

ΦΥΣ 112

Ενδιάμεση Εξέταση: 20-Οκτωβρίου-2022

Πριν αρχίσετε συμπληρώστε τα στοιχεία σας (ονοματεπώνυμο και αριθμό ταυτότητας).

Ονοματεπώνυμο	Αριθμός Ταυτότητας

Απενεργοποιήστε τα κινητά σας.

Το δοκίμιο περιέχει 20 ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών (2 μονάδες/ερώτηση) και 2 προβλήματα που θα πρέπει να λύσετε αναλυτικά (30 μονάδες/άσκηση). Η μέγιστη συνολική βαθμολογία της εξέτασης είναι 100 μονάδες.

ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΣΤΕ ΜΟΝΟ ΤΙΣ ΣΕΛΙΔΕΣ ΠΟΥ ΣΑΣ ΔΙΝΟΝΤΑΙ ΚΑΙ ΜΗΝ ΚΟΨΕΤΕ ΟΠΟΙΑΔΗΠΟΤΕ ΣΕΛΙΔΑ

Η διάρκεια της εξέτασης είναι 180 λεπτά. Καλή Επιτυχία !

Μέρος Α – Πολλαπλές επιλογές			
Ερώτηση	Βαθμός	Ερώτηση	Βαθμός
1		11	
2		12	
3		13	
4		14	
5		15	
6		16	
7		17	
8		18	
9		19	
10		20	
Σύνολο			

Μέρος Β	
Άσκηση	Βαθμός
1 ^η (30μ)	
2 ^η (30μ)	
Σύνολο	

Τύποι που μπορούν να φανούν χρήσιμοι

Ηλεκτροστατική:

$$\vec{F}_{12} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r} \quad \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad V = \frac{U}{q_0} \quad \text{σημειακό φορτίο: } \vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r}, \quad V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$\text{διπολική ροπή: } \vec{p} = q\vec{L} \quad \text{ροπή σε δίπολο: } \vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E} \quad \text{δυν. ενέργεια: } U = -\vec{p} \cdot \vec{E} + U_0$$

$$U_{12} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r} \quad W_E = -\Delta U = -W_{\epsilon\xi}. \quad \text{συνεχής κατανομή: } E = \int \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r}$$

$$\phi = \int_S \vec{E} \cdot \hat{n} dA \quad \phi_{tot} = \oint_S \vec{E} \cdot \hat{n} dA = \oint_S \vec{E} \cdot \hat{n} dA = \frac{Q_{\epsilon\sigma}}{\epsilon_0} \quad \text{ασυνέχεια: } E_{n^+} - E_{n^-} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$\text{Πεδίο άπειρης γραμμικής κατανομής: } E_R = \frac{2k\lambda}{R} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{R}$$

$$\text{Πεδίο στον άξονα φορτισμένου δακτυλίου: } E_z = \frac{kQz}{(z^2 + a^2)^{3/2}}$$

$$\text{Πεδίο στον άξονα φορτισμένου δίσκου: } E_z = \text{sign}(z) \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left[1 - \left(1 + \frac{R^2}{z^2} \right)^{1/2} \right]$$

$$\text{Πεδίο επιπέδου άπειρων διαστάσεων: } E_z = \text{sign}(z) \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$\text{Πεδίο λεπτού σφαιρικού κελύφους: } \begin{aligned} E_r &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} & r > R \\ E_r &= 0 & r < R \end{aligned}$$

$$\text{Διαφορά δυναμικού: } \Delta V = V_b - V_a = \frac{\Delta U}{q_0} = - \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad \vec{E} = \vec{\nabla} V$$

