

**TFY4215 Innføring i kvantefysikk. Institutt for fysikk, NTNU.**  
**Testeksamen.**

**Oppgave 1**

Et svovelatom (S) har kinetisk energi 318 MeV og impuls 4.49 GeV/c. Hvilken isotop av svovel er dette; dvs hvor mange nukleoner inneholder kjernen?

- A 31      B 34      C 37      D 40      E 43      F 46

**Oppgave 2**

Et elektron befinner seg i en uendelig dyp potensialbrønn med bredde  $L = 49 \text{ \AA}$ , dvs potensialet er  $V = 0$  for  $0 < x < L$  og  $V = \infty$  ellers. Ved tidspunktet  $t = 0$  beskrives elektronet av den normerte bølgefunksjonen

$$\Psi(x, 0) = C (1 - |\cos(\pi x/L)|).$$

Hva er verdien av normeringsfaktoren  $C$ ?

- A  $10 \text{ mm}^{-1/2}$       B  $20 \text{ mm}^{-1/2}$       C  $30 \text{ mm}^{-1/2}$   
D  $10 \text{ \mu m}^{-1/2}$       E  $20 \text{ \mu m}^{-1/2}$       F  $30 \text{ \mu m}^{-1/2}$

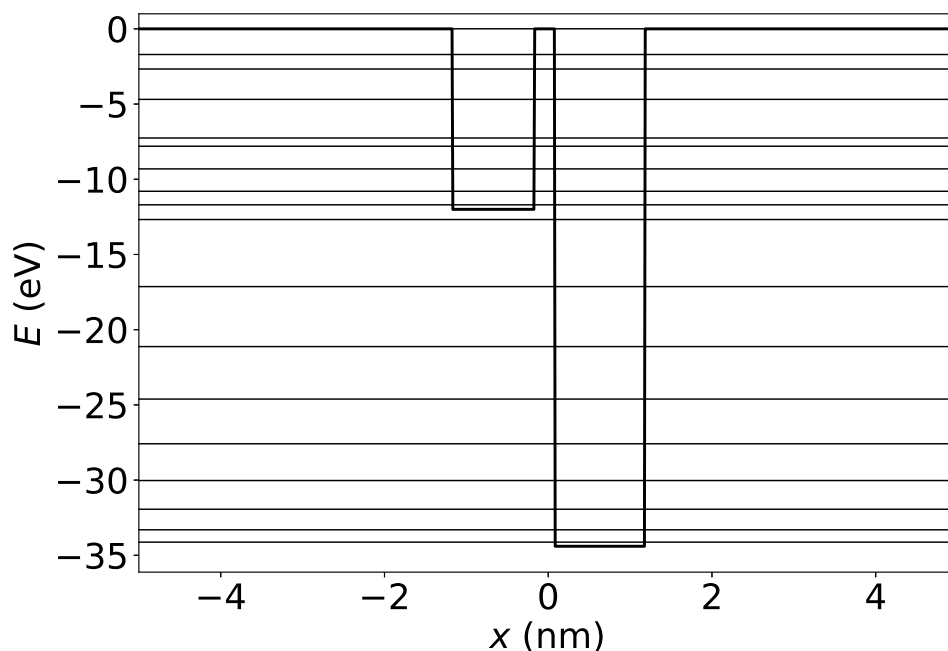
**Oppgave 3**

For elektronet i forrige oppgave, omtrent hvilken verdi er mest sannsynlig å måle for elektronets energi?

- A 16 meV      B 62 meV      C 140 meV      D 249 meV      E 389 meV      F 560 meV

**Oppgave 4**

Oppgavene 4 – 6 dreier seg om et endimensjonalt modellpotensial for hydrogenklorid, HCl. I figuren angir den tykke heltrukne kurven potensialet  $V(x)$ . Brønnen til venstre representerer hydrogen, den til høyre representerer klor. De tynne horisontale linjene angir de i alt 18 bundne tilstandene  $\psi_1(x), \dots, \psi_{18}(x)$ . (Her angir  $\psi_1(x)$  enpartikkeltilstanden med lavest energi.)

