Løsningsforslag, tentamen TFY4106 torsdag 20. november 2014

1) Konstant $v = v_t$ betyr $a = 0$, dvs $F = 0$, dvs $mg = Dv_t^2$, dvs $v_t = \sqrt{mg/D} = \sqrt{0.400 \cdot 9.81/0.0115} = 18.5$ m/s. B.

2) Null nettokraft normalt skråplanet gir $N = mg\cos\theta$. Null nettokraft langs skråplanet gir $mg\sin\theta = f = \mu_k N$, dvs $\tan\theta = \mu_k = 0.4$ som gir $\theta = 22$ grader. C.

3) En ren figurbetraktning gir $D = L/3 + 2 \cdot (L/3) \cdot \cos\alpha$, der α er den søkte vinkelen. Innsetting av $D = 4$ og $L = 6$ gir $\cos\alpha = 1/2$, dvs $\alpha = 60$ grader. D.

4) En fotball er essensielt et kuleskall, med treghetsmoment $I_0 = (2/3)MR^2$. Fra oppgave 1 har vi $M = 400$ g og $R = 11$ cm, som gir $I_0 = (2/3) \cdot 0.4 \cdot 0.11^2 = 0.003$ kg m^2 = 3 g m^2. B.

5) Fire krefter virker på stigen: Mg, loddrett ned, angriper i massesenteret; N_1, horisontalt, normalkraft fra veggen på stigen; N_2, vertikalt opp, normalkraft fra gulvet på stigen; $f \le \mu_s N_2$, horisontalt (mot veggen), friksjonskraft fra gulvet på stigen. Minimal μ_s finnes ved å erstatte ulikheten med likhetstegn. Newtons 1. lov vertikalt: $Mg = N_2$. N1 horisontalt: $N_1 = \mu_s N_2$. N1 for rotasjon mhp kontaktpunktet mellom gulv og stige: $Mg \cdot (L/2) \cdot \cos\pi/4 = N_1 \cdot L \cdot \cos\pi/4$. Siste ligning her gir $Mg = 2N_1$, som kombinert med de to andre gir $\mu_s = 0.5$. C.

6) Her kan vi bruke at $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ hvis vi har kun en masse m festet i ei fjær, som igjen er festet i en vegg. Dersom vi lar $M \to \infty$, må det tilsvare situasjonen med veggen. Bare alternativ A stemmer med dette. A.

7) Total energi er $E = mv_0^2/2 = m\omega_0^2 L^2/2$, og denne er bevart. I en vilkårlig posisjon er hastigheten v og høyden er $h(\theta) = L(1 - \cos\theta)$. Dermed er $mv^2/2 + mgL(1 - \cos\theta) = m\omega_0^2 L^2/2$, som gir $v = \left[\omega_0^2 L^2 - 2gL(1 - \cos\theta)\right]^{1/2}$. B.

8) Baneakselerasjonen er $-g\sin\theta$, dvs $\Delta v/\Delta t = -g\sin\theta$. Da er det vel klart at riktig svar er B.

9) Med $p = AT^{\gamma/(\gamma-1)}$ kan variasjoner i p uttrykkes ved variasjoner i T: $dp = A(\gamma/(\gamma-1))T^{(\gamma/(\gamma-1))-1}dT$, som betyr at $dT = ((\gamma-1)/\gamma)(T/p)dp$. Dette må også gjelde for sammenhengen mellom amplitudene, slik at $\Delta T = (0.4/1.4) \cdot (300/10^5) \cdot 10^{-3} \simeq 10^{-6}$ K. B.

10) I avtar proporsjonalt med kvadratet av avstanden til sola. Dermed er $I_V/I_N = (4500/108)^2 = 1736$. C.

11) Lydhastigheten i gasser, og dermed i luft, er proporsjonal med kvadratroten av temperaturen, $v = A\sqrt{T}$. Dermed er $\Delta v = (1/2)v\Delta T/T$, slik at $(\Delta v/v) \cdot 100 = 50 \cdot \Delta T/T = 50 \cdot (-40)/293 = -7$. B.

12) Med lik lengde har begge strenger lik bølgelengde for grunntonen ($2L$). Da er frekvensen omvendt proporsjonal med kvadratroten av strengens masse pr lengdeenhet (siden bølgehastigheten er det). Strengene har lik masse pr volumenhet. Det betyr at μ, massen pr lengdeenhet, er proporsjonal med d^2, der d er strengens diameter. Dermed har vi at $f \sim 1/d$, slik at $f_D/f_E = d_E/d_D$, dvs $d_E = d_D f_D/f_E = 0.026 \cdot 146.8/82.4 = 0.046$ in. B.

13) Her vil trykkbølgen ha nullpunkt (node) i den åpne enden og buk i den lukkede enden. (For utsvingsbølgen vil det være omvendt.) Uansett vil grunntonen ha en kvart bølgelengde på rørets lengde, slik at $\lambda = 4L = 320$ cm. C.

