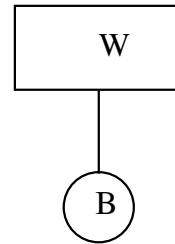


1. Systemet i figuren består av ei stålkule B forbundet med ei snor til en trekloss W. Hvis systemet slippes i vakuum, blir snorkraften



- A) null
- B) lik differansen mellom massene til B og W
- C) lik differansen mellom vektene av B og W
- D) lik vekten av B
- E) lik vekten av W

2. En rektangulær kasse har masse 50 kg og befinner seg på et horisontalt underlag. Statisk og kinetisk friksjonskoeffisient er hhv $\mu_s = 0.50$ og $\mu_k = 0.35$. En person skyver med en horisontal kraft 275 N på kassen. Hvilken påstand er korrekt?

- A) Kassen ligger i ro
- B) Kassen beveger seg med konstant hastighet
- C) Kassens akselerasjon er 0.6 m/s^2
- D) Kassens akselerasjon er 2.1 m/s^2
- E) Kassens akselerasjon er 3.6 m/s^2

3. En rektangulær kasse med masse m ligger i ro på et skråplan som danner en vinkel θ med horisontalplanet. Vinkelen θ er mye mindre enn det som skal til for at kassen skal begynne å gli. Statisk friksjonskoeffisient er μ_s . Hvilken påstand er korrekt om absoluttverdien av den statiske friksjonskraften f ?

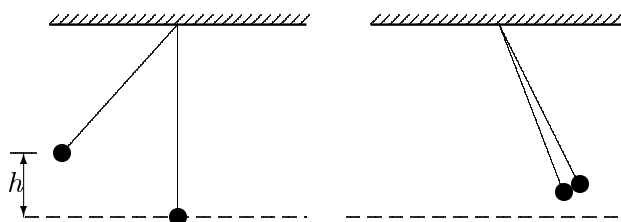
- A) $f = \mu_s mg$ B) $f = \mu_s mg \cos \theta$ C) $f = mg \cos \theta$ D) $f = mg \sin \theta$ E) $f = mg \tan \theta$

4. Et legeme blir påvirket av en kraft på 10 N og forflytter seg i kraftens retning slik at forflytningen er gitt som $s(t) = 3.0 t^2 + 2.0 t$, der t er tiden. Her inngår alle størrelser og koeffisienter i standard SI-enheter. Hvor stor effekt tilføres legemet ved tidspunktet $t = 2.0 \text{ s}$?

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

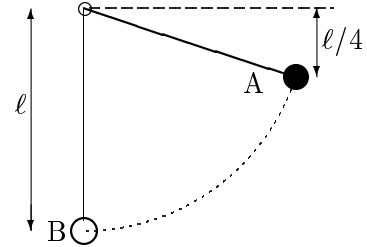
5. To like kuler henger i hver sin snor med lik lengde. Ei av kulene blir sluppet fra en høyde h over bunnpunktet og treffer den andre kula på det laveste punktet i banen. Under kollisjonen festes de to kulene til hverandre og beveger seg videre sammen. Hvilke(n) størrelse(r) er konstant(e) under kollisjonen?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

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



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

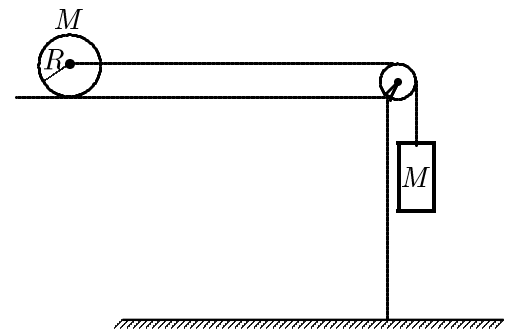
- A) mg
- B) $\frac{3}{2}mg$
- C) $2mg$
- D) $\frac{5}{2}mg$
- E) $3mg$



7. Et legeme beveger seg rettlinjet med konstant akselerasjon. Starthastigheten er v_1 . Etter at strekningen s er tilbakelagt, er hastigheten $2v_1$. Hvor stor er farten etter at ytterligere en strekning s (og dermed en total strekning $2s$) er tilbakelagt?

