

Μέλαν σώμα

7.1 Παρατηρώντας μία νύχτα τον ουρανό με ένα τηλεσκόπιο πώς μπορούμε να ξεχωρίζουμε τα άστρα που έχουν επιφανειακή θερμοκρασία μικρότερη από αυτήν του Ήλιου;

7.2 Υπάρχουν κβαντισμένες ποσότητες στην κλασική φυσική; Αν ναι, δώστε ένα παράδειγμα.

7.3 Τα ηλεκτρόνια και τα φωτόνια είναι σωμάτια. Σε τι διαφέρουν μεταξύ τους;

7.4 Μιλάμε για φωτόνια ερυθρού φωτός ή φωτόνια ιώδους φωτός. Μπορούμε να μιλήσουμε για φωτόνια λευκού φωτός;

Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο

7.5 Πώς ερμηνεύεται το γεγονός ότι οι φωτοηλεκτρικές μετρήσεις εξαρτώνται από τη φύση της φωτοηλεκτρικής επιφάνειας;

7.6 Ποιες από τις επόμενες προτάσεις είναι ορθές;

α) Αν αυξήσουμε την ένταση μιας μονοχρωματικής δέσμης που προσπίπτει στην κάθοδο του φωτοκύτταρου αυξάνεται ο αριθμός των ηλεκτρονίων που εκπέμπονται σε ορισμένο χρόνο.

β) Ο αριθμός των εκπεμπόμενων φωτοηλεκτρονίων για ορισμένης έντασης φωτεινή μονοχρωματική δέσμη, εξαρτάται από το μήκος κύματος της δέσμης.

γ) Τα φωτοηλεκτρόνια βγαίνουν με μεγαλύτερη ταχύτητα όταν η συχνότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας μεγαλώνει.

δ) Για να παρατηρηθεί το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο απαιτείται μονοχρωματική ακτινοβολία

7.7 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 κίτρινη ακτινοβολία παρά για την πράσινη ($f_c > f_p$)

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) Τα φωτοηλεκτρόνια έχουν μεγαλύτερη κινητική ενέργεια όταν η κάθοδος φωτίζεται με κίτρινο φως από ό,τι όταν φωτίζεται με πράσινο φως ($f_c > f_p$)

στ) Η τάση αποκοπής εξαρτάται από την ενέργεια των φωτονίων της φωτεινής δέσμης και ελαττώνεται όταν φωτίζουμε την κάθοδο με φωτόνια μεγαλύτερης ενέργειας.

Φαινόμενο Compton

7.8 Συμπληρώστε τα κενά:

Το μήκος κύματος της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας X κατά το φαινόμενο Compton είναι από αυτό της προσπίπτουσας. Αυτό σημαίνει ότι τα σκεδαζόμενα είναιενέργειας από τα προσπίπτοντα. Η διαφορά της ενέργειας των ισούται με την ενέργεια του

7.9 Δύο δέσμες ακτίνων X με μήκη κύματος λ_1 και λ_2 (με $\lambda_1 > \lambda_2$) σκεδαζονται σε ηλεκτρόνια. Για την ίδια γωνία σκέδασης σε ποια από τις δύο περιπτώσεις αντιστοιχεί

- μεγαλύτερο κύματος της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας
- μεγαλύτερη τιμή της ενέργειας του ανακρουσμένου ηλεκτρονίου.

7.10 Η διαφορά μεταξύ των μηκών κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας X και της σκεδαζόμενης γίνεται μέγιστη όταν η γωνία μεταξύ της σκεδαζόμενης και της προσπίπτουσας δέσμης είναι

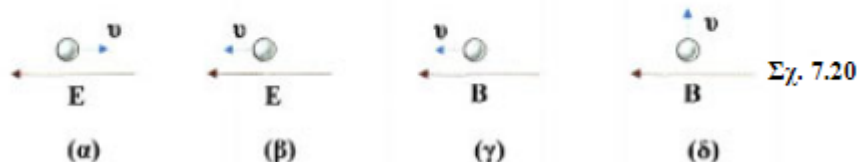
- 0°
- 45°
- 90°

Επιλέξτε τη σωστή απάντηση.

Η κυματική φύση της ύλης

7.11 Ένα ηλεκτρόνιο, ένα σωματίο άλφα και ένα νετρόνιο κινούνται με ταχύτητες αρκετά μικρότερες από την ταχύτητα του φωτός και έχουν την ίδια κινητική ενέργεια. Σε ποιο από τα σωματίδια αντιστοιχεί το μεγαλύτερο και σε ποιο το μικρότερο μήκος κύματος de Broglie;

7.12 Στο σχήμα φαίνονται τέσσερις περιπτώσεις ηλεκτρονίων που κινούνται μέσα σε ηλεκτρικό ή μέσα σε μαγνητικό πεδίο. Σε ποια ή σε ποιες περιπτώσεις το μήκος κύματος de Broglie α) μεγαλώνει; β) μικραίνει; γ) μένει ίδιο;



7.13 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

- είναι πολύ μικρό ή β) είναι πολύ μεγάλο;

