TFY4115 Fysikk (MTELSYS/MTTK/MTNANO)
Eksamen 17. august 2018, Løsningsforslag

Oppgave:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Rett svar:	B	B	C	D	B	B	C	D	E	A	D	C	
Oppgave:	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**
Rett svar:	D	E	A	A	E	D	C	E	C	A	C	D	A
Oppgave:	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	
Rett svar:	E	B	A	B	C	C	A	B	A	D	C	A	
Oppgave:	**38**	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**	**50**
Rett svar:	C	B	E	D	B	C	C	E	A	C	D	C	C

Detaljer om spørsmålene:

1. B. Startfarten er null. Det betyr at $v = at$ og øker prop. med tida. Videre er $P = W/t = Fs/t = Fv$, og det vil si at effekten er proporsjonal med farten. Den kinetiske energien er $E = \frac{1}{2}mv^2$ og altså proporsjonal med farten kvadrert og dermed også tida kvadrert.

2. B. Farten skifter retning på toppen slik at A ikke kan være rett. Akselerasjonen er konstant under bevegelsen opp (og ned), slik at D ikke er rett. Akselerasjonen har størst tallverdi når klossen er på vei oppover fordi da virker tyngden og friksjonen i samme retning, altså er B med størst endring i v på opptur riktig.

3. C. Energibevarelse, fjæras potensielle energi overføres til kinetisk energi for kula:

$$\frac{1}{2}kb^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 \quad \Rightarrow \quad k = \frac{mv_1^2}{b^2} = \frac{0,500\,\text{kg}\cdot(1,40\,\text{m/s})^2}{(0,0400\,\text{m})^2} = 612,5\,\text{N/m} = \underline{613\,\text{N/m}}\,.$$

4. D. Snorkraft $S = mg + F_\text{c} = mg + mv^2/\ell$ og farten bestemmes av energibevaring:

$$mg(\ell - \ell/4) = \frac{1}{2}mv^2 \;\Rightarrow\; mv^2 = \frac{3}{2}mg\ell \quad \Rightarrow S = mg + \frac{3}{2}mg = \frac{5}{2}mg.$$

5. B. Kin. energi = pot. energi: $\frac{1}{2}(m+3m)v^2 = mgh$ gir $v = \sqrt{\frac{1}{2}gh}$.

6. B. Trinsa følger med bevegelsen med $\omega = v/R$ og har kinetisk energi $\frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}\frac{1}{2}2mR^2\,v^2/R^2 = \frac{1}{2}mv^2$. Klossene har kin. energi $\frac{1}{2}(m+3m)v^2 = 2mv^2$. Kin. en. = pot. energi: $\frac{5}{2}mv^2 = mgh$ gir $v = \sqrt{\frac{2}{5}gh}$.

7. C. Aktuell bevegelse for de to klossene er mot høyre for A og mot venstre for B. På kloss B virker snorkraft mot venstre og friksjonskraft mot høyre, motsatt like store så lenge klossen(e) er i ro. Maksimal friksjonskraft like før klossen starter å gli: $S = F_\text{f,B} = \mu_\text{s}F_\text{N,B} = \mu_\text{s}m_\text{B}g = 0,600\cdot 3,00\,\text{kg}\cdot 9,81\,\text{ms}^2 = 17,6\,\text{N}$.

8. D. Umiddelbart før klossene beveger seg er trekkrafta F lik sum av krefter i motsatt retning på A (Newton 1). Friksjonskraft mellom A og B: $F_\text{f,B} = \mu_\text{s}m_\text{B}g = 17,6\text{N}$ (beregnet over) mot venstre på A. Friksjonskraft mellom A og underlag: $F_\text{f,A} = \mu_\text{s}(m_\text{A}+m_\text{B})g = 0,600\cdot 8,00\,\text{kg}\cdot 9,81\,\text{ms}^2 = 47,1\,\text{N}$ mot venstre på A. Snorkrafta $S = F_\text{f,B} = 18\,\text{N}$, totalt 17,6 N + 47,1 N + 17,6 N = 82,3 N.

