

ΘΕΜΑΤΑ ΚΦΕ -51
Θέματα Τελικών 2024 - ΗΜ-Σύγχρονη

Επιμέλεια : Β. Καράβολας

1 Ερωτήσεις Πολλαπλής Επιλογής

1.1 Ερώτηση 1η

Εκφώνηση: Για τη θραύση ενός δεσμού υδρογόνου μέσα σε ένα μόριο πρωτεΐνης απαιτούνται περίπου 0.1 eV . Να υπολογίσετε την ελάχιστη συχνότητα και το μέγιστο μήκος κύματος ενός φωτονίου που μπορεί να πραγματοποιήσει αυτή τη διαδικασία μέσω του φωτοηλεκτρικού φαινομένου.

Επιλέξτε ένα:

1. $2.41 \times 10^{13} \text{ Hz}$
2. $5.82 \times 10^{13} \text{ Hz}$
3. Άλλο
4. $3.27 \times 10^{13} \text{ Hz}$

Λύση

Παρατηρήσεις ::

- Στις απαντήσεις δεν μας δίνει τιμές για το μήκος κύματος ενώ η εκφώνηση το ζητά.
- Είναι εντελώς άχρηστη πληροφορία ότι το φωτόνιο προέρχεται από το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.

Η ενέργεια ενός φωτονίου δίνεται από τη σχέση:

$$\left[\begin{array}{l} E = hf \\ E = 0.1 \text{ eV} \\ 1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} \\ h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \end{array} \right] \iff 1.6 \times 10^{-20} = 6.626 \times 10^{-34} f \iff f = 2.41 \times 10^{13} \text{ Hz}$$

Η σωστή απάντηση είναι *i*.

1.2 Ερώτηση 2η

Εκφώνηση: Ένας πυκνωτής παραλλήλων πλακών έχει σταθερά φορτία $+Q$ και $-Q$. Στη συνέχεια η απόσταση ανάμεσα στις πλάκες του υποδιπλασιάζεται. Κατά ποιον παράγοντα μεταβάλλεται η ενέργεια του ηλεκτρικού πεδίου από αυτή τη μεταβολή; Το εμβαδόν της επιφάνειας της κάθε πλάκας είναι ίσο με A .

Επιλέξτε ένα:

1. $1/3$
2. $1/2$
3. Άλλο
4. $1/4$

Λύση

Η ενέργεια ενός πυκνωτή δίνεται από τη σχέση:

$$U = \frac{Q^2}{2C}$$

όπου C η χωρητικότητα του. Όμως

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{l}$$

όπου l η απόσταση των πλακών του. Επομένως:

$$\left[\begin{array}{l} U_1 = \frac{Q^2 \epsilon_0 A}{l} \\ U_2 = \frac{Q^2 \epsilon_0 A}{2l} \end{array} \right] \Leftrightarrow U_1 = \frac{1}{2} U_2$$

Η σωστή απάντηση είναι *ii*.

1.3 Ερώτηση 3η

Εκφώνηση: Καθορίστε το μέγεθος και τη διεύθυνση της δύναμης μεταξύ δύο παραλλήλων καλωδίων μήκους 25 m που απέχουν μεταξύ τους απόσταση 4.0 cm το καθένα και διαρρέεται από ρεύμα εντάσεως 35 A προς την ίδια κατεύθυνση.

Επιλέξτε ένα:

1. $6.4 \cdot 10^{-2} \text{ N}$ (ελκτική)
2. $6.4 \cdot 10^{-2} \text{ N}$ (απωστική)
3. Άλλο
4. $7.2 \cdot 10^{-2} \text{ N}$ (ελκτική)

Λύση

Παρατήρηση :: Η σχέση για το μαγνητικό πεδίο που θα χρησιμοποιήσουμε αναφέρεται σε μαγνητικό πεδίο αγωγού απείρου μήκους. προφανώς εδώ η εκφώνηση θεωρεί ότι τα 25 m είναι ένα πολύ μεγάλο μήκος.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Η δύναμη θα είναι ελκτική (από τον κανόνα των τριών δακτύλων) και θα δίνεται από:

$$\left[\begin{array}{l} B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ r = 4 \text{ cm} = 0.04 \text{ m} \\ \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2 \\ I = 35 \text{ A} \\ F = BIL \\ L = 25 \text{ m} \end{array} \right] \Leftrightarrow F = \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 25 \cdot 35^2}{2\pi \cdot 4 \times 10^{-2}} = 0.153125 \text{ N}$$

Η σωστή απάντηση είναι *iii* δηλαδή καμία από αυτές που μας δίνεται.

Αν όμως υπολογίσουμε τη δύναμη ανά μονάδα (όπως συνήθως ζητάται) μήκους:

$$F = F = \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 35^2}{2\pi \cdot 4 \times 10^{-2}} = 0.06125 \text{ N}$$

και είναι ελκτική.

