

Pracujte samostatně, zdůvodňujte svoje kroky, můžete používat své poznámky. Hodnocení: F: 0–9 bodů, E: 10–11 bodů, D: 12–13 bodů, C: 14–15 bodů, B: 16–17 bodů, A: 18–20 bodů.

- (1) Z Heisenbergova principu neurčitosti odhadněte energii základního stavu atomu vodíku.
  - (a) Formulujte princip neurčitosti pro operátor souřadnice a hybnosti. [2 b]
  - (b) Určete střední hodnoty operátorů  $P$  a  $R$ . [1 b]
  - (c) Využijte klasický výraz pro energii nabitě částice v Coulombově poli a minimalizujte jej. [2 b]
- (2) Molekula  $\text{SO}_3$  má tvar rovnostranného trojúhelníka s atomem síry v geometrickém středu a atomy kyslíku ve vrcholech. Vzdálenost mezi atomem síry a kyslíku je  $a = 0.142$  nm.
  - (a) Spočítejte tenzor momentu setrvačnosti vzhledem k těžišti. Atomy považujte za bodové částice. [2 b]
  - (b) Napište hamiltonián obsahující translační a rotační část kinetické energie. [2 b]
  - (c) Určete vlastní hodnoty rotační kinetické energie. [1 b]
- (3) Atom deuteria je v základním stavu. Spočítejte pravděpodobnost, že po rozpadu jádra bude vzniklý atom vodíku v základním stavu? Zanedbejte interakce neutronu s protonem a elektronem, vnitřní momenty hybnosti částic a relativistické efekty.
  - (a) Zapište základní stav deuteria a vodíku v souřadnicové bázi. [2 b]
  - (b) Zapište amplitudu pravděpodobnosti pro přechod z jednoho stavu do druhého. [2 b]
  - (c) Spočítejte pravděpodobnost. [1 b]
- (4) V prvním přiblížení poruchové teorie spočítejte energii jednorozměrného slabě anharmonického oscilátoru s hamiltoniánem

$$H = \frac{P^2}{2m} + \frac{1}{2}m\omega^2 X^2 + \alpha X^3.$$

- (a) Rozdělte hamiltonián na neporušenou část a poruchu. [1 b]
- (b) Přepište hamiltonián pomocí žebříčkových operátorů  $A$  a  $A^\dagger$ . [2 b]
- (c) Spočítejte korekci pro energii v prvním přiblížení. [2 b]