

Δίνονται $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{Js}$, $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{J}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$

ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΜΕΛΑΝΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ

A1.1 Χαρακτηρίστε τις προτάσεις που ακολουθούν με Σ αν είναι σωστές και Λ αν είναι λανθασμένες.

- α. Τα φωτόνια έχουν μηδενική μάζα ηρεμίας.
- β. Υπάρχουν και φωτόνια λευκού φωτός.
- γ. Ένα φωτόνιο ερυθρής ακτινοβολίας έχει περισσότερη ενέργεια από ένα φωτόνιο πράσινης.
- δ. Ένα μέλαν σώμα χαμηλής θερμοκρασίας εκπέμπει κυρίως στην υπέρυθρη περιοχή
- ε. Το φάσμα της ακτινοβολίας του μέλανος σώματος είναι συνεχές.
- στ. Το 1eV είναι μονάδα ενέργειας.
- ζ. Σύμφωνα με τον Planck η υπεριώδης ακτινοβολία μεταφέρει περισσότερη ενέργεια από την υπέρυθρη.
- η. Ένα κβάντο ενέργειας είναι ίδιο σε όλες τις περιστάσεις όπως ένα κβάντο φορτίου.
- θ. 1 κβάντο ερυθρού φωτός έχει μεγαλύτερη ενέργεια από ένα κβάντο κίτρινου φωτός.
- ι. Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία ενός σώματος, το χρώμα της λάμψης αλλάζει από κόκκινο σε κίτρινο, σε μπλε.
- κ. Κάθε σώμα εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία όταν έχει θερμοκρασία πάνω από το απόλυτο μηδέν.
- λ. Ένα αντικείμενο που απορροφά όλη την ακτινοβολία που πέφτει πάνω του, σε όλα τα μήκη κύματος, ονομάζεται μέλαν σώμα.
- μ. 1 κβάντο κυανού φωτός έχει μεγαλύτερη ενέργεια από ένα κβάντο υπεριώδους φωτός.

A1.2 Το μέλαν σώμα ορίζεται ως ένα αντικείμενο που

- α. απορροφά όλη την ακτινοβολία που πέφτει πάνω του, σε όλες τις συχνότητες (για αυτό και φαίνεται μαύρο).
- β. απορροφά μέρος της ακτινοβολίας που πέφτει πάνω του, σε διακριτές συχνότητες.
- γ. απορροφά μέρος της ακτινοβολίας που πέφτει πάνω του μόνο σε χαμηλές συχνότητες υπέρυθρου.
- δ. απορροφά μέρος της ακτινοβολίας που πέφτει πάνω του μόνο σε υψηλές συχνότητες υπεριώδους.

A1.3 Σύμφωνα με το νόμο του Wien για το μέλαν σώμα, το μήκος κύματος στο οποίο εκπέμπεται το μέγιστο της έντασης της ακτινοβολίας ενός σώματος είναι

- α. μεγαλύτερο σε υψηλότερες θερμοκρασίες
- β. ανάλογο προς την απόλυτη θερμοκρασία, T.
- γ. μικρότερο σε υψηλότερες θερμοκρασίες
- δ. ίδιο σε κάθε θερμοκρασία.

A1.4 Αν αναλύσουμε με ένα φασματοσκόπιο το φως του αστέρα που παρατηρούμε με το τηλεσκόπιο θα διαπιστώσουμε ότι,

- α. εάν είναι θερμότερος από τον Ήλιο, το μήκος κύματος στο οποίο εκπέμπεται το μέγιστο της έντασης της ακτινοβολίας του είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του Ήλιου.
- β. εάν είναι ψυχρότερος από τον Ήλιο, το μήκος κύματος στο οποίο εκπέμπεται το μέγιστο της έντασης της ακτινοβολίας του είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του Ήλιου.
- γ. εάν είναι θερμότερος από τον Ήλιο, το μήκος κύματος στο οποίο εκπέμπεται το μέγιστο της έντασης της ακτινοβολίας του είναι ίδιο με το αντίστοιχο του Ήλιου
- δ. εάν είναι ψυχρότερος από τον Ήλιο, το μήκος κύματος στο οποίο εκπέμπεται το μέγιστο της έντασης της ακτινοβολίας του είναι μικρότερο από το αντίστοιχο του Ήλιου.

A1.5 Μερικοί αστέρες φαίνονται κυανοί και άλλοι κοκκινωποί. Αυτό σημαίνει ότι

- α. δεν μπορούμε να βγάλουμε κανένα συμπέρασμα για την επιφανειακή θερμοκρασία τους.
- β. οι κυανοί είναι θερμότεροι
- γ. οι κοκκινωποί είναι θερμότεροι
- δ. οι κυανοί βρίσκονται μακρύτερα από τους κοκκινωπούς.

A1.6 Αν το γινόμενο $\lambda_{\text{max}} \cdot T = 3 \cdot 10^{-3} \text{m} \cdot \text{K}$ και το δέρμα του ανθρώπου έχει θερμοκρασία 350K, τότε

- I. το μήκος κύματος στο οποίο η ακτινοβολία που εκπέμπεται είναι μέγιστη θα είναι
- α. 9740nm β. 9,74m γ. 974nm δ. 9,74mm.

II. Η περιοχή αυτής της ακτινοβολίας είναι στο

- α. υπεριώδες β. ορατό γ. υπέρυθρο δ. μικροκύματα

A1.7 Η ένταση ακτινοβολίας είναι το πηλίκο της

- α. ενέργειας της ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφανείας
- β. ενέργειας της ακτινοβολίας ανά μονάδα όγκου
- γ. ισχύος της ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφανείας
- δ. ενέργειας της ακτινοβολίας ανά μονάδα χρόνου

A1.8 Η ένταση της ακτινοβολίας μετριέται σε: α. $\text{J/m}^2\text{s}$ β. J/m^2 γ. W/m δ. J/s

A1.9 Για το μέλαν σώμα η εκπεμπόμενη θερμική ισχύς είναι συνάρτηση

- α. μόνο της συχνότητας (f). β. μόνο της συχνότητας και της θερμοκρασίας και είναι μέγιστη.
 γ. μόνο της θερμοκρασίας (T). δ. μόνο της συχνότητας και της θερμοκρασίας και είναι ελάχιστη.

A1.10 Κάθε σώμα που θερμαίνεται εκπέμπει ακτινοβολία η οποία

- α. σε υψηλές θερμοκρασίες είναι στο υπέρυθρο και όσο μειώνεται η θερμοκρασία μετατοπίζεται προς το ορατό.
 β. σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι στο υπεριώδες και όσο αυξάνεται η θερμοκρασία μετατοπίζεται προς το ορατό.
 γ. σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι στο υπέρυθρο και όσο αυξάνεται η θερμοκρασία μετατοπίζεται προς το ορατό.
 δ. σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι στο υπέρυθρο και όσο αυξάνεται η θερμοκρασία παραμένει εκεί.