9. E. Fra oppgitt $x(t)$ og $y(t)$ er $a_x = \ddot{x}(t) = R\omega^2\sin\omega t$ og $a_y = \ddot{y}(t) = R\omega^2\cos\omega t$ slik at $|a| = \sqrt{R^2\omega^4(\sin^2\omega t + \cos^2\omega t)} = R\omega^2 = V^2/R$. Eller enklere: Rullebevegelsen er sammensatt av translasjon V og rotasjon ω der $V = \omega R$. Translasjonen har ingen akselerasjon, rotasjonen har sentripetalakselerasjon $a_\text{c} = \omega^2 R = V^2/R$.

10. A. Støt mellom to roterende skiver. Spinnet (dreieimpulsen), L_tot, er bevart i alle støt. Dermed halveres vinkelhastigheten etter støtet. Total kinetisk energi etter blir $E_\text{etter} = \frac{1}{2}(2I)\,(\omega/2)^2 = \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}\cdot E_\text{før}$.

11. D. Kraftmomentet $\vec{\tau} = \vec{r}\times\vec{F}$ vil etter høyrehåndsregelen falle langs $-x$.

12. C. Uten friksjon er det kun snakk om translasjon, og tyngden til klossen gir følgende akselerasjon (Newton 2 for systemet av kloss+sylinder)

$$a = \frac{\Sigma F}{\Sigma M} = \frac{Mg}{2M} = \underline{\frac{1}{2}g}.$$

13. D. Ved rein rulling er $a = \alpha R$. Rotasjonsakselerasjonen for sylinderen kommer fra friksjonskraft F_f som må virke mot venstre. Newton 2 (translasjon) for systemet kloss+sylinder gir

$$Mg - F_\mathrm{f} = 2M \cdot a, \tag{1}$$

mens spinnsatsen (N2-rot) for sylinderen gir

$$\tau = I\alpha \quad \Rightarrow \quad F_\mathrm{f} R = \frac{1}{2} M R^2 \frac{a}{R} \quad \Rightarrow \quad F_\mathrm{f} = \frac{1}{2} M a. \tag{2}$$

Uttrykket (??) for F_f innsatt i likn. (??) gir

$$Mg - \frac{1}{2} Ma = 2M \cdot a \quad \Rightarrow \quad \frac{5}{2} Ma = Mg \quad \Rightarrow \quad a = \underline{\frac{2}{5} g}.$$

14. E. Sylinderen vil gli bortover med delvis rulling. Friksjonen blir kinematisk med frik. koeffisient $\mu = 0,10$. Friksjonskrafta virker mot venstre og er lik $F_\mathrm{f} = 0,10 \cdot F_\mathrm{N} = 0,10 \cdot Mg$. Likn. (??) gir

$$Mg - F_\mathrm{f} = 2M \cdot a \quad \Rightarrow \quad Mg - 0,10 \cdot Mg = 2M \cdot a \quad \Rightarrow \quad a = \underline{\frac{9}{20} g}.$$

15. A. Når kulene henger sammen er dette et fullstendig uelastisk støt, og det vil tapes energi. Under en kollisjon uten ytre krefter er alltid p og L bevart (her er sammenhengen $L = \ell p$ for hver av kulene, der ℓ er snorlengden).

16. A. Fart til venstre kule *før* støt fra energibevarelse $mgh = \frac{1}{2} m v_1^2 \Rightarrow v_1^2 = 2gh$. Med v' = fellesfarten etter støtet gir bevaring av bevegelsesmengden: $mv_1 = 2mv'$. Energibevaring *etter* støtet gir: $2mgH = \frac{1}{2}(2m)\, v'^2$, som gir $H = \frac{1}{2}\frac{v'^2}{g} = \frac{1}{2}\frac{v_1^2}{4g} = \frac{1}{2}\frac{2gh}{4g} = \frac{h}{4}$.

17. E. Steiners sats: $I = I_0 + b^2 m = \frac{1}{2} mR^2 + R^2 m = 3/2\, mR^2$.

18. D Translasjonsfarten $v = \omega R$ er gitt ved energibevarelse:

$$Mgh = \frac{1}{2} M v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} M v^2 \left(1 + \frac{I}{MR^2}\right) = \text{lik for alle.}$$

En sylinder har større treghetsmoment enn kuler: $I_\mathrm{syl} = \frac{1}{2} MR^2$, $I_\mathrm{kule} = \frac{2}{5} MR^2$. Da blir v ved bunnen minst for sylinderen og lik for begge kulene.

