmoment } I \stackrel{\text{def}}{=} \sum m_i r_i^2 \rightarrow \int r^2 dm \quad \text{med } r = \text{avstanden fra } m_i \text{ (dm) til rotasjonsaksen.}$$

Med akse gjennom massemiddelpunktet: $I \rightarrow I_0$, og da gjelder:

$$\text{kule: } I_0 = \frac{2}{5} MR^2 \quad \text{kuleskall: } I_0 = \frac{2}{3} MR^2 \quad \text{sylder/skive: } I_0 = \frac{1}{2} MR^2 \quad \text{åpen sylinder/ring: } I_0 = MR^2$$

$$\text{lang, tynn stav: } I_0 = \frac{1}{12} M\ell^2$$

$$\text{Parallellaksesteoremet (Steiners sats): } I = I_0 + Mb^2$$

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

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

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

$$\gamma < \omega_0 \quad \text{Underkritisk dempet: } x(t) = A e^{-\gamma t} \cos(\omega_d t + \phi) \quad \text{med } \omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}$$

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

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

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

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

Termisk fysikk:

$$n = \text{antall mol} \quad N = nN_A = \text{antall molekyler} \quad n_f = \text{antall frihetsgrader}$$

$$\alpha = \ell^{-1} d\ell/dT \quad \beta = V^{-1} dV/dT$$

$$\Delta U = Q - W \quad C = \frac{1}{n} \frac{dQ}{dT} \quad C' = \frac{1}{m} \frac{dQ}{dT} \quad L'_s = \frac{dQ_s}{dm} \quad L'_f = \frac{dQ_f}{dm}$$

$$pV = nRT = Nk_B T \quad pV = N \frac{2}{3} \langle E_k \rangle \quad \langle E_k \rangle = \frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2} k_B T \quad W = p\Delta V \quad W = \int_1^2 p dV$$

$$\text{Ideell gass: } C_V = \frac{1}{2} n_f R \quad C_p = \frac{1}{2} (n_f + 2) R = C_V + R \quad \gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{n_f + 2}{n_f} \quad dU = C_V n dT$$

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

$$\text{Virkningsgrader for varmekraftmaskiner: } \eta = \frac{W}{Q_{\text{inn}}} \quad \text{Carnot: } \eta_C = 1 - \frac{T_L}{T_H} \quad \text{Otto: } \eta_O = 1 - \frac{1}{r^{\gamma-1}}$$

$$\text{Effektfaktorer: Kjøleskap: } \eta_K = \left| \frac{Q_{\text{inn}}}{W} \right| \xrightarrow{\text{Carnot}} \frac{T_L}{T_H - T_L} \quad \text{Varmepumpe: } \eta_V = \left| \frac{Q_{\text{ut}}}{W} \right| \xrightarrow{\text{Carnot}} \frac{T_H}{T_H - T_L}$$

$$\text{Clausius: } \sum \frac{Q}{T} \leq 0 \quad \oint \frac{dQ}{T} \leq 0 \quad \text{Entropi: } dS = \frac{dQ_{\text{rev}}}{T} \quad \Delta S_{12} = \int_1^2 \frac{dQ_{\text{rev}}}{T}$$

$$1. \text{ og } 2. \text{ hovedsetning: } dU = dQ - dW = T dS - p dV$$

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

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

$$\text{Stråling: } j_s = e\sigma T^4 = a\sigma T^4 = (1-r)\sigma T^4$$

$$\text{Planck: } j_s(T) = \int_0^\infty g(\lambda, T) d\lambda \quad \text{der } j_s \text{'s frekvensspekter } = g(\lambda, T) = \frac{dj_s}{d\lambda} = 2\pi h c^2 \cdot \frac{\lambda^{-5}}{\exp\left(\frac{hc}{k_B T \lambda}\right) - 1}$$

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