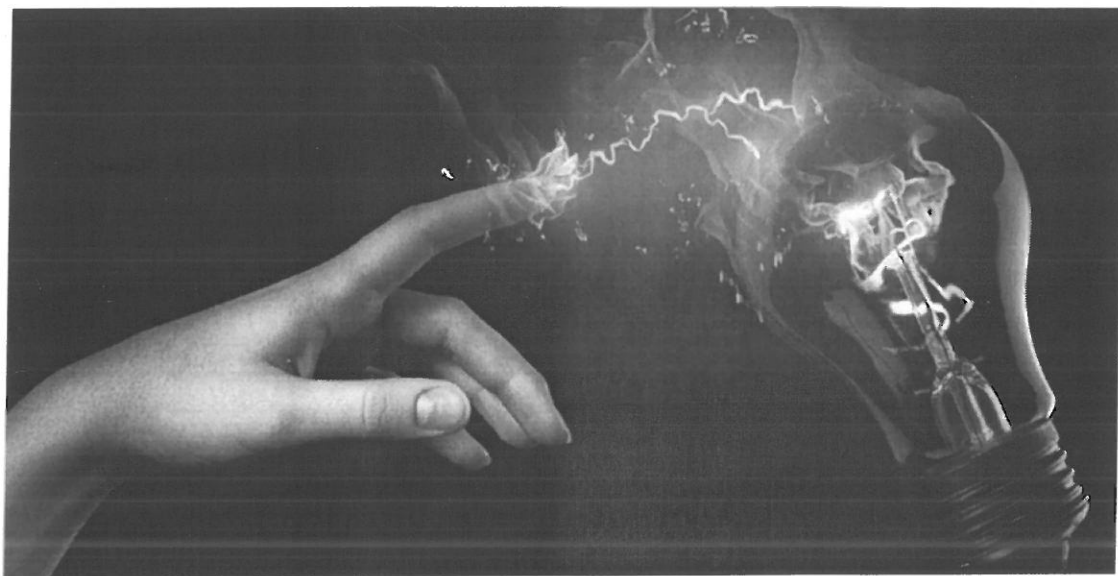


ΦΥΣΙΚΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ

Β' ΛΥΚΕΙΟΥ

1^ο ΓΕΛ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ



ΣΥΚΑΣ ΓΡΗΓΟΡΗΣ ΦΥΣΙΚΟΣ (MSc)

ΦΥΣΙΚΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ Β' ΛΥΚΕΙΟΥ**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1****ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ**

Όταν ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο λέμε ότι έχει πάνω του **ηλεκτρικό φορτίο**. Υπάρχουν δυο είδη φορτίων το θετικό και το αρνητικό. Ορίζουμε ως θετικό αυτό που εμφανίζεται στο γυαλί και αρνητικό αυτό που εμφανίζεται στον εβονίτη. Πειραματικά γνωρίζουμε πως τα **ομώνυμα ηλεκτρικά φορτία απωθούνται και τα ετερόνυμα έλκονται**.

Αγωγοί λέγονται τα υλικά που επιτρέπουν την κίνηση ηλεκτρικών φορτίων μέσα στη μάζα τους.

Μονωτές λέγονται τα υλικά που δεν επιτρέπουν την κίνηση των φορτίων μέσα στη μάζα τους.

Ημιαγωγοί είναι υλικά με ενδιάμεση συμπεριφορά.

Ηλεκτρίση σωμάτων

Το μικρότερο φορτίο που υπάρχει είναι αυτό του ηλεκτρονίου, και είναι αρνητικό.

Ισούται με $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Cb}$.

Η ηλεκτρίση ενός σώματος μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους. α) Με επαφή. β) Με τριβή. γ) Με επαγωγή.

Όταν αγωγός βρεθεί μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο, αναπτύσσονται με επαγωγή στον αγωγό ίσα ετερόνυμα ηλεκτρικά φορτία, που προϋπάρχουν στη μάζα του αγωγού. Έχει αποδειχθεί πως τα **ηλεκτρόνια είναι αυτά που έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρονται** και έτσι να μεταβάλουν το φορτίο των σωμάτων. Έτσι ένα σώμα έχει θετικό φορτίο όταν έχει χάσει ηλεκτρόνια και αρνητικό αν έχει πάρει ηλεκτρόνια. Αυτό γίνεται μέσω της τριβής ή απλά της επαφής δυο σωμάτων.

Στα μέταλλα τα εξωτερικά ηλεκτρόνια ξεφεύγουν από την έλξη του πυρήνα και κινούνται ελεύθερα μέσα στο μέταλλο. (**Ελεύθερα ηλεκτρόνια**).

Στους μονωτές δεν υπάρχουν ηλεκτρόνια και επομένως τα όποια φορτία αναπτύσσονται δεν μπορούν να κινηθούν, αλλά παραμένουν εντοπισμένα.

Ηλεκτροσκόπιο

Το ηλεκτροσκόπιο είναι συσκευή ανιχνεύσεως του ηλεκτρικού φορτίου. Αποτελείται από ένα κατακόρυφο μεταλλικό στέλεχος που το πάνω μέρος του έχει σχήμα σφαίρας ή δίσκου. Στο μέσο υπάρχει λεπτός ελαφρύς μεταλλικός δείκτης ο οποίος μπορεί να στρέφεται και να σχηματίζει γωνία με την κατακόρυφο. Η τιμή της γωνίας είναι ανάλογη με την ποσότητα φορτίου που

εμφανίζεται. Το σύστημα στερεώνεται σε μεταλλικό περίβλημα με λαιμό από μονωτικό υλικό. Για να ανιχνεύσουμε αν μια ράβδος είναι ηλεκτρισμένη την ακουμπάμε στην μεταλλική σφαίρα και ελέγχουμε αν υπάρχει απόκλιση του δείκτη. Αν προσαρμόσουμε στην περιοχή του δείκτη και μια κλίμακα μπορούμε να πάρουμε ενδείξεις και για την ποσότητα του φορτίου.

ΝΟΜΟΣ COULOMB – ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Η ελκτική ή απωστική δύναμη ανάμεσα σε δυο σημειακά ηλεκτρικά φορτία είναι ανάλογη με το γινόμενο των δυο φορτίων και αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της μεταξύ τους απόστασης.

Η μαθηματική έκφραση του νόμου Coulomb:

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

όπου k_c μια σταθερά που εξαρτάται από το υλικό που βρίσκεται ανάμεσα στο φορτία και ισούται $k = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$ στο κενό, και Q_1, Q_2 τα μέτρα των φορτίων σε C. r είναι η απόσταση μεταξύ των φορτίων σε m.

Μονάδα μέτρησης του φορτίου στο S.I. σύστημα είναι το 1 Cb, που ορίζεται ως εξής:

1Coulomb(C) είναι το ηλεκτρικό φορτίο το οποίο, όταν βρίσκεται μέσα στο κενό σε απόσταση ενός μέτρου από ίσο ηλεκτρικό φορτίο εξασκεί σ' αυτό δύναμη ίση με $9 \cdot 10^9$ N.

Ηλεκτρικό πεδίο ονομάζεται ο χώρος στον οποίο κάθε ηλεκτρικό φορτίο που εισέρχεται σ' αυτόν δέχεται ηλεκτρική δύναμη.

Ένταση του ηλεκτρικού πεδίου σε ένα σημείο του ονομάζουμε το πηλίκο της δύναμης που ενεργεί στο ηλεκτρικό φορτίο που βρίσκεται στο σημείο αυτό προς το ηλεκτρικό αυτό φορτίο.

$$E = \frac{F}{q^+}$$

Θέτουμε θετικό φορτίο στον παραπάνω τύπο για να δείξουμε πως η ένταση έχει ίδια φορά με την δύναμη αν αυτή ενεργεί σε θετικό φορτίο. Αν ενεργεί σε αρνητικό φορτίο η ένταση θα έχει αντίθετη φορά.

Μονάδα έντασης στο S.I. είναι το $1N/C$ και ορίζεται ως η ένταση ηλεκτρικού πεδίου που σε ηλεκτρικό φορτίο 1 C ασκεί δύναμη 1N.

Η ένταση σε κάποιο σημείο που απέχει απόσταση r από ακίνητο φορτίο Q είναι:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{k \frac{Qq}{r^2}}{q} \Rightarrow E = k \frac{Q}{r^2}$$

δηλαδή ανεξάρτητη και ως προς την τιμή και ως προς την φορά του φορτίου του υποθέματος q .

Η ένταση είναι μέγεθος διανυσματικό.

Η φορά της έντασης είναι ίδια με την φορά της δύναμης που θα δεχόταν ένα θετικό φορτίο υπόθεμα στο αντίστοιχο σημείο.

Δυναμική γραμμή του ηλεκτρικού πεδίου ονομάζεται η γραμμή που σε κάθε σημείο της οποίας το διάνυσμα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι εφαπτόμενο αυτής.

Ισοδύναμος ορισμός για την δυναμική γραμμή, και πολύ χρήσιμος για τον καθορισμό της έντασης είναι και ο ακόλουθος:

Δυναμική γραμμή του ηλεκτρικού πεδίου είναι η τροχιά που διαγράφει ένα θετικό φορτίο με την επίδραση του πεδίου.

Ιδιότητες δυναμικών γραμμών.

- 1 Η ένταση είναι εφαπτόμενη των δυναμικών γραμμών και έχει την κατεύθυνση τους
2. Ξεκινούν από θετικά φορτία και καταλήγουν σε αρνητικά.
3. Δεν τέμνονται ούτε εφάπτονται.
4. Είναι ανοικτές, βγαίνουν κάθετα από τις επιφάνειες των φορτίων.
5. Η πυκνότητα τους αποτελεί μέτρο της έντασης

Ομογενές πεδίο.

Ένα πεδίο λέγεται ομογενές όταν η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι σταθερή, κατά μέτρο διεύθυνση και φορά σε όλο το πεδίο. Στο πεδίο αυτό η πυκνότητα των δυναμικών γραμμών είναι σταθερή και αυτές είναι ευθείες παράλληλες μεταξύ τους που ισαπέχουν. Αφού η ένταση είναι διανυσματικά σταθερή στο ομογενές πεδίο, σταθερή θα είναι και η δύναμη και έτσι ένα φορτίο που εισέρχεται σε ομογενές πεδίο θα εκτελεί ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση.

Ηλεκτρική δυναμική ενέργεια. Ένα σύστημα δυο φορτίων που απέχουν απόσταση r έχει δυναμική ενέργεια που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$U = k \frac{Q_1 Q_2}{r}$$

Είναι μέγεθος μονόμετρο και μετριέται σε Joule. Εκφράζει το παραγόμενο από το πεδίο έργο για μεταφορά των φορτίων σε άπειρη απόσταση μεταξύ τους. Τα φορτία στη σχέση αντικαθίστανται με τα πρόσημα τους

Δυναμικό του ηλεκτρικού πεδίου σε ένα σημείο του Α, ονομάζεται το πηλίκο του έργου που παράγεται από το πεδίο κατά την μεταφορά ενός θετικού φορτίου από το σημείο αυτό ως το άπειρο, προς το φορτίο αυτό.

$$V_A = \frac{W_{A \rightarrow \infty}}{+q}$$

Το δυναμικό είναι μονόμετρο μέγεθος, στην περίπτωση που το φορτίο είναι αρνητικό τότε το δυναμικό στο σημείο αυτό θα είναι αρνητικό.

Το μέτρο του δυναμικού σε απόσταση r από φορτίο Q δίνεται από το πηλίκο της δυναμικής ενέργειας προς το φορτίο υπόθεμα:

$$V_A = \frac{U_A}{q} = \frac{k \frac{Qq}{r}}{q} \Rightarrow V_A = k \frac{Q}{r}$$

Μονάδα δυναμικού στο S.I. είναι το 1 Volt, που ορίζεται ως εξής:

Σε ένα σημείο ηλεκτρικού πεδίου το δυναμικό θα είναι 1 Volt όταν φορτίο 1 C, μεταφερόμενο εξαιτίας του πεδίου από το σημείο αυτό ως το άπειρο, παράγει έργο 1 Joule.

Διαφορά δυναμικού μεταξύ δυο σημείων του ηλεκτρικού πεδίου ονομάζουμε το πηλίκο του έργου, που παράγεται από το πεδίο κατά τη μεταφορά του φορτίου +q από το ένα σημείο ως το άλλο δια το φορτίο +q.

$$V_1 - V_2 = \frac{W_{1 \rightarrow 2}}{+q}$$

Η διαφορά δυναμικού μεταξύ δυο σημείων θα είναι 1 Volt όταν κατά την μεταφορά φορτίου 1 Cb από το ένα σημείο στο άλλο το πεδίο παράγει έργο ίσο με 1 Joule.

Ο παραπάνω τύπος χρησιμοποιείται ευρέως για τον υπολογισμό του έργου της δύναμης του πεδίου για την μεταφορά ενός φορτίου:

$$W_{1 \rightarrow 2} = q(V_1 - V_2) = U_1 - U_2.$$

Η σχέση αυτή ισχύει στην κατηγορία πεδίων που λέγονται συντηρητικά. Στα πεδία αυτά το έργο της δύναμης του πεδίου είναι ανεξάρτητο της διαδρομής που ακολουθεί το φορτίο αλλά εξαρτάται μόνο από την αρχική και τελική θέση.

ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ*(Δίνεται το k_c)*

1. Φορτίο $q_1=2\text{mC}$ και $q_2=3\mu\text{C}$ βρίσκονται σε απόσταση $r=2\text{cm}$. Να βρεθεί η δύναμη ανάμεσα τους. Αν τοποθετήσουμε στο μέσο της απόστασης ανάμεσα τους ένα τρίτο φορτίο με μέτρο ίσο με το q_1 να βρεθεί η συνολική δύναμη που δέχεται αυτό.
2. Στα άκρα ευθύγραμμου τμήματος μήκους l υπάρχουν φορτία q_1, q_2 . Να βρείτε το σημείο του Η.Π. στο οποίο η ένταση είναι μηδέν. Στη συνέχεια να υπολογίσετε το δυναμικό του πεδίου στο σημείο αυτό. Δίνεται $l=0,4\text{m}$, $|q_1|=4\cdot|q_2|=4\mu\text{C}$. Να εξεταστούν 2 περιπτώσεις αν $q_1 \cdot q_2 > 0$ ή $q_1 \cdot q_2 < 0$. Τι δύναμη δέχεται φορτίο q_3 αν το φέρουμε στο σημείο αυτό.
3. Στις άκρες ευθείας μήκους $l=10\text{ cm}$ υπάρχουν δυο φορτία $q_1=10^{-2}\mu\text{Cb}$ και $q_2=-10^{-2}\mu\text{Cb}$ αντίστοιχα. Να βρείτε την ένταση του Η.Π. σε ένα σημείο Γ της μεσοκαθέτου της ΑΒ, που απέχει από το μέσο Μ της ΑΒ, απόσταση $h=l/2$.
4. Τρία ίσα ηλεκτρικά φορτία $q_1=q_2=q_3=\sqrt{3}\mu\text{Cb}$ βρίσκονται στις κορυφές ισόπλευρου τριγώνου. Τι φορτίο Q πρέπει να τοποθετηθεί στο κέντρο βάρους του τριγώνου ώστε τα τέσσερα φορτία να ισορροπούν;
5. Στις κορυφές Α και Γ ενός τετραγώνου ΑΒΓΔ, βρίσκονται δυο σημειακά φορτία $q_1=q_2=500\mu\text{C}$. Ποιά η ένταση στην κορυφή Δ και ποια στο κέντρο του τετραγώνου; Ποιο είναι το δυναμικό του Η.Π. στην κορυφή Δ; ($a=1\text{ m}$)
6. Στο άτομο του υδρογόνου το ηλεκτρόνιο κινείται γύρω από τον πυρήνα σε κυκλική τροχιά ακτίνας $r=4\cdot 10^{-10}\text{ m}$. Να βρεθεί η ταχύτητα του ηλεκτρονίου αν δεχθούμε ότι σε αυτό ασκείται μόνο η δύναμη Coulomb. Δίνεται $q_p=-q_e=1,6\cdot 10^{-19}\text{ Cb}$, $m_e=9,11\cdot 10^{-31}\text{ kg}$.
7. Σώμα μάζας m και φορτίου q^+ ρίχνεται κατακόρυφα προς τα πάνω με αρχική ταχύτητα u_0 , σε περιοχή όπου εκτός του βαρυτικού πεδίου υπάρχει κατακόρυφο Η.Π. σταθερής έντασης. Να υπολογιστεί το ύψος που φτάνει το σώμα και ο χρόνος επαναφοράς. Δίνεται: $m=10\text{ gr}$, $q=100\mu\text{Cb}$, $u_0=30\text{ m/s}$, $E=500\text{ V/m}$, $g=10\text{ m/s}^2$.
8. Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων Α και Β ομογενούς Η.Π. είναι $U=200\text{ V}$. Το δυναμικό στο Α είναι $U_A=80\text{ V}$. Να βρείτε το δυναμικό του μέσου Μ της ΑΒ.
9. Από νήμα με όριο θραύσης $T_{\theta\rho}=2\text{ N}$ κρέμεται μεταλλική σφαίρα μάζας $m=10\text{ gr}$ και φορτίου $q=2\mu\text{Cb}$. Το σύστημα βρίσκεται μέσα σε ομογενές Η.Π. με

οριζόντιες δυναμικές γραμμές . Να βρεθεί η μέγιστη τιμή της έντασης του Η.Π. για να μη σπάσει το νήμα .

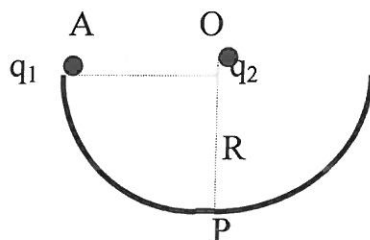
10. Για να μεταφερθεί σημειακό φορτίο $q = 5 \mu\text{C}$ από σημείο Α σε σημείο Β Η.Π. δαπανάται μηχανικό έργο $W = 30 \cdot 10^{-6} \text{ Joule}$. Η κινητική ενέργεια του σωματιδίου αυξάνεται τότε κατά $\Delta K = 10^{-5} \text{ Joule}$. Να βρείτε τη διαφορά δυναμικού $V_A - V_B$, ($V_A > V_B$) .

11. Πάνω σε μια δυναμική γραμμή ενός ομογενούς Η.Π. βρίσκονται δυο σημεία Α και Β τα οποία απέχουν απόσταση $AB = 8 \text{ cm}$ και έχουν δυναμικά $V_A = 50 \text{ V}$ και $V_B = -30 \text{ V}$. Να εξεταστεί αν κατά μήκος του τμήματος ΑΒ υπάρχει σημείο Μ με δυναμικό $V_M = 0 \text{ V}$. Αν υπάρχει να βρεθεί η απόσταση $AM = x$.

12. Μεταξύ δυο παράλληλων πλακών που απέχουν απόσταση $l = 10 \text{ cm}$, εφαρμόζεται τάση $V = 10^4 \text{ V}$. Πόσο έργο παράγεται όταν μετακινηθεί μεταξύ των πλακών φορτίο $q = 10^{-8} \text{ C}$, κατά απόσταση $d = 5 \text{ cm}$: ι) κάθετα στις πλάκες , ιι) παράλληλα στις πλάκες και ιιι) υπό γωνία $\varphi = 60^\circ$ ως προς την ένταση του πεδίου ;

13. Δυο φορτία $q_1 = 9q_2 = 9 \mu\text{C}$ βρίσκονται σε απόσταση $a = 4 \text{ cm}$. α) Να βρεθεί η ένταση στο μέσο της απόστασης τους. β) Να βρεθεί το σημείο στο οποίο μηδενίζεται η ένταση. γ) Να βρεθεί το δυναμικό στο μέσο και στο σημείο που μηδενίστηκε η ένταση. δ) Να βρεθεί το έργο για μεταφορά ενός φορτίου $q_3 = 1 \text{ nC}$ από το ένα σημείο στο άλλο.

14. Μικρή σφαίρα μάζας $m = 1 \text{ gr}$ και φορτίου $q = 1 \mu\text{C}$, αφήνεται από το σημείο Α να ολισθήσει χωρίς τριβές στο εσωτερικό ημικυλινδρικής επιφάνειας ακτίνας $R = 10 \text{ cm}$ που ο άξονας της είναι οριζόντιος . Στο κέντρο του ημικυκλίου υπάρχει φορτίο $q_2 = -1 \text{ nC}$. Να βρείτε τη δύναμη που ασκεί η σφαίρα στον κύλινδρο στο σημείο Ρ. Δίνεται $g = 10 \text{ m/sec}^2$.



15. Πυκνωτής έχει $C = 2 \mu\text{F}$ έχει φορτίο διαφορά δυναμικού 100 Volt . Να βρεθεί η το φορτίο του και η ενέργεια που έχει αποθηκεύσει

J

16. Πυκνωτής έχει $C=40\text{mF}$ έχει φορτίο $Q=30\mu\text{C}$. Να βρεθεί η διαφορά δυναμικού στα άκρα του και η ενέργεια που έχει αποθηκεύσει. Αν διπλασιάσουμε την απόσταση των οπλισμών αφού αποσυνδέσουμε την πηγή να βρεθεί η νέα τιμή του φορτίου της διαφοράς δυναμικού και της ενέργειας.

17. Επίπεδος πυκνωτής χωρητικότητας C_0 συνδέεται με πηγή τάσης V_0 . Στη συνέχεια διπλασιάζουμε την απόσταση των οπλισμών του. Ποια θα είναι τα νέα C , Q , V , E , $U_{\text{ηλ}}$. όταν ο πυκνωτής είναι συνεχώς συνδεδεμένος με την πηγή,
 ii) Ο πυκνωτής έχει αποσυνδεθεί από την πηγή

ΦΥΣΙΚΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ Β' ΛΥΚΕΙΟΥΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΥΝΕΧΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

Νόμος του Ohm.

Ηλεκτρικές πηγές λέγονται οι διατάξεις που προσφέροντας ηλεκτρική ενέργεια στο κύκλωμα κρατούν σταθερή την διαφορά δυναμικού στα άκρα του. Οι πηγές δεν τροφοδοτούν με ηλεκτρικά φορτία το κύκλωμα. Τα άκρα της λέγονται πόλοι και αυτός με το μεγαλύτερο δυναμικό λέγεται θετικός. Υπάρχουν οι πηγές συνεχούς τάσης που έχουν σταθερή πολικότητα και οι εναλλασσόμενες στις οποίες οι πόλοι εναλλάσσονται συνεχώς.

Ηλεκτρικό ρεύμα ονομάζουμε την κίνηση ηλεκτρονίων σε ένα αγωγό προς μια ορισμένη κατεύθυνση.

Για να γίνει αυτό χρειαζόμαστε μια αιτία, μια κινητήριο δύναμη, που να τα κινεί. Αυτή η αιτία είναι όπως γνωρίζουμε η διαφορά δυναμικού. Ονομάζουμε γεννήτρια την συσκευή που διατηρεί σταθερή την διαφορά δυναμικού στα άκρα ενός αγωγού και προκαλεί την κίνηση ηλεκτρονίων από τον αρνητικό στο θετικό πόλο.

Πραγματική φορά του ρεύματος ονομάζεται η φορά των ηλεκτρονίων του αγωγού και έχει φορά από τον αρνητικό στον θετικό πόλο.

Συμβατική φορά του ρεύματος ονομάζουμε την αντίθετη φορά από αυτή της κίνησης των ηλεκτρονίων, δηλαδή την φορά από τον θετικό προς τον αρνητικό πόλο.

Στην πράξη χρησιμοποιούμε πάντα την συμβατική φορά.

Το ηλεκτρικό ρεύμα κατά την διέλευση του μέσα από την ύλη προκαλεί θερμικά, χημικά και μαγνητικά φαινόμενα.

Ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος (I), ονομάζουμε το πηλίκο του φορτίου που περνάει από την διατομή ενός αγωγού, προς τον χρόνο που χρειάζεται.

$$I = \frac{Q}{t}$$

Μονάδα της έντασης είναι το 1 Ampere (A), και είναι η ένταση ρεύματος που μεταφέρει ηλεκτρικό φορτίο ίσο με 1C. Η ισοδυναμία του: $1A = \frac{Cb}{sec}$.

Επειδή το A είναι πολύ μεγάλη μονάδα χρησιμοποιούμε τις υποπολλαπλάσιες του

$$1mA = 10^{-3} A, 1\mu A = 10^{-6} A.$$

Όταν τα δυο άκρα του σύρματος συνδέονται με τους πόλους μιας πηγής, γεννήτριας, τότε το κύκλωμα λέγεται κλειστό και η ένταση του ρεύματος είναι σταθερή σε όλο το κύκλωμα. Αν κάπου με διακόπτη ή άλλο μέσο διακόψουμε κάπου το ρεύμα τότε έχουμε ανοιχτό κύκλωμα και η ένταση είναι μηδέν.

1^{ος} Κανόνας Kirchoff.

Κόμβος σε ένα κύκλωμα λέγεται το σημείο στο οποίο συναντιούνται 3 τουλάχιστον αγωγοί.

Κλάδος λέγεται κάθε τμήμα του κυκλώματος ανάμεσα σε δυο κόμβους. Σε κάθε κόμβο κυκλώματος ισχύει ο 1^{ος} Κανόνας Kirchoff που λέει ότι το αλγεβρικό άθροισμα των ρευμάτων που εισέρχονται σε ένα κόμβο ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των ρευμάτων που εξέρχονται από αυτόν. Ο Κανόνας αυτός απορρέει από την αρχή διατήρησης του φορτίου.

$$\Sigma I = 0$$

Αντίσταση (R) ενός αγωγού ονομάζεται το σταθερό πηλίκο της διαφοράς δυναμικού που εφαρμόζεται στις άκρες ενός αγωγού, προς την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό.

$$R = \frac{V}{I}$$

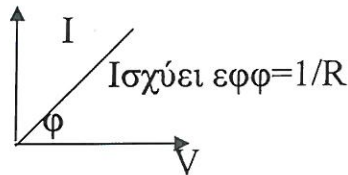
Μονάδα αντίστασης είναι το 1 Ω, που είναι η αντίσταση που έχει ένας αγωγός, όταν στις άκρες του εφαρμόζεται διαφορά δυναμικού 1 Volt, και η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό είναι 1 Ampere. Επειδή το 1 Ω είναι μικρή μονάδα υπάρχουν το 1kΩ=10³Ω, και το 1MΩ=10⁶Ω.

Η αντίσταση εκφράζει την δυσκολία που συναντά το ηλεκτρικό ρεύμα όταν διέρχεται μέσα από μεταλλικό αγωγό. Οφείλεται στις συγκρούσεις των ελευθέρων ηλεκτρονίων με τα θετικά ιόντα.

Νόμος του Ohm. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει έναν αντιστάτη είναι ανάλογη με τη διαφορά δυναμικού που εφαρμόζεται στις άκρες του αγωγού και αντιστρόφως ανάλογη με την αντίσταση του αγωγού.

$$I = \frac{V}{R}$$

Η γραφική παράσταση του νόμου του Ohm για αντιστάτη έχει ως εξής:



Η αντίσταση δεν εξαρτάται από την ένταση και το δυναμικό αλλά μόνο από την κατασκευή του υλικού.

Συγκεκριμένα η αντίσταση εξαρτάται από:

- α) Το μήκος του σύρματος.
- β) Το υλικό.
- γ) Την διατομή του σύρματος.
- δ) Την θερμοκρασία. Αυτό περιγράφεται από τον νόμο της αντίστασης του αγωγού:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

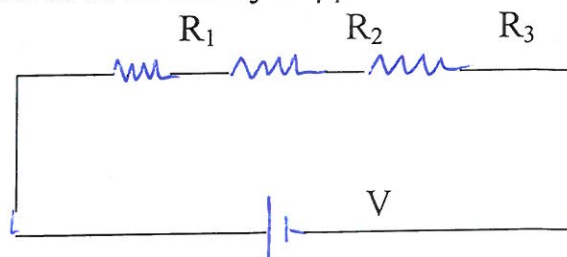
όπου ρ η ειδική αντίσταση του υλικού που μετράται σε $\Omega \cdot m$. Η ειδική αντίσταση ρ και η αντίσταση εξαρτώνται από την θερμοκρασία με βάση τη σχέση:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha\theta) \quad \text{και} \quad R = R_0(1 + \alpha\theta)$$

Σύνδεση αντιστάσεων

Υπάρχουν δυο είδη σύνδεσης αντιστάσεων: α) Η παράλληλη σύνδεση όπου στις αντιστάσεις εφαρμόζεται ίδια διαφορά δυναμικού V . β) Η σύνδεση σε σειρά όπου οι αντιστάσεις διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα. Σε κάθε σύνδεση το ζητούμενο είναι ο υπολογισμός της ισοδύναμης αντίστασης ή ολικής αντίστασης μιας διάταξης που περιλαμβάνει πολλές αντιστάσεις.

Σύνδεση σε σειρά. Εδώ οι αντιστάσεις διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα.



Η τάση της κάθε αντίστασης θα είναι $V_1 = IR_1$, $V_2 = IR_2$, $V_3 = IR_3$. Η τάση που εφαρμόζουμε στην άκρη των αντιστάσεων είναι:

$$V = V_1 + V_2 + V_3.$$

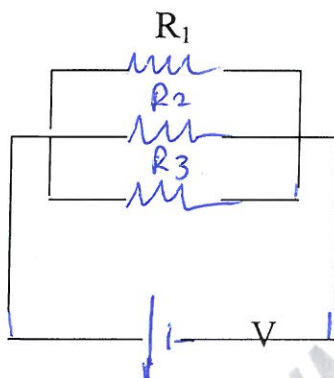
$$V = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

Η ολική αντίσταση θα είναι $R_{ολ} = \frac{V}{I}$.

Εξισώνοντας τις δυο σχέσεις παίρνουμε:

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3.$$

Παράλληλη σύνδεση. Εδώ στα άκρα κάθε αντίστασης εφαρμόζεται η ίδια τάση V .



Η κάθε αντίσταση διαρρέεται από ρεύμα, $I_1 = \frac{V}{R_1}$, $I_2 = \frac{V}{R_2}$, $I_3 = \frac{V}{R_3}$.

Η ένταση του ρεύματος της πηγής είναι:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

Η ολική αντίσταση θα είναι $R_{ολ} = \frac{V}{I}$.