19. C. Friksjonskrafta er konstant så lenge kula glir, og lik $F_\mathrm{f} = -\mu_\mathrm{k} mg$. Dette er eneste krafta i horisontal retning, og Newtons 2.lov gir da at translasjonsakselerasjonen er konstant og lik

$$a = \frac{F_\mathrm{f}}{m} = \underline{-\mu_\mathrm{k} g}.$$

20. E. Friksjonskrafta $|F_\mathrm{f}| = \mu_\mathrm{k} mg$ virker mot venstre og er den eneste som kan gi rotasjon. Kula har $I = \frac{2}{5} mR^2$ og Newtons 2.lov for rotasjon gir at friksjonskrafta gir positiv vinkelakselerasjon α:

$$I\alpha = F_\mathrm{f} R \quad \Rightarrow \quad \alpha = \frac{\mu_\mathrm{k} mgR}{2/5 mR^2} = \underline{\frac{5}{2R} \mu_\mathrm{k} g}.$$

21. C. Mekanisk energi er bevart, så hastigheten er mindre på toppen enn ved bunnen. Dette er nok til å fastslå at C er riktig figur, siden sentripetalakselerasjonen er v^2/r. På høyre og venstre side har vi i tillegg baneakselerasjonen g retta nedover, som gir total akselerasjon på skrå nedover og inn mot midten.

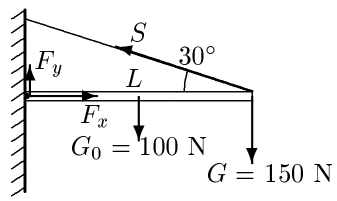
22. A. Amplityden x_0 er altså uendra. I ytterstilling er $v = 0$ og kin. energi lik null, slik at total energi er lik potensiell energi $= \frac{1}{2} k x_0^2$ og uendra. (Hastigheten ved $x = 0$ blir mindre slik at $\frac{1}{2} m v_0^2$ også holdes uendra.)

23. C. $\dot{x}(t) = -0,120\,\mathrm{m} \cdot 40\mathrm{s}^{-1} \cdot \sin\left(30\mathrm{s}^{-1}\, t + \pi/6\right)$ og maks. hastighet er $= |-0,120\,\mathrm{m} \cdot 40\mathrm{s}^{-1}| = 4,8$ m/s.

24. D. Tyngden Mg av loddet fordeles med halvparten på hver av de to snorene i overkant av nedre trinse, dvs. $\frac{1}{2} Mg$. Snorkrafta i denne høyre snora må være lik over øvre trinse og over til venstre snor der F virker. Ved likevekt må derfor $F = \frac{1}{2} Mg$. På hele systemet virker da krafta $Mg + \frac{1}{2} Mg = \frac{3}{2} Mg$ nedover, som må være lik snorkrafta mot taket.

25. A. Vertikalkomponenten av krafta fra hengslingen, F_y, finnes enklest fra momentbalanse om høyre endepunkt av bjelken:

$$F_y \cdot L = G_0 \cdot L/2 \quad \Rightarrow \quad F_y = G_0/2 = \underline{50\,\mathrm{N}}.$$



TERMISK FYSIKK:

26. E. I en isobar prosess endres både T og V, dermed endres U og det er arbeid $đW = p\mathrm{d}V$. Det er generelt også varmeutveksling $đQ$.

27. B. Ved adiabatisk ekspansjon faller temperaturen fordi $\Delta U = W < 0$. Areal under pV-kurve og dermed arbeidet er mindre enn for isoterm, uansett temperatur og V_2/V_1.

28. A. 1. Hovedsetning: $Q = \Delta U + W$. Temp. øker likt $\Rightarrow$ $\Delta U > 0$ og lik i begge. Konstant volum: $W = 0$. Volumet må øke når T skal øke med konstant trykk, dvs. $W > 0$, dermed Q_p størst. Eller: $Q_p = nC_p\Delta T > nC_V\Delta T = Q_p$ fordi $C_p > C_V$.

29. B. Ved konst p utvider gassen seg og gjør ytre arbeid $W > 0$. $U = Q - W$ gir at indre energi øker mindre enn 10 J.

30. C. For metall er $U = C_p \cdot n \cdot T$, når U dobles vil også T (i kelvin) dobles. Dermed er $T_2 = 2 \cdot (273 + 20)\,\mathrm{K} = 586\,\mathrm{K}$, dvs. $313\,^\circ\mathrm{C}$.