Χωρητικότητα:

$$C = \frac{Q}{V} \quad \text{Επίπεδος Πυκνωτής: } C = \frac{\epsilon_0 A}{d}, \quad V = Ed \quad U_C = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

$$\text{Συνδεσμολογία: παράλληλη: } C_P = C_1 + C_2 + \dots \quad \text{Σε σειρά: } \frac{1}{C_S} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$$

$$\text{Χωρητικότητα σφαιρικού αγωγού: } C = 4\pi\epsilon_0 R \quad \text{κυλινδρικού: } C = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln(R_2/R_1)}$$

$$\text{Διηλεκτρικά: } C_k = kC_0 \quad \text{διαπερατότητα: } \epsilon = k\epsilon_0 \quad \text{ηλεκτρικό πεδίο: } E = \frac{E_0}{k}$$

Αντίσταση:

$$R = \frac{V}{I} \quad I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad R = \frac{\rho L}{A} \quad I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = qnAv_d \quad \vec{J} = qn\vec{v}_d$$

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

$$\text{Συνδεσμολογία: παράλληλη: } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \quad \text{σειρά: } R = R_1 + R_2 + \dots$$

Κυκλώματα:

$$\sum \Delta V = 0 \quad \sum I_{\varepsilon\text{ισ.}} = \sum I_{\varepsilon\xi}.$$

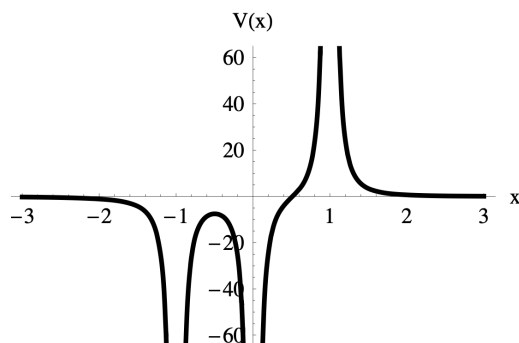
$$q(t) = q_{\infty}(1 - e^{-t/\tau}) \quad q(t) = q_0 e^{-t/\tau} \quad I(t) = I_0 e^{-t/\tau} \quad \tau = RC$$

Σταθερές και μετατροπές μονάδων:

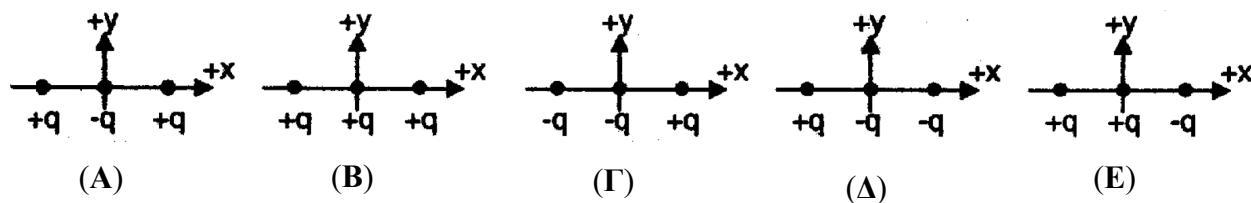
$$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2 \quad K_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8.99 \times 10^9 \text{ C}/\text{Nm}^2 \quad e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Ερωτήσεις Πολλαπλών Επιλογών – Σύνολο 40 μονάδες – 2 μονάδες/ερώτηση