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

Figuren til høyre gjelder oppgavene 8 – 10. En massiv sylinder med masse M , radius R og treghetsmoment $\frac{1}{2}MR^2$ ligger på et horisontalt bord. Sylinderen kan rotere uten friksjon om sin egen akse, men det kan være friksjon mellom sylinderen og bordflaten. Til sylinderens akse er det festet ei snor på en slik måte at sylinderen 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. Snora er hele tiden stram, og den kan regnes masseløs.



I oppgavene 8 – 10 studerer vi tre ulike tilfeller av friksjon som angitt, og du skal i hvert tilfelle bestemme akselerasjonen a til sylinderen og klossen.

8. Det er ingen friksjon mellom sylinderen og bordflaten. Hva er akselerasjonen a ?

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

9. Det er stor nok friksjon mellom sylinderen og bordflaten til at sylinderen ruller uten å slure (ren rulling). Hva er akselerasjonen a ?

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

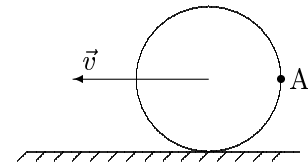
10. Friksjonskoeffisientene for statisk og kinetisk friksjon er begge lik $\mu = 0.100$, og ikke store nok til å gi ren rulling for sylinderen. Hva er akselerasjonen a ?

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

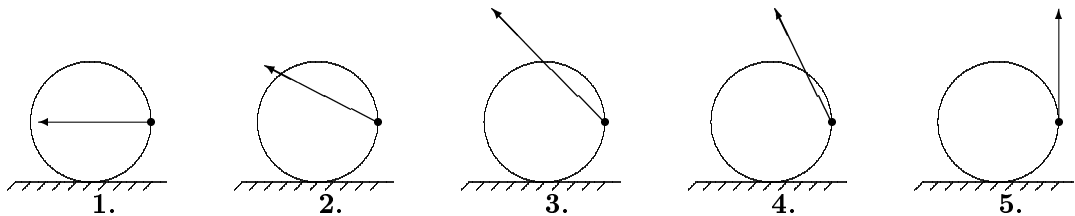
11. En student sitter på en kontorstol med armene vinkelrett ut fra kroppen. Studenten holder ei stor og tung fysikkbok i hver hånd. Stolen roterer friksjonsfritt om sin faste aksling. Studenten trekker nå armene og fysikkbøkene inntil kroppen. Hvordan endres med dette systemets dreieimpuls L og kinetiske energi K ? (Systemet = student + stol + bøker.)

- A) L øker og K øker
- B) L øker og K uendret
- C) L uendret og K øker
- D) L uendret og k uendret
- E) L uendret og K avtar

12. Et hjul med radius R ruller uten å gli på et 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



13. Tregghetsmomentet for ei tynn stang med masse m og lengde L om en akse normalt på staven og 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) $(4/9)mL^2$

14. To massive baller (en stor og en liten) og en massiv sylinder ruller rent (uten å slure) ned et skråplan. Det er ingen luftmotstand. Hvilken påstand om disse legemenes hastighet ved bunnen av skråplanet er riktig?

- A) Den lille ballen har størst hastighet, den store ballen har minst hastighet
- B) Sylindere har størst hastighet, den lille ballen har minst hastighet
- C) Sylindere har størst hastighet, de to ballene har mindre men like stor hastighet
- D) De to ballene har samme største hastighet, sylindere har mindre hastighet
- E) Det mangler opplysninger til å gi et entydig svar

15. Akselerasjonen a til en partikkel som utfører en harmonisk svingning er gitt ved

$$a = -16.0 \text{ s}^{-2} \cdot x,$$

der x er partikkelens posisjon. Svingebevegelsens periode (svingetid) er da

- A) 0.250 s
- B) 0.392 s
- C) 1.57 s
- D) 4.00 s
- E) 16.0 s

16. Et legeme svinger harmonisk med utsving

$$x(t) = 0.040 \text{ m} \cdot \sin(30\text{s}^{-1}t + \pi/6)$$

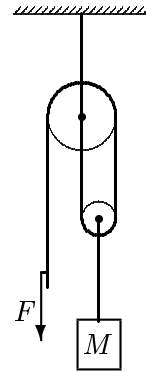
som funksjon av tiden t . Maksimalhastigheten til legemet, avrundet til to sifre, er

- 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

17. Et legeme med masse M er hengt opp i et system av masseløse snorer og to trinser som vist i figuren. Trinsene er også masseløse, og de kan rotere friksjonsfritt om sine respektive akslinger. Det er heller ingen friksjon mellom snorer og trinser. Øverste snor er festet i taket, og en ytre kraft F virker nedover på venstre snorende.

