

Θέματα Φυσικής Γενικής Παιδείας Γ' Λυκείου 2000

Ζήτημα 1ο

Στις ερωτήσεις 1-5 να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό της ερώτησης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

1. Σύμφωνα με το πρότυπο του Bohr για το άτομο του υδρογόνου:

- α. το ηλεκτρόνιο εκπέμπει συνεχώς ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.
- β. η στροφορμή του ηλεκτρονίου μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή.
- γ. το άτομο αποτελείται από μία σφαίρα θετικού φορτίου ομοιόμορφα κατανομημένου.
- δ. το ηλεκτρόνιο κινείται μόνο σε επιτρεπόμενες τροχιές.

(Μονάδες 4)

2. Δίνονται οι πυρήνες Α, Β, Γ με αντίστοιχες ενέργειες σύνδεσης ανά νουκλεόνιο.

ΠΥΡΗΝΕΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	Α	Β	Γ
Ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο (MeV/νουκλ.)	7,6	7,3	8,4

Η κατάταξη των πυρήνων με αύξουσα σταθερότητα είναι:

- α. Α - Β - Γ
- β. Β - Α - Γ
- γ. Γ - Β - Α
- δ. Β - Γ - Α

(Μονάδες 4)

3. Κατά τη διάσπαση β^- :

- α. εκπέμπεται από τον πυρήνα ένα σωματίο α.
- β. εκπέμπεται από τον πυρήνα ένα ηλεκτρόνιο που προυπήρχε σε αυτόν.
- γ. διασπάται ένα νετρόνιο του πυρήνα εκπέμποντας ένα ηλεκτρόνιο.
- δ. εκπέμπεται από τον πυρήνα ένα πρωτόνιο.

(Μονάδες 4)

4. Ο πυρήνας του ουρανίου ${}_{92}^{238}\text{U}$ έχει:

- α. 238 νετρόνια.
- β. 146 νετρόνια.
- γ. ατομικό αριθμό 238.
- δ. μαζικό αριθμό 92.

(Μονάδες 4)

5. Ένα μαγνητικό πεδίο μπορεί να εκτρέψει:

- α. ακτίνες Χ.
- β. νετρόνια.
- γ. ακτίνες γ.
- δ. σωματία α.

(Μονάδες 4)

6. Να γράψετε στο τετράδιό σας τις μονάδες από τη στήλη Α και δίπλα το φυσικό μέγεθος από τη στήλη Β που μετριέται με την αντίστοιχη μονάδα.

A	B
nm	ενέργεια
eV	μήκος κύματος ορατού φωτός
u	συχνότητα
m/s	δείκτης διάθλασης
Hz	μάζα πυρήνων
	ταχύτητα

(Μονάδες 5)

Απάντηση:

1. Σωστή απάντηση είναι η δ.

2. Η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο μετράει τη σταθερότητα του πυρήνα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο, τόσο σταθερότερος είναι ο πυρήνας.

Η κατάταξη επομένως των πυρήνων Α, Β και Γ κατά αύξουσα σταθερότητα πραγματοποιείται ξεκινώντας από τον πυρήνα Β, που έχει τη μικρότερη ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο, και καταλήγοντας στον πυρήνα Γ, που έχει τη μεγαλύτερη ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο. Επομένως η κατάταξη είναι Β – Α – Γ και σωστή απάντηση είναι η β.

3. Κατά τη διάσπαση β^- εκπέμπεται από τον πυρήνα ένα ηλεκτρόνιο. Το γεγονός ότι κατά τη διάσπαση ενός πυρήνα εκπέμπεται ένα ηλεκτρόνιο δε σημαίνει ότι το ηλεκτρόνιο αυτό προϋπήρχε μέσα στο μητρικό πυρήνα. Αυτό που στην πραγματικότητα συμβαίνει είναι η εκπομπή ενός ηλεκτρονίου, που οφείλεται στη διάσπαση ενός νετρονίου του πυρήνα σε ένα πρωτόνιο, ένα ηλεκτρόνιο και ένα αντινεutrino. Επομένως σωστή απάντηση είναι η γ.