A1.11 Σε απόλυτο σκοτάδι τα αντικείμενα που βρίσκονται σε θερμοκρασία δωματίου (γύρω στους 20°C) δεν φαίνονται διότι

- α. δεν εκπέμπουν καμιά ακτινοβολία.
 β. εκπέμπουν ορατές ακτινοβολίες χαμηλής έντασης και δεν γίνονται αντιληπτοί από τον ανθρώπινο οφθαλμό.
 γ. εκπέμπουν ακτινοβολία στην περιοχή του υπέρυθρου που δεν είναι ορατό
 δ. εκπέμπουν ακτινοβολία στην περιοχή του υπεριώδους που δεν είναι ορατό.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Αν υποθέσουμε ότι το μήκος κύματος μέγιστης εκπομπής για ένα αστέρα είναι $\lambda_1=560\text{nm}$ και η θερμοκρασία του είναι $T_1=5800\text{K}$, πόση θα είναι η θερμοκρασία ενός άλλου αστέρα του οποίου το μήκος κύματος μέγιστης εκπομπής είναι $\lambda_2=580\text{nm}$;

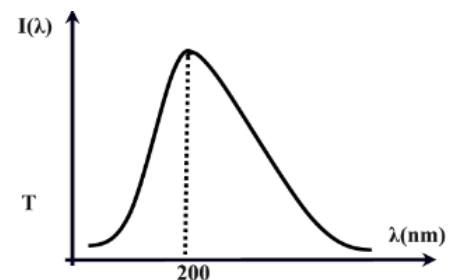
2. Πόση ενέργεια σε Joule και σε eV έχει ένα φωτόνιο ακτινοβολίας, συχνότητας $f=5\cdot 10^{14}\text{ Hz}$; Σε ποια κατηγορία του φάσματος των ακτινοβολιών ανήκει;

3. Μια λάμπα ερυθρού φωτός μήκους κύματος $\lambda=650\text{nm}$ εκπέμπει $6,5\cdot 10^{20}$ φωτόνια ανά δευτερόλεπτο.

α. Πόση είναι η ισχύς, P της λάμπας αν γνωρίσουμε ότι μόνο το 5% της ισχύος αυτής μετατρέπεται σε φωτεινή ισχύ και η υπόλοιπη είναι θερμική.

β. Αν ένα ανθρώπινο μάτι χρειάζεται $4\cdot 10^{-18}\text{J}$ φωτεινής ενέργειας για να διεγερθεί, πόσα φωτόνια αυτού του χρώματος απαιτούνται για να το διεγείρουν;

4. Στο διάγραμμα βλέπουμε τη μεταβολή της έντασης $I(\lambda)$ ανά μονάδα μήκους μιας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπει ένα μέλαν σώμα σε συνάρτηση με το μήκος κύματος λ αυτής. Για μια θερμοκρασία T το μέγιστο της καμπύλης αντιστοιχεί σε μήκος κύματος $\lambda=200\text{nm}$. Αν θέλουμε το μέγιστο της καμπύλης να αντιστοιχεί σε μήκος κύματος ορατής ακτινοβολίας θα πρέπει η θερμοκρασία του σώματος να
 (i) αυξηθεί (ii) μειωθεί (iii) να μείνει σταθερή



5. Ένα μέλαν σώμα που έχει απόλυτη θερμοκρασία T_1 εκπέμπει το μέγιστο της ακτινοβολίας του στην περιοχή του υπέρυθρου Η/Μ φάσματος, σε μήκος κύματος «αιχμής» λ_1 . Αν αυξήσουμε τη θερμοκρασία του κατά 25% τότε παρατηρούμε ότι το μήκος κύματος αιχμής μειώνεται κατά
 α. 20% β. 30% γ. 25%

ΦΩΤΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

A1. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές; Σύμφωνα με την κβαντική θεωρία του Planck:

- α. Το φως εκπέμπεται και απορροφάται από τα άτομα της ύλης με συνεχή τρόπο.
 β. Τα φωτόνια είναι στοιχειώδη ποσά ενέργειας που χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένη συχνότητα και συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας.
 γ. Η ενέργεια κάθε φωτονίου είναι ανάλογη της συχνότητας f .
 δ. Η ενέργεια ενός φωτονίου δεν εξαρτάται από την ταχύτητα του φωτός.

A2. Ποιες από τις προτάσεις αυτές είναι σωστές; Η ενέργεια ενός φωτονίου:

- α. είναι ανάλογη του μήκους κύματος της ακτινοβολίας.
 β. είναι ανάλογη της συχνότητας της ακτινοβολίας.
 γ. είναι ανάλογη του αριθμού των φωτονίων που εκπέμπονται από την πηγή στη μονάδα του χρόνου.
 δ. μεταβάλλεται αν το φως αλλάξει οπτικό μέσο (πχ από τον αέρα στο νερό).
 ε. δεν εξαρτάται από την ταχύτητα του φωτός

A3. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν και αναφέρονται στην ταχύτητα του φωτός είναι σωστές;

α. Η ταχύτητα διάδοσης κάθε ηλεκτρομαγνητικού κύματος στο κενό είναι η ίδια, ανεξάρτητα από τη συχνότητα αυτού και ίση με 300.000 km/s .

β. Η ταχύτητα του φωτός εξαρτάται από την ταχύτητα της φωτεινής πηγής που το εκπέμπει.

γ. Σε κάθε διαφανές μέσο το φως διαδίδεται με ταχύτητα $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

δ. Η ταχύτητα του φωτός στο γυαλί είναι μικρότερη από $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

ε. Η ταχύτητα του φωτός σε ένα διαφανές μέσο αυξάνεται αν μειωθεί το μήκος κύματος

A4. Η κβαντική θεωρία περί σωματιδιακής φύσης του φωτός μπορεί να ερμηνεύσει

α. την περίθλαση του φωτός

β. τη συμβολή του φωτός

γ. την ανάκλαση του φωτός

δ. το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.

A5. Κατά το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο έχουμε

α. εξαγωγή φωτονίων από μέταλλο λόγω του βομβαρδισμού του με ηλεκτρόνια.

β. εξαγωγή ηλεκτρονίων από οποιοδήποτε σώμα λόγω βομβαρδισμού του με φως.

γ. εξαγωγή ηλεκτρονίων από μέταλλο λόγω βομβαρδισμού μόνο με μονοχρωματική ακτινοβολία.

δ. εξαγωγή ηλεκτρονίων από μέταλλο λόγω βομβαρδισμού του με φως.

A6. Κατά το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο έχουμε εκπομπή φωτοηλεκτρονίων

α. μόνο όταν η συχνότητα του προσπίπτοντος φωτός είναι ίση μιας ορισμένης συχνότητας, η οποία είναι χαρακτηριστική για το μέταλλο.

β. μόνο όταν η συχνότητα του προσπίπτοντος φωτός είναι μικρότερη μιας ορισμένης συχνότητας, η οποία είναι χαρακτηριστική για το μέταλλο

γ. μόνο όταν η συχνότητα του προσπίπτοντος φωτός είναι μεγαλύτερη ή ίση μιας ορισμένης συχνότητας, η οποία είναι χαρακτηριστική για το μέταλλο

δ. για κάθε τιμή της συχνότητας του προσπίπτοντος φωτός.

A7. Στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο ορίζουμε ως συχνότητα κατωφλίου f_0

α. τη συχνότητα του προσπίπτοντος φωτός

β. την ελάχιστη συχνότητα του προσπίπτοντος φωτός στο μέταλλο ώστε να εξέλθουν φωτοηλεκτρόνια.

γ. τη μέγιστη συχνότητα του προσπίπτοντος φωτός στο μέταλλο ώστε να εξέλθουν φωτοηλεκτρόνια.

δ. κάθε συχνότητα του προσπίπτοντος φωτός που μπορεί να προκαλέσει έξοδο φωτοηλεκτρονίων από το μέταλλο.

A8. Το έργο εξαγωγής ϕ είναι

α. το ίδιο για κάθε είδος μετάλλου

β. το ποσό ενέργειας που πρέπει να προσλάβει ένα ηλεκτρόνιο για να εξέλθει από το μέταλλο με μια συγκεκριμένη ποσότητα κινητικής ενέργειας χαρακτηριστική του μετάλλου.

γ. το ελάχιστο ποσό ενέργειας που πρέπει να προσλάβει ένα φωτόνιο για να εξέλθει από το μέταλλο.