31. C. Partiklenes midlere kinetiske energi, $\langle E_\mathrm{k}\rangle = \frac{1}{2}m\langle v^2\rangle$, er proporsjonal med systemets temperatur T. En halvering av T betyr derfor en halvering av $\langle v^2\rangle$, dvs. v_rms reduseres med faktoren $1/\sqrt{2} \approx 0,7$, en reduksjon på ca. 30 prosent.

32. A. Ekvipartisjonsprinsippet sier at energien fordeles med $\frac{1}{2}k_\mathrm{B}T$ per frihetsgrad per molekyl, uansett masse. Per atom blir det derfor like mye (indre) energi U for de to enatomige gassene siden begge har tre frihetsgrader.

33. B. Arbeid W = varme inn - varme ut. Effektivitet $e = \frac{W}{Q_\mathrm{inn}} = \frac{Q_\mathrm{inn} - Q_\mathrm{ut}}{Q_\mathrm{inn}} = \frac{64-42}{64} = 0,34$.

34. A. Koeksistenskurven/-området for væske og gass ender, for økende trykk, i kritisk punkt.

35. D. $\eta = W/Q_\mathrm{inn} = (Q_\mathrm{inn} - Q_\mathrm{ut})/Q_\mathrm{inn} = (12000 - 8000)/12000 = 1/3$.

36. C. Varmekapasitet per partikkel i en ideell gass er av størrelsesorden k_B, mens varmekapasiteten per mol er av størrelsesorden R.

37. A. 1.hovedsetning: $\Delta U = Q - W > 0$ og lik for alle. Arbeid W er lik areal under prosesskurva og positiv for alle, derfor må $Q = \Delta U + W > 0$ og størst for prosessen med størst W. Arbeid er lik areal under prosesskurva, størst for prosess 1.

38. C. En isoterm fra tilstand a er brattere enn isobaren ab men slakere enn adiabaten ac. Dermed: $T_\mathrm{b} > T_\mathrm{a} > T_\mathrm{c}$.

39. B. Med isentropisk prosess mellom b og c er åpenbart $S_\mathrm{b} = S_\mathrm{c}$. Med det oppgitte uttrykket $dS = C_V\,\mathrm{d}T/T$ for isokor prosess er det videre klart at entropien øker fra a til b. Dermed: $S_\mathrm{a} < S_\mathrm{b} = S_\mathrm{c}$.

40. E. Ideell gasslov gir $T = pV/RT$ og $T_0 = p_0V_0/RT$ og i oppgitt $S(T,V)$ erstatter vi da $T/T_0 = pV/(p_0V_0)$. Vi bruker også at for ideell gass er $C_V + R = C_p$:

$$\begin{aligned} S &= nC_V\ln(T/T_0) + nR\ln(V/V_0) + S_0 \\ &= nC_V\ln(p/p_0) + nC_V\ln(V/V_0) + nR\ln(V/V_0) + S_0 \\ &= nC_V\ln(p/p_0) + nC_p\ln(V/V_0) + S_0 \end{aligned}$$

41. D. En Carnot-prosess består av to isotermer og to isentropiske prosesser, dvs. med hhv. T konstant og S konstant. Dermed et rektangel i et (S,T)-diagram.

42. B. Formelark: $\Delta S_{12} = nC_V\ln T_2/T_1 + nR\ln V_2/V_1 \overset{\text{isoterm}}{=} nR\ln 15,0/3,0 = 1,0\,\mathrm{mol}\cdot 8,314\,\mathrm{J/(K\,mol)}\cdot\ln 5,0 = 13,4\,\mathrm{J/K}$.