Εξισώνοντας τις δυο σχέσεις παίρνουμε:

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

* Η τιμή της έντασης του ρεύματος βρίσκεται μέσω ευαίσθητων οργάνων, των **αμπερομέτρων**, τα οποία συνδέονται σε σειρά στο κύκλωμα. Η τιμή της τάσης βρίσκεται μέσω των **βολτομέτρων** που συνδέονται παράλληλα στο κύκλωμα. Για λόγους μείωσης του σφάλματος που εισέρχεται στις μετρήσεις τα αμπερόμετρα πρέπει να έχουν αμελητέα αντίσταση, και τα βολτόμετρα πολύ μεγάλη. Τα ιδανικά αμπερόμετρα έχουν μηδέν αντίσταση και τα ιδανικά βολτόμετρα άπειρη.

B. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Όταν ένα κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα τότε ενέργεια μεταφέρεται σ' αυτό που μετατρέπεται όλη σε θερμότητα μέσω των αντιστάσεων του κυκλώματος. Η ενέργεια του ρεύματος δίνεται από τη σχέση ορισμού:

$$W = V I t$$

όπου V η τάση της γεννήτριας (Volt)

I το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα (A)

t ο χρόνος που το κύκλωμα διαρρέεται από το παραπάνω ρεύμα (sec).

Αν όλα τα παραπάνω μεγέθη μετρηθούν σε μονάδες του S.I. τότε η ενέργεια μετράται σε Joule. Χρησιμοποιώντας τον νόμο του Ohm η παραπάνω σχέση παίρνει τις μορφές:

$$E = VIt = I^2 R t = \frac{V^2}{R} t$$

Οι τύποι αυτοί ισχύουν μόνο αν έχουμε αντιστάτη.

Ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος ονομάζεται το σταθερό πηλίκο της ενέργειας που δίνει η πηγή στο κύκλωμα σε κάποιο χρόνο προς το χρόνο αυτό.

$$P = \frac{E}{t}$$

η ισχύς έχει μονάδα το 1 Watt = Joule/sec. Από τις σχέσεις της ενέργειας παίρνει τις ισοδύναμες μορφές:

$$P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

επίσης μόνο για αντιστάτη.

Νόμος Joule. Η θερμότητα που αναπτύσσεται πάνω σε ένα αγωγό είναι ανάλογη με το τετράγωνο της έντασης του ρεύματος, ανάλογη με την αντίσταση του αγωγού και ανάλογη με το χρόνο που το ρεύμα διαρρέει τον αγωγό.

$$E = I^2 R t \quad \text{ή} \quad Q = \alpha I^2 R t$$

όπου $\alpha = 0,24 \text{ cal/Joule}$, μια σταθερά που χρησιμεύει αν θέλουμε να υπολογίσουμε την θερμότητα σε cal.

Η ισχύς που υπολογίζουμε μέσω της σχέσης $P = I^2 R$ λέγεται και θερμική ισχύς. Το φαινόμενο Joule βρίσκει πολλές εφαρμογές όπως: α) Τον λαμπτήρα πυρακτώσεως. β) Τις θερμικές συσκευές. γ) Την ασφάλεια δ) Το βραχυκύκλωμα.

Κάθε συσκευή έχει 4 χαρακτηριστικά λειτουργίας P, V, I, R . Κάθε συσκευή όμως αναγράφει μόνο τα 2 (συνήθως ισχύ και τάση), γιατί τα άλλα υπολογίζονται από τις σχέσεις. Η τιμές που αναγράφονται είναι οι τιμές κανονικής λειτουργίας και για να επαληθευτούν πρέπει η συσκευή να τροφοδοτηθεί με την αναγραφόμενη τάση. Τότε αποδίδει και την προβλεπόμενη ισχύ. Αν τροφοδοτηθεί με τάση χαμηλότερη της κανονικής τότε η συσκευή υπολειτουργεί ενώ αν τροφοδοτηθεί με τάση μεγαλύτερη κινδυνεύει να καταστραφεί.

* Η κιλοβατώρα (kWh) είναι μονάδα ενέργειας και όχι ισχύος. Η ισοδυναμίας της σε Joule είναι $1\text{kWh}=3.600.000\text{Joule}$.

Ηλεκτρεγερτική δύναμη γεννήτριας E ορίζεται σαν το πηλίκο της ενέργειας που παρέχει η γεννήτρια στο κύκλωμα προς το φορτίο που μετακινείται στο κύκλωμα.

$$E = \frac{W}{q} = \frac{Pt}{It} = \frac{P}{I}$$

Η ΗΕΔ μιας γεννήτριας έχει μονάδες τάσης και είναι χαρακτηριστική για κάθε γεννήτρια. Εκφράζει την ενέργεια ανά μονάδα ηλεκτρικού φορτίου που προσφέρει η πηγή στο κύκλωμα. Αποδεικνύεται ότι ο νόμος του Ohm ισχύει για κλειστό κύκλωμα, από την αρχή διατήρησης της ενέργειας. Έστω λοιπόν R η εξωτερική αντίσταση του κυκλώματος και r η εσωτερική αντίσταση της γεννήτριας. Θα ισχύει:

$$\begin{aligned} W &= Q_R + Q_r \Rightarrow EIt = I^2 R t + I^2 r t \Rightarrow E = IR + Ir \Rightarrow E = I(r + R) \Rightarrow \\ &\Rightarrow E = IR_{ολ} \Rightarrow I = \frac{E}{R_{ολ}} \end{aligned}$$

Πολική τάση ονομάζεται η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους πόλους μιας γεννήτριας.

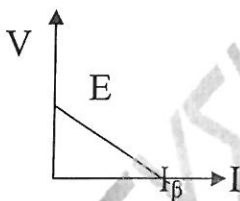
Θα ισχύει $V_{\pi} = IR$

$$\begin{aligned} W &= Q_R + Q_r \Rightarrow EIt = I^2 R t + I^2 r t \Rightarrow E = IR + Ir \Rightarrow \\ &\Rightarrow E = V_{\pi} + Ir \Rightarrow V_{\pi} = E - Ir \end{aligned}$$

από την σχέση αυτή προκύπτει πως η πολική τάση είναι ίση με την ΗΕΔ της γεννήτριας όταν α) Το κύκλωμα είναι ανοιχτό και β) Όταν η εσωτερική αντίσταση της πηγής είναι μηδέν.

Η χαρακτηριστική $I=f(V)$ για μια πηγή θα είναι.

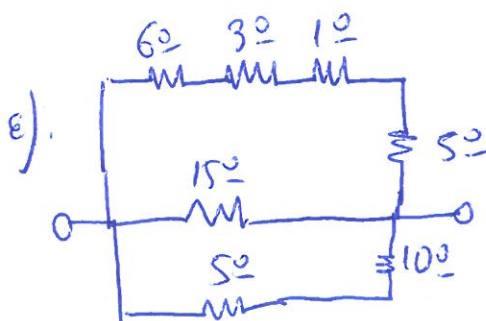
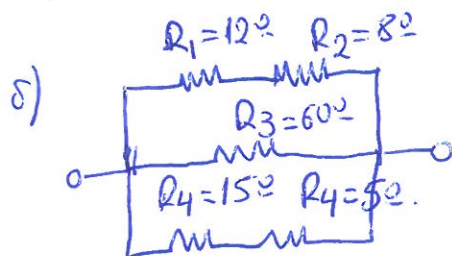
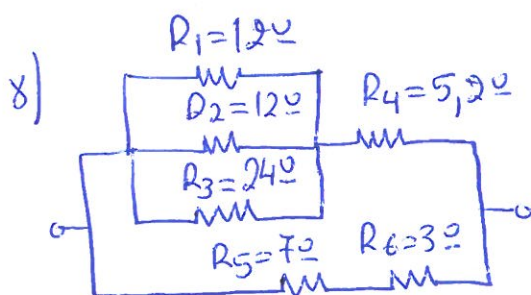
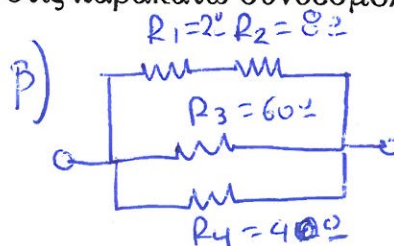
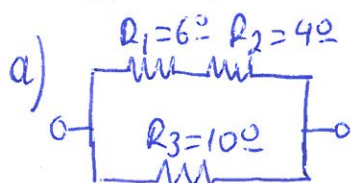
Όταν $V_{\pi}=E -Ir=0$ τότε
 $E -I_{\beta}r =0 \Rightarrow I_{\beta} =E/r$



ΣΥΝΕΧΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ

(Δίνεται το qe)

1. Αγωγός είναι κατασκευασμένος από χαλκό $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$, έχει μήκος 50km και εμβαδόν διατομής $S = 34 \text{mm}^2$. Στα άκρα του υπάρχει τάση $V = 100 \text{V}$. Να βρεθεί η αντίσταση του και το ρεύμα που τον διαρρέει.
2. Αντίσταση έχει στα άκρα της τάση $V = 60 \text{V}$ και από την διατομή του περνάνε $5 \cdot 10^{20}$ ηλεκτρόνια σε 2 min. Να βρεθεί η τιμή της αντίστασης.
3. Σύρμα από σίδηρο έχει αντίσταση 40Ω και μήκος 2m. Λιώνουμε το σύρμα και φτιάχνουμε ένα άλλο με αντίσταση 160Ω . Ποιο το νέο μήκος.
4. Η αντίσταση ενός αγωγού είναι $R = 5 \Omega$ και στα άκρα της εφαρμόζουμε τάση $V = 32 \text{V}$. Να υπολογίσετε σε πόσο χρόνο θα περάσουν από την διατομή ενός σύρματος $N = 2 \cdot 10^{20}$ ηλεκτρόνια .
5. 2 αντιστάσεις έχουν όταν συνδεθούν σε σειρά συνολική αντίσταση 9Ω και αν συνδεθούν παράλληλα 3Ω . Να βρεθεί η τιμή των δυο αντιστάσεων.
6. Να βρεθεί η συνολική αντίσταση στις παρακάτω συνδεσμολογίες.

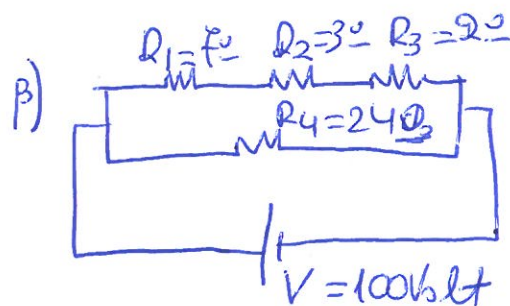
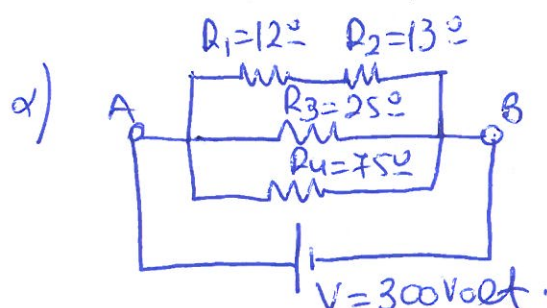


7. Δυο αντιστάσεις με τιμές $R_1=30\Omega$ και R_2 συνδέονται σε σειρά. Στα άκρα του συστήματος εφαρμόζεται τάση $V=200\text{Volt}$ και τότε το ρεύμα γίνεται 1A . Να βρεθεί η τιμή της αντίστασης R_2 και η τάση στα άκρα της.

8. Τρεις αντιστάσεις συνδέονται σε σειρά. Η τιμή της R_1 είναι 6Ω . Η τάση της αντίστασης 1 είναι $V_1=24\text{Volt}$ ενώ το ρεύμα στην αντίσταση 3 είναι 6A . Να βρείτε τις τιμές των άγνωστων αντιστάσεων R_2 και R_3 και η τιμή της τάσης τροφοδοσίας του κυκλώματος.

9. Τρεις αντιστάσεις συνδέονται παράλληλα. Η τιμή της R_2 είναι 15Ω . Η τάση της αντίστασης 1 είναι $V_1=30\text{Volt}$ ενώ το ρεύμα στην αντίσταση 3 είναι 2A . Να βρείτε τις τιμές των άγνωστων αντιστάσεων R_2 και R_3 και η τιμή του ρεύματος που διαρρέει την πηγή.

10. Για τα παρακάτω κυκλώματα να βρείτε την συνολική αντίσταση και το ρεύμα και την τάση σε κάθε αντίσταση.



11. Τρεις αντιστάσεις 4Ω , 6Ω , 12Ω συνδέονται παράλληλα. Σε σειρά με την διάταξη αυτή συνδέουμε μια τέταρτη αντίσταση 60Ω . Η τάση της πηγής είναι $V=120\text{Volt}$. Να υπολογίσετε:

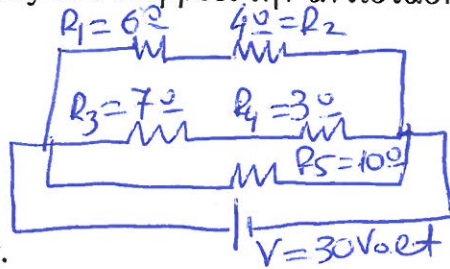
- Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει την πηγή.
- Την τάση που επικρατεί στα άκρα του αντιστάτη $R_3=12\Omega$.
- Να βρείτε τις εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν κάθε αντίσταση.

12. Δυο αντιστάσεις $R_1=20\Omega$ και $R_2=80\Omega$ συνδέονται παράλληλα. Η διάταξη αυτή συνδέεται με άγνωστη αντίσταση R_x σε σειρά. Στα άκρα του κυκλώματος συνδέουμε τάση $V=150\text{Volt}$ και τότε η ένταση του ρεύματος της πηγής είναι $I=6\text{A}$. Να υπολογίσετε:

- Την τιμή της αντίστασης R_x
- Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τις αντιστάσεις R_1 και R_2 .

13. Για το κύκλωμα του σχήματος δίνεται $R_1=2\Omega$, $R_2=7\Omega$, $R_3=3\Omega$ και $R_4=40\Omega$.

Αν η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση R_1 είναι 10A να βρεθεί:



- α) Η τάση στα της πηγής.
- β) Η διαφορά δυναμικού στα άκρα κάθε αντίστασης.
- γ) Η ένταση του ρεύματος στα άκρα κάθε αντίστασης.

14. Δυο αντιστάσεις $R_1=40\Omega$ και $R_2=30\Omega$ συνδέονται σε σειρά και στα άκρα του κυκλώματος εφαρμόζεται τάση $V=140\text{Volt}$.

- α) Να υπολογίσετε την ισχύ κάθε αντίστασης.
- β) Αν παράλληλα στην αντίσταση R_1 συνδέσουμε μια νέα αντίσταση $R_3=40\Omega$ να βρεθεί η νέα τιμή όλων των ρευμάτων.
- γ) Ποιο το ποσοστό μεταβολής της ισχύος σε κάθε αντίσταση.

15. Δυο αντιστάσεις $R_1=15\Omega$ και $R_2=5\Omega$ συνδέονται σε σειρά και η όλη διάταξη συνδέεται παράλληλα με αντίσταση $R_3=30\Omega$. Αν το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση R_3 είναι 2A να βρεθεί:

- α) Το ρεύμα που διαρρέει και τις άλλες αντιστάσεις.
- β) Η τάση της πηγής.
- γ) Η ισχύς που διαρρέει κάθε αντίσταση.
- δ) Η θερμότητα που καταναλώνει κάθε αντίσταση σε χρόνο $t=2\text{min}$.