δ. το ελάχιστο ποσό ενέργειας που πρέπει να προσλάβει ένα ηλεκτρόνιο για να εξέλθει από το μέταλλο

A9. Ο αριθμός των ηλεκτρονίων ανά μονάδα χρόνου που αποσπώνται από το μέταλλο του φωτοκύτταρου κατά το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο είναι

α. ανάλογος της συχνότητας του προσπίπτοντος φωτός που προσπίπτει στο μέταλλο.

β. ανεξάρτητος της έντασης του προσπίπτοντος φωτός που προσπίπτει στο μέταλλο.

γ. ανάλογος της έντασης του προσπίπτοντος φωτός που προσπίπτει στο μέταλλο.

δ. εξαρτώμενος από το έργο εξαγωγής του μετάλλου

A10. Η ταχύτητα με την οποία εξέρχονται τα ηλεκτρόνια από την κάθοδο του φωτοκύτταρου

α. αυξάνεται όταν μειώνεται η συχνότητα του προσπίπτοντος φωτός

β. είναι ανάλογη της συχνότητας του προσπίπτοντος φωτός

γ. εξαρτάται από την ένταση του προσπίπτοντος φωτός

δ. αυξάνεται όταν αυξάνεται η συχνότητα του προσπίπτοντος φωτός

A11. Η τάση αποκοπής στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο

α. εξαρτάται από τη συχνότητα της φωτεινής δέσμης και είναι μεγαλύτερη στην ερυθρά ακτινοβολία παρά στην ιώδη.

β. είναι ανεξάρτητη από το έργο εξαγωγής

γ. εξαρτάται από την ένταση του προσπίπτοντος φωτός

δ. εξαρτάται από τη συχνότητα της φωτεινής δέσμης και είναι μεγαλύτερη στην ιώδη ακτινοβολία παρά για στην ερυθρά.

A12. Κατά το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο τα φωτοηλεκτρόνια έχουν μεγαλύτερη κινητική ενέργεια όταν

α. το έργο εξαγωγής του μετάλλου είναι μεγαλύτερο

- β. όταν η κάθοδος φωτίζεται με μπλε φως από ό,τι όταν φωτίζεται με κίτρινο φως.
 γ. όταν η κάθοδος φωτίζεται με κίτρινο φως από ό,τι όταν φωτίζεται με ιώδες φως.
 δ. όταν είναι μεγαλύτερη η ένταση του προσπίπτοντος φωτός

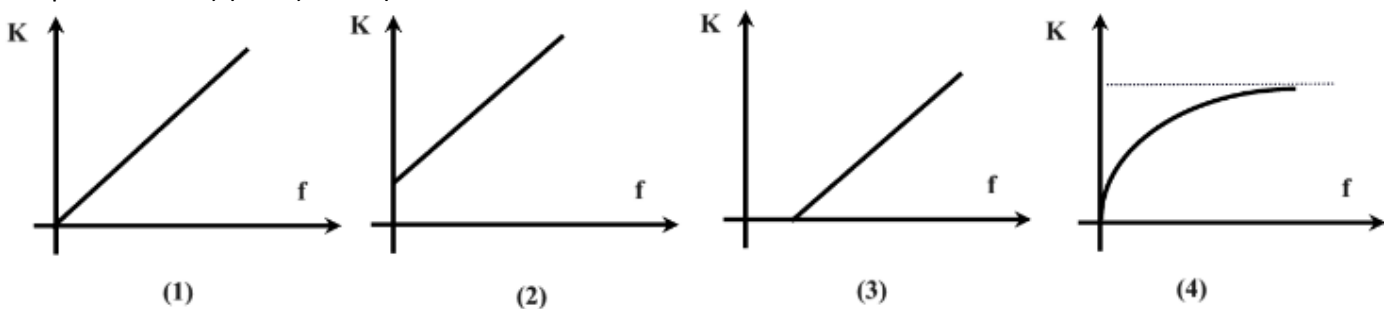
A13. Μονοχρωματική ακτινοβολία σταθερής συχνότητας προσπίπτει σε μια φωτοευαίσθητη επιφάνεια προκαλώντας απελευθέρωση ηλεκτρονίων από αυτή. Η ένταση της ακτινοβολίας προοδευτικά αυξάνει οπότε

- α. Ο ρυθμός απελευθέρωσης των ηλεκτρονίων θα αυξηθεί και η κινητική ενέργεια με την οποία καθένα από αυτά φεύγει από την κάθοδο θα αυξηθεί.
 β. Ο ρυθμός απελευθέρωσης των ηλεκτρονίων θα μειωθεί και η κινητική ενέργεια με την οποία καθένα από αυτά φεύγει από την κάθοδο θα παραμείνει αμετάβλητη.
 γ. Ο ρυθμός απελευθέρωσης των ηλεκτρονίων θα μειωθεί και η κινητική ενέργεια με την οποία καθένα από αυτά φεύγει από την κάθοδο θα αυξηθεί.
 δ. Ο ρυθμός απελευθέρωσης των ηλεκτρονίων θα αυξηθεί και η κινητική ενέργεια με την οποία καθένα από αυτά φεύγει από την κάθοδο θα παραμείνει αμετάβλητη.

A14 Οι επόμενες προτάσεις αφορούν στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Ποιες από αυτές είναι ορθές;

- α. Η τάση αποκοπής εξαρτάται από τη συχνότητα της φωτεινής δέσμης και είναι μεγαλύτερη για την πράσινη ακτινοβολία παρά για την κίτρινη ($f_{\pi} > f_{\kappa}$).
 β. Η αύξηση της έντασης της δέσμης συνεπάγεται αύξηση της συχνότητας κατωφλίου.
 γ. Η συχνότητα κατωφλίου εξαρτάται από το έργο εξαγωγής του μετάλλου και είναι μεγαλύτερη για το κάλιο ($\phi_K = 2,2\text{eV}$) από ό,τι για το καίσιο ($\phi_{Cs} = 1,4\text{eV}$)
 δ. Η τάση αποκοπής εξαρτάται από το έργο εξαγωγής του μετάλλου και είναι μεγαλύτερη για το κάλιο ($\phi_K = 2,2\text{eV}$) από ό,τι για το καίσιο ($\phi_{Cs} = 1,4\text{eV}$)
 ε. Κάθε φωτόνιο δίνει όλη του την ενέργεια σε ένα μόνο ηλεκτρόνιο.
 ζ. Η τάση αποκοπής V_0 είναι χαρακτηριστική του είδους του μετάλλου.
 η. Ο αριθμός των εξερχομένων ηλεκτρονίων ανά μονάδα χρόνου είναι ανάλογος της έντασης του προσπίπτοντος φωτός
 θ. Τα φωτοηλεκτρόνια βγαίνουν με μεγαλύτερη ταχύτητα όταν η συχνότητα του προσπίπτοντος φωτός μεγαλώνει.
 ι. Ο αριθμός των εκπεμπόμενων φωτοηλεκτρονίων για ορισμένης έντασης φωτεινή μονοχρωματική δέσμη, εξαρτάται από το μήκος κύματος της δέσμης.
 κ. Για να παρατηρηθεί το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο απαιτείται μονοχρωματικό φως.

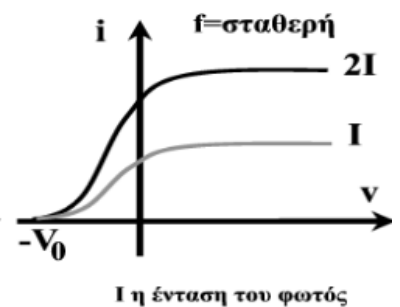
A15. Η γραφική παράσταση της κινητικής ενέργειας των ηλεκτρονίων σε σχέση με τη συχνότητα του προσπίπτοντος φωτός είναι η



A16. Το διάγραμμα (i - V) του σχήματος παριστάνει την ένταση του ρεύματος σε συνάρτηση με την τάση μεταξύ ανόδου καθόδου στο κύκλωμα του φωτοκύτταρου για δύο διαφορετικές τιμές I και $2I$ της έντασης μιας φωτεινής δέσμης σταθερής συχνότητας.

