

Μέλαν σώμα. Κάποιες ερωτήσεις

- 1) Χαρακτηρίσετε τις παρακάτω προτάσεις ως σωστές (Σ) ή λανθασμένες (Λ).
 - i) Μέλαν σώμα ονομάζεται ένα ιδανικό σώμα το οποίο απορροφά όλη την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που προσπίπτει πάνω του ανεξάρτητα από την συχνότητά της.
 - ii) Το μέλαν σώμα ανακλά και διαχέει την προσπίπτουσα σε αυτό ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.
 - iii) Το μέλαν σώμα εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.
 - iv) Το μέλαν σώμα αποτελεί μια εξιδανίκευση αφού δεν υπάρχει σώμα, στη φύση, που να απορροφά κατά 100% την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτό.
 - v) Το φάσμα εκπομπής του μέλανος σώματος είναι γραμμικό.
 - vi) Το φάσμα ενός μέλανος σώματος εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία και όχι από τη χημική σύσταση ή τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του μέλανος σώματος.

Απάντηση:

i) (Σ), ii) (Λ), iii) (Σ), iv) (Σ), v) (Λ), vi) (Σ)

- 2) Μια μεταλλική σφαίρα κίτρινου χρώματος, βρίσκεται πάνω στο τραπέζι, σε δωμάτιο με θερμοκρασία 20°C.
 - i) Η θερμοκρασία της σφαίρας είναι μικρότερη από την θερμοκρασία του ξύλινου τραπεζιού, αφού με επαφή με το χέρι μας, διαπιστώνουμε ότι είναι πιο κρύα.
 - ii) Αν είναι νύχτα με σβηστό το φως, δεν μπορούμε να δούμε την σφαίρα, αφού αυτή δεν εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.
 - iii) Την ημέρα η σφαίρα φαίνεται κίτρινη, αφού πέφτει πάνω της λευκό φως και αυτή απορροφά όλες τις ακτινοβολίες, εκτός της κίτρινης που αντανακλά.

Απάντηση:

- i) Αν η θερμοκρασία του δωματίου είναι σταθερή, και τα διάφορα σώματα (μπάλα, τραπέζι...) έχουν την ίδια θερμοκρασία. Το αν η μεταλλική σφαίρα μας φαίνεται «πιο κρύα» αυτό έχει να κάνει με την αγωγιμότητά της και όχι με την θερμοκρασία της. Όταν έρθουμε σε επαφή μαζί της, θερμότητα μεταφέρεται από το σώμα μας προς την σφαίρα και γι' αυτό αισθανόμαστε σαν χαμηλότερης θερμοκρασίας, την επιφάνειά της. Η πρόταση είναι λάθος.
- ii) Η πρόταση είναι λανθασμένη, αν και πράγματι στο σκοτεινό δωμάτιο, δεν θα βλέπαμε την σφαίρα. Αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι δεν εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, απλά η ακτινοβολία που

εκπέμπει έχει μεγάλα μήκη κύματος, τα οποία δεν αντιστοιχούν στο ορατό φάσμα. Η σφαίρα σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος, εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μεγάλα μήκη κύματος, συνήθως στην περιοχή του υπερύθρου.

- iii) Ούτε αυτή η πρόταση είναι πολύ ακριβής. Όταν πέφτει πάνω στην κίτρινη σφαίρα λευκό φως, τότε αυτή απορροφά ένα μέρος της ακτινοβολίας και το σύνολο της ακτινοβολίας που ανακλάται, δίνει το κίτρινο χρώμα. Ας δούμε την παρακάτω εικόνα. Πάνω βλέπουμε όλο το φάσμα του λευκού φωτός.



Αν η σφαίρα απορροφά ένα μέρος του φάσματος στην περιοχή μπλε-ιώδους, όπως στην κάτω εικόνα, τότε το φως που επανεκπέμπεται δίνει το κίτρινο χρώμα, χωρίς βέβαια να είναι μονοχρωματικό (μόνο μήκη κύματος που αντιστοιχούν στο κίτρινο).

3) Ποιες προτάσεις είναι σωστές για την παραπάνω σφαίρα:

- i) Αν η σφαίρα φωτίζεται με λευκό φως, θα απορροφά ένα μέρος του ηλεκτρομαγνητικού κύματος, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία της, ενώ η θερμοκρασία του δωματίου παραμένει σταθερή στους 20°C.
- ii) Η σφαίρα εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε μεγάλα μήκη κύματος, τα οποία δεν γίνονται αντιληπτά από το μάτι μας, με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να την δούμε την νύχτα, αλλά έτσι χάνει ενέργεια και η θερμοκρασία της μειώνεται.
- iii) Αν αυξήσουμε την θερμοκρασία της σφαίρας (την βάλουμε για λίγη ώρα στο τζάκι του διπλανού δωματίου και την επιστρέψουμε στο σκοτεινό μας δωμάτιο), τότε μπορούμε να την δούμε και ας είναι σκοτάδι.
- iv) Αυξάνοντας την θερμοκρασία της σφαίρας, πρώτα φαίνεται λευκή και στη συνέχεια κοκκινίζει.
- v) Αν την παραπάνω σφαίρα την «βάψουμε» μαύρη, βάζοντάς την στο τζάκι που καπνίζει, τότε συμπεριφέρεται σαν μέλαν σώμα και απορροφά όλες τις ακτινοβολίες.
- vi) Στην παραπάνω περίπτωση εκπέμπει φως στην περιοχή του μαύρου και γι' αυτό αποκτά και μαύρο χρώμα.