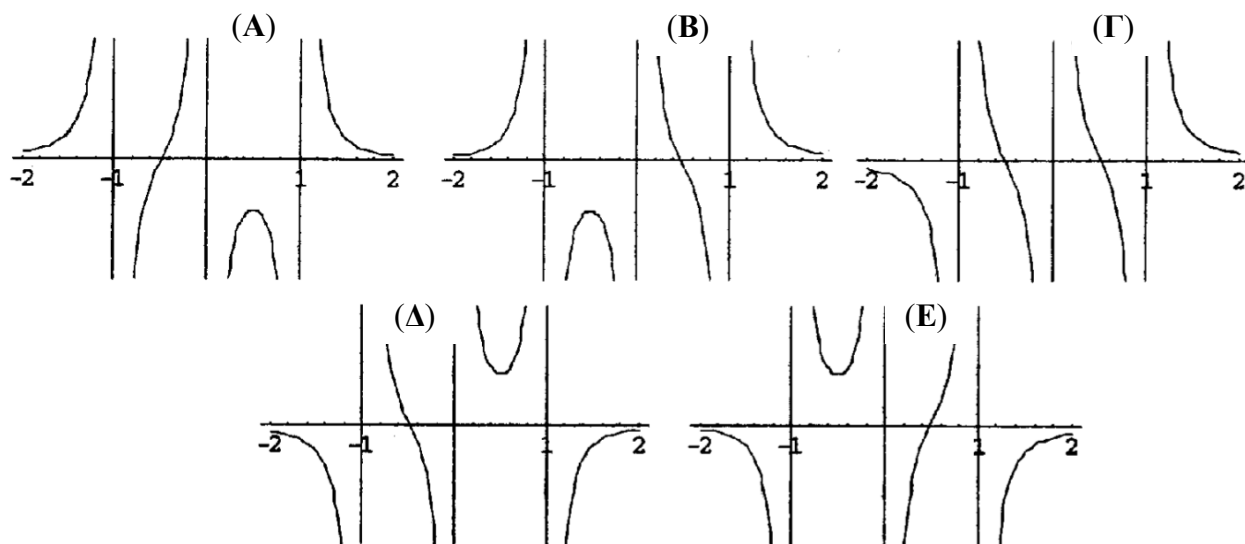
Οι επόμενες 2 ερωτήσεις αναφέρονται στο γράφημα του παρακάτω σχήματος, το οποίο δείχνει το δυναμικό στον x -άξονα, συναρτήσει του x .



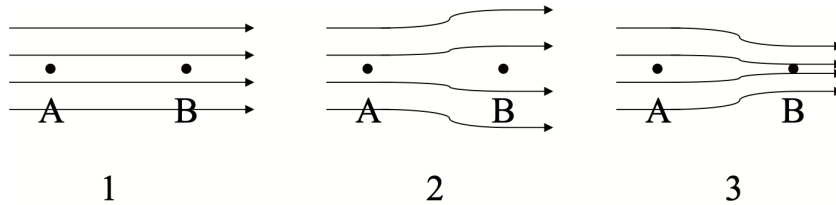
1. Ποια από τις διατάξεις φορτίων που φαίνονται στο επόμενο σχήμα θα μπορούσε να προκαλέσει το δυναμικό του διπλανού σχήματος;



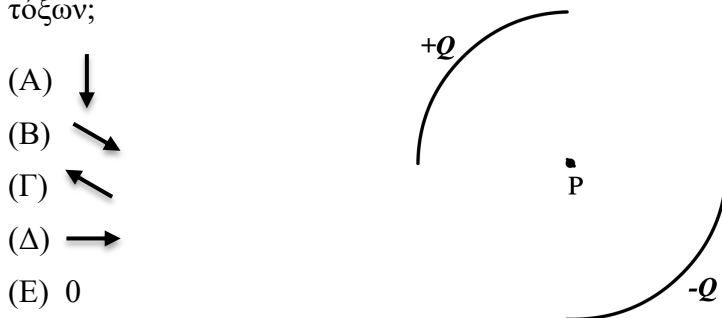
2. Ποια είναι η x -συνιστώσα του ηλεκτρικού πεδίου για σημεία που βρίσκονται στον x -άξονα με βάση το δυναμικό που φαίνεται στο παραπάνω γράφημα.