43. C. I en isoterm prosess er tilført varme like stor som arbeid utført ($\Delta U = Q - W = 0$). Vi får dermed

$$Q = W = nRT_\mathrm{H}\ln V_2/V_1 = 1,00\cdot 8,31\cdot 600\,\mathrm{J}\cdot\ln 3 = 5,47\,\mathrm{kJ}.$$

44. C. Ettersom varmen i de isokore prosessene regenereres vil virkningsgraden være gitt av forholdet mellom netto arbeid og tilført varme $\eta = (W_\mathrm{H} + W_\mathrm{L})/Q_\mathrm{H}$. Ettersom $Q_\mathrm{H} = W_\mathrm{H}$ i den isoterme prosessen får vi

$$\eta = \frac{W_\mathrm{H} + W_\mathrm{L}}{W_\mathrm{H}} = \frac{nRT_\mathrm{H}\ln V_2/V_1 + nRT_\mathrm{L}\ln V_1/V_2}{nRT_\mathrm{H}\ln V_2/V_1} = \frac{T_\mathrm{H} - T_\mathrm{L}}{T_\mathrm{H}} = \frac{300}{600} = 0,50.$$

Med antakelsen om at varmene i de isokore prosesser utnytter hverandre fullt ut, blir altså virkningsgraden som for en Carnotmaskin.

45. **E.** Entropi er en tilstandsvariabel og endringen i denne gjennom en full syklus vil dermed være 0. Kan også regnes ut fra oppgitte data:

$$\Delta S_{12} = Q_H/T_H = 10\,\mathrm{kJ}/1000\,\mathrm{K} = 10\,\mathrm{J/K},$$
$$\Delta S_{34} = Q_L/T_L = 5\,\mathrm{kJ}/500\,\mathrm{K} = -10\,\mathrm{J/K},$$
$$\Delta S_{23} = \int_2^3 \mathrm{d}Q/T = nC_V \int_2^3 \mathrm{d}T/T = nC_V \ln T_L/T_H,$$
$$\Delta S_{41} = \int_4^1 \mathrm{d}Q/T = nC_V \int_4^1 \mathrm{d}T/T = nC_V \ln T_H/T_L.$$

Med $\Delta S_{34} = -\Delta S_{12}$ og $\Delta S_{41} = -\Delta S_{23}$ blir totalt $\Delta S = 0$.

46. **A.** Temp.økning fra $T = (227 + 273)$ K $= 500$ K til T'=700 K gir $\dfrac{P'}{P} = \dfrac{\sigma T'^4 - \sigma T_{\mathrm{omg}}^4}{\sigma T^4 - \sigma T_{\mathrm{omg}}^4} = \dfrac{700^4 - 273^4}{500^4 - 273^4} = 4,1.$

47. **C.** Varmestrømmen avtar omvendt proporsjonal med tykkelsen ℓ: $\dot{Q} = Aj = \kappa \Delta T\, A/\ell$

48. **D.** Med $0,25/0,035 \simeq 7$ ganger større varmeledningsevne i gips enn i glava har vi ca 7 ganger mindre temperaturendring per lengdeenhet i gips enn i glava. Kurve D passer best til dette.

49. **C.** Ved stasjonære forhold er varmestrøm inn mot og ut fra midtplaten like store:

$$\sigma(T_1^4 + T_3^4) = 2\sigma T_2^4 \quad \Rightarrow \quad T_2 = ((T_1^4 + T_3^4)/2)^{1/4} = 334\ \mathrm{K}.$$

50. **C.** Siden temperaturen på ytterflatene (T_{v} og T_{h}) er gitt, trenger vi ikke ta med varmeovergangen $\alpha \Delta T$ for disse flatene. Med $\kappa_{\mathrm{a}} = 2\kappa_{\mathrm{b}}$ og $a = 2b$ kan varmestrøm $j = \kappa \Delta T/\ell$ gjennom hvert lag uttrykkes:

$$j_{\mathrm{A}} = 2\kappa_{\mathrm{b}} \cdot (T_{\mathrm{v}} - T)/2b = \kappa_{\mathrm{b}} \cdot (T_{\mathrm{v}} - T)/b \quad , \qquad j_{\mathrm{B}} = \kappa_{\mathrm{b}} \cdot (T - T_{\mathrm{h}})/b\,.$$

Ved stasjonære forhold (konstant T) er varmestrømmen den samme gjennom begge lag, $j_{\mathrm{A}} = j_{\mathrm{B}}$, og dette gir

$$T_{\mathrm{v}} - T = T - T_{\mathrm{h}} \qquad \Rightarrow \quad T = \frac{1}{2}(T_{\mathrm{v}} + T_{\mathrm{h}}) = \underline{45\,^\circ\mathrm{C}}.$$

A.Mi. 22. mar. 2018.