FY6019 Moderne fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.

Løsningsforslag til øving 10.

1: A. 2: B. 3: D. 4: A.

5) $k = m\omega^2 = 4\pi^2 m f^2 = 13.4$ N/m

6) $E = hf = 23$ meV

7) $\exp(-\hbar\omega/k_B T) = \exp(-hf/k_B T) \simeq \exp(-23/26) \simeq 0.4$

8) Det gitte potensialet $E(R)$ er tilnærmet harmonisk (dvs kvadratisk) omkring minimumspunktet R_0, med $E(R_0) = 0$. Med R i nærheten av R_0 kan vi skrive

$$E(R) \simeq E_0 \left[1 - 1 + \alpha(R - R_0)\right]^2 = E_0 \alpha^2 (R - R_0)^2,$$

og sammenligner vi med den generelle formen $(m\omega^2/2)(R - R_0)^2$ for en harmonisk oscillator, ser vi at vi må velge

$$\alpha = \sqrt{m/2E_0} \cdot 2\pi f = 6.2 \cdot 10^9 \text{ m}^{-1},$$

dvs $\alpha = 6.2$ pr nm

9) Siden Cs har mye større masse enn Li, ligger massesenteret (CM) temmelig nær Cs-kjernen. Molekylets treghetsmoment (mhp en akse gjennom CM) er derfor med god tilnærmelse $I_0 \simeq m_{\mathrm{Li}} R_0^2 = 7uR_0^2$. Kinetisk rotasjonsenergi er kvantisert, siden $L^2 = l(l+1)\hbar^2$ $(l = 0, 1, 2 \ldots)$. Energiforskjellen mellom de to laveste rotasjonsnivåene er derfor med god tilnærmelse

$$\Delta E = \frac{\hbar^2}{I_0} \simeq \frac{\hbar^2}{7uR_0^2} = 46\,\mu\text{eV}.$$

En mer nøyaktig beregning av I_0 gir $48\,\mu$eV

10) I alt 58 elektroner og 2 elektroner i hver molekylorbital (et med spinn opp og et med spinn ned) gir 29 molekylorbitaler okkupert av elektroner

11) $[x, x] = 0$

12) $[\hat{p}_x, x^2] f(x) = (\hbar/i)(\partial/\partial x) x^2 f - (\hbar/i) x^2 (\partial/\partial x) f = (\hbar/i) 2xf$

13) $[\hat{p}_x, \hat{L}_z] f(x, y) = [\hat{p}_x, x\hat{p}_y - y\hat{p}_x] = (\hbar/i)^2 [(\partial/\partial x)(x\partial f/\partial y) - x(\partial/\partial y)\partial f/\partial x] = (\hbar/i)^2 \partial f/\partial y = (\hbar/i)\hat{p}_y f = -i\hbar\hat{p}_y f$

14) To nullpunkter i c, dermed 2. eksiterte tilstand

15) Et nullpunkt i d, dermed 1. eksiterte tilstand

16) Alle fire har krumning bort fra x-aksen der $V = 0$. Dermed har alle fire tilstander $E < V = 0$

17) Figuren antyder at ψ_a har bølgelengde omtrent lik 5 nm i området der $V = -1.0$ eV. Det betyr at den kinetiske energien her er omtrent $\hbar^2 k_a^2/2m_e = 4\pi^2\hbar^2/2m_e\lambda_a^2 = 0.06$ eV. Dermed er $E_a = V + K_a = -0.94$ eV