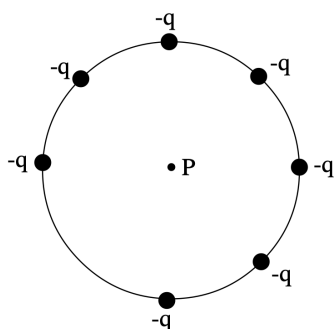
3. Σε κάθε ένα από τα παρακάτω γραφήματα, τα βέλη αντιπροσωπεύουν τις ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές, ενώ η απόσταση μεταξύ των σημείων A και B παραμένει σταθερή. Υποθέστε ότι το ηλεκτρικό πεδίο στο σημείο A είναι ίδιο και για τις τρεις περιπτώσεις. Κατατάξτε σε αύξουσα σειρά τη διαφορά δυναμικού $\Delta V_{AB} = V(B) - V(A)$ για τις τρεις περιπτώσεις:







- (Α) περίπτωση (1) < περίπτωση (2) < περίπτωση (3)
 (Β) περίπτωση (2) < περίπτωση (3) < περίπτωση (1)
 (Γ) περίπτωση (3) = περίπτωση (1) < περίπτωση (2)
 (Δ) περίπτωση (2) < περίπτωση (3) = περίπτωση (1)
 (Ε) περίπτωση (3) < περίπτωση (1) < περίπτωση (2)
4. Το παρακάτω σχήμα δείχνει δύο τόξα ίδιας ακτίνας με κέντρο το σημείο P. Θετικό φορτίο +Q είναι ομοιόμορφα κατανομημένο στο πάνω τόξο και αρνητικό φορτίο -Q είναι κατανομημένο στο κάτω τόξο. Ποιο από τα βέλη περιγράφει καλύτερα το ηλεκτρικό πεδίο P στο κέντρο των τόξων;



Οι ακόλουθες 3 ερωτήσεις αναφέρονται στην ακόλουθη περίπτωση. Αρχικά υπάρχουν 8 φορτία αρνητικά φορτία τα οποία συγκρατούνται στην περιφέρεια ενός κύκλου ακτίνας R . Ένα από τα φορτία αφαιρείται και η κατανομή φορτίων είναι όπως στο παρακάτω σχήμα:

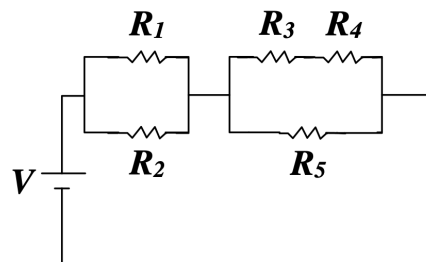


5. Το μέτρο του ηλεκτρικού πεδίου στο κέντρο του κύκλου είναι:
 - (A) 0.
 - (B) $(1/8)kq/R^2$
 - (Γ) $(7/8)kq/R^2$
 - (Δ) kq/R^2
 - (E) $7kq/R^2$
6. Η διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου στο κέντρο του κύκλου είναι:
 - (A) 
 - (B) 
 - (Γ) 
 - (Δ) 
 - (E) 0
7. Ποιο είναι το ηλεκτρικό δυναμικό στο κέντρο του κύκλου; (Υποθέστε ότι το δυναμικό γίνεται μηδέν σε άπειρη απόσταση από το κέντρο του κύκλου)
 - (A) 0.
 - (B) $-(1/8)kq/R$
 - (Γ) $-(7/8)kq/R$
 - (Δ) $-kq/R$
 - (E) $-7kq/R$

8. Μία μπαταρία και 5 αντιστάτες ίδιας αντίστασης είναι συνδεδεμένα όπως στο σχήμα. Ποιος αντιστάτης διαρρέεται από το μεγαλύτερο ρεύμα;

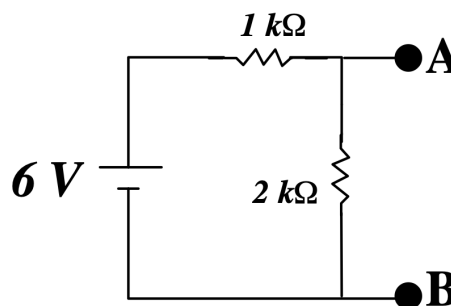
- (A) R_1
 (B) R_2
 (Γ) R_3
 (Δ) R_5

(E) Το ρεύμα που διαρρέει κάθε αντιστάτη είναι το ίδιο για όλους τους αντιστάτες.