4. Ο πυρήνας ενός ατόμου συμβολίζεται ως ${}^A_Z X$, όπου Χ το χημικό σύμβολο του στοιχείου, Α ο μαζικός του αριθμός (άθροισμα πρωτονίων και νετρονίων) και Ζ ο ατομικός του αριθμός (αριθμός πρωτονίων). Έτσι από το συμβολισμό του ουρανίου ${}^{238}_{92} U$ προκύπτει ότι ο αριθμός των πρωτονίων στον πυρήνα του ουρανίου είναι 92 και ο αριθμός των νετρονίων είναι $238 - 92 = 146$. Επομένως σωστή απάντηση είναι η β.

5. Τα θετικά φορτισμένα σωμάτια α αποκλίνουν προς μία κατεύθυνση με τη βοήθεια ενός μαγνητικού πεδίου. Άρα σωστή απάντηση είναι η δ.

6. Η σωστή αντιστοιχία μονάδων και φυσικών μεγεθών είναι:

nm	μήκος κύματος ορατού φωτός
eV	ενέργεια
u	μάζα πυρήνων
m/s	ταχύτητα
Hz	συχνότητα

Ζήτημα 2ο

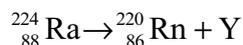
A. Να αποδείξετε ότι το ελάχιστο μήκος κύματος του συνεχούς φάσματος των ακτίνων X δίνεται από τη σχέση:

$$\lambda_{\min} = \frac{c \cdot h}{e \cdot V}$$

όπου V η τάση που εφαρμόζεται μεταξύ ανόδου και καθόδου και c, h, e φυσικές σταθερές.

(Μονάδες 10)

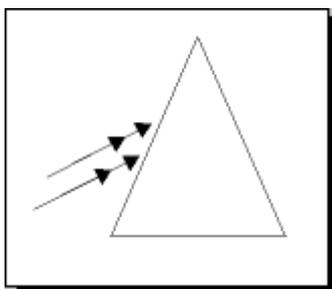
B. Ο πυρήνας ${}^{224}_{88}\text{Ra}$ διασπάται σε ${}^{220}_{86}\text{Rn}$ με ταυτόχρονη εκπομπή αγνώστου σωματίου Y, σύμφωνα με την αντίδραση:



Ποιο είναι το σωματίο Y;

(Μονάδες 5)

Γ. Δέσμη λευκού φωτός προσπίπτει στην επιφάνεια ενός πρίσματος όπως δείχνει το σχήμα και κατά την έξοδο από το πρίσμα η δέσμη αναλύεται. Ποιου χρώματος, του ερυθρού ή του ιώδους, είναι μεγαλύτερη η γωνία εκτροπής;



(Μονάδες 5)

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

(Μονάδες 5)

Απάντηση:

A. Οι ακτίνες X παράγονται όταν ηλεκτρόνια μεγάλης κινητικής ενέργειας που έχουν επιταχυνθεί από υψηλή τάση προσπίπτουν σε μεταλλικό στόχο. Εξαιτίας της αλληλεπίδρασης του ηλεκτρονίου με τα άτομα του στόχου, το ηλεκτρόνιο μπορεί να επιβραδυνθεί, με αποτέλεσμα να εκπέμπεται ακτινοβολία. Η απώλεια της κινητικής ενέργειας του ηλεκτρονίου ($K_i - K_f$) είναι ίση με την ενέργεια του φωτονίου hf που εκπέμπεται. Δηλαδή ισχύει:

$$K_i - K_f = hf \quad (1)$$

Το ηλεκτρόνιο μπορεί να χάσει όλη ή οποιοδήποτε μέρος της ενέργειάς του σε μία κρούση, πράγμα που σημαίνει ότι τα φωτόνια που εκπέμπονται μπορεί να έχουν οποιαδήποτε τιμή ενέργειας.