16. Ένα ηλεκτρικό σίδερο έχει πάνω του τις ενδείξεις (220V/1100W).

- α) Να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος όταν λειτουργεί κανονικά και την αντίσταση του.
- β) Ποία η ισχύς που δίνει αν το συνδέσουμε σε τάση 110V.
- γ) Πόσο κοστίζει η χρήση του για 2h κάθε μέρα επί ένα μήνα αν κάθε kWh κοστίζει 0,1 ευρώ.
- δ) Με τι αντίσταση πρέπει να το συνδέσουμε σε σειρά ώστε να λειτουργεί κανονικά σε τάση 440 Volt.

17. Μια θερμική συσκευή φέρει τις ενδείξεις (200V/100W) και συνδέεται σε σειρά με αντίσταση $R=100\Omega$.

- α) Να υπολογίσετε το ρεύμα κανονικής του λειτουργίας και την αντίσταση του.
- β) Να βρείτε την ισχύ στην αντίσταση R τότε.
- γ) Την ενέργεια που καταναλώνει η συσκευή σε χρόνο $t=2\text{min}$.
- δ) Το κόστος λειτουργίας της συσκευής αν λειτουργήσει για 10h κάθε μέρα επί 3 μήνες αν κάθε kWh κοστίζει 0,1 ευρώ.

18. Δυο αντιστάσεις έχουν τιμή $R_1=8\Omega$ και $R_2=24\Omega$ και συνδέονται παράλληλα. Τα άκρα της συνδεσμολογίας συνδέονται με πηγή E , $r=2,5\Omega$. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την $R_1=8\Omega$ είναι 3A.

α) Να βρείτε την πολική τάση.

β) Να υπολογίσετε την ΗΕΔ.

γ) Να βρείτε την ισχύ που δίνει η πηγή στο κύκλωμα. Τι ποσοστό από αυτό πηγαίνει στους αντιστάτες.

19. Τρεις αντιστάσεις $R_1=7\Omega$, $R_2=3\Omega$ και $R_3=4\Omega$ συνδέονται σε σειρά με πηγή $E=45\text{Volt}$ και $r=1\Omega$. Να βρείτε:

α) Το ρεύμα του κυκλώματος.

β) Το ρεύμα βραχυκυκλώσεως.

γ) Την πολική τάση και την ισχύ σε κάθε στοιχείο του κυκλώματος.

20) Δυο αντιστάσεις $R_1=20\Omega$ και $R_2=80\Omega$ συνδέονται παράλληλα. Σε σειρά με αυτές συνδέεται αντίσταση $R_3=30\Omega$. Στα άκρα του κυκλώματος συνδέουμε πηγή $E=25\text{Volt}$ και εσωτερικής αντίστασης r . Αν η ισχύς στην αντίσταση R_2 είναι 0,8W να βρεθεί:

α) Η εσωτερική αντίσταση της πηγής.

β) Η πολική τάση της πηγής.

γ) Την ισχύ της εσωτερικής αντίστασης της πηγής.

ΦΥΣΙΚΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ Β' ΛΥΚΕΙΟΥ**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3****ΤΟ ΦΩΣ****Θεωρίες για το φως**

Το φως έχει την ιδιότητα να συμπεριφέρεται διπλά και ως σωματίο και ως κύμα. Συγκεκριμένα σύμφωνα με την **ηλεκτρομαγνητική θεωρία του Maxwell** το φως είναι εγκάρσια ηλεκτρομαγνητικά κύματα, τα οποία ξεκινούν από την φωτεινή πηγή και διαδίδονται προς όλες τις κατευθύνσεις. Αποτελείται από ένα ηλεκτρικό και ένα μαγνητικό κύμα τοπικά και χρονικά μεταβαλλόμενα κάθετα μεταξύ τους. Τα κύματα αυτά είναι συμφασικά και έχουν την ίδια ταχύτητα.

Η θεμελιώδης εξίσωση της κυματικής παίρνει την μορφή $c = \lambda f$ όπου c η ταχύτητα του φωτός, λ το μήκος κύματος και f η συχνότητα του φωτός. ($f = 1/T$). Το ορατό φως βρίσκεται σε μήκη κύματος από 400nm έως 700nm.

Προβλήματα όμως που αφορούν την αλληλεπίδραση ακτινοβολίας και ύλης δεν μπορούσαν να εξηγηθούν με την παραπάνω θεωρία. Κλασσικό παράδειγμα είναι το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο σύμφωνα με το οποίο όταν φως προσπίπτει σε μεταλλική επιφάνεια εκπέμπονται από αυτό ηλεκτρόνια. Το φαινόμενο θυμίζει κρούση και δεν μπορεί να εξηγηθεί με την παραδοχή ότι το φως είναι κύμα. Αυτό οδήγησε τον Planck στην κβαντική θεωρία

Σύμφωνα με την **κβαντική θεωρία του Planck** το φως εκπέμπεται και απορροφάται από τα άτομα της ύλης όχι κατά συνεχή τρόπο αλλά ασυνεχώς. Κάθε άτομο εκπέμπει ή απορροφά στοιχειώδη ποσά ενέργειας που λέγονται κβάντα φωτός ή φωτόνια, το καθένα από τα οποία χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένη συχνότητα και συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας E .

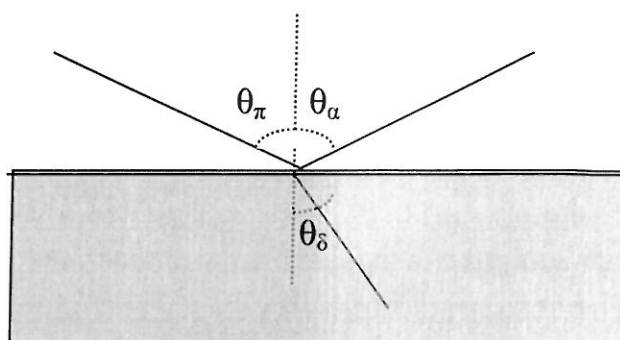
Η ενέργεια αυτή σχετίζεται με την συχνότητα σύμφωνα με την σχέση $E = hf$ με h μια σταθερά που λέγεται σταθερά του Planck και ισούται με $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$.

Έμφαση πρέπει να δοθεί στο γεγονός ότι η κυματική φύση του φωτός δεν αναιρεί την σωματιδιακή και αντίστροφα. Έτσι μπορούμε να πούμε ότι και οι δυο θεωρίες ισχύουν ταυτόχρονα. Από συνδυασμό της σχέσης $c = \lambda f$ και $E = hf$ προκύπτει και η σχέση:

$$E = h \frac{c}{\lambda}$$

Ανάκλαση και διάθλαση του φωτός.

Όταν το οπτικό κύμα συναντήσει την διαχωριστική επιφάνεια που χωρίζει το αρχικό μέσο διάδοσης με κάποιο άλλο οπτικό μέσο τότε ένα μέρος της δέσμης ανακλάται προς το αρχικό μέσο και το άλλο μέρος διαδίδεται στο νέο οπτικό μέσο. Το πρώτο φαινόμενο λέγεται ανάκλαση του φωτός και το δεύτερο διάθλαση. Αποδεικνύεται ότι η γωνία προσπτώσεως είναι ίση με την γωνία ανακλάσεως $\theta_{\pi} = \theta_{\alpha}$, ενώ η γωνία διάθλασης είναι μικρότερη από την γωνία προσπτώσεως $\theta_{\delta} < \theta_{\pi}$ όταν το φως πηγαίνει από οπτικά αραιότερο σε οπτικά πυκνότερο μέσο. (π.χ από τον αέρα στο νερό). Παράδειγμα του παραπάνω φαινομένου είναι το γεγονός ότι ένα αντικείμενο που βρίσκεται στο νερό φαίνεται σε διαφορετική θέση από ότι πραγματικά είναι.



Όταν όμως το φως πηγαίνει από το οπτικά πυκνότερο στο οπτικά αραιότερο τότε η γωνία διάθλασης είναι μεγαλύτερη από την γωνία προσπτώσεως $\theta_{\delta} > \theta_{\pi}$

Ο λόγος της αλλαγής διεύθυνση του φωτός στο νέο μέσο είναι η αλλαγή της ταχύτητας του φωτός όταν αλλάζει μέσο διάδοσης.

Δείκτης διάθλασης.

Ορίζουμε σαν δείκτη διάθλασης n ενός υλικού το πηλίκο:

$$n = \frac{c_0}{c}$$

όπου c_0 η ταχύτητα του φωτός στο κενό και c η ταχύτητα του φωτός στο μέσο. Προφανώς πάντα ισχύει $n > 1$.

Η συχνότητα μιάς ακτινοβολίας δεν αλλάζει γιατί όταν το φως συναντά την διαχωριστική επιφάνεια δυο μέσων δεν υπάρχει κάποιος μηχανισμός που να καταστρέφει μήκη κύματος ή να δημιουργεί καινούργια. Έτσι ο αριθμός των μήκων κύματος στην μονάδα του χρόνου που προσπίπτουν σε μια επιφάνεια είναι ίδιος με τον αριθμό των μήκων κύματος που εξέρχονται από αυτόν. Η συχνότητα λοιπόν μια ακτινοβολίας μένει σταθερή και εξαρτάται μόνο από την πηγή παραγωγής του φωτός.

Επειδή σε κάθε αλλαγή μέσου η συχνότητα της ακτινοβολίας δεν αλλάζει θα ισχύει ότι:

$$n = \frac{c_o}{c} = \frac{\lambda_o f}{\lambda f} \Rightarrow \lambda = \frac{\lambda_o}{n}$$

Προφανώς το μήκος κύματος έχει την μέγιστη τιμή του στο κενό.

Θα αποδείξουμε εδώ ότι το φως έχει μεγαλύτερη ταχύτητα και μεγαλύτερο μήκος κύματος στο οπτικά αραιότερο μέσο.

Έστω δυο μέσα με $n_1 > n_2$ θα έχουμε:

$$n_1 = \frac{c_o}{c_1} \text{ και } n_2 = \frac{c_o}{c_2}$$

$$\text{Διαιρούμε κατά μέλη και έχουμε } \frac{n_1}{n_2} = \frac{c_o / c_1}{c_o / c_2} \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{c_2}{c_1}$$

επομένως αφού $n_1 > n_2$ θα ισχύει και $c_2 > c_1$

Ακριβώς με τον ίδιο τρόπο γίνεται και η απόδειξη για τα μήκη κύματος.

Έστω δυο μέσα με $n_1 > n_2$ θα έχουμε:

$$n_1 = \frac{\lambda_o}{\lambda_1} \text{ και } n_2 = \frac{\lambda_o}{\lambda_2}$$

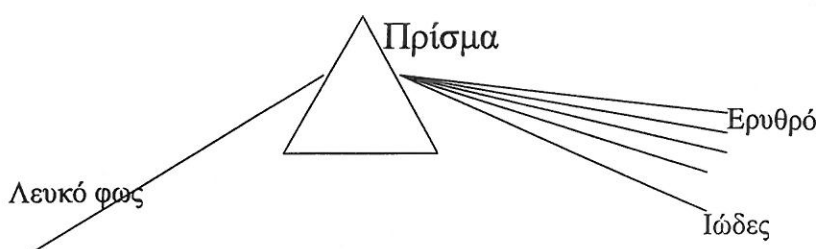
$$\text{Διαιρούμε κατά μέλη και έχουμε } \frac{n_1}{n_2} = \frac{\lambda_o / \lambda_1}{\lambda_o / \lambda_2} \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

επομένως αφού $n_1 > n_2$ θα ισχύει και $\lambda_2 > \lambda_1$.

Ανάλυση λευκού φωτός.

Διασκεδασμός ονομάζεται η εξάρτηση της ταχύτητας του φωτός και του δείκτη διαθλάσεως από το μήκος κύματος.

Αφού ο δείκτης διαθλάσεως εξαρτάται από το μήκος κύματος αν λευκό φως πέσει πάνω σε πρίσμα θα εξέλθει από αυτό με διαφορετική γωνία εκτροπής για κάθε μονοχρωματική δέσμη αφού κάθε μήκος κύματος αντιστοιχεί σε διαφορετικό χρώμα. Έτσι δημιουργείται μια πολύχρωμη συνεχή ταινία που λέγεται φάσμα του λευκού φωτός.



Τα χρώματα με σειρά μείωσης του μήκους κύματος είναι ερυθρό, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο, μπλε, ιώδες. Τα συνολικά συμπεράσματα που αποτελούν και τα χαρακτηριστικά του φωτός στη διάδοση του είναι:

- Κάθε μονοχρωματική ακτίνα φωτός έχει σε ένα μέσο ένα μήκος κύματος, που είναι η ταυτότητα του χρώματος αυτού.
- Ο δείκτης διάθλασης έχει διαφορετική τιμή για κάθε χρώμα. Είναι αντίστροφα ανάλογος του μήκους κύματος
- Η γωνία εκτροπής κάθε χρώματος είναι αντιστρόφως ανάλογη του μήκους κύματος.

Εφαρμογή του παραπάνω φαινομένου είναι το ουράνιο τόξο, όπου το φως που έρχεται πίσω από τον παρατηρητή αφού διαθλαστεί και υποστεί ολική ανάκλαση στις σταγόνες της βροχής εξέρχεται από αυτές και κατευθύνεται στα μάτια του. Λόγω του διασκεδασμού έχω διάθλαση των χρωμάτων σε διαφορετικές γωνίες και έτσι την ανάλυση του φωτός.

Υπεριώδης και υπέρυθρη ακτινοβολία.

Η ορατή περιοχή του φωτός είναι από 400nm (ιώδες) έως 700nm (ερυθρό). Το φάσμα όμως δεν περιορίζεται σε αυτά τα όρια και απόδειξη είναι πως η φωτογραφική πλάκα ενός φασματογράφου αμαυρώνεται κάτω από αυτά τα όρια. Η ακτινοβολία αυτή λέγεται υπεριώδης και έχει μήκος κύματος από 1 έως 400nm. Οι ιδιότητες της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι οι εξής:

- Προκαλεί αμαύρωση των φωτογραφικών πλακών.
- Προκαλεί τον φθορισμό, δηλαδή όταν πέφτει σε κάποια σώματα αυτά εκπέμπουν σε διάφορες ορατές ακτινοβολίες.
- Συμμετέχει στην μετατροπή του οξυγόνου σε όζον.
- Όταν απορροφάται από διάφορα σώματα, προκαλεί την θέρμανση τους.
- Όταν έχει μικρό μήκος κύματος προκαλεί βλάβη στο δέρμα (ηλιοθεραπεία)
- Χρησιμοποιείται στην ιατρική για αποστείρωση εργαλείων.

Η ακτινοβολία με μήκη κύματος μεγαλύτερα από αυτό του ερυθρού λέγεται υπέρυθρη και προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας των στερεών σωμάτων. Γίνεται αντιληπτή αν τοποθετήσουμε ένα θερμόμετρο πέρα από το ερυθρό κατά την ανάλυση του λευκού φωτός. Τα όρια της ακτινοβολίας αυτής είναι από 700nm έως 10^6 nm. Οι ιδιότητες της ακτινοβολίας αυτής είναι.

