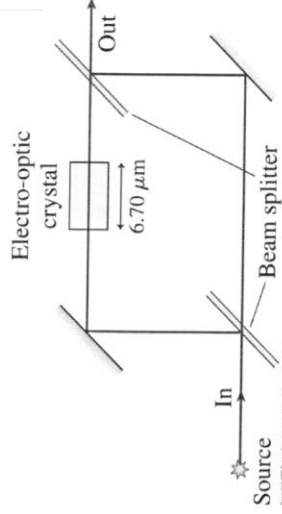


Loppukoe	Fysiikka III: Termodynamiikka ja Optiikka	FYSP103
Tiistaina 18.5.2010 klo 10:00		
		Aikaa 4 tuntia

1. Vastaa lyhyesti perustellen (1-3 lausetta/kohta tai pieni lasku):
 - (a) Lämpövoimakoneiden hyötysuhteen tarkastelussa on oleellista olettaa syklinen prosessi. Miksi?
 - (b) Miksi juuri Carnot'n syklin hyötysuhde on hyvä?
 - (c) Erään kaasun lämpökapasiteetiksi moolia kohti huoneenlämpötilassa mitataan $12,7 \text{ J/K}$. Onko kyseessä todennäköisemmin helium (He) vai hiilimonoksidi (CO) ?
 - (d) Hiilidioksidijää (eli kuivajää) ei kellsu nestemäisessä hiilidioksidissa vaan uppoaa siihen. Mikä on hiilidioksidin sulamiskäyrän derivaatan dP/dT etumerkki?
2. Ovatko seuraavat väitteet totta (T) vai puppua (P)? Perustele valintasi (1-3 lausetta/kohta tai pieni lasku).
 - (a) Kun lasersäde osuu rakoon, jonka leveys on $1/10$ valon aallonpituudesta, ei havaita interferenssiä.
 - (b) Käännettäessä etupuoletta kovera takapuoletta kupera linssi ympäri sen polttovälin etumerkki vaihtuu (puoltenvaihto suhteessa valonsäteiden kulkuun).
 - (c) Koveran pallopeilin muodostama kuva on aina valekuva.
 - (d) Optiikassa 'ohut linssi' tarkoittaa linssiä, jonka paksumuus on paljon pienempi kuin sen halkaisija.
3. (a) Sylinterin muotoiset ja samankokoiset kuparitanko ja rautatanko hitsataan päistään yhteen. Kuparitangon vapaaksi jäävää päätä pidetään sitten kontaktissa kiehuvan veteen ja rautatangon vapaaksi jäävää päätä kontaktissa veteen, jossa on jääkuutioita. Jos lämpöä ei juurikaan karkaa ympäristöön tangon sivuilta, mikä on stationaarisessa tilassa lämpötila tankojen liitoskohdassa? Lämmönjohtavuudet ovat 400 W/Km kuparille ja 80 W/Km raudalle. Perustele ratkaisusi eri vaiheet fysikaalisesti. (b) Mikä pitäisi tankojen pituuksien suhde olla, jotta lämpötila niiden liitoskohdassa olisi 50°C ?
4. (a) Ota lähtökohdaksi klassinen tulos, että harvalle kaksiatomiselle kaasulle pätee $C_V = 5R/2$ ja että kaasun sisäenergia nollalämpötilassa on $U(T=0) = 0$. Päättelee termodynamiikan ensimmäistä pääsääntöä ja lämpökapasiteetin määritelmää $dQ = nCdT$ käyttäen, että tällaiselle kaasulle pätee $U(T) = 5nRT/2$. (b) Yksi mooli tällaista kaasua jäähdytetään reversiibelisti muovipussissa vakioaineessa P lämpötilasta T_1 lämpötilaan T_2 . Laske sisäenergian muutos ja siirtyvä lämpö (lämpötilanmuutoksen $\Delta T = T_2 - T_1$ funktiona).
5. (a) Esine on 20 cm:n päässä ohuesta kokoavasta linssistä, jonka polttoväli on 10 cm . Mihin muodostuu kuva? Onko kyseessä todellinen vai valekuva? (b) Lisätään sitten toinen samanlainen linssi esineestä katsoen ensimmäisen linssin taakse 5 cm etäisyydelle ensimmäisestä linssistä. Mihin nyt muodostuu toisen linssin tuottama kuva? (c) Siirretään jälkimmäistä linssiä kauemmas ensimmäisestä linssistä siten, että lopulta se on siitä 40 cm päässä. Mitä tapahtuu toisen linssin muodostamalle kuvalle linssin siirtyessä?
6. Kohherentti laserin tuottama valonsäde (aallonpituus $\lambda = 1 \mu\text{m}$) jaetaan kuvan mukaisella järjestelyllä kahteen osaan ja kootaan jälleen yhdeksi säteeksi. Tähän käytetään valonsäteen kulkuunsaantaa näiden 45 asteen kulmassa olevia tavallisia ja puoliläpäiseviä peilejä (näistä ei aiheudu vaihe-eroa). Toinen valonsäde kulkee $6,7 \mu\text{m}$ matkan sellaisen sähköoptisen materiaalin läpi, jonka taitekerrointa n voidaan säätää. (a) Aluksi olkoon $n = 1,522$. Onko systeemin tulos (kuva: out) tuleva valonsäde kirkas vai himmentynyt? (b) Materiaalin taitekerrointa n voidaan kasvattaa. Kuinka paljon sitä pitää kasvattaa, jotta saadaan päinvastainen tulos kuin (a)-kohdassa?



