**TFY4215 Innføring i kvantefysikk. Institutt for fysikk, NTNU.**
**Løsningsforslag til Test 2.**

**Oppgave 1**
Radien i en Bohr-bane for et "hydrogenlignende atom" (ett elektron og kjerne med $Z$ protoner, der $Z$ er atomnummeret) skalerer med $1/Z$, slik at $\mathrm{Li}^{2+}$ har en grunntilstand med Bohr-bane-radius lik $52.9/3 = 18$ pm.
Riktig svar: D.

**Oppgave 2**
Energinivåene skalerer med $Z^2$. Tilsvarende ionisasjonsenergi i H-atomet er 13.6 eV. Dermed $13.6 \cdot 9 = 122$ eV.
Riktig svar: A.

**Oppgave 3**
Midlere kinetiske translasjonsenergi ved temperatur $T$ er $K = 3k_BT/2$ ($k_BT/2$ pr kvadratiske frihetsgrad). Videre er $K = p^2/2m$, mens de Broglie-bølgelengden er $\lambda = h/p$. Kombinerer vi dette, finner vi at termisk de Broglie-bølgelengde er $\lambda = h/\sqrt{3mk_BT}$.
Riktig svar: C.

**Oppgave 4**
De raskeste elektronene tilsvarer $n = 1$ og $r_1 = a_0 \simeq 0.529$ Å:

$$v_1 = \sqrt{e^2/4\pi\varepsilon_0 m_e a_0} \simeq 2.2 \cdot 10^6 \text{ m/s}.$$

Riktig svar: D.

**Oppgave 5**
Med $\lambda = 0.4$ nm og elektronmassen for $m$ blir $T$ ca 70000 K.
Riktig svar: E.

**Oppgave 6**

$$1 = |A|^2 \cdot 2 \cdot \int_0^\infty e^{-2\kappa x}\, dx = |A|^2/\kappa,$$

slik at $A = \sqrt{\kappa}$. (Eventuelt $\sqrt{\kappa}\exp(i\beta)$ med reell $\beta$.)
Riktig svar: D.

**Oppgave 7**
Pga symmetri er $\langle x \rangle = 0$. Dermed er

$$\begin{aligned}
(\Delta x)^2 &= \langle x^2 \rangle = 2\kappa \int_0^\infty x^2 e^{-2\kappa x} dx \\
&= \int_0^\infty 2x e^{-2\kappa x} dx \\
&= \int_0^\infty (1/\kappa)\, e^{-2\kappa x} dx \\
&= 1/2\kappa^2,
\end{aligned}$$

slik at $\Delta x = 1/\sqrt{2}\kappa$.
Riktig svar: A.

**Oppgave 8**
Her kombinerer vi symmetrisk $\Psi$ (og $\Psi^*$) med antisymmetrisk operator $(d/dx)$ slik at vi må ha $\langle p \rangle = 0$.
Riktig svar: A.

**Oppgave 9**

$$c_1 = \int_0^L \psi_1(x)\Psi(x,0)dx,$$

som gir alternativ E.
Riktig svar: E.

**Oppgave 10**
Siden $\Psi(x,0)$ er symmetrisk i boksen, og $\psi_n$ med $n$ partall er antisymmetriske, er $c_2 = c_4 = \ldots = 0$.
Riktig svar: A.