- Απορροφάται από ορισμένα σώματα και αυξάνει την θερμοκρασία τους.
- Διέρχεται μέσα από την ομίχλη και τα σύννεφα.
- Δεν έχει χημική δράση και δεν προκαλεί φθορισμό.
- Χρησιμοποιούνται στην ιατρική για μετάδοση θερμότητας σε ορισμένες περιοχές του σώματος, και στην φωτογραφία σε συννεφιά ή ομίχλη.

Φάσματα εκπομπής - φάσματα απορρόφησης

Φασματοσκόπιο η φασματογράφος πρίσματος είναι όργανο ανάλυσης και μελέτης μιας δέσμης φωτός. Το φως εισέρχεται στον κατευθυντήρα και εξέρχεται από αυτόν με ακτίνες παράλληλες, αναλύεται σε πρίσμα και έπειτα παρατηρείται από μια διόπτρα.

Το φάσμα της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από μια φωτεινή πηγή λέγεται φάσμα εκπομπής. Το φως διαφέρει ανάλογα με την πηγή και αν αυτή είναι στερεό ή υγρό τότε αυτό είναι μια συνεχής ταινία χρωμάτων. Τότε έχουμε ένα συνεχές φάσμα εκπομπής. Αν η πηγή είναι φως που προέρχεται θερμά αέρια ή ατμούς τότε το φάσμα αποτελείται από διάκριτες χρωματιστές γραμμές. Τότε έχουμε ένα γραμμικό φάσμα εκπομπής.

Αν παρεμβάλουμε ανάμεσα στην πηγή τον κατευθυντήρα ένα υλικό μέσο τότε θα παρατηρήσουμε στο φάσμα να λείπουν ορισμένες περιοχές και να έχουμε σκοτεινές περιοχές. Τότε έχουμε φάσμα απορρόφησης. Παρόμοια με τα φάσματα εκπομπής και τα φάσματα απορρόφησης χωρίζονται σε συνεχή και γραμμικά ανάλογα με το υλικό μέσο.

ΤΟ ΦΩΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ

(Δίνεται όπου χρειάζεται $h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, $c_0=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

1. Το μήκος κύματος, στο κενό, μιας μονοχρωματικής δέσμης φωτός είναι $\lambda=500 \text{ nm}$. Να βρείτε :

- τη συχνότητά της.
- την περίοδό της.
- την ενέργεια 100 φωτονίων αυτής της ακτινοβολίας.
- πόσα μήκη κύματος αυτής της ακτινοβολίας περιλαμβάνονται σε 5 cm αέρα.

2. Ένας ραδιοφωνικός σταθμός εκπέμπει με μήκος κύματος 6 m. Να υπολογίσετε

- την ενέργεια ενός φωτονίου της ακτινοβολίας αυτής.
- τον αριθμό των φωτονίων που εκπέμπονται ανά δευτερόλεπτο, αν η ισχύς που ακτινοβολείται είναι 3,315kW.

3. Μονοχρωματική ακτινοβολία διαδίδεται στον αέρα. Αν

- Να βρείτε τη συχνότητα και την περίοδο μονοχρωματικής ακτινοβολίας που το μήκος κύματός της στον αέρα είναι 600 nm.
 - Να βρείτε πόσα μήκη κύματος αυτής της ακτινοβολίας περιλαμβάνονται σε 1,5 cm αέρα.
 - την ενέργεια ενός φωτονίου της ακτινοβολίας αυτής.
- Δίνεται :

4. Ποιος είναι ο λόγος της ενέργειας ενός φωτονίου με μήκος κύματος $\lambda_1=450 \text{ nm}$ (μπλε φως), προς την ενέργεια ενός φωτονίου με μήκος κύματος $\lambda_2=630 \text{ nm}$ (κόκκινο φως);

β. Το πιο αδύνατο φως που μπορεί να αισθανθεί το ανθρώπινο μάτι είναι περίπου 100 φωτόνια ανά δευτερόλεπτο. Πόση ολική ενέργεια ανά δευτερόλεπτο μπαίνει στο μάτι, για αυτόν το ρυθμό ροής φωτονίων, αν το φως έχει μήκος κύματος 400 nm;

5. Μια μονοχρωματική ακτινοβολία έχει μήκος κύματος 630 nm (στο κενό).

- Ποιο είναι το μήκος κύματός της όταν διαδίδεται μέσα σε γυαλί που έχει δείκτη διάθλασης $n=1,5$;
- Οι δείκτες διάθλασης της στεφανυάλου και της πυριτυάλου, για κάποια συχνότητα φωτεινής ακτινοβολίας, είναι $3/2$ και $5/3$, αντίστοιχα. Πόσο μειώνεται η ταχύτητα μιας φωτεινής ακτινοβολίας αυτής της συχνότητας όταν διέρχεται από τη στεφανύαλο στην πυριτύαλο; Ποιο το ποσοστό αυτής της μείωσης.

6. Μονοχρωματική ακτινοβολία μήκους κύματος $\lambda_0 = 500 \text{ nm}$ περνάει από το κενό σε διαφανές υλικό, μέσα στο οποίο το μήκος κύματός της μεταβάλλεται κατά το $1/3$ της αρχικής του τιμής. Να βρείτε:

- α. το δείκτη διάθλασης του διαφανούς υλικού.
- β. την ταχύτητα διάδοσης της ακτινοβολίας στο διαφανές υλικό.
- γ. το λόγο της περιόδου της ακτινοβολίας στο διαφανές υλικό προς την περίοδό της στον αέρα.
- δ) Πόσο μεταβλήθηκε η ενέργεια της ακτινοβολίας.

7. Μονοχρωματική ακτινοβολία έχει $\lambda = 400 \text{ nm}$ όταν διαδίδεται στο γυαλί με $n = 1,5$. Να βρείτε :

- α) Αν είναι ορατή ή όχι.
- β) Τη συχνότητά της και το μήκος κύματος της στο κενό
- γ) Την ταχύτητα της στο γυαλί.
- δ) Την ενέργεια που μεταφέρουν 10^8 φωτόνια αυτής της ακτινοβολίας.

8. Μονοχρωματική ακτινοβολία όταν διαδίδεται στη στεφανύαλο έχει ταχύτητα $c_1 = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ και όταν διαδίδεται στην πυριτύαλο έχει ταχύτητα $c_2 = 1,5 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Να βρείτε :

- α) Τους δείκτες διάθλασης των δύο οπτικών μέσων,
- β) Το λόγο των μηκών κύματος λ_1/λ_2 στα δύο οπτικά μέσα,
- γ) Το λόγο των ενεργειών στα δύο οπτικά μέσα,
- δ) Το ποσοστό μεταβολής της ταχύτητας από μέσο σε μέσο

9. Μια ακτινοβολία συχνότητας $f = 5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ έχει ταχύτητα σε ένα υλικό μειωμένη κατά 20% από αυτό που θα είχε στο κενό.

- α) Να βρεθεί η ταχύτητα στο υλικό αυτό.
- β) Να βρεθεί το μήκος κύματος της στο υλικό και στο κενό.
- γ) Να βρεθεί ο δείκτης διάθλασης του υλικού

10. Μονοχρωματική ακτινοβολία έχει $\lambda = 900 \text{ nm}$ όταν διαδίδεται στο γυαλί με $n = 1,5$. Να βρείτε :

- α) Αν είναι ορατή ή όχι. Σε ποιο μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος ανήκει;
- β) Τη συχνότητά της και την ταχύτητα της στο γυαλί.
- γ) Πόσα φωτόνια αυτής της ακτινοβολίας έχουν ενέργεια 1 Joule;

11. Μονοχρωματική ακτινοβολία έχει $\lambda_0 = 150 \text{ nm}$ και περνάει από τον αέρα σε διαφανές υλικό με δείκτη διάθλασης $n = 4/3$. Να βρείτε :

- α) Το ποσοστό μείωσης του μήκους κύματος
- β) Το λόγο της περιόδου της ακτινοβολίας στο διαφανές υλικό προς την περίοδό της στον αέρα.

γ) Την ταχύτητα διάδοσής της στο διαφανές υλικό.

12. Η ενέργεια ενός φωτονίου είναι $E_{\phi}=13,2 \cdot 10^{-19} \text{J}$.

α) Πόσο είναι το μήκος κύματος της ακτινοβολίας όταν διαδίδεται στο κενό;

β) Η ακτινοβολία είναι ορατή ή όχι;

γ) Αν η ακτινοβολία αυτή περάσει από το κενό σε υλικό με δείκτη διάθλασης $n=1,5$ πόσο θα γίνει το μήκος κύματός της και πόση η ενέργεια που θα μεταφέρουν τα φωτόνιά

13. Το μήκος κύματος, στο κενό, μιας μονοχρωματικής δέσμης φωτός είναι $\lambda=300 \text{ nm}$. Να βρείτε τη συχνότητά της. Αν η ίδια ακτινοβολία διαδοθεί μέσα σε διαφανές υλικό πάχους $d=2 \text{ cm}$ με δείκτη διάθλασης $n=1,2$ να βρείτε το μήκος κύματός της και την ταχύτητα διάδοσής της στο διαφανές υλικό. Πόσο χρόνο κάνει για να το διαπεράσει;

14. Η ακτίνα της Γης είναι 6370 km . Αν το φως μπορούσε να κινηθεί κυκλικά, να υπολογίσετε πόσες φορές θα μπορούσε να κάνει το γύρο της Γης μέσα σε ένα δευτερόλεπτο.

15. Μονοχρωματική ακτινοβολία διαδίδεται στον αέρα. Να βρείτε τη συχνότητα και την περίοδο μονοχρωματικής ακτινοβολίας που το μήκος κύματός της στον αέρα είναι 400 nm . Να βρείτε πόσα μήκη κύματος αυτής της ακτινοβολίας περιλαμβάνονται σε $1,5 \text{ cm}$ αέρα.

16. Μονοχρωματική ακτινοβολία έχει μήκος κύματος στον αέρα $\lambda_0=450 \text{ nm}$. Να βρείτε πόσα μήκη κύματος της ακτινοβολίας αυτής περιλαμβάνονται σε α) 2 cm αέρα και β) σε 1 cm γυαλιού με δείκτη διάθλασης $n=5/3$.

17. Ο δείκτης διάθλασης ενός διαφανούς υλικού (1) είναι για κάποια συχνότητα φωτεινής ακτινοβολίας ίσος με $n_1=1,2$. Ο δείκτης διάθλασης ενός άλλου υλικού (2) είναι για την ίδια ακτινοβολία ίσος με $n_2=1,5$.

α) Πόσο % μειώνεται η ταχύτητα της ακτινοβολ

ίας, όταν αυτή διέρχεται από το υλικό (1) στο υλικό (2);

β) Πόσο % μεταβάλλεται το μήκος κύματος της ακτινοβολίας, όταν αυτή διέρχεται από το υλικό (1) στο υλικό (2);

18. Μονοχρωματική ακτινοβολία όταν διαδίδεται στο γυαλί έχει ταχύτητα $c_1=2,4 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ και μήκος κύματος 400 nm . Όταν διαδίδεται στο κενό η ταχύτητα μεταβάλλεται κατά 25%.

α) Ποια είναι η ταχύτητά της στο κενό;

β) Ποιο είναι το μήκος κύματός της στο κενό;

- γ) Να βρείτε το δείκτη διάθλασης του γυαλιού.
- δ) Να βρείτε τη συχνότητά της.
- ε) Να βρείτε την ενέργεια 100 φωτονίων της.
- ζ) Σχεδιάστε τη πορεία μιας ακτίνας κατά την είσοδό της από το γυαλί στο κενό. (θεωρείστε ότι $\theta_{\Pi}=30^{\circ}$)

19. Μονοχρωματική ακτινοβολία έχει μήκος κύματος $\lambda_0 = 450\text{nm}$.

- α) Ποια είναι η ταχύτητά του σε διαφανές υλικό με $n = 1,5$;
- β) Ποιο είναι το μήκος κύματός της σε διαφανές υλικό με $n = 1,5$;
- γ) Να βρείτε τη συχνότητά της.
- δ) Να βρείτε την ενέργεια 10^6 φωτονίων της.
- ε) Να βρείτε πόσα μήκη κύματος της ακτινοβολίας αυτής περιλαμβάνονται σε 2cm του διαφανούς υλικού με δείκτη διάθλασης $n = 1,5$.
- ζ) Την % μεταβολή της ταχύτητάς της και του μήκους κύματός της κατά τη μετάβασή της από τον αέρα στο διαφανές υλικό με $n = 1,5$

20. Ένα πλανήτης απέχει από την Γη 30 έτη φωτός. Πόσα χρόνια θέλει να φτάσει εκεί ένα συμβατικό διαστημόπλοιο με ταχύτητα $u = 3000\text{m/s}$.

]

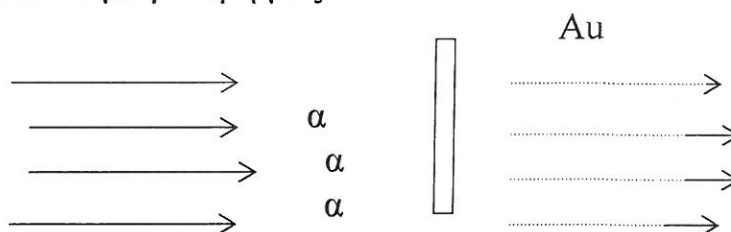
ΦΥΣΙΚΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ Β' ΛΥΚΕΙΟΥ**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4****ΑΤΟΜΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ****Πρότυπο Thomson.**

Στο ερώτημα πως κατανέμεται η μάζα και το φορτίο στο εσωτερικό του ατόμου δόθηκε η απάντηση πρώτα από τον Thomson, σύμφωνα με το οποίο το άτομο αποτελείται από μια σφαίρα θετικού φορτίου με τα ηλεκτρόνια ενσωματωμένα σε αυτό. Στο σύνολο του το άτομο είναι ουδέτερο.

Πρότυπο Rutherford

Ο Rutherford σε πείραμα ακτινοβόλησε με σωμάτια α (Πυρήνες ηλίου) λεπτά φύλλα χρυσού. Η δέσμη δεν θα έπρεπε να αποκλίνει σύμφωνα με το πρότυπο Thomson πολύ γιατί: α) Το ολικό φορτίο του ατόμου είναι μηδέν και έτσι δεν έχω καμιά ηλεκτρική δύναμη στα σωμάτια. β) Λόγω ομοιομορφίας δεν ασκεί απωστική δύναμη στα σωμάτια όσο βρίσκονται μέσα στο άτομο.

γ) Η σύγκρουση των σωματίων α με τα ηλεκτρόνια δεν τα επηρεάζει γιατί τα ηλεκτρόνια έχουν πολύ μικρότερη μάζα.



Παρατηρήθηκε όμως ότι αρκετά σωμάτια α αποκλίνουν ενώ κάποια αποκλίνουν κατά 180° .

Αυτό σημαίνει πως σε κάποια σημεία υπάρχει συγκέντρωση θετικού φορτίου (πυρήνες) και ασκούν μεγάλες δυνάμεις στα σωμάτια α.