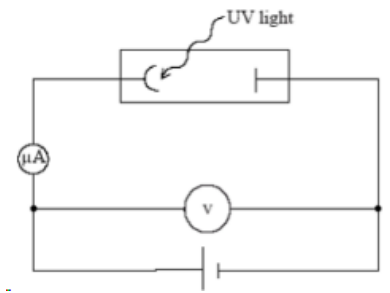
Με βάση το διάγραμμα αυτό ποιες από τις προτάσεις είναι σωστές;

- α. Η τάση αποκοπής δεν εξαρτάται από την ένταση της φωτεινής δέσμης.
 β. Η ένταση του ρεύματος κόρου είναι ανάλογη της έντασης του φωτός.
 γ. Η τάση αποκοπής δεν θα αλλάξει αλλά αλλάξουμε τη συχνότητα f του φωτός
 δ. Η απόλυτη τιμή της τάσης αποκοπής θα αυξηθεί, αν αυξηθεί το έργο εξαγωγής
 ε. Η τιμή της έντασης του ρεύματος για $V=0$ εξαρτάται από τη συχνότητα f του φωτός.



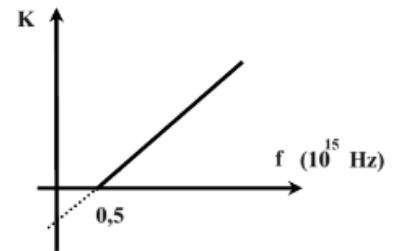
A17. Όταν υπεριώδες φως πέφτει στη μεταλλική κάθοδο μιας φωτοευαίσθητης επιφάνειας δημιουργεί στο διπλανό κύκλωμα ροή ηλεκτρονίων. Για να σταματήσει αυτή η ροή θα πρέπει:

- α. να αντικατασταθεί το μέταλλο της καθόδου με άλλο, με μικρότερο έργο εξαγωγής.
 β. να αυξηθεί η συχνότητα της ακτινοβολίας.
 γ. να αυξηθεί η ένταση της ακτινοβολίας, δίχως να αλλάξει η συχνότητά της.
 δ. να αυξηθεί η διαφορά δυναμικού της πηγής.



Β ΘΕΜΑ

- B1.** Τα ηλεκτρόνια που βγαίνουν από την επιφάνεια ενός μετάλλου που φωτίζεται με μονοχρωματική ακτινοβολία μήκους κύματος $\lambda_1 = \lambda$ έχουν κινητική ενέργεια K_1 . Αν το ίδιο μέταλλο φωτιστεί με ακτινοβολία μήκους κύματος $\lambda_2 = 1,5\lambda_1$, τότε τα ηλεκτρόνια βγαίνουν με κινητική ενέργεια K_2 . Η μεταβολή της κινητικής ενέργειας των ηλεκτρονίων είναι $\Delta K = K_2 - K_1$:
- α. $\Delta K = -hc/3\lambda$ β. $\Delta K = -2hc/3\lambda$ γ. $\Delta K = -3hc/\lambda$
- B2.** Το έργο εξαγωγής για ένα μέταλλο είναι ϕ . Φως που προσπίπτει στην κάθοδο έχει μήκος κύματος λ και το έργο εξαγωγής ισούται με το 75% της ενέργειας των φωτονίων αυτού του φωτός. Το δυναμικό αποκοπής V_0 ισούται με
- α. $V_0 = hc/3e\lambda$ β. $V_0 = 3hc/4e\lambda$ γ. $V_0 = hc/4e\lambda$
- B3.** Στο διάγραμμα βλέπουμε τη γραφική παράσταση της κινητικής ενέργειας K των εξερχομένων φωτοηλεκτρονίων σε συνάρτηση με τη συχνότητα f της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Η σταθερά του Planck είναι $h = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$.
- I. Η συχνότητα κατωφλίου είναι
- α. $0,5 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ β. $0,25 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ γ. 10^{15} Hz
- II. Η τιμή της κινητικής ενέργειας στο σημείο που η γραφική παράσταση τέμνει τον άξονα των K είναι
- α. $1,03 \text{ eV}$ β. $2,07 \text{ eV}$ γ. $4,12 \text{ eV}$
- III. Η κλίση της ευθείας αυτής ισούται αριθμητικά με
- α. με το έργο εξαγωγής β. τη σταθερά του Planck γ. τη συχνότητα κατωφλίου
- B4.** Όταν η συχνότητα του φωτός είναι f τα ηλεκτρόνια μάζας m εξέρχονται από το μέταλλο με ταχύτητα u_1 . Όταν η συχνότητα είναι $3f$ τότε εξέρχονται από το ίδιο μέταλλο με ταχύτητα u_2 τέτοια ώστε $u_2 = 2u_1$, Η ταχύτητα u_1 είναι
- α. $u_1 = 2\sqrt{h \cdot f/3m}$ β. $u_1 = 2\sqrt{h \cdot f/m}$ γ. $u_1 = \sqrt{h \cdot f/3m}$
- B5.** Μια δέσμη φωτός μήκους κύματος λ και ισχύος P προσπίπτει σε μεταλλική επιφάνεια. Υποθέτουμε ότι κάθε φωτόνιο προκαλεί την έξοδο ενός ηλεκτρονίου από το μέταλλο. Ο αριθμός των φωτοηλεκτρονίων ανά μονάδα χρόνου που παράγονται είναι $n = N/t$. Αν η ισχύς της δέσμης μειωθεί στο μισό και το μήκος κύματος διπλασιαστεί τότε ο νέος αριθμός φωτοηλεκτρονίων ανά μονάδα χρόνου που παράγονται θα είναι
- α. $N'/t = 2n$ β. $N'/t = \frac{1}{4}n$ γ. $N'/t = n$
- B6.** Μια λυχνία ατμών νατρίου έχει ισχύ εξόδου 10 W και το μέσο μήκος κύματος της πηγής αυτής είναι $\lambda = 596,7 \text{ nm}$. Δίνονται $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$. Ο αριθμός των φωτονίων που εκπέμπονται ανά δευτερόλεπτο είναι
- α. $2 \cdot 10^{20} \text{ φωτ/s}$ β. $3 \cdot 10^{19} \text{ φωτ/s}$ γ. $3 \cdot 10^{17} \text{ φωτ/s}$



ΘΕΜΑ Γ

- Γ1.** Η συχνότητα κατωφλίου για ένα μέταλλο είναι $5,6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$.
- α. Να υπολογιστεί η κινητική ενέργεια με την οποία εγκαταλείπει το μέταλλο ένα φωτοηλεκτρόνιο όταν το μέταλλο φωτίζεται με φως συχνότητας $8,6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$.
 β. Να υπολογιστεί η κινητική ενέργεια αυτών των φωτοηλεκτρονίων όταν φτάνουν επιταχυνόμενα στην άνοδο με δεδομένο ότι η διαφορά δυναμικού μεταξύ ανόδου και καθόδου σε ορθή πόλωση είναι $V = 2 \text{ V}$.
- Γ2.** Μια δέσμη φωτός μήκους κύματος $\lambda = 124 \text{ nm}$ και ισχύος $P = 2,5 \text{ W}$ προσπίπτει σε μεταλλική επιφάνεια. Παρατηρούμε ότι η κινητική ενέργεια των φωτοηλεκτρονίων είναι $K = 4,16 \text{ eV}$. Υποθέτουμε ότι κάθε φωτόνιο προκαλεί την έξοδο ενός ηλεκτρονίου από το μέταλλο. Να υπολογιστούν
- α. Το έργο εξαγωγής σε eV .
 β. Ο αριθμός των φωτοηλεκτρονίων ανά sec .
- Γ3.** Σώμα μάζας $m = 1 \text{ kg}$ είναι δεμένο στο άκρο ελατηρίου σταθεράς $k = 1000 \text{ N/m}$ και κάνει ΑΑΤ με πλάτος $A = 0,2 \text{ m}$. Να υπολογιστούν:
- α. Ενέργεια και συχνότητα ταλαντωτή. β. Ο κβαντικός αριθμός n γι' αυτόν τον ταλαντωτή.
- Γ4.** Μεταλλική επιφάνεια φωτοκυττάρου όταν φωτιστεί με φως μήκους κύματος $\lambda_1 = 660 \text{ nm}$ εκπέμπει ηλεκτρόνια για τα οποία η τάση αποκοπής είναι $V_1 = 0,2 \text{ V}$.
- α. Να υπολογιστεί το έργο εξαγωγής του μετάλλου.
 β. Αν φωτιστεί με φως μήκους κύματος $\lambda_2 = 300 \text{ nm}$ πόση θα γίνει η τάση αποκοπής;