14) Hvis frekvensen inne i ambulansen er f og lydhastigheten er v, hører dere frekvensen $f_1 = vf/(v - v_S)$ når ambulansen (kilden, S, med hastighet v_S) kommer mot dere, og frekvensen $f_2 = vf/(v + v_S)$ når den kjører bort fra dere. Dette er to ligninger med to ukjente, f og v_S. Løsningen er, med $f_1 = 300$ Hz og $f_2 = 250$ Hz, $v_S/v = 1/11$ og $f = f_1(v - v_S)/v$. Med $v = 340$ m/s (det er en varm sommerdag, så lydhastigheten er forholdsvis stor) finner vi $v_S = 31$ m/s, dvs 111 km/h, og $f = 273$ Hz. A.

15) Konstruktiv interferens når $d \sin\theta = n\lambda$. Vi er ute etter θ for $n = 1$. Her er $\sin\theta_1 \simeq \tan\theta_1 = y_1/L$, med $L = 1.0$ m. Formelen for konstruktiv interferens gir $\sin\theta_1 = \lambda/d = 0.0632$. Dermed: $y_1 = 0.0632$ m $= 6.3$ cm. B.

16) Tyngden til et vannvolum V med høyde h, tverrsnitt A og massetetthet ρ er $\rho g A h$. Trykkøkningen fra overflaten og ned til dybden h er dermed $\rho g h$, og med $\rho = 1000$, $g \simeq 10$ og $h = 10$ (alle i SI-enheter) blir $\Delta p = 10^5$ Pa, som er ca 1 atm. A.

17) Trykket der vannet skal strømme ut inne i sugepumpa kan vanskelig bli mindre enn null. Trykket ved brønnvannets overflate er ca 1 atm. Denne trykkforskjellen på 1 atm kan tilsvarer en vannsøyle på 10 meter. Dermed er riktig svar A.

18) $B = -V(\partial p/\partial V)_T = (-V)(-nRT/V^2) = p = 1$ atm. A.

19) $\beta = (1/V)(\partial V/\partial T)_p = (1/V)(nR/p) = 1/T = 3.7 \cdot 10^{-3}$ K^{-1}. C.

20) Clapeyrons ligning: $dp/dT = L/(T \cdot \Delta V)$, der L er latent varme og ΔV er volumendringen ved faseovergangen, begge deler når vi går fra venstre mot høyre i (p, T)-diagrammet, dvs mot høyere temperatur. Is avgir ikke varme når den smelter, så det er bare $\Delta V = V_{\text{is}} - V_{\text{vann}}$ som kan være negativ på høyre side i Clapeyrons ligning. Med andre ord, vann utvider seg når det fryser. A.

21) Varmemotstanden til et stykke materiale med tykkelse a, tverrsnitt A og varmeledningsevne κ er $R = a/\kappa A$. Her har vi seriekoblinger, mellom panel + stender + panel i det ene tilfellet (som gir R_t) og mellom panel + isolasjon + panel i det andre tilfellet (som gir R_g). Da legges de enkelte motstander sammen for å finne total varmemotstand. Innsetting av tallverdier gir, med $A = 1$ cm^2, for 26 cm gjennomgående treverk,

$$R_t = \frac{0.26\,\text{m}}{0.12\,(\text{W/mK}) \cdot 10^{-4}\,\text{m}^2} = 21667\,\text{K/W},$$

og for en seriekobling av 3 cm treverk + 20 cm isolasjon + 3 cm treverk, dvs 6 cm treverk og 20 cm isolasjon,

$$R_g = \frac{0.06\,\text{m}}{0.12\,(\text{W/mK}) \cdot 10^{-4}\,\text{m}^2} + \frac{0.20\,\text{m}}{0.035\,(\text{W/mK}) \cdot 10^{-4}\,\text{m}^2} = (5000 + 57143)\,\text{K/W} = 62143\,\text{K/W},$$

Forholdet mellom disse blir 2.87. C.

22) Effektfaktor for varmepumpe: $\varepsilon_V = |Q_2/W| = 4.2/1.2 = 3.5$. B. (De to oppgitte temperaturene spiller ingen rolle her, da det ikke er snakk om en Carnot varmepumpe.)

23) Wiens forskyvningslov gir maksimal $dj/d\lambda$ for $\lambda = 2.90 \cdot 10^{-3}/353 = 8.2 \cdot 10^{-6}$ m, dvs 8.2 μm. D.

24) Kaffen har avgitt varme. Da har kaffens entropi blitt mindre. B.

25) Spontane, irreversible prosesser vil føre til økt entropi totalt sett, når vi inkluderer både system og omgivelser. Og med hele universet inkludert, må det bety at entropien øker, siden avkjølingen av kaffen er en spontan, irreversibel prosess. C.