Αρχή της αβεβαιότητας

7.14 Η αρχή της αβεβαιότητας δεν αφορά στην καθημερινότητά μας. Πού οφείλεται αυτό;

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

7.15 Τα ηλεκτρόνια που βγαίνουν από την επιφάνεια ενός μετάλλου που φωτίζεται με μονοχρωματική ακτινοβολία μήκους κύματος 400nm έχουν κινητική ενέργεια 0,8eV. Με ποια ενέργεια εκπέμπονται φωτοηλεκτρόνια από την ίδια επιφάνεια με ακτινοβολία μήκους κύματος 500nm;

Δίνονται $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{Js}$, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

[Απ: 0,18eV]

7.16 Φωτεινή ακτινοβολία μήκους κύματος 400 nm προσπίπτει σε μεταλλική επιφάνεια. Αυτή εκπέμπει φωτοηλεκτρόνια που έχουν ταχύτητα

8×10^5 m/s Ποιο είναι το έργο εξαγωγής για το μέταλλο της καθόδου;
Δίνονται $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js, $c = 3 \times 10^8$ m/s, $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ kg $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19}$ J

[Απ: 1,3eV]

7.17 Το έργο εξαγωγής για ένα μέταλλο είναι 1,8 eV. Ποιο θα είναι το δυναμικό αποκοπής για φως που έχει μήκος κύματος 400 nm; Δίνονται $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js, $c = 3 \times 10^8$ m/s, $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C, $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19}$ J

[Απ: 1,3V]

7.18 Ποια από τα παρακάτω υλικά δίνουν φωτοηλεκτρόνια όταν φωτίζονται με ορατό φως (400-700 nm); Ταντάλιο (4,2 eV), Βολφράμιο (4,5eV), Βάριο (2,5 eV), Λίθιο (2,3 eV). Στην παρένθεση αναφέρεται το έργο εξαγωγής του αντίστοιχου μετάλλου. Δίνονται $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js, $c = 3 \times 10^8$ m/s, $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19}$ J

[Απ: Βάριο και Λίθιο]

7.19 Το δυναμικό αποκοπής για μια μεταλλική επιφάνεια που φωτίζεται με φως μήκους κύματος 491 nm είναι 0,71 V. Όταν η ίδια επιφάνεια φωτιστεί με φως άλλου μήκους κύματος, το δυναμικό αποκοπής γίνεται 1,43 V. Να υπολογίσετε: α) το έργο εξαγωγής για το μέταλλο αυτό και. β) το νέο μήκος κύματος. Δίνονται $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js, $c = 3 \times 10^8$ m/s, $e = 1,6 \times 10^{-19}$ J $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19}$ J

[Απ: 1,82eV, 382nm]

7.20 Η συχνότητα κατωφλίου για ένα μέταλλο είναι $5,6 \times 10^{14}$ Hz. Να βρεθεί η κινητική ενέργεια με την οποία εγκαταλείπει το μέταλλο ένα φωτοηλεκτρόνιο όταν το μέταλλο φωτίζεται με φως συχνότητας $8,6 \times 10^{14}$ Hz. Δίνονται $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js, $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19}$ J

[Απ: 1,2eV]

7.21 Μια λάμπα που έχει ισχύ 200 W, εκπέμπει ομοιόμορφα σε όλες τις διευθύνσεις μονοχρωματικό φως μήκους κύματος 600 nm. Σε απόσταση 10 m από τη λάμπα και ακριβώς πίσω από κυκλικό άνοιγμα ακτίνας 20 mm βρίσκεται αισθητήρας. Πόσα φωτόνια φτάνουν στον αισθητήρα σε χρόνο 0,1 s; Θα υποθέσετε ότι όλη η ενέργεια της λάμπας γίνεται φωτεινή ενέργεια. Δίνονται $c = 3 \times 10^8$ m/s και $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js

[Απ: $6,013 \times 10^{13}$ φωτόνια]

7.22 Τι μήκος κύματος πρέπει να έχει μια ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ώστε ένα φωτόνιο της να έχει την ίδια ορμή με ένα ηλεκτρόνιο που κινείται με ταχύτητα 2×10^7 m/s. Δίνονται: $c = 3 \times 10^8$ m/s, $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js, $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ kg [Απ: 3,64nm]

7.23 Πόσα φωτόνια με μήκος κύματος $\lambda = 663$ nm πρέπει να προσκρούουν ανά δευτερόλεπτο κάθετα σε μια απόλυτα ανακλαστική επιφάνεια, ώστε να ασκήσουν σ' αυτή δύναμη 1N. Δίνεται $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js

[Απ: 5×10^{26} φωτόνια/s]

7.24 Επιφάνεια Ni, για το οποίο το έργο εξαγωγής είναι 5 eV, δέχεται υπεριώδη ακτινοβολία μήκους κύματος 200 nm. Ποιο το δυναμικό

αποκοπής; Δίνονται: $c = 3 \times 10^8$ m/s, $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js, $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19}$ J [Απ: 1,2V]

7.25 Το έργο εξαγωγής για το νάτριο είναι 2,7 eV. Ποιο είναι το μεγαλύτερο μήκος κύματος; Δίνονται: $c = 3 \times 10^8$ m/s, $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js, $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19}$ J [Απ: 460nm]

7.26 Μια μεταλλική επιφάνεια φωτίζεται με φως μήκους κύματος $\lambda_1 = 550\text{nm}$ και εκπέμπει φωτοηλεκτρόνια για τα οποία το δυναμικό αποκοπής είναι $V_1 = 0,19\text{V}$

Να υπολογίσετε:

α) το έργο εξαγωγής του μετάλλου.