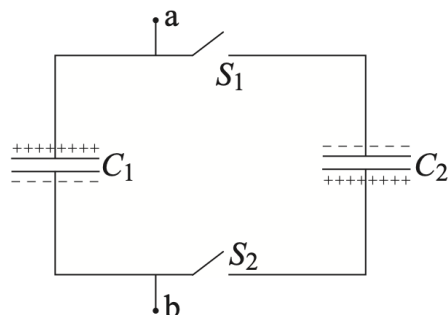
9. Ένας πυκνωτής φορτίζεται πλήρως σε δυναμικό $24V$ και κατόπιν συνδέεται στα άκρα AB του παρακάτω σχήματος με τον θετικό οπλισμό συνδεδεμένο στο σημείο A. Ποιο είναι το ρεύμα που διαρρέει τον αντιστάτη με αντίσταση $2k\Omega$;

- (A) $0mA$
 (B) $2mA$
 (Γ) $4mA$
 (Δ) $8mA$
 (E) $12mA$

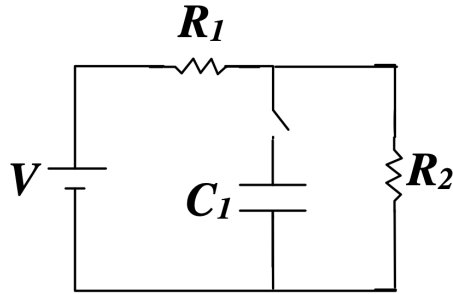


10. Στο διπλανό σχήμα, κάθε πυκνωτής είναι φορτισμένος σε διαφορά δυναμικού $100V$. Αφότου κλείσουν οι διακόπτες S_1 και S_2 ποια είναι η τελική διαφορά δυναμικού $V_b - V_a$ σε volts μεταξύ των σημείων a και b ; Δίνεται ότι $C_1 = 1\mu F$ και $C_2 = 3\mu F$:

- (A) $50V$
 (B) $33V$
 (Γ) $25V$
 (Δ) $10V$
 (E) $5V$



Οι επόμενες 3 ερωτήσεις αναφέρονται στην ακόλουθη περίπτωση. Θεωρήστε το κύκλωμα του σχήματος. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ ο διακόπτης κλείνει.



11. Το ρεύμα, I_0 , που διαρρέει τον αντιστάτη R_1 , τη χρονική στιγμή $t = 0$, είναι:

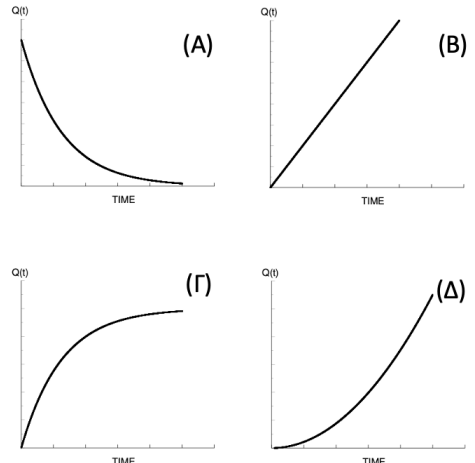
- (A) $I_0 = V/(R_1 + R_2)$
- (B) $I_0 = V/R_1$
- (Γ) $I_0 = V/R_2$
- (Δ) 0

12. Αφότου έχει κλείσει ο διακόπτης για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα, η διαφορά δυναμικού, V_C , στα άκρα του πυκνωτή είναι

- (A) $V_C = V$
- (B) $V_C = V(R_1/R_2)$
- (Γ) $V_C = V\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$
- (Δ) $V_C = V\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right)$
- (E) $V_C = V\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)$