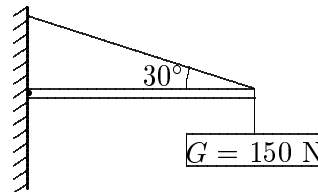
Hva er nødvendig kraft F for å holde systemet i ro?

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



18. Et skilt med vekt 150 N holdes oppe av en horisontal bjelke og et skrått (masseløst) tau, som vist i figuren. Bjelken har jevn tykkelse og vekt 100 N og er hengslet ved veggen. Den **vertikale komponenten** av kraften 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

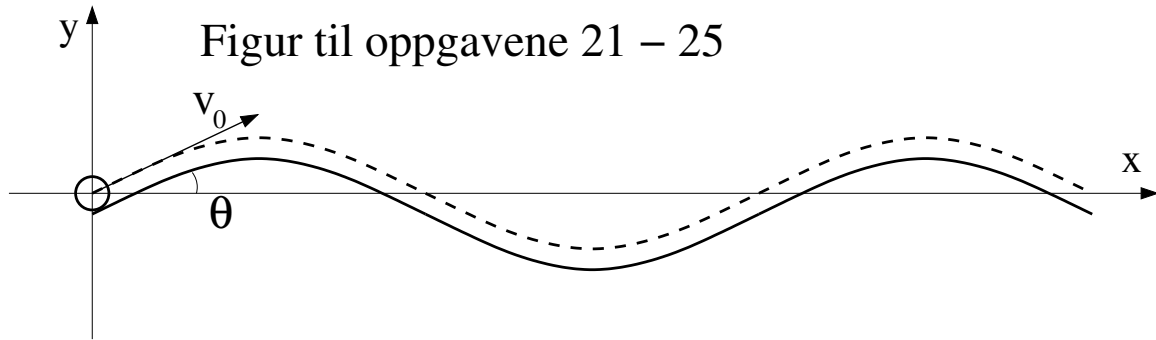


19. Din venn sitter på ei huske ("disse" i Trøndelag) med ca ni meter opp til festepunktene oppunder taket. Omtrent hvor ofte må du regne med å gi din venn en dytt når målet er størst mulig utsving med minst mulig anstrengelse? (Du dytter i samme retning hver gang.)

- A) En gang hvert åttende sekund
 B) En gang hvert sjette sekund
 C) En gang hvert fjerde sekund
 D) En gang hvert andre sekund
 E) En gang hvert sekund

20. Du har klokke men ikke linjal eller tommestokk. Din forholdsvis lange, tynne og jevntykkede metallstang svinger fram og tilbake, med små utsving fra likevekt, med svak demping, og med periode (svingetid) 1.37 s når det henges opp i den ene enden. Hvor lang er metallstanga?

- A) 40 cm B) 50 cm C) 60 cm D) 70 cm E) 80 cm



På en sinusformet bane (heltrukken linje) ruller ei kompakt metallkule med masse M , radius R og treghetsmoment $I_0 = 2MR^2/5$. Kula ruller rent (uten å slure), slik at kulas massesenter (CM) følger banen (stiplet linje)

$$y(x) = A \sin(2\pi x/\lambda).$$

Tallverdier for de ulike størrelsene er $M = 28$ g, $R = 9.5$ mm, $A = 25$ mm og $\lambda = 80$ cm. Ved tidspunktet $t = 0$ er kulas massesenter i posisjon $x = 0$ med hastighet $v_0 = 80$ cm/s. Helningsvinkelen θ er valgt positiv når kula er på vei oppover. Vi ser her bort fra luftmotstand og andre effekter som fører til tap av mekanisk energi. Figuren angir ikke korrekte forhold mellom R , A og λ .