β) το δυναμικό αποκοπής στην περίπτωση που η επιφάνεια φωτίζεται με ακτινοβολία μήκους κύματος

γ) τη συχνότητα κατωφλίου για το μέταλλο αυτό.

Δίνονται: $c = 3 \times 10^8$ m/s, $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js, $e = 1,6 \times 10^{-19}$ J, $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19}$ J

[Απ: 2,07eV, 4,47V, 500×10^{12} Hz]

Φαινόμενο Compton

7.27 Φωτόνια μήκους κύματος 2,4 pm προσπίπτουν σε ελεύθερα ηλεκτρόνια.

Να βρείτε το μήκος κύματος ενός φωτονίου που σκεδάστηκε

α) κατά 30° και β) κατά 60°

Δίνονται: $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js, $c = 3 \times 10^8$ m/s, $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ kg

[Απ: 2,7pm, 3,6pm]

7.28 Φωτόνιο ακτίνων X μήκους κύματος 10^{-11}m προσκρούει σε ηλεκτρόνιο μετωπικά και σκεδάζεται κατά 180° . Υπολογίστε πόσο μεταβλήθηκε η ενέργεια του φωτονίου. Δίνονται: $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js, $c = 3 \times 10^8$ m/s, $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ kg, $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19}$ J

[Απ: Μειώθηκε κατά 41,4 keV]

7.29 Μια δέσμη φωτονίων που έχουν ενέργεια 0,2 MeV σκεδάζεται από τα ηλεκτρόνια ενός στόχου από άνθρακα.

α) Ποιο είναι το μήκος κύματος των φωτονίων της δέσμης πριν τη σκέδαση;

β) Ποιο είναι το μήκος κύματος των φωτονίων που σκεδάζονται κατά 90° γωνία σε σχέση με την αρχική τους διεύθυνση;

γ) Ποια είναι η ενέργεια ενός φωτονίου το οποίο έχει σκεδαστεί κατά 60° γωνία σε σχέση με την αρχική του διεύθυνση;

Δίνονται: $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js, $c = 3 \times 10^8$ m/s, $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ kg, $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19}$ J

[Απ: $6,2 \times 10^{-12}$ m, $8,6 \times 10^{-12}$ m, 0,168 MeV]

Κυματική φύση της ύλης

7.30 Να βρείτε το μήκος κύματος de Broglie που αντιστοιχεί

α) σε ηλεκτρόνιο ($m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ kg) που κινείται με ταχύτητα 2×10^6 m/s.

β) σε πρωτόνιο ($m_p = 1,67 \times 10^{-27}$ kg) της ίδιας ταχύτητας.

γ) σε μπαλάκι ($m = 0,2$ kg) της ίδιας ταχύτητας.

Δίνεται $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js

[Απ: $3,6 \times 10^{-10}$ m, 2×10^{-13} m, $1,65 \times 10^{-39}$ m]

7.31 Ένα ηλεκτρόνιο επιταχύνεται από την ηρεμία με τάση 150 V. Να υπολογίσετε το μήκος κύματος de Broglie του ηλεκτρονίου. Δίνονται $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js, $e = 1,6 \times 10^{-19}$ J, $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ kg [Απ: 10^{-10} m]

7.32

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 1nm; Δίνονται $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{Js}$, $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{kg}$, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{J}$

[Απ: 1242eV, 1,5 eV]

Αρχή της αβεβαιότητας

7.33 Αν υποθέσουμε ότι η σταθερά του Planck είχε την τιμή 0,6 J s, ποια θα ήταν η αβεβαιότητα θέσης για μια μπάλα μάζας 0,5 kg που κινείται με ταχύτητα 20 m/s αν η αβεβαιότητα της ορμής της είναι 1%; Θα μπορούσαμε να πιάσουμε εύκολα αυτή τη μπάλα;

[Απ: $\Delta x \geq 0,96 \text{m}$]

7.34 Το ηλεκτρόνιο ενός ατόμου του υδρογόνου παραμένει στην κατάσταση $n=2$ πριν μεταπέσει στην κατάσταση $n=1$ -επί 10^{-8}s . Ποια είναι η αβεβαιότητα στην ενέργεια του εκπεμπόμενου φωτονίου; Δίνεται $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{Js}$, $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{J}$

[Απ: $0,66 \times 10^{-7} \text{eV}$]

7.35 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 μήκος κύματος που έχει κατά de Broglie, δείξτε ότι η αβεβαιότητα της

ταχύτητας του είναι $\Delta v_x = \frac{1}{2} v_x$.