Σε αυτή την περίπτωση η σωστή απάντηση είναι *i*.

1.4 Ερώτηση 4η

Εκφώνηση: Δύο μικρές μη αγώγιμες σφαίρες έχουν συνολικό φορτίο 90 μC . Όταν οι σφαίρες τοποθετηθούν σε μια απόσταση 28 cm η μια από την άλλη η δύναμη που η κάθε μια ασκεί στην άλλη είναι 12 N και είναι απωστική. Ποιο είναι το φορτίο της σφαίρας με το μεγαλύτερο κατ' απόλυτη τιμή φορτίο;

Επιλέξτε ένα:

1. $88.8 \times 10^6 \text{ C}$
2. $-88.8 \times 10^6 \text{ C}$
3. Άλλο
4. $18.8 \times 10^6 \text{ C}$

Λύση

Απωστικές δυνάμεις σημαίνει ότι τα φορτία των δύο σφαιρών έχουν το ίδιο πρόσημο. Το γινόμενο τους επομένως θα είναι θετικό.

Από το νόμο του Coulomb έχουμε ότι:

$$\left[\begin{array}{l} F = k \frac{qQ}{r^2} \\ k = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2 \\ F = 1 \text{ N} \\ r = 28 \times 10^{-2} \text{ m} \\ Q + q = 90 \times 10^6 \text{ C} \end{array} \right] \Leftrightarrow \left[\begin{array}{l} qQ = 104.53 \times 10^{12} \\ q + Q = 90 \times 10^{-6} \end{array} \right] \Leftrightarrow Q = 88.82 \times 10^6 \text{ C}$$

Η σωστή απάντηση είναι *i*.

1.5 Ερώτηση 5η

Εκφώνηση: Τι διάσπαση είναι η ${}^7_4\text{Be} + e^- \rightarrow {}^7_3\text{Li} + \gamma$

Επιλέξτε ένα:

1. α
2. β (απωστική)
3. Άλλο
4. γ (ελκτική)

Λύση

Η αντίδραση αυτή είναι μια αντίδραση σύλληψης ηλεκτρονίου (electron capture) η οποία θεωρείται ως ένα είδος αντίδρασης β .

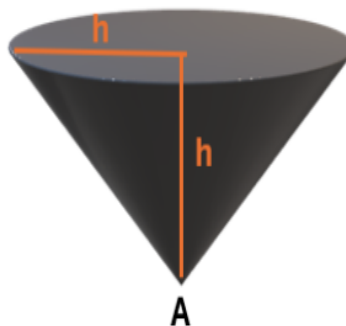
Η σωστή απάντηση είναι *ii*.

2 Θέματα Ανάπτυξης

2.1 Θέμα 1ο

Εκφώνηση: Ένας κώνος με ομοιόμορφη κατανομή φορτίου στην πλαϊνή του επιφάνεια έχει επιφανειακή πυκνότητα φορτίου σ .

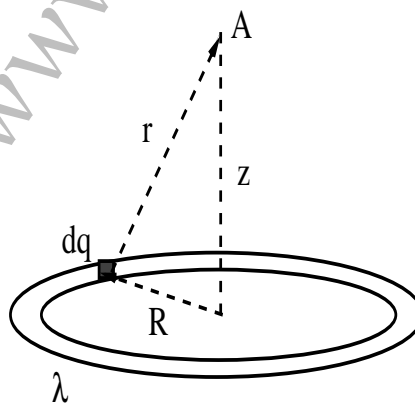
Το ύψος του κώνου είναι ίσο με την ακτίνα της βάσης του, όπως φαίνεται στο σχήμα. Υπολογίστε το ηλεκτρικό δυναμικό στο σημείο Α, που βρίσκεται στην κορυφή του κώνου.



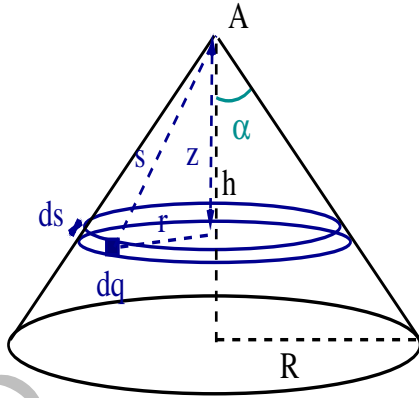
Λύση

Έστω μια γραμμική κατανομή φορτίου λ πάνω σε ένα κύκλο ακτίνας R . Το στοιχειώδες δυναμικό που παράγει ένα στοιχειώδες φορτίο dq της γραμμικής αυτής κατανομής σε ένα σημείο Α της ευθείας που είναι κάθετη στο επίπεδο του κύκλου και περνά από το κέντρο του και απέχει απόσταση z από το επίπεδο του κύκλου είναι:

$$\left\{ \begin{array}{l} dV = k \frac{dq}{r} \\ r = \sqrt{R^2 + z^2} \\ dq = \lambda ds \\ ds = R d\phi \end{array} \right. \Leftrightarrow V = \int_0^{2\pi} \frac{k\lambda R}{\sqrt{R^2 + z^2}} d\phi = \frac{k\lambda 2\pi R}{\sqrt{R^2 + z^2}}$$