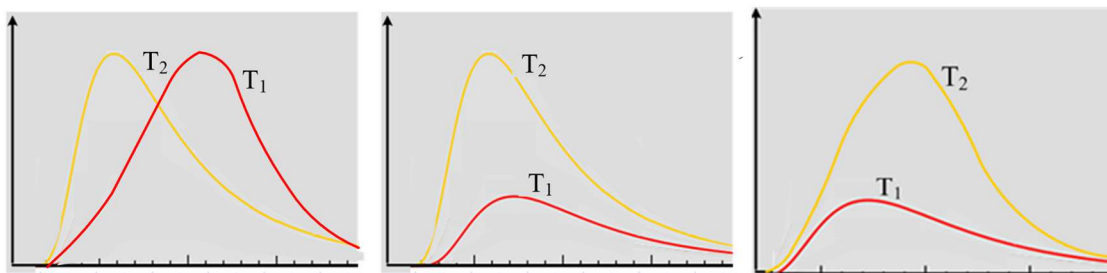
Απάντηση:

- i) Αν η σφαίρα φωτίζεται με λευκό φως, πράγματι απορροφά μέρος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, «κερδίζει» ενέργεια, τείνοντας να αυξηθεί η θερμοκρασία της. Αυτό όμως πρακτικά δεν θα συμβεί, αφενός

γιατί βρίσκεται σε επαφή με τον αέρα του δωματίου, οπότε αποκαθίσταται έτσι και αλλιώς θερμική ισορροπία, αφετέρου όμως, ακόμη και αν στο δωμάτιο είχαμε κενό, η σφαίρα εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να επέρχεται ισορροπία και όση ενέργεια κερδίζει στην μονάδα του χρόνου από την απορρόφηση του φωτός, τόση και εκπέμπει. Αν βέβαια φωτιζόταν με πολύ μεγάλη ένταση φωτός θα μπορούσε η ισορροπία να αποκαθίστατο σε θερμοκρασία μεγαλύτερη αυτής του δωματίου και να μπορούσε να μετρηθεί αυτή η άνοδος της θερμοκρασίας... Σε κάθε περίπτωση όμως πρακτικά η σφαίρα και το δωμάτιο θα είχαν την ίδια θερμοκρασία.

- ii) Δεν υπάρχει κάποιος λόγος, σε μια σφαίρα σε ένα δωμάτιο, να αρχίσει και να μειώνεται η θερμοκρασία της. Ναι μεν μπορεί να εκπέμπει διαρκώς ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μεγάλα μήκη κύματος (στο υπέρυθρο), αλλά ταυτόχρονα απορροφά και ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από το περιβάλλοντα χώρο, με αποτέλεσμα να αποκαθίσταται μια κατάσταση δυναμικής ισορροπίας και η θερμοκρασία της να ακολουθεί την θερμοκρασία του δωματίου.
- iii) Η πρόταση είναι σωστή. Όλοι μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε ότι αν βάλουμε στην φωτιά ένα σίδερο, για λίγη ώρα, αυτό αρχίζει να κοκκινίζει. Αυτό σημαίνει ότι αυξάνεται η θερμοκρασία του, οπότε αυτό οδηγεί σε δύο αποτελέσματα. Αφενός αυξάνεται η ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας, αφετέρου η εκπομπή συμβαίνει σε μικρότερα μήκη κύματος, οπότε ένα μέρος της ακτινοβολίας περνά στο «παράθυρο» του ορατού φωτός, στην περιοχή του ερυθρού και, σε ένα σκοτεινό δωμάτιο, θα βλέπουμε κόκκινη την σφαίρα.
- iv) Η πρόταση είναι λανθασμένη. Συμβαίνει το αντίθετο. Αρχικά η σφαίρα θα κοκκινίσει και στη συνέχεια, αν αυξηθεί περισσότερο η θερμοκρασία της, θα έχουμε περισσότερη εκπομπή σε ακόμη μικρότερα μήκη κύματος, τα οποία αντιστοιχούν στα άλλα χρώματα (κίτρινο, πράσινο, μπλε...) με αποτέλεσμα να φαίνεται λευκή.
- v) Η πρόταση είναι σωστή. Μια μαύρη σφαίρα είναι σχεδόν ένα «μέλαν σώμα», η οποία απορροφά (αλλά και εκπέμπει), όλες τις ακτινοβολίες.
- vi) Η πρόταση είναι λάθος. Δεν υπάρχει μαύρο χρώμα. Το μαύρο σημαίνει έλλειψη χρώματος, έλλειψη φωτός. Αν μια σφαίρα μας φαίνεται μαύρη σημαίνει ότι απορροφά όλες τις ορατές ακτινοβολίες και εκπέμπει σε περιοχές του φάσματος, τις οποίες δεν «βλέπει» το μάτι μας.

