TFY4215 Innføring i kvantefysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Løsningsforslag til Test 1.

Oppgave 1
Inspeksjon av en fotball eller et bilde av en fotball eller en buckyball på nett viser at det går ca 5 bindingslengder på lengden mellom diametralt motsatte atomer. Med bindingslengde 1.4 Å er dette ca 7 Å. Et tillegg på 3 Å for elektronskyen på utsiden gir en diameter omkring 1 nm.
Riktig svar: B.

Oppgave 2
Massen til 1 karbonatom er ca 12 u, der 1 u er ca $1.66 \cdot 10^{-27}$ kg. En buckyball har da masse $60 \cdot 12 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27}$ kg $\simeq 1.2 \cdot 10^{-24}$ kg. Impulsen er da: $p = mv = 1.2 \cdot 10^{-24} \cdot 117 = 1.4 \cdot 10^{-22}$ kg m.
Riktig svar: D.

Oppgave 3
Kinetisk energi: $K = mv^2/2 = 1.2 \cdot 10^{-24} \cdot 117^2/2 = 8.2 \cdot 10^{-21}$ J $= 0.051$ eV $= 51$ meV.
Riktig svar: D.

Oppgave 4
Bølgelengde: $\lambda = h/p = 6.626 \cdot 10^{-34}/1.4 \cdot 10^{-22} = 4.7 \cdot 10^{-12}$ m $= 4.7$ pm.
Riktig svar: A.

Oppgave 5
Her er $\lambda/d = 4.7 \cdot 10^{-12}/100 \cdot 10^{-9} = 4.7 \cdot 10^{-5}$, som er mye mindre enn 1. Dermed er $\theta = \lambda/d = 4.7 \cdot 10^{-5}$ (radianer) for 1. ordens maksimum. Hvis vi kaller avstanden mellom 0. og 1. ordens maksimum på detektoren for z, har vi $\tan\theta = z/L$, med $L = 1.2$ m. Med $\theta \ll 1$ kan vi sette $\tan\theta = \theta$, slik at $z = \theta L = 4.7 \cdot 10^{-5} \cdot 1.2 = 5.7 \cdot 10^{-5}$ m $= 57$ μm.
Riktig svar: E.

Oppgave 6
Antall molekyler pr volumenhet i strålen (med partikkelfluks I og hastighet v): $n = I/v = 3 \cdot 10^{13}/200 = 1.5 \cdot 10^{11}$ m^{-3}.
Midlere volum pr molekyl: $V = 1/n = 6.7 \cdot 10^{-12}$ m^3.
Dette tilsvarer en boks med sidekanter $L = V^{1/3} = 1.9 \cdot 10^{-4}$ m $= 190$ μm.
Dette blir da omtrentlig avstand mellom "nabomolekyler" i strålen, og dette er mye lenger enn apparaturens utstrekning i strålens retning. Vi må derfor konkludere med at molekylene stort sett interfererer med seg selv.
Riktig svar: C.

Oppgave 7
Nevneren blir til laveste ikke-trivielle orden lik $h\nu/k_BT$, slik at $dj/d\nu$ blir proporsjonal med ν^2, Rayleigh-Jeans' lov.
Riktig svar: C.

Oppgave 8
Ombytte fra ν til $\lambda = c/\nu$ som variabel gir:

$$d\nu \frac{dj}{d\nu} \sim \nu^2 d\nu = \left(-\frac{cd\lambda}{\lambda^2}\right) \cdot \frac{c^2}{\lambda^2} \sim 1/\lambda^4$$

Riktig svar: E.

Oppgave 9
Ombytte fra ν til $\lambda = c/\nu$ som variabel gir:

$$d\nu\nu^3 = \left(-\frac{cd\lambda}{\lambda^2}\right) \cdot \frac{c^3}{\lambda^3} \sim 1/\lambda^5$$

Riktig svar: A.

Oppgave 10
Vi deriverer $dj/d\nu$ mhp ν, evt mhp $x = h\nu/k_BT$ og setter lik null for å finne kurvens topp-punkt. Litt rydding gir ligningen under A.
Riktig svar: A.

Oppgave 11
Samme strategi som i forrige oppgave. Eneste forskjell blir at 3 erstattes av 5, siden frekvensfordelingen er proporsjonal med ν^3, mens bølgelengdefordelingen er proporsjonal med $1/\lambda^5$.
Riktig svar: B.

Oppgave 12

Riktig svar: E.

Oppgave 13

Riktig svar: E.

Oppgave 14

Riktig svar: E.

Oppgave 15

Riktig svar: E.

Oppgave 16

Riktig svar: E.

Oppgave 17

Riktig svar: E.

Oppgave 18

Riktig svar: E.

Oppgave 19

Riktig svar: E.

Oppgave 20

Riktig svar: E.