Η σχέση μεταξύ συχνότητας f και μήκους κύματος λ δίνεται από τη σχέση:

$$c = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = c/f.$$

Δηλαδή το ελάχιστο μήκος κύματος του συνεχούς φάσματος των ακτίνων X (λ_{\min}) θα προκύψει όταν εκπέμπεται φωτόνιο με τη μεγαλύτερη δυνατή συχνότητα. Για να συμβεί αυτό, θα πρέπει η κινητική ενέργεια K_f του ηλεκτρονίου μετά την κρούση να είναι $K_f = 0$. Οπότε, σύμφωνα με τη σχέση (1), θα πρέπει:

$$K_i - 0 = hf \Rightarrow K_i = hf \quad (2)$$

δηλαδή η ενέργεια ενός ηλεκτρονίου K_i να μετατρέπεται σε ενέργεια ενός φωτονίου hf σε μία μόνο κρούση.

Η κινητική ενέργεια K_i του ηλεκτρονίου είναι ίση με την ενέργεια eV που αποκτά μέσω της τάσης V που το επιταχύνει. Δηλαδή:

$$K_i = eV \quad (3).$$

Από τις σχέσεις (2) και (3) προκύπτει:

$$hf = eV.$$

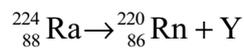
Όμως για τη συχνότητα f ισχύει:

$$f = \frac{c}{\lambda_{\min}}$$

Με αντικατάσταση προκύπτει:

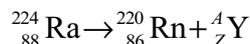
$$h \frac{c}{\lambda_{\min}} = eV \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{c \cdot h}{e \cdot V}$$

B. Για να βρούμε το σωματίο Y στην αντίδραση:



θα πρέπει να εφαρμόσουμε τους νόμους που ισχύουν στις πυρηνικές αντιδράσεις (αρχή διατήρησης του φορτίου και αρχή διατήρησης του συνολικού αριθμού των νουκλεονίων).

Η αντίδραση που μελετάμε είναι:



Ισχύουν:

1. Αρχή διατήρησης του φορτίου:

$$88 = 86 + Z \Rightarrow Z = 88 - 86 = 2.$$

2. Αρχή διατήρησης του συνολικού αριθμού των νουκλεονίων:

$$224 = 220 + A \Rightarrow A = 224 - 220 = 4$$

Επομένως το σωματίο Y είναι το ${}^4_2\text{Y}$, δηλαδή σωματίο α (πυρήνας ηλίου ${}^4_2\text{He}$).

Γ. Η γωνία εκτροπής είναι μεγαλύτερη για το ιώδες και μικρότερη για το ερυθρό, γιατί η γωνία εκτροπής κάθε χρώματος όταν αυτό διέρχεται από οπτικό μέσο, εξαρτάται από το μήκος κύματος του χρώματος και όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος κύματος τόσο μικρότερη είναι η γωνία εκτροπής.

Ζήτημα 3ο

Μονοχρωματική ακτίνα φωτός με συχνότητα $f = 5 \cdot 10^{14}$ Hz διαδίδεται στο κενό με ταχύτητα $c_0 = 3 \cdot 10^8$ m/s. Στην πορεία της ακτίνας παρεμβάλλεται κάθετα διαφανές υλικό πάχους $d = 8$ cm, μέσα στο οποίο η ταχύτητα διάδοσης του φωτός είναι $c = 2 \cdot 10^8$ m/s.

