

TFY4215 Innføring i kvantefysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Løsningsforslag til Test 5.

Oppgave 1

$$\begin{aligned} Y_{30} &\sim P_3(x) \\ &\sim \frac{d^3}{dx^3} (x^6 - 3x^4 + 3x^2 - 1) \\ &= 6 \cdot 5 \cdot 4x^3 - 3 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2x \\ &\sim 5x^3 - 3x \end{aligned}$$

Riktig svar: A.

Oppgave 2

$E_2 = -\alpha^2 m_e c^2 / (2 \cdot 2^2) = -e^2 / 4\pi\epsilon_0 \tilde{r}$, dvs $\tilde{r} = 8e^2 / 4\pi\epsilon_0 \alpha^2 m_e c^2$, som med $\alpha = e^2 / 4\pi\epsilon_0 \hbar c$ gir $\tilde{r} = 8 \cdot 4\pi\epsilon_0 \hbar^2 / m_e e^2 = 8a_0$.

Riktig svar: E.

Oppgave 3

Siden $Y_{11} \sim \sin\theta \exp(i\phi)$, er ρ_{211} maksimal for $\theta = \pi/2$, dvs i xy -planet. Maksimal R_{21} for r som oppfyller $\frac{d}{dr}(r \exp(-r/2a_0)) = 0$, dvs $r = 2a_0$. Dermed maksimal ρ_{211} på en sirkel med radius $2a_0$ i xy -planet.

Riktig svar: D.

Oppgave 4

Funksjonene $R_{21}(r)$ og $\sin\theta$ forblir uendret ved speiling gjennom origo, dvs $\mathbf{r} \rightarrow -\mathbf{r}$. Men $\exp(i\phi) \rightarrow \exp(i\phi) \cdot \exp(i\pi) = -\exp(i\phi)$, slik at funksjonen ψ_{211} har odde paritet, med egenverdi -1 for paritetsoperatoren.

Riktig svar: B.

Oppgave 5

Sannsynlighetstettheten ρ_{211} er proporsjonal med $\sin^2\theta$ og er dermed null på z -aksen.

Riktig svar: A.

Oppgave 6

$(R_{21}r)^2 \sim r^4 \exp(-r/a_0)$, som er maksimal i $r = 4a_0$.

Riktig svar: D.

Oppgave 7

For å oppfylle utvalgsreglene $\Delta l = \pm 1$ og $\Delta m = 0, \pm 1$ for overganger fra tilstander ψ_{3lm} til ψ_{211} har vi 4 muligheter: ψ_{300} , ψ_{320} , ψ_{321} og ψ_{322} .

Riktig svar: D.

Oppgave 8

Vi gjenkjenner $E(x)$ som en dempet svingning, med laveste minimum for $kx \simeq \pi$ og nest laveste minimum for $kx \simeq 3\pi$, og med et lokalt maksimum i mellom, for $kx \simeq 2\pi$. Og som dermed er reaksjonens transisjons-tilstand (TS), ved $x \simeq 2\pi/k = 2\pi/2.0 \text{ \AA} \simeq 3.1 \text{ \AA}$.

Riktig svar: C.

Oppgave 9

Frigjort energi pr reaksjon er $\Delta E \simeq E(3\pi/k) - E(\pi/k) = E_0 \cdot \exp(-\pi/10) - E_0 \cdot \exp(-3\pi/10) = 0.34 \text{ eV}$.

Riktig svar: A.

Oppgave 10

Aktiveringsenergien er $E_a \simeq E(2\pi/k) - E(3\pi/k) = E_0 \cdot \exp(-2\pi/10) + E_0 \cdot \exp(-3\pi/10) = 0.92 \text{ eV}$.

Riktig svar: E.