21. Hva er kulas minste hastighet?

- A) 24 cm/s B) 34 cm/s C) 44 cm/s D) 54 cm/s E) 64 cm/s

22. Hva er banens største helningsvinkel θ ?

- A) 8° B) 11° C) 14° D) 17° E) 20°

23. Hva er maksimal normalkraft mellom banen og kula?

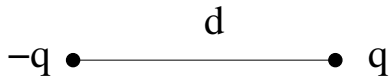
- A) 0.12 N B) 0.17 N C) 0.22 N D) 0.27 N E) 0.32 N

24. Hva er friksjonskraften mellom banen og kula når kula passerer banens bunnpunkt?

- A) Null B) 0.17 N C) 0.27 N D) 0.37 N
E) Vi trenger flere opplysninger for å besvare spørsmålet.

25. Hva er kulas akselerasjon (baneakselerasjon) $a = dv/dt$ uttrykt ved helningsvinkelen θ ? (Tips: N2 for translasjon tangentielt med banen kombinert med N2 for rotasjon om kulas massesenter.)

- A) $a = -\frac{g}{7} \sin \theta$ B) $a = -\frac{2g}{7} \sin \theta$ C) $a = -\frac{3g}{7} \sin \theta$ D) $a = -\frac{4g}{7} \sin \theta$ E) $a = -\frac{5g}{7} \sin \theta$



26. En elektrisk dipol består av to punktladninger $\pm q$ i innbyrdes avstand d . Hva er da elektrisk feltstyrke $|\mathbf{E}|$ i avstand d fra hver av de to punktladningene?

- A) $q/\sqrt{3}\pi\epsilon_0 d^2$ B) $\sqrt{3}q/4\pi\epsilon_0 d^2$ C) $q/4\pi\epsilon_0 d^2$ D) $q/8\pi\epsilon_0 d^2$ E) $2q/\pi\epsilon_0 d^2$

27. Hydrogenfluorid (HF) har elektrisk dipolmoment $p = 1.82$ D (debye), der enheten D er definert som $1 \text{ D} = (10^{-21} \text{ Cm}^2/\text{s})/c$, med $c = 299792458 \text{ m/s}$ (lysfarten i vakuum). Bindingslengden i HF er $d = 0.92$ Å. En modell (som i figuren i forrige oppgave) for HF, med H og F representert ved punktladninger hhv q og $-q$ i innbyrdes avstand d , gir da (med e lik elementærladningen)

- A) $q = 0.21e$ B) $q = 0.26e$ C) $q = 0.31e$ D) $q = 0.36e$ E) $q = 0.41e$

28. Hvor stor er radien til en (kuleformet) ekvipotensialflate på -1.44 V med et elektron i sentrum? (Null potensial velges uendelig langt unna.)

- A) 1.0 nm B) 5.0 nm C) 10 nm D) 50 nm E) 100 nm

29. En tynn stav med lengde L er plassert på x -aksen med sentrum i origo. Staven har en ladning pr lengdeenhet lik $\lambda(x) = \lambda_0 x/L$. Hva er stavens elektriske dipolmoment p ?

- A) $p = \frac{1}{2} \lambda_0 L^2$ B) $p = \frac{1}{4} \lambda_0 L^2$ C) $p = \frac{1}{6} \lambda_0 L^2$ D) $p = \frac{1}{8} \lambda_0 L^2$ E) $p = \frac{1}{12} \lambda_0 L^2$

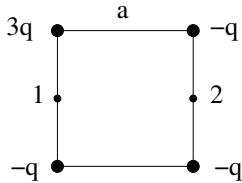
30. Potensialet i et område beskrives av funksjonen

$$V(x, y, z) = V_0 \left(\frac{x^2 + 2y^2 + 3z^2}{a^2} \right).$$

Her er V_0 og a konstanter med enhet hhv V og m. Hva er den elektriske feltstyrken $|\mathbf{E}|$ i posisjonen $(x, y, z) = (0, 2a, a)$?