Στην περίπτωση του κώνου με γωνία α θα τον χωρίσουμε σε στοιχειώδεις κύκλους πάχους ds . Ο κάθε κύκλος θα απέχει απόσταση z από την κορυφή του κώνου, θα έχει ακτίνα r και θα έχει μια ισοδύναμη γραμμική κατανομή φορτίου $\lambda = \sigma ds$ θα παράγει ένα δυναμικό:

$$\left[\begin{array}{l} dV = \frac{k\lambda 2\pi r}{\sqrt{r^2 + z^2}} \\ \tan \alpha = \frac{z}{r} \\ \cos \alpha = \frac{h}{s} \\ \lambda = \sigma ds \end{array} \right] \Leftrightarrow$$


$$V = \int_0^s \frac{k\sigma 2\pi r ds}{r \sqrt{1 + \frac{z^2}{r^2}}} = \frac{k\sigma 2\pi s}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \Leftrightarrow$$

$$V = \frac{k\sigma 2\pi h}{\cos \alpha \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}$$

Στην περίπτωση μας $h = R$ επομένως $\tan \alpha = 1$ και $\cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$:

$$V = \frac{k\sigma 2\pi h}{\cos \alpha \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} = \frac{2k\sigma 2\pi h}{\sqrt{2} \sqrt{1 + 1}} = k\sigma 2\pi h$$

2.2 Θέμα 2ο

Εκφώνηση: Δύο ομάδες μπάσκετ βρίσκονται σε ένα μεγάλο διαστημόπλοιο το οποίο ταξιδεύει με ταχύτητα $0.8c$ ως προς τη Γη. Τη στιγμή που το σκάφος περνά το σταθμό στη Γη, ο διοργανωτής που είναι στη Γη σηματοδοτεί την έναρξη του παιχνιδιού. Ο διοργανωτής στέλνει ένα φωτεινό σήμα μετά από 20 λεπτά (γίνος χρόνος) το οποίο όταν φθάνει στο διαστημόπλοιο σημαίνει το τέλος του αγώνα. Πόσο χρόνο έπαιξαν (χρόνος διαστημοπλοίου) οι δύο ομάδες;

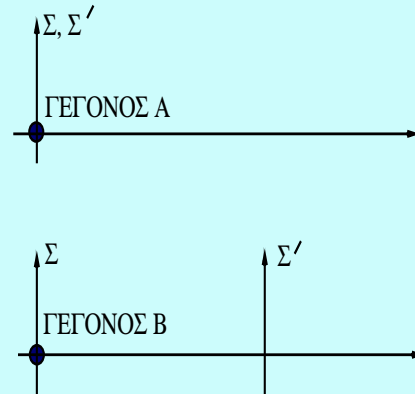
Λύση

Στο σύστημα της Γης που βρίσκεται ο διοργανωτής η Γη είναι ακίνητη ενώ το σκάφος απομακρύνεται από αυτή. Από τη διαστολή του χρόνου θα έχουμε ότι:

$$\left[\begin{array}{l} t' = \gamma t \\ \gamma' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \\ u = 0.8c \\ t = 20 \text{ min} \end{array} \right] \Leftrightarrow \left[\begin{array}{l} t' = \gamma t \\ \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{36}{100}}} = \frac{5}{3} \\ t = 20 \text{ min} \end{array} \right] \Leftrightarrow t' = 20 \cdot \frac{5}{3} = \frac{100}{3} \text{ λεπτά}$$

Εναλλακτικά:

Έχουμε δύο γεγονότα: Γεγονός A το σήμα της έναρξης του παιχνιδιού και γεγονός B το σήμα της λήξης του παιχνιδιού. Έστω σύστημα Σ το σύστημα του διοργανωτή (Γης) και Σ' το σύστημα του σκάφους:



Γεγονότα	Συντεταγμένες στο Σ	Συντεταγμένες στο Σ'
A	(0, 0)	($t'_1 = 0, x'_1 = 0$)
B	(0, 20)	(t'_2, x'_2)

Από τους μετασχηματισμούς Lorentz θα έχουμε ότι:

$$\left[\begin{array}{l} ct'_1 = \gamma(ct_1 - \beta x_1) \\ ct'_2 = \gamma(ct_2 - \beta x_2) \\ \gamma' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} = \frac{5}{3} \\ \Delta t = t_2 - t_1 = 20 \text{ min} \end{array} \right] \xLeftrightarrow{x_1=x_2} c(t'_2 - t'_1) = c\gamma(t_2 - t_1) \xLeftrightarrow{\gamma=\frac{5}{3}} \Delta t' = \frac{100}{3} \text{ min}$$