γ. Αν το μήκος κύματος της ακτινοβολίας είναι το $\lambda_1=660\text{nm}$ και η ισχύς της φωτεινής δέσμης είναι $P=0,03\text{W}$ και υποθέσουμε ότι κάθε φωτόνιο εξάγει και ένα ηλεκτρόνιο τότε να υπολογιστεί το μέγιστο ρεύμα στο σωλήνα.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ Compton

A1. Κατά το φαινόμενο Compton τα σκεδαζόμενα φωτόνια έχουν

- α. μεγαλύτερη ενέργεια από τα προσπίπτοντα β. μικρότερη ή ίση ενέργεια από τα προσπίπτοντα
γ. ίση ενέργεια με τα προσπίπτοντα δ. μικρότερη ενέργεια από τα προσπίπτοντα

A2. Κατά το φαινόμενο Compton η διαφορά ενέργειας των φωτονίων

- α. είναι ίση με το μηδέν β. ισούται με την ενέργεια του ηλεκτρονίου
γ. είναι μικρότερη από την ενέργεια του ηλεκτρονίου δ. είναι μεγαλύτερη από την ενέργεια του ηλεκτρονίου.

A3. Δύο δέσμες ακτίνων X με μήκη κύματος λ_1 και λ_2 (με $\lambda_1 > \lambda_2$) σκεδάζονται σε ηλεκτρόνια. Για την ίδια γωνία σκέδασης η αύξηση του μήκους κύματος μεταξύ προσπίπτουσας και σκεδαζόμενης ακτινοβολίας

α. είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση της ακτίνας με μήκος κύματος λ_1

β. είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση της ακτίνας με μήκος κύματος λ_2

γ. είναι ίδια και στις δύο περιπτώσεις

δ. εξαρτάται από την τιμή της γωνίας σκέδασης, ϕ .

A4. Σε ένα πείραμα σκέδασης Compton, ένα φωτόνιο με συχνότητα f σκεδάζεται από ένα ακίνητο ηλεκτρόνιο. Μετά τη σκέδαση το φωτόνιο έχει συχνότητα f' . Η κινητική ενέργεια του ηλεκτρονίου θα είναι

- α. $K=h \cdot (f+f')$ β. $K= h(f-f')$ γ. $K=h(f'-f)$ δ. $K=\frac{1}{2}h(f-f')$

A5. Στην εξίσωση $\Delta\lambda=\lambda'-\lambda=h/m \cdot c$ (1-συνφ), η ποσότητα $h/m \cdot c$ έχει διαστάσεις

- α. μήκους κύματος β. ενέργειας γ. συχνότητας δ. ορμής

A6. Οι ακτίνες X είναι

α. ηλεκτρόνια υψηλής ταχύτητας

β. πρωτόνια μεγάλης ενέργειας

γ. φωτόνια μεγάλου μήκους κύματος

δ. φωτόνια πολύ μικρού μήκους κύματος της τάξης από 10^{-8}m έως 10^{-13}m .

A7. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές;

Σύμφωνα με την κλασική θεωρία και σε σχέση με το φαινόμενο Compton

α. η σκεδαζόμενη δέσμη πρέπει να έχει την ίδια συχνότητα με τη προσπίπτουσα.

β. Το μήκος κύματος της σκεδαζόμενης ακτίνας λ' πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το μήκος κύματος λ της προσπίπτουσας.

γ. ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα συχνότητας f που προσπίπτει σ' ένα υλικό αναγκάζει τα ηλεκτρόνια του υλικού να ταλαντώνονται με την ίδια συχνότητα και να παράγουν με τη σειρά τους ηλεκτρομαγνητικό κύμα της ίδιας συχνότητας f .

δ. το πρόβλημα της σκέδασης της ακτινοβολίας μετατρέπεται σε πρόβλημα κρούσης ανάμεσα σε ένα φωτόνιο και ένα ηλεκτρόνιο.

Β ΘΕΜΑ

B1. Ακτίνα X με μήκος κύματος λ προσπίπτει σε ηλεκτρόνιο μάζας m και η σκεδαζόμενη ακτινοβολία έχει μήκος κύματος λ' . Η γωνία σκέδασης είναι $\phi=60^\circ$. Τότε η κινητική ενέργεια K του ανακρουσμένου ηλεκτρονίου είναι

- α. $K= h^2/2m\lambda \cdot \lambda'$ β. $K= h^2/m\lambda \cdot \lambda'$ γ. $K= 2h^2/m\lambda \cdot \lambda'$

B2. Ακτίνα X με μήκος κύματος $\lambda=2h/mc$ σκεδάζει μετωπικά σε ακίνητο ηλεκτρόνιο με αποτέλεσμα η γωνία σκέδασης να είναι $\phi=180^\circ$.

I. Η μεταβολή του μήκους κύματος του φωτονίου είναι

- α. $\Delta\lambda=h/mc$ β. $\Delta\lambda=2h/mc$ γ. $\Delta\lambda=h/2mc$

II. Η κινητική ενέργεια του ηλεκτρονίου μετά τη σκέδαση είναι

- α. $K=m \cdot c^2/4$ β. $K= m \cdot c^2/2$ γ. $K= m \cdot c^2/8$

B3. Φωτόνιο με συχνότητα f σκεδάζει σε ακίνητο ηλεκτρόνιο μάζας m . Η μέγιστη δυνατή κινητική ενέργεια του ανακρουσμένου ηλεκτρονίου είναι

- α. $K_{\max}= h^2 \cdot f^2/mc^2+2hf$ β. $K_{\max}= 4h^2 \cdot f^2/mc^2+2hf$ γ. $K_{\max}= 2h^2 \cdot f^2/mc^2+2hf$

B4. Ακτίνα X με μήκος κύματος $\lambda=3h/2mc$ σκεδάζει σε ακίνητο ηλεκτρόνιο με αποτέλεσμα η γωνία σκέδασης να είναι $\phi=90^\circ$. Η κινητική ενέργεια του ηλεκτρονίου μετά τη σκέδαση.

- α. $K=m \cdot c^2/3$ β. $K= m \cdot c^2/15$ γ. $K= 4m \cdot c^2/15$

Γ ΘΕΜΑ

Γ1. Ακτίνες X με μήκος κύματος $\lambda=10\text{pm}$ σκεδάζονται σε ένα ακίνητο ηλεκτρόνιο.