Huom: Tällaisia materiaaleja, joiden taitekerrointa voidaan muuttaa säätämällä jännitettä niiden yli, käytetään mikroelektronikan optisissa kytkimissä.

Fysiikka III – Physics III

J. Merikoski
JYFL 2010

$$\rho_n = N/V$$

$$\Delta E_{\text{th}} = Mc\Delta T$$

$$N = nN_A \quad M = Nm = nM_{\text{mol}} \quad N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$Q = nC\Delta T$$

$$T = \frac{p}{p_3^{\text{vesi}}} \cdot 273,16 \text{ K}$$

$$Q = \pm ML_f \quad Q = \pm ML_v$$

$$pV = nRT \quad pV = Nk_B T$$

$$Q_{\text{net}} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_K = 0$$

$$R \approx 8,31 \text{ J/Kmol}$$

$$k_B \approx 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$Q = nC_V \Delta T \quad Q = nC_P \Delta T$$

$$E_{\text{sys}} = E_{\text{mech}} + E_{\text{int}} = K + U + E_{\text{th}} + E_{\text{chem}} + E_{\text{nuc}} + \dots$$

$$C_P = C_V + R$$

$$\Delta E_{\text{sys}} = \Delta E_{\text{mech}} + \Delta E_{\text{th}}$$

$$\Delta E_{\text{th}} = nC_V \Delta T$$

$$\Delta E_{\text{sys}} = Q + W$$

$$W = nC_V \Delta T$$

$$dW = -p dV$$

$$pV^\gamma = \text{vakio} \quad \gamma = C_P/C_V$$

$$W = - \int_{V_i}^{V_f} p dV$$

$$TV^{\gamma-1} = \text{vakio}$$

$$dV=0 \Rightarrow W=0$$

$$H = kA \frac{T_H - T_C}{L}$$

$$W = -p \int_{V_i}^{V_f} dV = -p\Delta V$$

$$H = e\sigma AT^4 \quad \sigma \approx 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

$$W = -nRT \ln \frac{V_f}{V_i} = -nRT \ln \frac{P_i}{P_f}$$

$$H_{\text{net}} = H_{\text{ulos}} - H_{\text{sisn}} = e\sigma A(T^4 - T_0^4)$$

$$Q = Mc\Delta T$$

$$\lambda = \bar{v}\tau = \frac{V/N}{4\sqrt{2}\pi r^2}$$

$$p = \frac{1}{3} \frac{N}{V} m v_{\text{rms}}^2 \qquad v_{\text{rms}} = \sqrt{\langle v^2 \rangle_{\text{avg}}}$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2} m v^2 \qquad \varepsilon_{\text{avg}} = \frac{1}{2} m v_{\text{rms}}^2$$

$$\varepsilon_{\text{avg}} = \frac{3}{2} k_{\text{B}} T \qquad v_{\text{rms}} = \sqrt{3 k_{\text{B}} T / m}$$

$$E_{\text{th}} = \frac{3}{2} N k_{\text{B}} T = \frac{3}{2} n R T$$

$$dE_{\text{th}} = n C_V dT \Rightarrow C_V = n^{-1} dE_{\text{th}} / dT = \frac{3}{2} R$$

$$C_V = \frac{5}{2} R \qquad C_V = \frac{7}{2} R$$

$$W_{\text{s}} = -W$$

$$W_{\text{out}} = Q_{\text{net}} = Q_{\text{H}} - Q_{\text{C}}$$

$$\eta = \frac{W_{\text{out}}}{Q_{\text{H}}} = 1 - \frac{Q_{\text{C}}}{Q_{\text{H}}}$$

$$K = \frac{Q_{\text{C}}}{W_{\text{in}}} = \frac{1}{Q_{\text{H}}/Q_{\text{C}} - 1}$$