- A) $5V_0/a$ B) $10V_0/a$ C) $15V_0/a$ D) $20V_0/a$ E) $25V_0/a$

Opgavene 31 – 34 dreier seg om et system med fire punktladninger i hvert sitt hjørne av et kvadrat med sidekanter a , vist i figuren nedenfor:



31. Hva er systemets elektriske dipolmoment?

- A) $\sqrt{2}qa$ B) $2\sqrt{2}qa$ C) $3\sqrt{2}qa$ D) $2\sqrt{3}qa$ E) $\sqrt{3}qa$

32. Hva er systemets potensielle energi? Oppgitt: $U = \sum_{i < j} q_i q_j / 4\pi\epsilon_0 r_{ij}$.

- A) $-(4+\sqrt{2})q^2/4\pi\epsilon_0 a$ B) $-(2+\sqrt{2})q^2/4\pi\epsilon_0 a$ C) Null D) $(2+\sqrt{2})q^2/4\pi\epsilon_0 a$ E) $(4+\sqrt{2})q^2/4\pi\epsilon_0 a$

33. Hva er den elektriske feltstyrken $|\mathbf{E}|$ i sentrum av kvadratet?

- A) $q/2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2$ B) $q/\pi\epsilon_0 a^2$ C) $2q/\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2$ D) $2q/\pi\epsilon_0 a^2$ E) $4q/\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2$

34. Hva er potensialforskjellen mellom de to punktene merket med 1 og 2 i figuren?

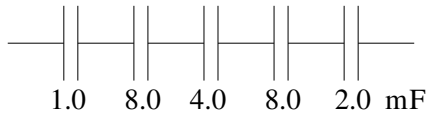
- A) $(1 - 1/\sqrt{5})q/\pi\epsilon_0 a$ B) $(1 - 1/\sqrt{5})2q/\pi\epsilon_0 a$ C) $(1 - 1/\sqrt{5})3q/\pi\epsilon_0 a$
 D) $(1 - 1/\sqrt{5})4q/\pi\epsilon_0 a$ E) $(1 - 1/\sqrt{5})5q/\pi\epsilon_0 a$

35. Hvilken påstand er riktig? Kapasitansen til en enkel ideell parallellplatekondensator ...

- A) ... blir mindre hvis vi øker avstanden mellom platene.
 B) ... er proporsjonal med ladningen på platene.
 C) ... er omvendt proporsjonal med potensialforskjellen mellom platene.
 D) ... er uavhengig av valg av materiale mellom platene.
 E) ... er uavhengig av platearealet.

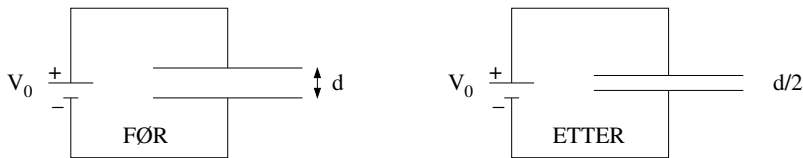
36. Et metallstykke (i elektrostatisk likevekt) er tilført en viss mengde negativ ladning. Hvilken påstand om det negativt ladde metallstykket er feil?

- A) Inne i metallstykket er den elektriske feltstyrken lik null.
 B) På overflaten av metallstykket er den elektriske feltstyrken ikke lik null.
 C) Metallstykket er et ekvipotensial.
 D) Nettoladningen fordeler seg jevnt over metallstykkets volum.
 E) I stor avstand fra metallstykket avtar feltstyrken med kvadratet av avstanden.



37. Til de fem seriekoblede kondensatorene i figuren kobler vi en spenningskilde på 9.0 V. Hva blir nå spenningen over kondensatoren med kapasitans 1.0 mF?

- A) 0.39 V B) 0.56 V C) 1.1 V D) 2.3 V E) 4.5 V

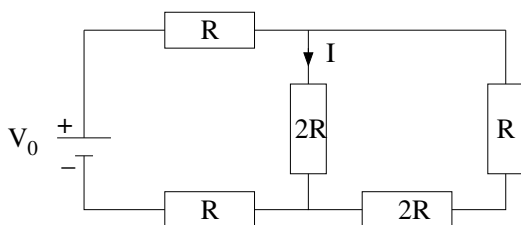


38. En likespenningskilde V_0 er koblet til en parallellplatekondensator med plateavstand d . Hva skjer med potensialforskjellen mellom kondensatorplatene dersom plateavstanden halveres?