Άρα λοιπόν σύμφωνα με τον Rutherford το άτομο αποτελείται από μικρή περιοχή στην οποία είναι συγκεντρωμένο όλο το θετικό φορτίο και σχεδόν όλη η μάζα του ατόμου. Το υπόλοιπο μέρος του ατόμου είναι κενό. Η περιοχή αυτή ονομάζεται πυρήνας. Ο πυρήνας περιβάλλεται από ηλεκτρόνια που κινούνται σε κυκλικές τροχιές όπως οι πλανήτες γύρω από τον Ήλιο γιατί αν ήταν ακίνητα θα έπεφταν πάνω σε αυτόν. Η ελκτική δύναμη Coulomb παίζει το ρόλο κεντρομόλου δύναμης. (Πλανητικό μοντέλο)

Ατομικά φάσματα.

Αν εφαρμόσουμε τάση σε αέριο σε χαμηλή πίεση εκπέμπεται φως. Αν αυτό αναλυθεί με πρίσμα μας δίνει το γραμμικό φάσμα εκπομπής το οποίο είναι χαρακτηριστικό για κάθε αέριο. Το αέριο όμως μπορεί και να απορροφά φως. Αν φωτίσουμε με πηγή ένα πρίσμα πίσω από το οποίο έχει τοποθετηθεί πέτασμα θα παρατηρήσουμε συνεχές φάσμα. Αν τοποθετήσουμε ανάμεσα στην πηγή και στο πρίσμα γυάλινο δοχείο που περιέχει αέριο η συνεχής ταινία διακόπτεται από σκοτεινές γραμμές ακριβώς στις περιοχές που εμφανιζόταν το γραμμικό φάσμα εκπομπής. Συνεπώς καταλήγουμε στα γενικά συμπεράσματα ότι:

α) Το φάσμα εκπομπής ή απορρόφησης ενός αερίου αποτελείται από ορισμένες φασματικές γραμμές που είναι χαρακτηριστικές του αερίου. Κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε ορισμένη συχνότητα.

β) Κάθε γραμμή του φάσματος απορρόφησης του αερίου συμπίπτει με μια γραμμή του φάσματος εκπομπής. Δηλαδή κάθε αέριο απορροφά μόνο εκείνες τις ακτινοβολίες τις οποίες μπορεί να εκπέμπει.

Κατάριψη πρότυπου Rutherford

Το μοντέλο Rutherford δεν εξηγεί τα γραμμικά φάσματα των αερίων και αυτή είναι και η αιτία που τελικά καταρρίπτεται. Αν ίσχυε το πρότυπο αυτό τα φάσματα των αερίων θα έπρεπε να είναι συνεχή. Η εξήγηση έχει ως εξής: Κάθε σωματίδιο που έχει επιτάχυνση σύμφωνα με την ηλεκτρομαγνητική θεωρία εκπέμπει ακτινοβολία. Συνεπώς όταν ακτινοβολεί το άτομο θα έπρεπε να μειώνεται συνεχώς η ενέργεια του ηλεκτρονίου, και αυτό κινούμενο σε σπειροειδή τροχία να πέσει πάνω στον πυρήνα. Η συχνότητα της ακτινοβολίας θα ήταν ίση με αυτή του ηλεκτρονίου η οποία συνεχώς μειώνεται, άρα το φάσμα θα έπρεπε να ήταν συνεχές αφού το ηλεκτρόνιο περνάει από κάθε δυνατή ακτίνα και εκπέμπεται ενέργεια κάθε δυνατής συχνότητας, και όχι γραμμικό όπως είναι στην πράξη.

Πρότυπο Bohr.

Λόγω της αδυναμίας να εξηγηθεί ο λόγος που το υδρογόνο εκπέμπει μόνο ορισμένα μήκη κύματος και γιατί απορροφά μόνο τα μήκη κύματος που εκπέμπει δόθηκε μια ερμηνεία από τον Bohr που στηρίζεται στις 4 παρακάτω παραδοχές.

- Το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου περιφέρεται γύρω από τον θετικά φορτισμένο πυρήνα με την επίδραση της δύναμης Coulomb που δέχεται από αυτόν.
- Το ηλεκτρόνιο κινείται μόνο σε ορισμένες τροχιές που λέγονται επιτρεπόμενες τροχιές. Αυτές είναι εκείνες για τις οποίες ισχύει ότι η στροφορμή του ηλεκτρονίου είναι κβαντωμένη και ίση με ακέραιο πολλαπλάσιο της ποσότητας $h = \frac{h}{2\pi}$, όπου h η σταθερά του Plank. Η

στροφορμή του ηλεκτρονίου δίνεται από την εξίσωση: $L = mvr$ επομένως θα έχουμε:

$$mvr = n \frac{h}{2\pi} \text{ όπου } n \text{ ο κύριος κβαντικός αριθμός } 1, 2, 3, \dots$$

- Όταν το ηλεκτρόνιο κινείται σε ορισμένη επιτρεπόμενη τροχιά δεν εκπέμπει ακτινοβολία. Η παραδοχή αυτή έρχεται σε αντίθεση με την ηλεκτρομαγνητική θεωρία.
- Όταν το ηλεκτρόνιο μεταπηδήσει από μια τροχιά σε άλλη μικρότερης ενέργειας τότε εκπέμπεται ένα φωτόνιο με ενέργεια ίση με την διαφορά μεταξύ της αρχικής και της τελικής του ενέργειας. Αν E_i η ενέργεια πριν τη μετάβαση, E_f η ενέργεια μετά την μετάβαση και hf η ενέργεια του φωτονίου ισχύει: $E_i - E_f = hf$.

Ολική ενέργεια του ηλεκτρονίου.

Στο υδρογόνο η δύναμη Coulomb μεταξύ πρωτονίου και ηλεκτρονίου ισούται με την κεντρομόλο δύναμη:

$$k \frac{e^2}{r^2} = m \frac{u^2}{r} \Rightarrow u = e \sqrt{\frac{k}{mr}}$$

Η κινητική ενέργεια θα δίνεται από την σχέση $K = \frac{1}{2}mu^2$ άρα:

$$K = k \frac{e^2}{2r}$$

Η δυναμική ενέργεια του ηλεκτρονίου δίνεται από την εξίσωση:

$$U = -k \frac{e^2}{r}$$

Άρα η ολική ενέργεια θα είναι:

$$E = K + U = k \frac{e^2}{2r} + (-k \frac{e^2}{r}) = -k \frac{e^2}{2r}$$

Η ενέργεια του ηλεκτρονίου ουσιαστικά είναι η ενέργεια του συστήματος πρωτόνιο – ηλεκτρόνιο και είναι αρνητική κάτι που σημαίνει ότι απαιτείται ενέργεια για να απομακρυνθούν αυτά σε άπειρη απόσταση μεταξύ τους. Η ενέργεια αυτή μετριέται σε eV που είναι ίσο με $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ joule}$.

Επιτρεπόμενες τροχιές και τιμές ενέργειας

Από την κβάντωση της στροφορμής και τον νόμο του νεύτωνα για το ηλεκτρόνιο έχουμε:

$$k \frac{e^2}{r^2} = m \frac{u^2}{r} \Rightarrow mu^2 r = ke^2 \quad (1)$$

$$mur = nh \Rightarrow u^2 = \frac{n^2 h^2}{m^2 r^2} \quad (2)$$

Από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει λύνοντας ως προς την ακτίνα και απαλείφοντας την ταχύτητα:

$$m \frac{n^2 h^2}{m^2 r^2} r = ke^2 \Rightarrow r = n^2 \frac{h^2}{mke^2}$$

Αντικαταστήνοντας όπου $n=1, 2, 3, \dots$ βρίσκουμε τις ακτίνες των επιτρεπόμενων τροχιών και προφανώς ισχύει:

$$r_n = n^2 r_1 \quad \text{με} \quad r_1 = \frac{h^2}{mke^2} = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m.}$$

Αν αντικαταστήσουμε την ακτίνα στον τύπο της ενέργειας θα έχουμε:

$$E_n = -k \frac{e^2}{2r_n} = -\frac{1}{n^2} \frac{mk^2 e^4}{2h^2}$$

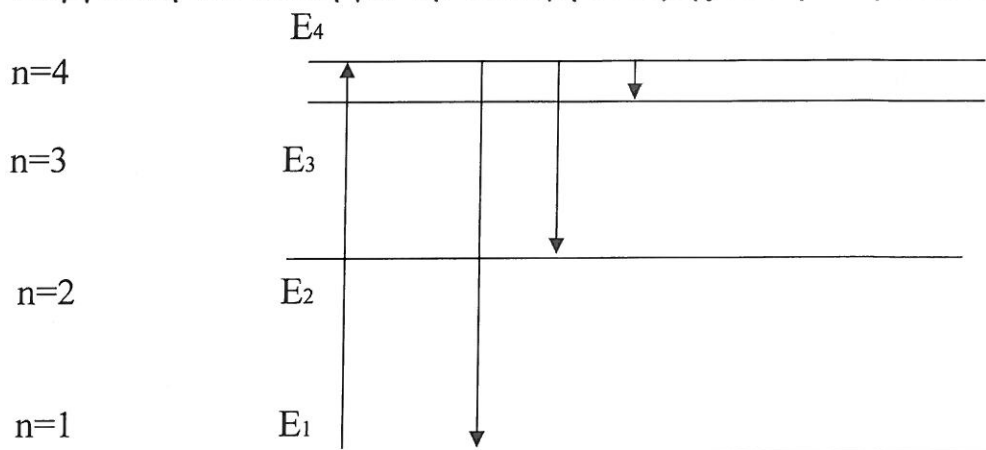
Δηλαδή με $n=1, 2, 3, \dots$ βρίσκουμε τις επιτρεπόμενες στάθμες ενέργειας.

$$E_n = \frac{E_1}{n^2} \quad \text{με} \quad E_1 = -\frac{mk^2 e^4}{2h^2} = -13,6 \text{ eV}$$

Η σημασία του αρνητικού πρόσημου είναι ότι απαιτείται ενέργεια για να απομακρυνθεί το ηλεκτρόνιο σε κάποια περιοχή εκτός του ηλεκτρικού πεδίου του πυρήνα.

Ενεργειακές στάθμες - Ενέργεια ιονισμού

Οι επιτρεπόμενες τιμές της ενέργειας που είδαμε παραπάνω λέγονται ενεργειακές στάθμες και οι αντίστοιχες καταστάσεις του ατόμου λέγονται ενεργειακές καταστάσεις. Η E_1 λέγεται θεμελιώδης κατάσταση και οι υπόλοιπες διεγερμένες καταστάσεις. Το διάγραμμα των ενεργειακών σταθμών δείχνει την ενεργειακή απόσταση για την αλλαγή στάθμης του ηλεκτρονίου.



Η μετάβαση του ηλεκτρονίου από μια τροχιά χαμηλής ενέργειας σε μια άλλη υψηλής χαρακτηρίζεται με ένα κατακόρυφο βέλος με φορά προς τα πάνω και ονομάζεται διέγερση του ατόμου. Η ενέργεια που απαιτείται για την διέγερση του ατόμου ονομάζεται ενέργεια διέγερσης.

Το άτομο αυτό παραμένει στην κατάσταση αυτή για 10^{-8} s, και έπειτα επανέρχεται με ένα άλμα ή με περισσότερα άλματα, οπότε εκπέμπονται αντίστοιχα φωτόνια. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται απόδιέγερση και συμβολίζεται με ένα βέλος που έχει φορά προς τα κάτω στο ενεργειακό διάγραμμα. Η ενέργεια που γίνεται ενέργεια φωτονίου ονομάζεται ενέργεια απόδιέγερσης.

Η απομάκρυνση του ηλεκτρονίου σε περιοχή εκτός του ηλεκτρικού πεδίου του πυρήνα λέγεται ιονισμός του ατόμου. Η ενέργεια που απαιτείται λέγεται ενέργεια ιονισμού και είναι ίση με:

$$E_{\text{iov}} = E_{\infty} - E_1 = -E_1$$

συνεπώς για το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου θα είναι $E_{\text{iov}} = 13,6 \text{ eV}$.

Μηχανισμός παραγωγής και απορρόφησης ακτινοβολίας.

- Διέγερση με κρούση. Όταν σωματίδιο (συνήθως ηλεκτρόνιο) που έχει επιταχυνθεί από κάποια τάση συγκρούσεται με άτομο υδρογόνου τότε το ηλεκτρόνιο μπορεί να απορροφήσει αρκετή ενέργεια ώστε να μεταπηδήσει σε τροχιά μεγαλύτερης ενέργειας, με αποτέλεσμα την διέγερση του ατόμου. Το

διεγερμένο άτομο επανέρχεται μετά από κάποιο χρόνο στην θεμελιώδη κατάσταση με ταυτόχρονη εκπομπή τόσων φωτονίων όσα είναι και τα άλματα που απαιτούνται.

- Διέγερση με απορρόφηση ακτινοβολίας. Αν άτομο υδρογόνου που βρίσκεται στην θεμελιώδη κατάσταση απορροφά φωτόνιο που έχει όση ακριβώς ενέργεια απαιτείται για την διέγερση του, μεταπηδά στην αμέσως επόμενη τροχιά. Μετά από ελάχιστο χρόνο το άτομο επανέρχεται στην προηγούμενη κατάσταση εκπέμποντας ένα φωτόνιο με μήκος κύματος ίσο με το μήκος κύματος του φωτονίου που απορρόφησε. Το φαινόμενο αυτό ερμηνεύει το λόγο που το φάσμα εκπομπής παρουσιάζει μια φωτεινή γραμμή στην θέση της σκοτεινής γραμμής του φάσματος απορρόφησης.

Αφού σύμφωνα με την θεωρία του Bohr όταν το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου μεταπηδήσει από μια αρχική τροχιά κβαντικού αριθμού n_1 σε άλλη n_2 τότε εκπέμπεται φωτόνιο συχνότητας f θα ισχύει για τις ενέργειες.

$$E_1 - E_2 = hf \Rightarrow f = \frac{E_1 - E_2}{h}$$

Επειδή οι τιμές του μήκους κύματος συμφωνούν με τις πειραματικές μπορούμε να περιγράψουμε τα γραμμικά φάσματα του υδρογόνου, αλλά και όλων των στοιχείων που έχουν ένα υδρογόνο στην εξωτερική τους στοιβάδα και λέγονται υδρογονοειδή.

Ακτίνες X.

Ο Roentgen παρατήρησε ότι όταν ηλεκτρόνια που επιταχύνονται από υψηλή τάση, σε γυάλινο σωλήνα που περιέχει αέριο σε χαμηλή πίεση, χτυπήσουν σε μεταλλικό στόχο παράγονται ακτίνες πολύ διεισδυτικές που λέγονται ακτίνες X. Οι ακτίνες αυτές είναι αόρατη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μήκος κύματος 10000 φορές μικρότερο από αυτό του ορατού φωτός.

Το φάσμα των ακτίνων X είναι σύνθετο και γραμμικό και συνεχές:

- Όταν τα κινούμενα ηλεκτρόνια συγκρούονται με τα άτομα της ανόδου αυτά διεγείρονται. Ένα ηλεκτρόνιο των εσωτερικών στοιβάδων του ατόμου μεταπηδά σε άλλη επιτρεπόμενη τροχιά μεγαλύτερης ενέργειας. Η κενή θέση συμπληρώνεται από άλλο ηλεκτρόνιο με ταυτόχρονη εκπομπή φωτονίου. Αφού οι επιτρεπόμενες τιμές της ενέργειας είναι καθορισμένες και οι συχνότητες των φωτονίων θα είναι καθορισμένες. Το φάσμα του φωτός που εκπέμπεται είναι χαρακτηριστικό του υλικού της ανόδου και είναι γραμμικό.
- Τα ηλεκτρόνια της καθόδου επιβραδύνονται λόγω των συγκρούσεων με τα άτομα του στόχου. Η απώλεια της κινητικής του ενέργειας θα είναι ίση με την ενέργεια του φωτονίου που εκπέμπεται.
 $K_1 - K_2 = hf$. Το ηλεκτρόνιο μπορεί να χάσει οποιοδήποτε μέρος της ενέργειας του ή και όλη από την σύγκρουση. Επομένως τα φωτόνια που εκπέμπονται θα έχουν όλες τις δυνατές τιμές της ενέργειας έως

και όλη την αρχική ενέργεια του ηλεκτρονίου. Επομένως το φάσμα της ακτινοβολίας αυτής θα είναι συνεχές.