α. Να υπολογίσετε το μήκος κύματος λ_0 του μονοχρωματικού φωτός στο κενό.
(Μονάδες 8)

β. Να υπολογίσετε το δείκτη διάθλασης n του διαφανούς υλικού.
(Μονάδες 8)

γ. Αν λ είναι το μήκος κύματος του μονοχρωματικού φωτός στο διαφανές υλικό, με πόσα τέτοια μήκη κύματος είναι ίσο το πάχος d του διαφανούς υλικού;
(Μονάδες 9)

Απάντηση:

α. Σύμφωνα με τη θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής, ισχύει:

$$c = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = c/f$$

Στην περίπτωση της διάδοσης της μονοχρωματικής ακτίνας του φωτός στο κενό, το μήκος κύματός της θα είναι:

$$\lambda_0 = \frac{c_0}{f} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}} \Rightarrow \lambda_0 = 6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

β. Ο δείκτης διάθλασης n ενός υλικού ορίζεται από τη σχέση: $n = c_0/c$, όπου:

$c_0 =$ η ταχύτητα του φωτός στο κενό,
 $c =$ η ταχύτητα του φωτός μέσα στο υλικό.

Αντικαθιστώντας τα δεδομένα του προβλήματός μας προκύπτει:

$$n = \frac{c_0}{c} \Rightarrow n = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{2 \cdot 10^8 \text{ m/s}} \Rightarrow n = \frac{3}{2}$$

γ. Το μήκος κύματος λ του μονοχρωματικού φωτός στο διαφανές υλικό δίνεται από τη σχέση: $\lambda = \lambda_0/n$, όπου:

$\lambda_0 =$ το μήκος κύματος του μονοχρωματικού φωτός στο κενό,
 $n =$ ο δείκτης διάθλασης του υλικού.

Αντικαθιστώντας τα δεδομένα του προβλήματός μας προκύπτει:

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} \Rightarrow \lambda = \frac{6 \cdot 10^{-7} \text{ m}}{\frac{3}{2}} \Rightarrow \lambda = 4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Το πάχος d του διαφανούς υλικού είναι $d = 8 \text{ cm} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$.
Διαιρώντας το d με το λ θα έχουμε:

$$\frac{d}{\lambda} = \frac{8 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{4 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 2 \cdot 10^5 \text{ μήκη κύματος.}$$

Ζήτημα 4ο

Ένα άτομο υδρογόνου βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάστασή του ($n = 1$) με ενέργεια $E_1 = -13,6 \text{ eV}$. Στο σχήμα δίνεται το διάγραμμα των τεσσάρων πρώτων ενεργειακών σταθμών του ατόμου του υδρογόνου.

E_4	_____	$n=4$
E_3	_____	$n=3$
E_2	_____	$n=2$
E_1	_____	$n=1$

α. Να υπολογίσετε την ενέργεια κάθε διεγερμένης κατάστασης ($n = 2, n = 3, n = 4$).

(Μονάδες 6)

β. Ένα σωματίδιο με κινητική ενέργεια $K_1 = 13 \text{ eV}$ συγκρούεται με το παραπάνω άτομο του υδρογόνου. Το άτομο απορροφά τμήμα της κινητικής ενέργειας του σωματιδίου και διεγείρεται στην ενεργειακή στάθμη με κύριο κβαντικό αριθμό $n = 3$. Να υπολογίσετε την τελική κινητική ενέργεια του σωματιδίου.

(Μονάδες 6)

γ. Το διεγερμένο άτομο, μετά από ελάχιστο χρονικό διάστημα, επανέρχεται στη θεμελιώδη του κατάσταση. Να μεταφέρετε το σχήμα των ενεργειακών σταθμών στο τετράδιό σας και να σχεδιάσετε τις δυνατές μεταβάσεις του ηλεκτρονίου από τη διεγερμένη κατάσταση στη θεμελιώδη κατάσταση.

(Μονάδες 6)

δ. Σε μια από τις παραπάνω μεταβάσεις εκπέμπεται ακτινοβολία με τη μεγαλύτερη συχνότητα. Να υπολογίσετε τη συχνότητα αυτή.

Δίνεται η σταθερά του Planck: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

και ότι $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Joule}$.