- α. Να υπολογιστεί η ενέργεια και η ορμή των φωτονίων της προσπίπτουσας δέσμης.
 β. Να υπολογιστεί το μήκος κύματος της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας αν η σκέδαση είναι κατά $\phi=45^\circ$. Δίνεται $\sin 45^\circ=0,7$ και $h/mc=2,4\cdot 10^{-12}\text{m}$.
 γ. Να υπολογίσετε το μέγιστο μήκος κύματος της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας.
 δ. Να υπολογίσετε τη μέγιστη κινητική ενέργεια του ηλεκτρονίου
- Γ2.** Δέσμη ακτίνων X με $\lambda = 0,1\text{nm}$ σκεδάζεται από επιφάνεια άνθρακα. Μετά τη σκέδαση, η δέσμη σχηματίζει γωνία 90° με την προσπίπτουσα. Να υπολογιστούν: :
- α. Η ενέργεια και η ορμή των φωτονίων της προσπίπτουσας δέσμης.
 β. Το μήκος κύματος, η ενέργεια και η ορμή του φωτονίου της σκεδαζόμενης δέσμης.
 γ. Η κινητική ενέργεια που προσδίδεται σε ένα ανακρουσμένο ηλεκτρόνιο

Η ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

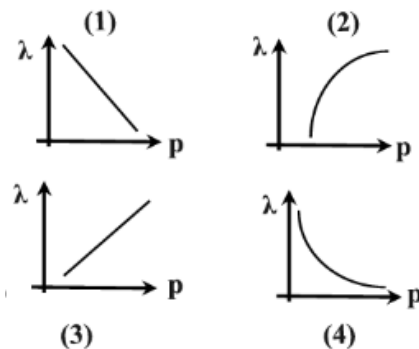
- A1.** Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές;
- α. Τα σωματίδια έχουν και κυματικές ιδιότητες ενώ τα κύματα δεν έχουν σωματιδιακές.
 β. Η κυματική φύση των σωματιδίων φαίνεται σε φαινόμενα όπως η περίθλαση και η συμβολή.
 γ. Οι σωματιδιακές ιδιότητες των κυμάτων φαίνονται κατά την εκπομπή ή την απορρόφηση τους.
 δ. Στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο εκδηλώνεται η σωματιδιακή φύση του φωτός.
 ε. Η σωματιδιακή και κυματική φύση του φωτός είναι συμπληρωματικές και δεν αναιρεί η μία την άλλη
- A2.** Η υπόθεση de Broglie ότι σε κάθε κινούμενο σώμα αντιστοιχεί ένα κύμα δεν έχει εφαρμογή στα φαινόμενα της καθημερινής ζωής. Αυτό συμβαίνει γιατί το αντίστοιχο μήκος κύματος
- α. είναι πολύ μικρό
 β. είναι πολύ μεγάλο
 γ. είναι αδύνατον να μετρηθεί
 δ. δεν ισχύει στον μακρόκοσμο
- A3.** Η υπόθεση του de Broglie για την κυματική φύση της ύλης έχει ουσιαστικά εφαρμογή
- α. για όλα τα υλικά σώματα
 β. μόνο για σώματα ατομικής και υποατομικής κλίμακας
 γ. μόνο για σωματίδια υποατομικής κλίμακας.
 δ. μόνο για σώματα που κινούνται με μεγάλες ταχύτητες
- A4.** Σύμφωνα με την κβαντική θεωρία η ενέργεια E συνδέεται με την ορμή p ενός φωτονίου με τη σχέση
- α. $E=p\cdot c^2$
 β. $E=p\cdot c$
 γ. $E=p/c$
 δ. $E=c/p$
- A5.** Πρωτόνιο εισέρχεται σε μαγνητικό πεδίο κάθετα στις δυναμικές γραμμές. Το μήκος κύματος de Broglie
- α. αυξάνεται
 β. μειώνεται
 γ. διατηρείται σταθερό
 δ. μεταβάλλεται περιοδικά με το χρόνο
- A6.** Πρωτόνιο εισέρχεται σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο με ταχύτητα ίδιας κατεύθυνσης με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Το μήκος κύματος de Broglie
- α. αυξάνεται
 β. μειώνεται
 γ. διατηρείται σταθερό
 δ. μεταβάλλεται περιοδικά με το χρόνο
- A7.** Ηλεκτρόνιο εισέρχεται σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο με ταχύτητα αντίθετης κατεύθυνσης με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Το μήκος κύματος de Broglie
- α. αυξάνεται
 β. μειώνεται
 γ. διατηρείται σταθερό
 δ. μεταβάλλεται περιοδικά με το χρόνο
- A8.** Υποατομικό φορτισμένο σωματίδιο κινείται. Σε ποιες από τις ακόλουθες περιπτώσεις το μήκος κύματος de Broglie διατηρείται σταθερό. Όταν το σωματίδιο
- α. εισέρχεται με ταχύτητα κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου.
 β. κάνει ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση.
 γ. κάνει ευθύγραμμη ομαλή και ομαλή κυκλική κίνηση.
 δ. κάνει ομαλά επιταχυνόμενη κυκλική κίνηση.
- A9.** Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές;
- α. Οποιοδήποτε σωματίο ορμής p είναι συνδεδεμένο με ένα κύμα μήκους κύματος λ που δίνεται από τη σχέση $\lambda=h/p$.
 β. Όταν ένα σωματίδιο εκδηλώνει την κυματική του φύση, δεν πρόκειται για υλικό κύμα αλλά για κύμα πιθανότητας.
 γ. Στον πραγματικό κόσμο το μήκος κύματος των αντικειμένων δεν μπορεί να γίνει αντιληπτό διότι είναι πολύ μικρό.
 δ. Στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και στο φαινόμενο Compton το φως συμπεριφέρεται ως σωματίδιο.
 ε. Όταν το φως αλληλεπιδρά με την ύλη συμπεριφέρεται ως κύμα.
- A10.** Απόδειξη για την υπόθεση de Broglie για τη δυαδικότητα της ύλης προήλθε από:
- α. Τις διακριτές ενεργειακές στάθμες ενός ατόμου.
 β. Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.
 γ. Την κβάντωση της ενέργειας μιας ακτινοβολίας
 δ. Την περίθλαση των ηλεκτρονίων.

A11. Σύμφωνα με την υπόθεση του de Broglie οποιοδήποτε σωματίο ορμής p είναι συνδεδεμένο με ένα κύμα μήκους κύματος λ . Η γραφική παράσταση που περιγράφει τη σχέση του μήκους κύματος με τη ορμή είναι

- α. (1) β. (2) γ. (3) δ. (4)

A12. Ένα αντικείμενο θα εμφανίζει κυματική συμπεριφορά όταν παρουσιάζει φαινόμενα συμβολής ή περίθλασης. Για να εμφανιστούν τα φαινόμενα αυτά πρέπει να γίνεται σκέδαση από αντικείμενα ή σχισμές

- α. μικρών γενικώς διαστάσεων β. πολύ μεγάλων διαστάσεων
γ. κάθε διάστασης
δ. του ίδιου περίπου μεγέθους με το μήκος του κύματος που αντιστοιχεί στο εν λόγω αντικείμενο.