- A) Den reduseres til $1/4$ B) Den halveres C) Den endres ikke D) Den dobles E) Den firedobles

39. En enkel elektrisk krets består av en spenningskilde på 1.5 V koblet til en motstand på 0.23Ω med to kobberledninger, hver med lengde 0.90 m og tverrsnitt 1.5 mm^2 . Ved aktuell temperatur har kobber elektrisk ledningsevne $\sigma = 6.0 \cdot 10^7 \text{ S/m}$ (siemens pr meter; $\text{S} = 1/\Omega$). Hva blir strømstyrken?

- A) 6.0 A B) 7.0 A C) 8.0 A D) 9.0 A E) 10 A



40. I figuren er $V_0 = 9.0 \text{ V}$ og $R = 2.0 \Omega$. Hva er strømmen I ? (Se figur.)

- A) 0.44 A B) 0.54 A C) 0.64 A D) 0.74 A E) 0.84 A

41. Vi tilfører 10 J varme til en ideell gass ved konstant trykk. Da vil den indre energien

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

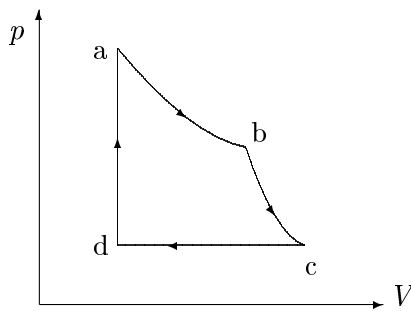
42. En ideell gass utvider seg reversibelt fra et volum V_1 til $2V_1$. Dette kan skje ved tre ulike prosesser: Konstant trykk (isobar), konstant temperatur (isoterm) eller adiabatisk. Arbeidet på omgivelsene ved de ulike prosessene benevnes henholdsvis W_p , W_T og W_{ad} . Hva er størrelsen til arbeidene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

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

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

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

44.



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) $T_d < T_a < T_c < T_b$

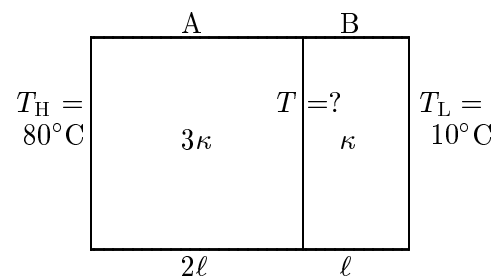
45. I en kretsprosess opptas i løpet av én syklus 12 kJ varme og det avgis 8 kJ varme. Hva er prosessens virkningsgrad (effektivitet) η ?

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

46. En isblokk på 0.0°C plasseres i et stort kar med vann som holder 30°C , og isblokken 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 isblokken er lik entropitapet for vannet
- B) Entropitapet for isblokken er lik entropien mottatt av vannet
- C) Entropiendring til systemet (is pluss vann) øker fordi prosessen er irreversibel
- D) Netto entropiendring til systemet (is pluss vann) er null fordi ingen varme er tilført systemet
- E) Entropien til vannet endres ikke fordi temperaturen ikke endres

47. 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 , hva er temperaturen til grenseflaten mellom de to materialene når stasjonære forhold er etablert.



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

48. 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) $P' = 6.7 \cdot P$

49. Hva er maksimalt innhold av vanddamp i luft ved 22°C ? Vannets trippelpunkt er ved 273.16 K og 612 Pa . Fordampingsvarmen er 45 kJ/mol . Molekylmassen er 18 u .

- A) 200 g/m^3
- B) 20 g/m^3
- C) 2 g/m^3
- D) 200 mg/m^3
- E) 20 mg/m^3

50. Romtemperert luft (20°C) i ei sykkelpumpe komprimeres adiabatisk til en sjettedel av opprinnelig volum. Hva er nå temperaturen i lufta?

- A) 427°
- B) 327°
- C) 227°
- D) 127°
- E) 27°