(Μονάδες 7)

Απάντηση:

α. Η ολική ενέργεια ενός ηλεκτρονίου, όταν κινείται στις διάφορες επιτρεπόμενες τροχιές, δίνεται από τη σχέση:

$$E_n = \frac{E_1}{n^2}$$

όπου:

$E_1 = -13,6 \text{ eV}$ η ενέργεια του ηλεκτρονίου που κινείται στην τροχιά με τη μικρότερη ακτίνα ($n = 1$),

$n = 0$ κύριος κβαντικός αριθμός.

Αντικαθιστώντας τις διάφορες τιμές του n βρίσκουμε την ενέργεια σε κάθε ενεργειακή στάθμη. Είναι:

$$n = 2 \Rightarrow E_2 = E_1/2^2 \Rightarrow E_2 = E_1/4 \Rightarrow E_2 = (-13,6 \text{ eV})/4 \Rightarrow E_2 = -3,4 \text{ eV}$$

$$n = 3 \Rightarrow E_3 = E_1/3^2 \Rightarrow E_3 = E_1/9 \Rightarrow E_3 = (-13,6 \text{ eV})/9 \Rightarrow E_3 = -1,51 \text{ eV}$$

$$n = 4 \Rightarrow E_4 = E_1/4^2 \Rightarrow E_4 = E_1/16 \Rightarrow E_4 = (-13,6 \text{ eV})/16 \Rightarrow E_4 = -0,85 \text{ eV}$$

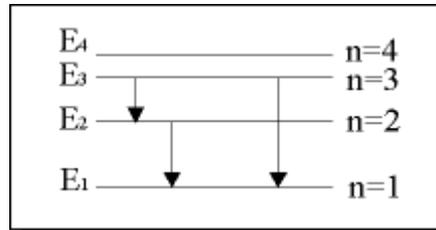
β. Για να μεταπηδήσει το ηλεκτρόνιο του υδρογόνου από την τροχιά στην οποία βρίσκεται ($n = 1$) στην τροχιά με κύριο κβαντικό αριθμό $n = 3$, θα πρέπει να απορροφήσει τόση ενέργεια όση είναι η διαφορά ενέργειας ανάμεσα στις ενεργειακές στάθμες που αντιστοιχούν στις δύο αυτές τροχιές. Η διαφορά αυτή είναι:

$$\Delta E = E_3 - E_1 = -1,51 \text{ eV} - (-13,6 \text{ eV}) = 12,09 \text{ eV}$$

Η αρχική κινητική ενέργεια του σωματιδίου ($K_1 = 13 \text{ eV}$) έχει μειωθεί κατά $12,09 \text{ eV}$, λόγω του γεγονότος ότι η ενέργεια αυτή απορροφήθηκε από το άτομο για να μεταπηδήσει από την τροχιά με $n = 1$ στην τροχιά με $n = 3$. Επομένως η τελική κινητική ενέργεια του σωματιδίου K_2 θα είναι ίση με:

$$K_2 = K_1 - \Delta E = 13 \text{ eV} - 12,09 \text{ eV} = 0,91 \text{ eV}$$

γ. Οι δυνατές μεταβάσεις του ηλεκτρονίου από τη διεγερμένη κατάσταση ($n = 3$) στην οποία βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση ($n = 1$) φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



δ. Ακτινοβολία με τη μεγαλύτερη συχνότητα εκπέμπεται στη μετάβαση:

$$n = 3 \rightarrow n = 1$$

γιατι αντιστοιχεί στην μεγαλύτερη διαφορά ενέργειας.
Θα είναι:

$$E_3 - E_1 = hf \Rightarrow -1,51 - (-13,6) = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot f \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 12,09 \text{ eV} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot f \Rightarrow (\text{μετατρέπουμε τα eV σε Joule}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 12,09 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot f \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f = \frac{12,09 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} \Rightarrow f = \frac{19,344 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mathbf{f \approx 2,92 \cdot 10^{15} \text{ Hz}}$$