Ελάχιστο μήκος κύματος $\lambda_{\min}$

Στην περίπτωση που σε μια μόνο κρούση το ηλεκτρόνιο ακινητοποιείται εκπέμπεται ένα φωτόνιο με το μικρότερο δυνατό μήκος κύματος. Σε αυτή την περίπτωση θα ισχύει:

$$hf = K_1$$

Επειδή το ηλεκτρόνιο επιταχύνθηκε από τάση V η αρχική του ενέργεια θα είναι ίση με $K = eV$
άρα θα έχουμε:

$$hf = eV \Rightarrow h \frac{c}{\lambda_{\min}} = eV \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{ch}{eV}$$

Συνεπώς το ελάχιστο μήκος κύματος εξαρτάται μόνο από την τάση ανάμεσα στην άνοδο και την κάθοδο. Προσοχή στο ότι η τιμή αυτή αφορά μόνο την συνεχή τιμή του φάσματος

Απορρόφηση και χρήσεις των ακτίνων X

Όταν ακτίνες X διαπερνούν κάποιο υλικό τότε μέρος της ακτινοβολίας απορροφάται από το υλικό. Η απορρόφηση της ακτινοβολίας εξαρτάται από:

- Την φύση του υλικού. Όσο μεγαλύτερο ατομικό αριθμό έχει το υλικό που απορροφά την ακτινοβολία τόσο μεγαλύτερη είναι και η απορρόφηση της ακτινοβολίας. Αυτό εξηγεί το γεγονός ότι στις ακτινογραφίες τα οστά που αποτελούνται από άτομα μεγαλύτερου ατομικού αριθμού απορροφούν περισσότερη ακτινοβολία, και στις ακτινογραφίες φαίνονται λευκά.
- Το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Όσο μεγαλύτερο μήκος κύματος έχει η ακτινοβολία τόσο μεγαλύτερη είναι και η απορρόφηση της. Οι ακτίνες που έχουν μικρό μήκος κύματος είναι περισσότερο διεισδυτικές και λέγονται σκληρές, ενώ αυτές που έχουν μεγάλα μήκη κύματος είναι λιγότερο διεισδυτικές και λέγονται μαλακές.

- Το πάχος του υλικού. Όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του υλικού τόσο μεγαλύτερη είναι η απορρόφηση γιατί αυξάνεται ο αριθμός των συγκρούσεων.

Οι κυριότερες χρήσεις των ακτίνων X είναι στην ιατρική. Επειδή τα οστά έχουν άτομα μεγάλου ατομικού αριθμού απορροφούν περισσότερο τις ακτίνες X. Έτσι σε μια φθορίζουσα οθόνη (ακτινοσκόπηση) ή σε φωτογραφική πλάκα (ακτινογραφία) παίρνουμε μια εσωτερική φωτογραφία των οργάνων του ασθενούς. Ακόμα καλύτερα αποτελέσματα παίρνουμε με την αξονική τομογραφία. Εκεί ο ασθενής τοποθετείται ολόκληρος στον τομογράφο και πηγή ακτίνων X περιστρέφεται, ενώ τα αποτελέσματα καταγράφονται σε υπολογιστή. Στην βιομηχανία οι ακτίνες X χρησιμοποιούνται για να διαπιστωθεί η ύπαρξη κοιλιοτήτων στο εσωτερικό μεταλλικών αντικειμένων.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η χρήση των ακτίνων X μπορεί να προκαλέσει βλάβη στους ανθρώπινους οργανισμούς. Όταν απορροφηθούν από τους ιστούς

διασπούν τους μοριακούς δεσμούς και δημιουργούν ενεργές ελεύθερες ρίζες που διαταράζουν την μοριακή δομή των πρωτεϊνών και ειδικά του DNA. Αν το κύτταρο που έχει υποστεί την βλάβη επιβιώσει τότε δίνει πολλές γενεές μεταλλαγμένων κυττάρων. Αυτό μπορεί να προκαλέσει καρκίνο. Αν οι ακτινοβολία προκαλέσει μεταβολές στα γεννητικά κύτταρα τότε ο ίδιος οργανισμός δε θα εμφανίσει κάποια βλάβη αλλά οι απόγονοι του.

ΑΤΟΜΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ

(Δίνεται όπου χρειάζεται $h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, $c_0=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, $E_I=-13,6 \text{ eV}$, $1 \text{ eV}=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, $m_e=9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $q_e=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.)

1. Στο ατομικό πρότυπο του Bohr για το υδρογόνο, αν K_1 , K_2 είναι οι κινητικές ενέργειες και L_1 , L_2 τα μέτρα των στροφορμών των ηλεκτρονίων στις επιτρεπόμενες τροχιές με κβαντικό αριθμό $n=1$ και $n=2$ να βρεθεί ο λόγος K_1/K_2 και L_1/L_2 .

2. Διεγερμένα άτομα υδρογόνου αποδιεγείρονται και τα άτομα επανέρχονται στη θεμελιώδη κατάσταση. Η ενέργεια της θεμελιώδους κατάστασης είναι $E_1 = -13,6 \text{ eV}$. Από τη μελέτη των φασματικών γραμμών υπολογίστηκαν τρεις διαφορές ενεργειών μεταξύ των διεγερμένων καταστάσεων και της θεμελιώδους κατάστασης και βρέθηκαν ίσες με $12,75 \text{ eV}$, $12,09 \text{ eV}$ και $10,2 \text{ eV}$.

α) Να υπολογίσετε τις ενέργειες που αντιστοιχούν στις διεγερμένες καταστάσεις των ατόμων υδρογόνου.

β) Να υπολογίσετε τους κβαντικούς αριθμούς στους οποίους αντιστοιχούν οι διεγερμένες καταστάσεις.

γ) Να σχεδιάσετε το διάγραμμα των ενεργειακών σταθμών, στο οποίο να φαίνονται οι μεταβάσεις των ηλεκτρονίων που πραγματοποιούνται.

δ) Σε ένα από τα άτομα του υδρογόνου, που βρίσκεται πλέον στη θεμελιώδη κατάσταση, προσπίπτει μονοχρωματική ακτινοβολία, με συνέπεια το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου να έχει κινητική ενέργεια $K=6,29 \text{ eV}$, σε περιοχή όπου η επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου του πυρήνα είναι πρακτικά μηδέν. Να υπολογίσετε τη συχνότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

3. Συσκευή παραγωγής ακτίνων X λειτουργεί για χρόνο $0,16 \text{ s}$. Τα ηλεκτρόνια ξεκινούν από την κάθοδο της συσκευής με μηδενική ταχύτητα. Η δέσμη των ηλεκτρονίων έχει ισχύ 960 W . Όταν ένα ηλεκτρόνιο προσπίπτει στην άνοδο και όλη η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται σε ενέργεια ενός φωτονίου, η συχνότητα του παραγόμενου φωτονίου είναι $f=3 \cdot 10^{18} \text{ Hz}$. Να υπολογίσετε :

α) Το ελάχιστο μήκος κύματος των παραγόμενων ακτίνων X.

β) Τη διαφορά δυναμικού μεταξύ ανόδου – καθόδου.

γ) την ταχύτητα με την οποία τα ηλεκτρόνια προσπίπτουν στην άνοδο.

δ) Τον αριθμό των ηλεκτρονίων που προσπίπτουν στην άνοδο κατά τη διάρκεια λειτουργίας της συσκευής.

4. Η διαφορά δυναμικού σε σωλήνα παραγωγής ακτίνων X είναι $2 \cdot 10^4 \text{ V}$. Τα ηλεκτρόνια εκπέμπονται από την κάθοδο και φθάνουν στην άνοδο με ρυθμό 10^{17} ηλεκτρόνια ανά δευτερόλεπτο. Να υπολογίσετε:

α) Την ένταση του ρεύματος των ηλεκτρονίων στον σωλήνα παραγωγής των ακτίνων X.

β) Το ελάχιστο μήκος κύματος $\lambda_{\min}$ των παραγομένων ακτίνων X.

γ) Την ισχύ P_x των παραγομένων ακτίνων X, αν η απόδοση του σωλήνα παραγωγής ακτίνων X είναι 2%.

5. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι τέσσερις πρώτες ενεργειακές στάθμες του ατόμου του υδρογόνου.

$$\begin{array}{ll} E_4 = -0,85\text{eV} & \text{-----} n=4 \\ E_3 = -1,51\text{eV} & \text{-----} n=3 \\ E_2 = -3,4\text{eV} & \text{-----} n=2 \\ E_1 = -13,6\text{eV} & \text{-----} n=1 \end{array}$$

Διεγερμένο άτομο υδρογόνου βρίσκεται στην κατάσταση που αντιστοιχεί στον κβαντικό αριθμό $n = 3$.

α) Ποια ελάχιστη ενέργεια απαιτείται για να ιονιστεί το διεγερμένο αυτό άτομο του υδρογόνου;

β) Ποιο είναι το πλήθος των δυνατών γραμμών του φάσματος εκπομπής του ατόμου αυτού;

γ) Να μεταφέρετε στο τετράδιό σας το διάγραμμα των ενεργειακών σταθμών και να σχεδιάσετε όλες τις δυνατές μεταβάσεις που δημιουργούν το παραπάνω φάσμα εκπομπής.

δ) Ποια είναι η ελάχιστη ενέργεια που μπορεί να απορροφηθεί από αυτό το διεγερμένο άτομο.

6. Κατά την αποδιέγερση ατόμου υδρογόνου εκπέμπεται στο κενό φωτόνιο που έχει ενέργεια 10,2 eV.

α) Σε ποια διεγερμένη κατάσταση βρισκόταν το άτομο του υδρογόνου πριν αποδιεγερθεί;

β) Το φωτόνιο αυτό εισέρχεται σε οπτικό μέσο, οπότε το μήκος κύματός του γίνεται $\lambda = \frac{2}{3} \lambda_0$, όπου λ_0 το μήκος κύματός του στο κενό. Να υπολογίσετε το δείκτη διάθλασης του οπτικού μέσου.

γ) Μετά την έξοδό του από το οπτικό μέσο, το φωτόνιο αυτό διαδίδεται στο κενό. Πόση είναι τότε η ταχύτητά του;

δ) Το φωτόνιο αυτό προσπίπτει σ' ένα άτομο υδρογόνου που βρίσκεται στη θεμελιώδη του κατάσταση. Να δικαιολογήσετε αν είναι δυνατόν να διεγερθεί αυτό το άτομο του υδρογόνου και αν ναι, σε ποια διεγερμένη κατάσταση θα βρεθεί.

7. Άτομο υδρογόνου είναι διεγερμένο και βρίσκεται σε μια ενεργειακή κατάσταση $n=x$. Το άτομο αποδιεγείρεται και μεταβαίνει στην ενεργειακή κατάσταση με $n=2$ εκπέμποντας ένα φωτόνιο. Ο λόγος των ενεργειών της τελικής προς την αρχική ενεργειακή κατάσταση είναι 4 και η ενέργεια ιονισμού του ατόμου (όταν αυτό βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση) είναι $E_{\text{ιον}} = 13,6 \text{ eV}$.

Να βρείτε:

- Την ενέργεια της θεμελιώδους ενεργειακής κατάστασης.
- Τον κύριο κβαντικό αριθμό της κατάστασης x .
- Το μήκος κύματος του εκπεμπόμενου φωτονίου.

8. Σε συσκευή παραγωγής ακτίνων X για τη λήψη ακτινογραφιών, η ηλεκτρονική δέσμη έχει ισχύ 4000 W . Ο χρόνος λήψης μιας ακτινογραφίας είναι $0,165 \text{ s}$. Όταν ένα ηλεκτρόνιο με την πρώτη κρούση του στην άνοδο μετατρέπεται σε ενέργεια ενός φωτονίου το 20% της κινητικής του ενέργειας, τότε η

συχνότητα του φωτονίου που εκπέμπεται είναι $4 \cdot 10^{18} \text{ Hz}$. Θεωρούμε ότι στη συσκευή παραγωγής ακτίνων X τα ηλεκτρόνια ξεκινούν από την κάθοδο χωρίς αρχική ταχύτητα και ότι η θερμοκρασία της καθόδου παραμένει σταθερή.

- Να υπολογιστεί η τάση που εφαρμόζεται στη συσκευή μεταξύ ανόδου και καθόδου.
- Να βρεθεί το ελάχιστο μήκος κύματος των φωτονίων που εκπέμπονται.
- Ποιος είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων που φθάνουν στην άνοδο στο χρόνο λήψης μιας ακτινογραφίας.

9. Φορτισμένα σωματίδια επιταχύνονται και διέρχονται από αέριο υδρογόνο τα άτομα του οποίου βρίσκονται στη θεμελιώδη κατάσταση. Ένα φορτισμένο σωματίδιο συγκρούεται με ένα ακίνητο άτομο υδρογόνου, στο οποίο δίνει το 75% της κινητικής του ενέργειας. Το άτομο του υδρογόνου παραμένει ακίνητο μετά την κρούση και διεγείρεται σε ενεργειακή στάθμη E_n , από την οποία για να

απομακρυνθεί το ηλεκτρόνιό του σε πολύ μεγάλη απόσταση, όπου δεν αλληλεπιδρά με τον πυρήνα, χρειάζεται ελάχιστη ενέργεια $0,85 \text{ eV}$.

- Να υπολογίσετε τον κβαντικό αριθμό n , της ενεργειακής στάθμης στην οποία διεγέρθηκε το άτομο του υδρογόνου.
- Να σχεδιάσετε το διάγραμμα των ενεργειακών σταθμών του ατόμου, στο οποίο να φαίνονται οι δυνατές μεταβάσεις του ηλεκτρονίου του διεγερμένου ατόμου κατά την αποδιέγερσή του.
- Να υπολογίσετε την αρχική κινητική ενέργεια του φορτισμένου σωματιδίου.
- Να υπολογίσετε τη συχνότητα ενός φωτονίου που θα έπρεπε να απορροφηθεί

από το ίδιο άτομο του υδρογόνου, ώστε να πραγματοποιηθεί η ίδια μετάβαση στην ενεργειακή στάθμη E_n .

10. Σε διάταξη παραγωγής ακτίνων X η τάση που εφαρμόζεται μεταξύ της ανόδου και της καθόδου είναι 40,5 kV. Τα ηλεκτρόνια ξεκινούν από την κάθοδο με μηδενική ταχύτητα, επιταχύνονται και προσπίπτουν στην άνοδο. Να υπολογίσετε:

- Την ταχύτητα με την οποία προσπίπτει το κάθε ηλεκτρόνιο στην άνοδο.
- Τη μέγιστη συχνότητα των ακτίνων X που παράγει η συσκευή.
- Το μήκος κύματος του φωτονίου που εκπέμπεται και έχει ενέργεια ίση με το $\frac{1}{4}$ της ενέργειας του προσπίπτοντος ηλεκτρονίου.