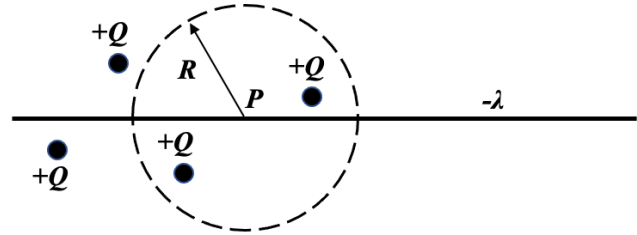
13. Ποια από τις ακόλουθες γραφικές αναπαριστά καλύτερα το φορτίο στον πυκνωτή συναρτήσει του χρόνου;

- (A) A
- (B) B
- (Γ) Γ
- (Δ) Δ

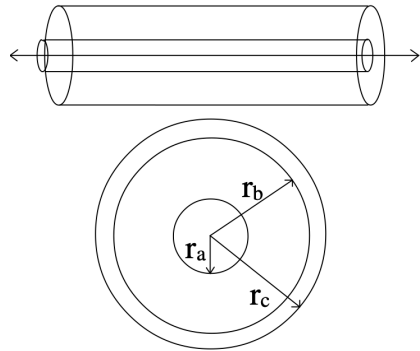


14. Τέσσερα θετικά φορτισμένα σωματίδια με ίσα φορτία $+Q$ βρίσκονται κοντά σε ένα πολύ μακρύ σύρμα φορτισμένο με αρνητικό φορτίο. Η κατανομή του φορτίου παρουσιάζει γραμμική πυκνότητα $-\lambda$. Μια σφαίρα ακτίνας R έχει το κέντρο της στο σημείο P όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η ηλεκτρική ροή, $\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$ που περνά τη σφαίρα θα είναι:

- (A) $\Phi_E = 0$
 (B) $\Phi_E = (8\pi QR^2 - 4\pi\lambda R^2)/\epsilon_0$
 (Γ) $\Phi_E = (2Q - 2\lambda R)/\epsilon_0$
 (Δ) $\Phi_E = -2\lambda R/\epsilon_0$
 (E) $\Phi_E = 2Q/\epsilon_0$



15. Θεωρήστε ένα μεταλλικό κυλινδρικό φλοιό εσωτερικής και εξωτερικής ακτίνας r_b και r_c αντίστοιχα. Ο φλοιός αυτός είναι ομόκεντρος με ένα μεταλλικό σύρμα ακτίνας r_a . Η γραμμική πυκνότητα φορτίου για το σύρμα είναι $+\lambda$ ενώ η γραμμική πυκνότητα φορτίου για τον κυλινδρικό φλοιό είναι $-\lambda$. Ποιο/ποια από το/τα ακόλουθο/α είναι αληθές/ή:



- (I) Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των r_c και r_b είναι μηδέν.
 (II) Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των r_a και r_b είναι μηδέν.
 (III) Η διαφορά δυναμικού μεταξύ ενός σημείου έξω από τον κυλινδρικό φλοιό και του r_c είναι μηδέν.
 (IV) Το ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ ενός σημείου έξω από τον κυλινδρικό φλοιό και του r_c είναι μηδέν.

- (A) Μόνο το (I) και (IV) είναι αληθή.
 (B) Μόνο το (II) και (IV) είναι αληθή.
 (Γ) Μόνο το (I) και (III) είναι αληθή
 (Δ) Μόνο τα (II), (III) και (IV).
 (E) Μόνο το (I), (III) και (IV) είναι αληθή

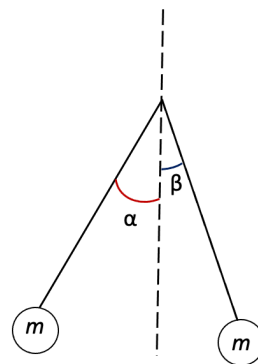
16. Ένα σημειακό φορτίο Q κρατιέται ακίνητο σε κάποιο σημείο. Ένα άλλο σημειακό φορτίο q πλησιάζει το φορτίο Q κινούμενο με σταθερή ταχύτητα v . Ποιο/ποια από το/τα ακόλουθο/α είναι αληθές/ή:

