

Τομέας Φυσικής
6^ο Εξαμ. ΣΕΜΦΕ

Διδάσκων Ε. Φωκίτης

Επαναληπτική Περίοδος
Ατομικής και Μοριακής Φυσικής
Σεπτέμβριος 2008 Διάρκεια 2 ½ Ωρες

Επιλέξτε ως 4 θέματα

ΘΕΜΑ 1. (25 μον.) (α) Εξηγείστε τα σύμβολα $3^2D \rightarrow 3^2P$ της μετάβασης στο Νάτριο. Πόσες γραμμές αναμένονται στο φάσμα;

(β) Σχεδιάστε τις ενεργειακές στάθμες του ατόμου του υδρογόνου, λαβαίνοντας υπόψη τη λεπτή υφή, ως και τον κβαντικό αριθμό ενέργειας, $n=3$. Κατά τη σχεδίαση, να δικαιολογήσετε τις σχετικές θέσεις των σταθμών. Δείξτε στο σχήμα τις επιτρεπόμενες μεταβάσεις. Πόσες διαφορετικές γραμμές υπάρχουν; Στο Σχήμα, με διακεκομένες γραμμές να δείξτε ποιοτικά και στάθμες λόγω μετατόπισης Lamb.

ΘΕΜΑ 2. (25 μον)

(α) Εξηγήστε την εφαρμογή της αρχής του Pauli σε άτομα με δύο ηλεκτρόνια, όπως το άτομο ηλίου. Ειδικότερα δικαιολογήστε την συμμετρία των συνολικών ιδιοσυναρτήσεων θεωρώντας τόσο το χωρικό τους μέρος όσο και το εξαρτώμενο από το spin. και επίδραση της στο Περιοδικό σύστημα των στοιχείων σε συνδυασμό με τα φαινόμενα της προάσπισης (15 μον.) .

(β) Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα

Z=5 (βόριο):

Z=6 (άνθρακας):

Z=7 (άζωτο):

Z=8 (οξυγόνο):

Z=9 (φθόριο):

Z=10 (νέον):

παραθέτοντας δίπλα από κάθε στοιχείο την ηλεκτρονιακή του διάταξη. Εστιάστε στο άζωτο, και εξηγείστε ποιοτικά την μορφή των ενεργειακών σταθμών των υποστοιβάδων, όταν το άτομο είναι στην ενεργειακά χαμηλότερη επιτρεπόμενη κατάσταση (υπόδ: Εξετάστε και ενδεχόμενη άρση εκφυλισμού). (10 μον.)

ΘΕΜΑ 3. (25 μον). Εξηγείστε την προσέγγιση των Born-Oppenheimer (BO) στα μόρια. Θεωρείστε μόριο και σχεδιάστε τις διεγερμένες καταστάσεις του. Εξηγείστε την αρχή των Franck-Condon. Πώς ποσοτικοποιείται για να δώσει τις πιθανότητες μετάβασης σε ταλαντωτικές μεταβάσεις; Κάνετε αντίστοιχο διάγραμμα. Ισχύει η προσέγγιση BO και η αρχή των Franck-Condon και σε ιονισμένα μόρια; (Δικαιολογήστε την απάντηση σας).

ΘΕΜΑ 4. (25 μον.) (α) Εξηγείστε αναλυτικά πως με τη μέθοδο των μεταβολών μπορούμε να προσδιορίσουμε προσεγγιστικά την ενέργειακή στάθμη χαμηλότερης ενέργειας σε ένα ατομικό σύστημα. (β) Εφαρμόστε τη μέθοδο αυτή για να βρείτε προσεγγιστικά την χαμηλότερη ενέργεια σε ένα κβαντικό αρμονικό ταλαντωτή, επιλέγοντας πρώτα δοκιμαστική κυματοσυνάρτηση την $\psi(x, \lambda) = Ne^{-\lambda x^2/2}$.

ΘΕΜΑ 5. (26 μον.) Στο άτομο του υδραργύρου, απομονώνουμε με κατάλληλο οπτικό φίλτρο τη γραμμή 546 nm, και με συμβολόμετρο Fabry-Perot του οποίου το ένα κάτοπτρο μετακινείται, ώστε να μεταβάλλεται η απόσταση d , καταγράφουμε την ένταση που διαδίδεται στο σημείο Σ , συναρτήσει της φάσης δ . Τα άτομα βρίσκονται σε ένα μαγνητικό πεδίο 0.1 Tesla. Βρείτε (α) πόση είναι η ελεύθερη φασματική περιοχή του συμβολομέτρου αν η αρχική τους απόσταση των 2 κατόπτρων είναι 0.5 cm. (β) Αν η ανακλαστικότητα των κατόπτρων είναι $R=0.95$, να βρείτε τη διακριτική ικανότητα του για τη γραμμή $\lambda_0 = 546$ nm. Λόγω του φαινομένου Zeeman, παρουσιάζονται ένα πλήθος γραμμών, κοντά στη λ_0 , έστω 5. Ποσοτικοποιήστε, ενέργειακά, τις γραμμές αυτές, δικαιολογώντας τις εκτιμήσετε. Σχεδιάστε, ποιοτικά, την απόκριση του συμβολομέτρου Fabry-Perot, δηλαδή την ένταση συναρτήσει φάσης δ , για τις δύο πρώτες περιόδους. Απαριθμήστε τυχόν παραδοχές για την παρουσίαση του διαγράμματος. Εξηγείστε αν το συμβολόμετρο έχει την ικανότητα προσδιορισμού της τιμής του μαγνητικού πεδίου που προκαλεί τον διαχωρισμό Zeeman.

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}, \quad \epsilon_0 \approx (36\pi \cdot 10^9)^{-1} \text{ F/m}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e c} = 5.8 \cdot 10^{-9} \text{ eV / tesla} = 0.93 \cdot 10^{-23} \text{ J / tesla} \quad 1 \text{ tesla} = 10^4 \text{ gauss}$$

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad m_e = 9.1 \cdot 10^{-28} \text{ g}, \quad a = \frac{e^2}{\hbar c} = \frac{1}{137,036}, \quad \text{aktiv. Bohr } a_0 = \frac{\hbar^2}{mc^2}$$

$$\text{πυρην. Μαγνητόνη } \mu_N = \frac{e\hbar}{2m_p c} = 3,152 \cdot 10^{-12} \text{ eV / gauss}, \quad h = 6,62 \cdot 10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{s}$$

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(\vec{r}) \right) \psi(\vec{r}) = E \psi(\vec{r})$$

$$d(\sin \theta_{\pi\rho} + \sin \theta_{\pi\rho}) = m\lambda$$