11. Αρχικά ακίνητο ηλεκτρόνιο επιταχύνεται σε διαφορά δυναμικού V και αμέσως μετά συγκρούεται με ακίνητο άτομο υδρογόνου που βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση. Μετά την κρούση το ηλεκτρόνιο έχει κινητική ενέργεια $K' = 0,41$ eV. Το άτομο του υδρογόνου απορροφά ενέργεια και μεταβαίνει στη 2^η διεγερμένη κατάσταση. Θεωρούμε ότι το άτομο του υδρογόνου παραμένει ακίνητο κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασής του με το ηλεκτρόνιο. Να υπολογίσετε:

- Τη διαφορά δυναμικού V που επιτάχυνε το ηλεκτρόνιο.
- Τη δυναμική ενέργεια του ηλεκτρονίου του ατόμου όταν βρίσκεται στη 2^η διεγερμένη κατάσταση.
- Το μέτρο της στροφορμής του ηλεκτρονίου του ατόμου όταν βρίσκεται στη 2^η διεγερμένη κατάσταση.
- Τη μεγαλύτερη δυνατή συχνότητα του φωτονίου που μπορεί να εκπέμψει το άτομο του υδρογόνου κατά την αποδιέγερσή του.

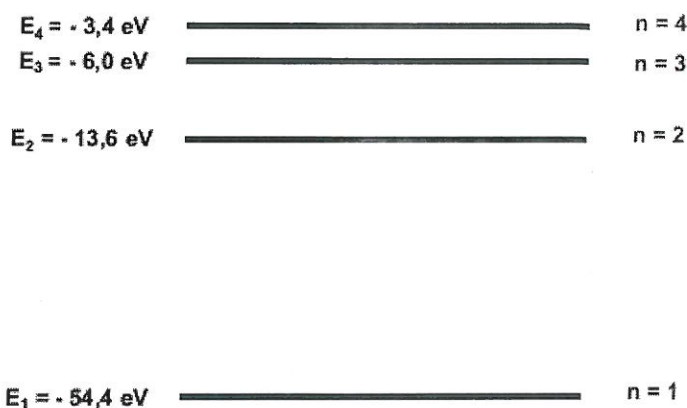
12. Ηλεκτρόνια επιταχύνονται από τάση V και στη συνέχεια προσπίπτουν σε άτομα υδρογόνου, τα οποία βρίσκονται στη θεμελιώδη τους κατάσταση. Κατά την πρόσπτωση αυτή τα άτομα του υδρογόνου διεγείρονται στην 3η διεγερμένη κατάσταση ($n=4$). Να υπολογισθεί:

- Το μέτρο της στροφορμής του ηλεκτρονίου ενός διεγερμένου ατόμου υδρογόνου το οποίο βρίσκεται στην τροχιά με $n=4$.
- Η ελάχιστη τιμή της τάσης V με την οποία επιταχύνθηκαν τα ηλεκτρόνια που προκάλεσαν τη διέγερση των ατόμων του υδρογόνου.
- Ο λόγος των κινητικών ενεργειών $\frac{K_4}{K_1}$ των ηλεκτρονίων του ατόμου του υδρογόνου, όπου K_1 η κινητική ενέργεια του ατόμου στην τροχιά με $n=1$ και K_4 η κινητική ενέργεια του ατόμου στην τροχιά με $n=4$.
- Η δυναμική ενέργεια του ηλεκτρονίου στην τροχιά με $n=4$.

13. Για τη λήψη μιας ακτινογραφίας απαιτείται διαφορά δυναμικού 40 kV μεταξύ ανόδου και καθόδου μιας συσκευής παραγωγής ακτίνων X. Το χρονικό διάστημα λήψης της ακτινογραφίας είναι 0,16 s και η ισχύς της δέσμης των ηλεκτρονίων είναι 2000 W. Να υπολογισθούν:

- Η ένταση του ρεύματος των ηλεκτρονίων.
- Η μέγιστη ενέργεια των εκπεμπόμενων φωτονίων.
- Ο αριθμός των ηλεκτρονίων που προσπίπτουν στην κάθοδο στο χρονικό διάστημα λήψης της ακτινογραφίας.
- Το ελάχιστο μήκος κύματος των παραγόμενων ακτίνων X.

14. Το ιόν του ηλίου He^+ είναι ένα υδρογονοειδές, για το οποίο ισχύει το πρότυπο του Bohr. Το διάγραμμα των τεσσάρων πρώτων επιτρεπόμενων ενεργειακών σταθμών του ιόντος ηλίου He^+ φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



- Πόση ενέργεια (σε eV) απαιτείται για τον ιονισμό του He^+ , αν το ηλεκτρόνιο βρίσκεται αρχικά στη θεμελιώδη κατάσταση;
- Το ιόν του ηλίου He^+ απορροφά ένα φωτόνιο ενέργειας 51 eV και μεταβαίνει από τη θεμελιώδη κατάσταση σε άλλη διεγερμένη.
- Αν το ηλεκτρόνιο στη θεμελιώδη κατάσταση κινείται σε κυκλική τροχιά ακτίνας $r_1 = 0,27 \cdot 10^{-10} \text{ m}$, πόση θα είναι η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς του ηλεκτρονίου στη διεγερμένη κατάσταση που θα προκύψει;
- Πόσες φορές θα αυξηθεί το μέτρο της στροφορμής του ηλεκτρονίου μετά τη διέγερση του ιόντος;
- Να μεταφέρετε το σχήμα των τεσσάρων πρώτων ενεργειακών σταθμών του He^+ στο τετράδιό σας και να σχεδιάσετε όλες τις δυνατές μεταβάσεις του ηλεκτρονίου από τη διεγερμένη κατάσταση σε καταστάσεις χαμηλότερης ενέργειας, υπολογίζοντας τις τιμές ενέργειας των φωτονίων που

εκπέμπονται.

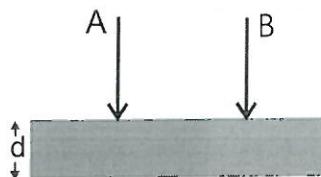
15. Σε συσκευή παραγωγής ακτίνων X, η κινητική ενέργεια ενός ηλεκτρονίου κατά την πρόσκρουσή του στην άνοδο είναι E_i . Τα $\frac{3}{5}$ της ενέργειας E_i διατίθενται για την παραγωγή ενός φωτονίου. Το μήκος κύματος της ακτινοβολίας X που παράγεται είναι $\lambda = 3,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$.

Να υπολογίσετε:

- Την ενέργεια του φωτονίου.
- Την κινητική ενέργεια E_i του ηλεκτρονίου.
- Τη διαφορά δυναμικού V μεταξύ ανόδου-καθόδου.
- Το ελάχιστο μήκος κύματος της ακτινοβολίας X για την παραπάνω διαφορά δυναμικού V .

16. Κατά την αποδιέγερση διεγερμένων ατόμων υδρογόνου, μεταξύ των ακτινοβολιών που εκπέμπονται παρατηρούνται και δύο ορατές μονοχρωματικές ακτινοβολίες A και B. Οι ακτινοβολίες A και B προέρχονται από τις μεταβάσεις ηλεκτρονίων απ' ευθείας στην ενεργειακή στάθμη με κύριο κβαντικό αριθμό $n = 2$ και ενέργεια κατάστασης $E_2 = -5,44 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. Κάθε φωτόνιο της ακτινοβολίας A έχει συχνότητα $f_A = 4,8 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ και κάθε φωτόνιο της ακτινοβολίας B έχει μήκος κύματος στον αέρα (κενό) $\lambda_{0(B)} = 413,1 \cdot 10^{-9} \text{ m}$. Να υπολογίσετε:

- Την ενέργεια του φωτονίου της ακτινοβολίας A,
- Την ενέργεια της διεγερμένης κατάστασης από την οποία έγινε η μετάβαση των ηλεκτρονίων στη στάθμη $n = 2$, που είχε ως αποτέλεσμα την εκπομπή της ακτινοβολίας A.
- Οι ακτινοβολίες A και B καθώς διαδίδονται στον αέρα (κενό) προσπίπτουν ταυτόχρονα κάθετα στην επιφάνεια διαφανούς πλακιδίου πάχους d , με επίπεδες και παράλληλες τις απέναντι επιφάνειες, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Από το πλακίδιο οι ακτίνες εξέρχονται με διαφορά χρόνου ίση με $\Delta t = 8 \cdot 10^{-12} \text{ s}$. Αν οι ταχύτητες διάδοσης των ακτινοβολιών A και B στο

πλακίδιο είναι $c_A = \frac{c_0}{1,51}$ και $c_B = \frac{c_0}{1,53}$ αντίστοιχα, να υπολογίσετε:

- γ1. Το μήκος κύματος της ακτινοβολίας B μέσα στο πλακίδιο,
- γ2. Το πάχος d του πλακιδίου.

17. Σ' ένα από τα άτομα του υδρογόνου, που βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση ($n=1$) με ενέργεια $E_1 = -13,6 \text{ eV}$ προσπίπτει μονοχρωματική ακτινοβολία ενέργειας $E = 37,78 \text{ eV}$, με συνέπεια το ηλεκτρόνιο του υδρογόνου να βρεθεί σε περιοχή, όπου η επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου του πυρήνα είναι πρακτικά μηδέν.

Το ηλεκτρόνιο αυτό συγκρούεται με ένα δεύτερο άτομο υδρογόνου, που βρίσκεται και αυτό στη θεμελιώδη κατάσταση. Το ηλεκτρόνιο του δευτέρου ατόμου απορροφά το μισό της ενέργειας του ηλεκτρονίου και διεγείρεται.

- α) Να υπολογίσετε σε ποια διεγερμένη κατάσταση θα βρεθεί το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου αυτού.
- β) Ποιες είναι οι δυνατές μεταβάσεις του ηλεκτρονίου που πραγματοποιούνται κατά την αποδιέγερση;
- γ) Να αιτιολογήσετε ποια από αυτές τις ακτινοβολίες που εκπέμπονται έχει το μικρότερο μήκος κύματος.

18. Κινούμενο ηλεκτρόνιο συγκρούεται με ακίνητο άτομο υδρογόνου, το οποίο βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση με ενέργεια $E_1 = -13,6 \text{ eV}$. Η κινητική ενέργεια του ηλεκτρονίου πριν από την κρούση είναι $16,12 \text{ eV}$. Το άτομο του υδρογόνου απορροφά μέρος της ενέργειας του προσπίπτοντος ηλεκτρονίου, διεγείρεται στη δεύτερη διεγερμένη στάθμη ($n=3$) και εξακολουθεί να παραμένει ακίνητο μετά την κρούση.

- α) Να σχεδιάσετε στο τετράδιό σας σε διάγραμμα ενεργειακών σταθμών όλες τις δυνατές μεταβάσεις από τη διεγερμένη κατάσταση ($n=3$) στη θεμελιώδη κατάσταση.
 - β) Να υπολογίσετε το μήκος κύματος του φωτονίου που εκπέμπεται κατά την αποδιέγερση του ατόμου από την κατάσταση $n=3$ στην κατάσταση $n=2$.
 - γ) Να υπολογίσετε το ποσοστό (επί τοις εκατό) της κινητικής ενέργειας του προσπίπτοντος ηλεκτρονίου που απορροφήθηκε από το άτομο του υδρογόνου κατά την κρούση.
 - δ) Να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια και το μέτρο της στροφορμής του ηλεκτρονίου του ατόμου του υδρογόνου στη διεγερμένη κατάσταση $n=3$.
- Δίνονται: η ταχύτητα του φωτός στο κενό

19. Κινούμενο ηλεκτρόνιο συγκρούεται με άτομο υδρογόνου, που βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση ($n = 1$) με ενέργεια $E_1 = -13,6 \text{ eV}$. Το άτομο διεγείρεται στη δεύτερη διεγερμένη κατάσταση ($n = 3$).

Στη συνέχεια το άτομο του υδρογόνου αποδιεγείρεται στην πρώτη διεγερμένη κατάσταση ($n = 2$) εκπέμποντας ένα φωτόνιο μήκους κύματος λ_0 . Το φωτόνιο αυτό εισέρχεται σε διαφανές πλακίδιο πάχους $d = 4,42 \text{ cm}$. Το πάχος αυτό είναι ίσο με 10^5 μήκη κύματος λ του φωτονίου μέσα στο πλακίδιο. Να βρείτε:

- Την ενέργεια που απορρόφησε το άτομο του υδρογόνου.
- Την ενέργεια του φωτονίου που εκπέμπεται.
- Το μήκος κύματος λ_0 του φωτονίου που εκπέμπεται.
- Τον δείκτη διάθλασης n του διαφανούς πλακιδίου.

20. 1000 άτομα υδρογόνου βρίσκονται όλα στην ίδια διεγερμένη ενεργειακή στάθμη. Για να απομακρυνθεί το ηλεκτρόνιο του κάθε διεγερμένου ατόμου σε περιοχή εκτός του ηλεκτρικού πεδίου του πυρήνα, η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται είναι $1,51 \text{ eV}$.

- Να βρεθεί ο κβαντικός αριθμός n της διεγερμένης κατάστασης στην οποία βρίσκονται τα άτομα του υδρογόνου.
 - Να σχεδιάσετε στο διάγραμμα ενεργειακών σταθμών όλες τις δυνατές αποδιεγέρσεις από τη διεγερμένη κατάσταση.
 - Από πόσες γραμμές θα αποτελείται το φάσμα εκπομπής που λαμβάνεται κατά την αποδιέγερση των 1000 ατόμων υδρογόνου;
 - Κατά την πλήρη αποδιέγερση και των 1000 ατόμων υδρογόνου εκπέμπονται συνολικά 1250 φωτόνια.
- Με κριτήριο την ενέργεια των εκπεμπομένων φωτονίων τα κατατάσσουμε σε κατηγορίες. Πόσα φωτόνια αντιστοιχούν σε κάθε κατηγορία;
- Πόση είναι η συνολική ενέργεια των εκπεμπομένων φωτονίων;

21. Σε σωλήνα παραγωγής ακτίνων X τα ηλεκτρόνια βγαίνουν από την κάθοδο του σωλήνα με μηδενική ταχύτητα, επιταχύνονται και προσπίπτουν στην άνοδο. Αν η τάση ανόδου καθόδου είναι $V = 50 \text{ kV}$ και η ένταση του ρεύματος της δέσμης των ηλεκτρονίων είναι $I = 20 \text{ mA}$, να βρείτε:

- Το ελάχιστο μήκος κύματος του συνεχούς φάσματος
- Την ταχύτητα με την οποία κάθε ηλεκτρόνιο φτάνει στην άνοδο.
- Την ενέργεια, που μεταφέρει η δέσμη των ηλεκτρονίων στην άνοδο σε χρόνο $\Delta t = 0,1 \text{ s}$.
- Την ισχύ των παραγόμενων ακτίνων X και το ρυθμό παραγωγής θερμότητας στην άνοδο, αν η απόδοση της διάταξης είναι $\alpha = 0,9\%$.
- Την % μεταβολή, που θα πάθει το ελάχιστο μήκος κύματος του συνεχούς φάσματος, αν τετραπλασιάσουμε την τάση ανόδου καθόδου.