Β ΘΕΜΑ

B1. Σωματίδιο κινείται με κινητική ενέργεια K . Το μήκος κύματος de Broglie, χωρίς να ληφθούν υπόψη σχετικιστικά φαινόμενα, είναι

- α. $\lambda = h/\sqrt{2Km}$ β. $\lambda = h^2/\sqrt{2Km}$ γ. $\lambda = 2h/\sqrt{2Km}$

B2. Η διαφορά δυναμικού, V που πρέπει να επιταχυνθεί μια δέσμη ηλεκτρονίων ώστε να αποκτήσει μήκος κύματος de Broglie, λ είναι

- α. $V = h^2/\lambda^2 m |e|$ β. $V = h^2/2 \cdot \lambda^2 m |e|$ γ. $V = h^2/4 \cdot \lambda^2 m |e|$

B3. Ένα πρωτόνιο και ένα σωματίο α έχουν το ίδιο μήκος κύματος de Broglie. Ο λόγος της ταχύτητας του σωματίου α προς την ταχύτητα του πρωτονίου (v_α/v_p) είναι:

- α. $1/4$ β. $1/2$ γ. 4

Για τις μάζες πρωτονίου m_p και σωματίου α m_α δίνεται $m_\alpha = 4m_p$

B4. Αν από την ίδια διαφορά δυναμικού επιταχυνθούν, από την ηρεμία, ένα πρωτόνιο και ένα σωματίο α , τότε ο λόγος των μηκών κύματος λ_p/λ_α που αντιστοιχούν στο καθένα είναι:

- α. 2 β. $2\sqrt{2}$ γ. $\sqrt{2}$

Για τις μάζες πρωτονίου m_p και σωματίου α m_α δίνεται $m_\alpha = 4m_p$ και για τα φορτία $q_\alpha = 2q_p$

B5. Ένα πρωτόνιο μάζας m_p και ένα ηλεκτρόνιο μάζας m_e επιταχύνονται στην ίδια διαφορά δυναμικού V . Ο λόγος λ_p/λ_e των μηκών κύματος που αντιστοιχούν στο καθένα είναι

- α. $\sqrt{m_p/m_e}$ β. $2\sqrt{m_p/m_e}$ γ. $\sqrt{m_e/m_p}$

Γ ΘΕΜΑ

Γ1. Να βρείτε το μήκος κύματος de Broglie που αντιστοιχεί

- α. σε ηλεκτρόνιο ($m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$) που κινείται με ταχύτητα $2 \times 10^6 \text{ m/s}$
β. σε πρωτόνιο ($m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$) της ίδιας ταχύτητας.
γ. σε μπαλάκι ($m = 0,2 \text{ kg}$) της ίδιας ταχύτητας.

Γ2. Ένα ηλεκτρόνιο επιταχύνεται από την ηρεμία με τάση 150 V . Να υπολογίσετε το μήκος κύματος de Broglie του ηλεκτρονίου.

Γ3. α. Ποια είναι η ενέργεια ενός φωτονίου με μήκος κύματος 1 nm ;

β. Ποια είναι η κινητική ενέργεια ενός ηλεκτρονίου για το οποίο το μήκος κύματος de Broglie είναι 1 nm ;

Γ4. Σε πόση διαφορά δυναμικού πρέπει να επιταχυνθεί μια δέσμη ηλεκτρονίων ώστε να αποκτήσει μήκος κύματος de Broglie, $\lambda = 20 \text{ pm}$

ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ - ΚΥΜΑΤΟΣΥΝΑΡΤΗΣΗ

A1. Σύμφωνα με την αρχή της αβεβαιότητας

- α. είναι δυνατόν να μετρήσουμε ταυτόχρονα τη θέση και την ορμή ενός σωματιδίου με απόλυτη ακρίβεια.
β. το γινόμενο των αβεβαιοτήτων θέσης και ορμής είναι μικρότερο από $h/2\pi$.
γ. το πηλίκο των αβεβαιοτήτων θέσης και ορμής είναι μεγαλύτερο από $h/2\pi$.
δ. το γινόμενο των αβεβαιοτήτων θέσης και ορμής είναι μεγαλύτερο από $h/2\pi$.

A2. Σύμφωνα με την αρχή της βεβαιότητας

- α. η αβεβαιότητα στη μέτρηση της ενέργειας μιας κατάστασης ενός συστήματος είναι ανάλογη με τον χρόνο που το σύστημα παραμένει σ' αυτή την κατάσταση.
β. όλες οι μετρήσεις ενέργειας περιέχουν μια αβεβαιότητα, εκτός αν την κάνουμε σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα.
γ. η αβεβαιότητα στη μέτρηση της ενέργειας μιας κατάστασης ενός συστήματος είναι αντίστροφα ανάλογη με τον χρόνο που το σύστημα παραμένει σ' αυτή την κατάσταση.
δ. δεν υπάρχει αβεβαιότητα στη μέτρηση της ενέργειας μιας κατάστασης ενός συστήματος.

A3. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές;

- α. Όταν η αβεβαιότητα στη μέτρηση της ορμής είναι μεγάλη, τότε η αβεβαιότητα στον εντοπισμό της θέσης είναι μικρή.
- β. Όταν η αβεβαιότητα στη μέτρηση της ενέργειας είναι μεγάλη, τότε ο χρόνος μέσα στον οποίο έγινε η μέτρηση της ενέργειας είναι μεγαλύτερος.
- γ. Όταν η αβεβαιότητα στη μέτρηση της ενέργειας είναι μικρή, τότε ο χρόνος μέσα στον οποίο έγινε η μέτρηση της ενέργειας είναι μεγάλος.
- δ. Το γινόμενο αβεβαιοτήτων ορμής και θέσης είναι πάντα σταθερό.
- ε. Τα αντικείμενα του μακρόκοσμου έχουν μικρή αβεβαιότητα στον εντοπισμό της θέσης τους.

A4. Ένα υποατομικό σωματίδιο υπό ορισμένες συνθήκες μπορεί να συμπεριφέρεται σαν κύμα

Για την περιγραφή του χρειαζόμαστε μία κυματοσυνάρτηση Ψ η οποία είναι

- α. μια συνάρτηση μόνο της θέσης, $\Psi(x,y,z)$
- β. μια συνάρτηση μόνο του χρόνου $\Psi(t)$.
- γ. μια συνάρτηση θέσης –χρόνου $\Psi(x,y,z,t)$.
- δ. μια συνάρτηση ενέργειας - χρόνου

A5. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές; Σύμφωνα με τον Max Born

- α. ερμηνεύουμε το $|\Psi|^2$ σαν την πιθανότητα θέσης ανά μονάδα όγκου
- β. το γινόμενο $|\Psi|^2 dV$ δίνει την πιθανότητα να βρίσκεται το σωματίο μέσα στον όγκο dV στη δεδομένη χρονική στιγμή.
- γ. το γινόμενο $|\Psi|^2 dV$ είναι ίσο με το μηδέν
- δ. αυτό που θεωρούμε ως κύμα δεν είναι το ίδιο το σωματίο αλλά η πιθανότητα να το βρούμε στη μια ή την άλλη περιοχή του χώρου.
- ε. το γινόμενο $|\Psi|^2 dV$ είναι ίσο με τη μονάδα.

A6. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές;

- α. Η έκφραση $|\Psi(x,t)|^2 dx$ είναι η πιθανότητα να βρούμε το σωματίο μεταξύ x και $x+dx$ (σε μία διάσταση), και το ολοκλήρωμά του σε όλο το μήκος θα είναι μονάδα.
- β. Το κύμα δεν είναι το ίδιο το σωματίο αλλά η πιθανότητα να το βρούμε στη μια ή την άλλη περιοχή του χώρου.
- γ. Όσο πιο αυστηρά καθορισμένη είναι η θέση ενός σωματιδίου, τόσο μικρότερη είναι η αβεβαιότητα στην ορμή του.
- δ. Η ελάχιστη τιμή του γινομένου των αβεβαιοτήτων θέσης και ορμή είναι ίση με τη σταθερά Planck, h .
- ε. όσο πιο αργά μεταβάλλεται ένα φυσικό σύστημα τόσο πιο καλά καθορισμένη είναι η ενέργειά του.

A7. Η μεγάλη ακρίβεια στη θέση ενός σωματιδίου δημιουργεί:

- α. Μεγάλη αβεβαιότητα στην ορμή του διότι δεν έχουμε αρκετά ακριβή όργανα μέτρησης.
- β. Μικρή αβεβαιότητα στην ορμή του.
- γ. Μεγάλη αβεβαιότητα στο μήκος κύματος του σωματιδίου διότι προκύπτει από την επαλληλία πολλών διαφορετικών μηκών κύματος.
- δ. Μικρή αβεβαιότητα στο μήκος κύματος του σωματιδίου διότι αυτό προκύπτει από την υπόθεση de Broglie.