$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_{\text{C}}}{T_{\text{H}}}$$

$$T = 1/f \qquad v = \lambda f$$

$$\omega = 2\pi/T \qquad k = 2\pi/\lambda \quad \Rightarrow \quad v = \lambda/T = \omega/k$$

$$D(x, t) = A \sin(kx - \omega t + \phi_0)$$

$$D(x, t) = A \sin(2\pi x/\lambda - 2\pi t/T + \phi_0)$$

$$D(x, t + T) = D(x, t)$$

$$D(x + \lambda, t) = D(x, t)$$

$$D(x, t) = D(x - vt, 0)$$

$$D = D(x - vt)$$

$$\phi = kx - \omega t + \phi_0$$

$$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 = k(x_2 - x_1) = 2\pi \frac{\Delta x}{\lambda}$$

$$v_{\text{light}} = c = 299792458 \text{ m/s} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$v = c/n \qquad \lambda = \lambda_{\text{vacuum}}/n \qquad k = k_{\text{vacuum}} n$$

$$I = P/a = P_{\text{source}}/4\pi r^2$$

$$I = \text{vAKIO} \times A^2$$

$$\beta = 10 \log_{10}(I/I_0) \text{ dB} \qquad I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

$$\vec{D}_{\text{net}}(\vec{r}, t) = \vec{D}_1(\vec{r}, t) + \vec{D}_2(\vec{r}, t) + \dots$$

$$D_{\text{net}}(\vec{r}, t) = D_1(\vec{r}, t) + D_2(\vec{r}, t) + \dots$$

$$2\pi\Delta x/\lambda + \Delta\phi_0 = 2\pi m, \quad m \in \mathbb{Z}$$

$$2\pi\Delta x/\lambda + \Delta\phi_0 = 2\pi\left(m + \frac{1}{2}\right), \quad m \in \mathbb{Z}$$

$$D = A \sin[kx_{\text{avg}} - \omega t + (\phi_0)_{\text{avg}}]$$

$$A = 2a|\cos \tfrac{1}{2}\Delta\phi|$$

$$D_i = a \sin(kr_i - \omega t + \phi_0)$$

$$\Delta\phi = 2\pi\Delta r/\lambda + \Delta\phi_0$$

$$2\pi\Delta r/\lambda + \Delta\phi_0 = 2\pi m$$

$$2\pi\Delta r/\lambda + \Delta\phi_0 = 2\pi(m + \frac{1}{2})$$

$$\Delta r = m\lambda \quad \Delta r = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$$D_1 = a \sin(k_1 x - \omega_1 t + \phi_{10}) \quad D_2 = a \sin(k_2 x - \omega_2 t + \phi_{20})$$

$$D(0, t) = a \sin \omega_1 t + a \sin \omega_2 t = 2a \cos(\omega_{\text{mod}} t) \sin(\omega_{\text{avg}} t)$$

$$\omega_{\text{mod}} = \frac{1}{2}|\omega_1 - \omega_2| \quad \omega_{\text{avg}} = \frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2).$$

$$\theta_m \approx \sin \theta'_m = m\lambda/d$$

$$\theta'_m \approx \sin \theta'_m = (m + 1/2)\lambda/d$$

$$y_m \approx Lm\lambda/d$$

$$y'_m \approx L(m + 1/2)\lambda/d$$

$$I_{\text{double}} = 4I_1 \cos^2\left(\pi \frac{d}{\lambda} \sin \theta\right) \approx 4I_1 \cos^2\left(\frac{\pi d}{\lambda L} y\right)$$

$$\sin \theta_m = m\lambda/d$$

$$\sin \theta = \pm \frac{\lambda}{a}$$

$$\theta_p \approx \sin \theta_p = p \frac{\lambda}{a}$$

$$\sin \theta_1 \approx 1, 22 \frac{\lambda}{D}$$

$$\theta_r = \theta_i$$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\theta_c = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{n_1}{s} + \frac{n_2}{s'} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$f = R/2$$

$$m = -s'/s$$

$$2d \cos \theta_m = m\lambda$$

$$E_{\text{photon}} = hf = \hbar\omega$$

$$\lambda = h/p$$

Vesi

Ominaislämpö: 4190 J/kgK (neste), 2100 J/kgK (jää).
 Höyrystyslämpö 2256 kJ/kg, sulamislämpö 334 kJ/kg.
 Taitekerroin 1,33 (neste), 1.31 (jää).

Muuta

Lasin taitekerroin $\approx 3/2$ ja veden $\approx 4/3$.