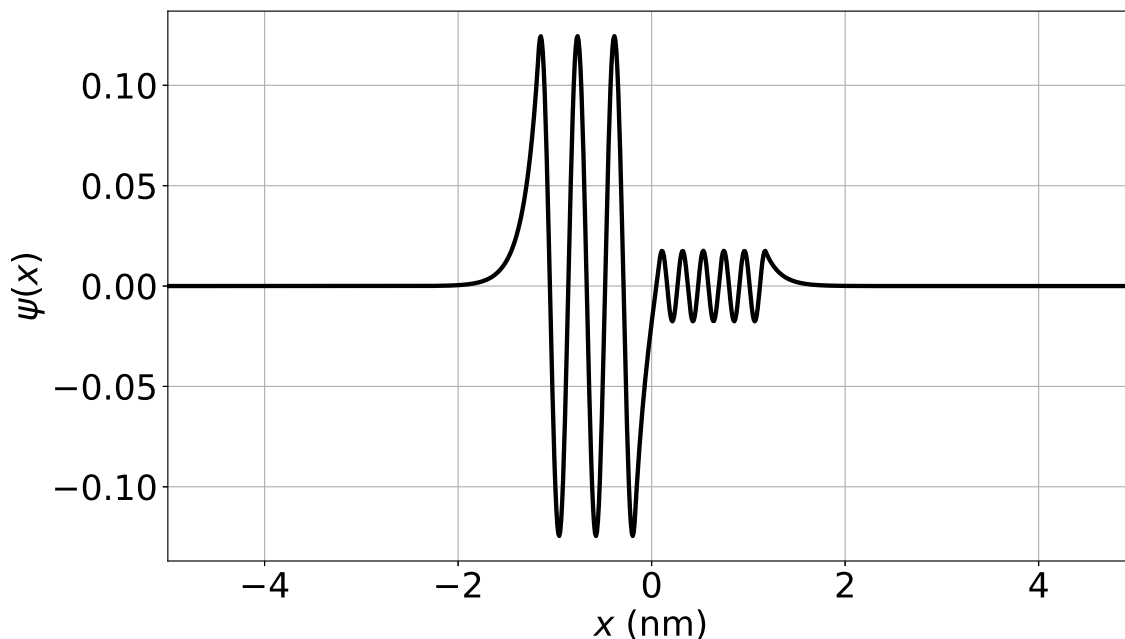


Hva er molekylets ionisasjonsenergi? (Dvs: Den minste energien som skal til for å løsrive et elektron fra molekylet.)

- A 10.7 eV      B 12.7 eV      C 14.7 eV      D 16.7 eV      E 18.7 eV      F 20.7 eV

### Oppgave 5

Hvilken tilstand illustreres i figuren nedenfor?



- A  $\psi_7(x)$       B  $\psi_9(x)$       C  $\psi_{11}(x)$       D  $\psi_{13}(x)$       E  $\psi_{15}(x)$       F  $\psi_{17}(x)$

### Oppgave 6

Hva er omtrent den totale energien til molekylets 18 elektroner?

- A -45 eV      B -105 eV      C -465 eV      D -1075 eV      E -1815 eV      F -3195 eV

### Oppgave 7

Svoveltrioxyd (Sulfur trioxide),  $\text{SO}_3$ , er en viktig bidragsyter til sur nedbør. Molekylet ligger i et plan. Bindingslengden mellom S og hvert av O-atomene er  $d = 142 \text{ pm}$  og  $\text{O}=\text{S}=\text{O}$  bindingsvinkelen er  $\alpha = 120^\circ$ . Atomær masse for oksygen er ca  $16u$ . Hva er bølgelengden til et foton som tilsvarer en strålingsovergang mellom molekylets rotasjonstilstander som tilsvarer laveste og nest laveste rotasjonsenergi?

- A 2.9 nm      B 2.9  $\mu\text{m}$       C 2.9 mm      D 2.9 cm      E 2.9 m      F 2.9 km

### Oppgave 8

En partikkel med masse  $m$  befinner seg i et tredimensjonalt isotropt oscillatorpotensial  $V(r) = m\omega^2 r^2/2$ . Anta at partikkelen har energi  $E = 5\hbar\omega/2$  og dreieimpuls  $L^2 = 2\hbar^2$  (dvs  $l = 1$ ) med  $z$ -komponent  $L_z = 0$ . Partikkelen har da et klassisk tillatt område mellom  $r_i$  og  $r_y$ . Hva er hhv indre og ytre venderadius, målt i enheter av  $\sqrt{\hbar/m\omega}$ ?

- A 0.332 og 0.636      B 0.442 og 1.136      C 0.552 og 1.636  
D 0.662 og 2.136      E 0.772 og 2.636      F 0.882 og 3.136

### Oppgave 9

Hvordan må  $a$ ,  $b$  og  $c$  i spinntilstanden

$$\chi_x = c \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

henge sammen for at  $\chi_x$  skal være en normert spinnegentilstand for

$$\hat{S}_x = \frac{\hbar}{2} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} ?$$

- A  $b = a + i$  og  $c = \sqrt{|a|}$   
B  $b = a - 2i$  og  $c = 1/\sqrt{a^2 + 4}$   
C  $b = a/2$  og  $c = 2/|a|$   
D  $b = a$  og  $c = 1/\sqrt{2}|a|$   
E  $b = 2a$  og  $c = 3a$   
F  $b = a^2$  og  $c = a^4$

### Oppgave 10

Når vi neglisjerer atomkjernens bevegelse, er energinivåene i hydrogenatomet  $E_n = -E_1/n^2$ , og det effektive potensialet er  $V_{\text{eff}}^l(r) = E_1(-2/\rho + l(l+1)/\rho^2)$ . Her er  $E_1 = \hbar^2/2m_e a_0^2 \simeq 13.6$  eV,  $\rho = r/a_0$  og  $a_0 \simeq 0.529$  Å er Bohrradien. Hvor stort er det klassisk tillatte volumet, målt i enheten kubikknanometer, for et elektron som befinner seg i tilstanden  $\psi_{650} = R_{65} Y_{50}$ ?

- A 29.3      B 38.4      C 47.5      D 56.6      E 65.7      F 74.8