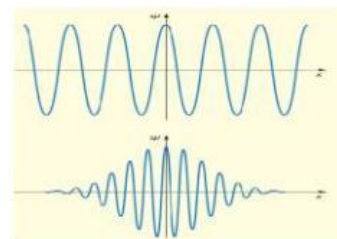
A8. Όταν γνωρίζουμε με μικρή αβεβαιότητα το μήκος κύματος de Broglie ενός πρωτονίου τότε:

- α. Θα έχουμε μεγάλη αβεβαιότητα στην ορμή του.
- β. Θα έχουμε μεγάλη αβεβαιότητα στην ενέργειά του.
- γ. Θα γνωρίζουμε επακριβώς τη θέση του.
- δ. Δε θα ξέρουμε που είναι.

A9. Στο σχήμα βλέπουμε δύο διαγράμματα (1)

και (2) που απεικονίζουν τις κυματοσυναρτήσεις δύο ηλεκτρονίων. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές;

- α. Στο διάγραμμα (1) υπάρχει μεγαλύτερη αβεβαιότητα για τη θέση του ηλεκτρονίου σε σχέση με το διάγραμμα (2).
- β. Η ορμή στο πακέτο (2) προσδιορίζεται με μεγαλύτερη αβεβαιότητα.
- γ. Ορμή και μήκος κύματος στο πακέτο (1) προσδιορίζονται με μεγαλύτερη ακρίβεια
- δ. Στο πακέτο (1) είναι μεγαλύτερο το εύρος των μηκών κύματος που έχουν λάβει μέρος στην υπέρθεση.
- ε. Στο πακέτο (2) υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα στο μήκος κύματος και μεγάλη ακρίβεια στην ορμή.



(1)

(2)

Β ΘΕΜΑ

B1. Ένα σωματίδιο κινείται σε ευθεία, με ταχύτητα πολύ μικρότερη από την ταχύτητα του φωτός. Αν η αβεβαιότητα Δx της θέσης του είναι ίση με το μισό του μήκους κύματος που έχει κατά de Broglie, δείξτε ότι η αβεβαιότητα της ταχύτητας του είναι

α. $\Delta u_x \geq u_x/2\pi$ β. $\Delta u_x \geq u_x/\pi$ γ. $\Delta u_x \geq 2u_x/\pi$

B2. Η αβεβαιότητα Δf της συχνότητας του φωτονίου που εκπέμπεται σε μια ατομική αποδιέγερση με το μέσο χρόνο εκπομπής Δt συνδέεται με τη σχέση

α. $\Delta f \cdot \Delta t \geq h$ β. $\Delta f \cdot \Delta t \geq 1/2\pi$ γ. $\Delta f \cdot \Delta t \geq h/2\pi$

B3. Πρωτόνιο μάζας m που κινείται στον άξονα των x έχει κινητική ενέργεια K . Αν η αβεβαιότητα στην μέτρηση της ορμής του είναι ίση με την ορμή του, τότε η ελάχιστη αβεβαιότητα της θέσης του, χωρίς να ληφθούν υπόψη σχετικιστικά φαινόμενα, είναι:

α. $\Delta x = h/2\pi\sqrt{2Km}$ β. $\Delta x = 2h/\pi\sqrt{2Km}$ γ. $\Delta x = h/\pi\sqrt{2Km}$

B4. Ένα πρωτόνιο στον πυρήνα του ατόμου έχει αβεβαιότητα στη θέση του 10^{-15}m . Η αβεβαιότητα στην ορμή του είναι περίπου:

α. $1\text{N}\cdot\text{s}$, β. $10^{-9}\text{N}\cdot\text{s}$ γ. $10^{-19}\text{N}\cdot\text{s}$

B5. Η αβεβαιότητα στη θέση ενός σωματιδίου ισούται με το μήκος κύματος de Broglie στο οποίο αντιστοιχεί. Αν το σωματίδιο έχει ορμή p , τότε η αβεβαιότητα στην ορμή του θα είναι:

α. $p/2\pi$ β. $2\pi/p$ γ. h/p

Γ ΘΕΜΑ

Γ1. Το ηλεκτρόνιο ενός ατόμου του υδρογόνου παραμένει στην κατάσταση $n=2$ πριν μεταπέσει στην κατάσταση $n=1$ επί 10^{-8}s .

α) Ποια είναι η ελάχιστη αβεβαιότητα στην ενέργεια του εκπεμπόμενου φωτονίου σε eV;

β) Αν στη κατάσταση $n=2$ η ενέργεια του ηλεκτρονίου είναι $E_2 = -3,4\text{eV}$ και στη $n=1$, $E_1 =$

$-13,6\text{eV}$, πόσο είναι το ποσοστό της αβεβαιότητας της ενέργειας ;

γ) Πόσο είναι το μήκος κύματος του εκπεμπόμενου φωτονίου;

Γ2. Μια μπάλα μάζας $m=50\text{g}$ κινείται ευθύγραμμα με ταχύτητα $u=30\text{m/s}$.

α. Να υπολογιστεί το μήκος κύματος de Broglie, λ .

β. Αν η αβεβαιότητα στην μέτρηση της ταχύτητας είναι 0,1% πόση είναι η ελάχιστη αβεβαιότητα για τη θέση της μπάλας;

Γ3. Ηλεκτρόνιο που κινείται στον άξονα των x έχει κινητική ενέργεια $K=3,8\text{eV}$. Αν η αβεβαιότητα στην μέτρηση της ορμής του είναι ίση με την ορμή του, να υπολογιστεί η ελάχιστη αβεβαιότητα της θέσης του.

Γ4. α. Από ποια διαφορά δυναμικού V πρέπει να επιταχυνθεί ένα ηλεκτρόνιο για να αποκτήσει μήκος κύματος de Broglie 10^{-10}m ;

β. Αν το μήκος κύματος είναι ίσο με την αβεβαιότητα της θέσης πόση είναι η ελάχιστη τιμή της αβεβαιότητας της ορμής;

Γ5. Ηλεκτρόνιο έχει ενέργεια $K=103\text{eV}$. Αν η αβεβαιότητα της θέσης του είναι $0,1\text{nm}$ τότε ποια είναι η εκατοστιαία αβεβαιότητα ως προς την ορμή του;

Γ6. Ένας πυρήνας έχει ακτίνα περίπου ίση με $5 \cdot 10^{-15}\text{m}$. Κάνοντας χρήση της αρχής αβεβαιότητας βρείτε το κατώτερο όριο ενέργειας που πρέπει να έχει ένα ηλεκτρόνιο για να βρίσκεται μέσα στον πυρήνα.

Γ7. Ένα ηλεκτρόνιο κινείται με ταχύτητα $u=5 \cdot 10^3\text{m/s}$ μετρημένη με περιθώριο σφάλματος 0,003%. Με ποια ακρίβεια μπορούμε να προσδιορίσουμε τη θέση του; Θα μπορέσει το ηλεκτρόνιο να περάσει σίγουρα από μια οπή που έχει διάμετρο διπλάσια από την ακτίνα του, δηλαδή $2 \cdot 10^{-15}\text{m}$;

Γ8. Το ηλεκτρόνιο ενός ατόμου μεταπίπτει από μια διεγερμένη κατάσταση σε μια χαμηλότερης ενέργειας σε χρόνο $\Delta t=10^{-8}\text{s}$.

A. Χρησιμοποιείστε την αρχή της αβεβαιότητας για να υπολογίσετε το εύρος της φασματικής γραμμής Δf που οφείλεται σ' αυτόν τον χρόνο.

B. Αν το μήκος κύματος αυτής της φασματικής γραμμής είναι τα 500nm να βρείτε τη σχετική διεύρυνση $\Delta f/f$