

Frumeinda- og ljósfræði

Lokapróf

24. Apríl 2020 kl. 09:00 - 14:00

1. Vænisafhleðsla – Hydrogen discharge (5)

Í vænisafhleðslu sjást litrófslínur sem svara til bæði færslna $2^2P_{1/2} \rightarrow 1^2S_{1/2}$ og $2^2P_{3/2} \rightarrow 1^2S_{1/2}$.
Metið styrkhluftall þessara lína.

In a hydrogen gas discharge both the spectral lines corresponding to the transitions $2^2P_{1/2} \rightarrow 1^2S_{1/2}$ and $2^2P_{3/2} \rightarrow 1^2S_{1/2}$ are observed. Estimate the ratio of their intensities.

2. Magnetic moment – Magnetic moment (5)

Hvert er segulvægi atóms í ástandinu 3P_0 ? (Lítið framhjá áhrifum kjarna).

What is the magnetic moment of an atom in the state 3P_0 ? (Disregard nuclear effects).

3. Hverfiþungi – Angular momentum (5)

Hvaða segir tákunin 3F_4 um hverfiþunga atóms ?

What information does the term symbol 3F_4 provide about the angular momentum of an atom ?

4. Jónunarorka litíns – Ionization energy of lithium (10)

(a) Notið Bohrlíkanið, til að meta fyrstu jónunarorku litín atóms. Gera má ráð fyrir að rafeindir á 1s hveli skermi nálega af kjarnhleðsluna, og þar með sé virk hleðsla $+1e$. Mælt gildi fyrstu jónunarorku er 5.39 eV. Ræðið mögulegar útskýringar á muninum milli mats ykkar og hins raunverulega gildis.

(b) Reiknið þriðju jónunarorku litín atóms. Er svarið nákvæmt ?

(a) Apply the Bohr model to estimate the 1st ionization energy of a lithium atom. You can assume that the two electrons in the 1s state essentially screen the nuclear charge, thus making its effective charge $+1e$. The observed value of the 1st ionization energy is 5.39 eV. Discuss possible physical reasons for the difference between the estimated and the observed value.

(b) Calculate the 3rd ionization energy of the lithium atom. Is this answer exact ?

5. Rutherford dreifing – Rutherford scattering (15)

Hraðall gefur róteinda geisla með 10^{12} agnir á sekúndu og skriðþunga 200 MeV/c. Geislinn ferðast um 0.01 cm þykkann ál glugga. (Al eðlismassi $\rho = 2.7$ g/cm³, Al geislunar lengd $x_0 = 24$ g/cm², $Z = 13$, $A = 27$).

(a) Reikna Rutherford diffurþversnið í cm²/sr við 30° fyrir ofangreindan geisla í áli.

(b) Hve margar róteindir lenda innan 1 cm radía á sekúndu í 2 metra fjarlægð undir 30° miðað við stefnu geislans ?

(c) Reikna heildar dreifþversnið Rutherford fyrir horn sem er stærra en 5°.

(Hint: $\sin \theta d\theta = 4 \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2} d\frac{\theta}{2}$).

(d) Hve mörgum róteindum er dreift út úr geislanum undir hornum $> 5^\circ$ á hverri sekúndu.

An accelerator provides a proton beam of 10^{12} particles per second and 200 MeV/c momentum. This beam passes through a 0.01 cm thick aluminum window. (Al density $\rho = 2.7$ g/cm³, Al radiation length $x_0 = 24$ g/cm², $Z = 13$, $A = 27$).

(a) Compute the differential Rutherford scattering cross section in cm²/sr at 30° for the above beam in Al.

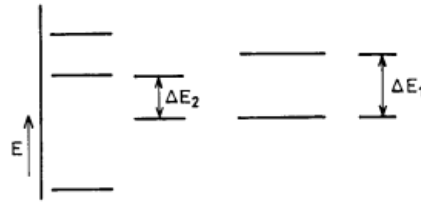
(b) How many protons per second will enter a 1 cm radius circular counter at a distance of 2 meters and at an angle of 30° with the beam direction ?

(c) Compute the integrated Rutherford scattering cross section for angles greater than 5°.

(Hint: $\sin \theta d\theta = 4 \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2} d\frac{\theta}{2}$).

(d) How many protons per second are scattered out of the beam into angles $> 5^\circ$.

6. Helín atóm – Helium atom (10)



Myndin sýnir grunnástand sem og mengi $n = 2$ örvaðra ástanda helín atóms. Endurteiknið grafið og sýnið á myndinni

- (a) litrófstáknun allra 5 stiga
- (b) ritið stuttan texta sem útskýrir tilurð ΔE_1
- (c) ritið stuttan texta sem útskýrir tilurð ΔE_2
- (d) merkið leyfðar færslur milli þessara fimm stiga

The figure shows the ground state and the set of $n = 2$ excited states of the helium atom. Reproduce the diagram in your answer giving

- (a) the spectroscopic notation for all 5 levels
- (b) write an explanation of the source of ΔE_1
- (c) write an explanation of the source of ΔE_2
- (d) indicate the allowed optical transitions among these five levels

1 Fastar

$$q = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\hbar = 1.0546 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$m_e = 9.1096 \times 10^{-31} \text{ Js}$$

$$N_{Av} = 6.022 \times 10^{23} \text{ sameindir/mól}$$

$$k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K} = 8.62 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$$

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-14} \text{ F/cm}$$

$$\epsilon_{\text{ox}}/\epsilon_0 = 3.9$$

$$\epsilon_{\text{Si}}/\epsilon_0 = 11.9$$

$$\epsilon_{\text{Ge}}/\epsilon_0 = 16$$

$$\epsilon_{\text{GaAs}}/\epsilon_0 = 13.1$$

$$r_0 = \frac{e^2}{m_e c^2} = 2.82 \times 10^{-13} \text{ cm}$$