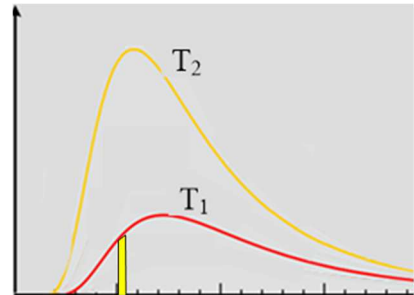
- 4) Δίνονται τρία διαγράμματα της έντασης της ακτινοβολίας ανά μονάδα μήκους κύματος, σε συνάρτηση με το μήκος κύματος, για δύο θερμοκρασίες $T_2 > T_1$ για ένα μέλαν σώμα.



- i) Ποιο διάγραμμα είναι το σωστό; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας, εξηγώντας και γιατί απορρίπτετε τα άλλα δυο.
- ii) Αν το σώμα στην θερμοκρασία T_1 παρουσιάζει κόκκινο χρώμα, τι απόχρωση μπορεί να έχει στην θερμοκρασία T_2 ;

Απάντηση:

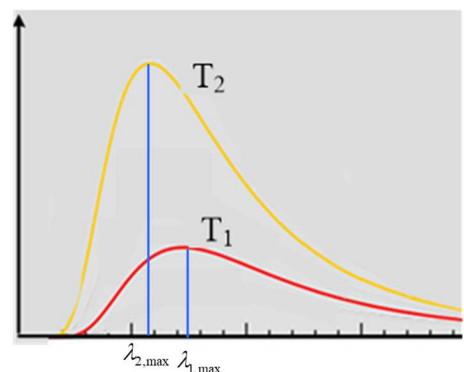
- i) Το σωστό διάγραμμα είναι το μεσαίο. Αν αυξηθεί η θερμοκρασία ενός μέλανος σώματος, θα αυξηθεί η συνολική ενέργεια της ακτινοβολίας που εκπέμπει, στην μονάδα του χρόνου, άρα θα αυξηθεί και η ένταση της ακτινοβολίας, συνεπώς και η ένταση ανά μονάδα μήκους κύματος. Αλλά σε ένα διάγραμμα, όπως στο διπλανό σχήμα, για ένα μικρό $\Delta\lambda$, αν πάρουμε το αντίστοιχο εμβαδόν (με κίτρινο χρώμα) αυτό θα ισούται αριθμητικά με:



$$\frac{I}{\Delta\lambda} \cdot \Delta\lambda = I$$

Πράγμα που σημαίνει ότι το εμβαδόν του χωρίου που περικλείεται από την καμπύλη και τον άξονα x (του μήκους κύματος), θα είναι αριθμητικά ίσο με την ένταση της ακτινοβολίας. Αύξηση θερμοκρασίας λοιπόν οδηγεί σε μεγαλύτερο εμβαδόν και η αντίστοιχη καμπύλη θα πρέπει να «γίνει ψηλότερη»! Αλλά τότε το πρώτο διάγραμμα είναι λάθος, αφού τα δύο εμβαδά είναι περίπου ίσα.

Εξάλλου από τον νόμο του Wien το γινόμενο $\lambda_{\max} \cdot T = \text{σταθερό}$, όπου λ_{\max} το μήκος κύματος στο οποίο παρουσιάζει μέγιστο η καμπύλη, δηλαδή το μήκος κύματος στο οποίο εκπέμπεται η μέγιστη ένταση. Αλλά τότε στην μεγαλύτερη θερμοκρασία T_2 , θα αντιστοιχεί μικρότερο μήκος κύματος $\lambda_{2,\max}$, πράγμα που φαίνεται στο διπλανό σχήμα, αλλά δεν συμβαίνει στο τρίτο από τα σχήματα που μας δόθηκαν.



- ii) Αν το χρώμα του σώματος στην θερμοκρασία T_1 παρουσιάζει κόκκινο χρώμα, τότε το $\lambda_{1,\max}$ θα είναι το μήκος κύματος στο κόκκινο ή κάπου κοντά στο κόκκινο. Αλλά τότε το μέγιστο της καμπύλης στην θερμοκρασία T_2 θα παρουσιάζεται σε μικρότερο μήκος κύματος, πράγμα που σημαίνει ότι εκπέμπονται, σε μεγαλύτερο ποσοστό ακτινοβολίες στις άλλες περιοχές του ορατού φωτός. Έτσι αν θυμηθούμε το φάσμα του λευκού φωτός:



Θα διαπιστώσουμε ότι το χρώμα του σώματος από κόκκινο θα αλλάζει προς το πορτοκαλί-κίτρινο και πιθανότατα θα πλησιάζει το λευκό...

Στο σχήμα η γραμμή σε θερμοκρασία T_2 δόθηκε... σε απόχρωση κίτρινου, θέλοντας να επισημάνουμε το μέγιστο της καμπύλης στο κίτρινο, αλλά δεν εκπέμπεται μόνο αυτό το μήκος κύματος...

dmargaris@gmail.com