- (I) Η ηλεκτροστατική δυναμική ενέργεια του q αυξάνει καθώς πλησιάζει το Q εάν τα φορτία q και Q έχουν το ίδιο πρόσημο.
- (II) Το έργο το οποίο εκτελεί η ηλεκτροστατική δύναμη είναι θετικό εάν τα φορτία q και Q έχουν το ίδιο πρόσημο.
- (III) Το έργο που εκτελεί μια εξωτερική δύναμη για να φέρει το φορτίο q πιο κοντά στο Q , είναι θετικό εάν τα φορτία q και Q έχουν αντίθετο πρόσημο.
- (IV) Το έργο που εκτελεί μια εξωτερική δύναμη για να φέρει το φορτίο q πιο κοντά στο Q , είναι αρνητικό εάν τα φορτία q και Q έχουν αντίθετο πρόσημο.

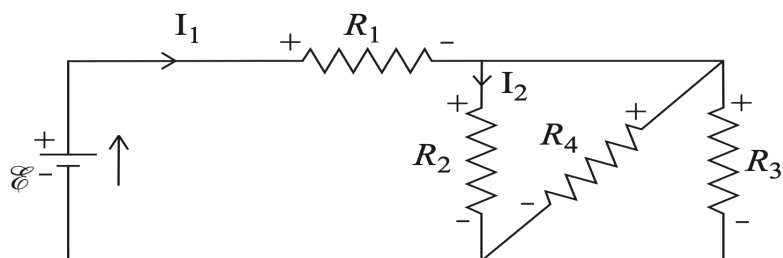
- (A) Μόνο το (I).
- (B) Μόνο το (II).
- (Γ) Μόνο το (I) και (II).
- (Δ) Μόνο το (I) και (IV).
- (E) Μόνο το (II) και (III).

17. Δύο σφαίρες ίσης μάζας m κρέμονται από δύο μεταξωτά νήματα ίσου μήκους. Αν η σφαίρα στα δεξιά έχει φορτίο $+4q$ και η σφαίρα στα αριστερά έχει φορτίο $+q$, η σχέση που συνδέει τις γωνίες απόκλισης των δύο σφαιρών από την κατακόρυφο είναι:

- (A) $\alpha = \frac{1}{4}\beta$
- (B) $\alpha = \frac{1}{2}\beta$
- (Γ) $\alpha = \beta$
- (Δ) $\alpha = 2\beta$
- (E) $\alpha = 4\beta$



18. Ποιο είναι το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση R_2 στο παρακάτω κύκλωμα;



$$\mathcal{E} = 6.0V$$

$$R_1 = 100\Omega$$

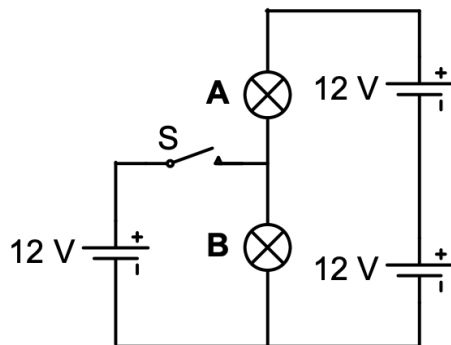
$$R_2 = R_3 = 50\Omega$$

$$R_4 = 75\Omega$$

- (A) 0.02A
- (B) 1.00A
- (Γ) 0.05A
- (Δ) 0.015A
- (E) 0.25A

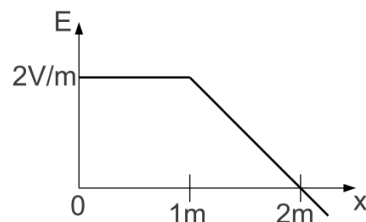
19. Οι λαμπτήρες A και B στο παρακάτω κύκλωμα είναι πανομοιότυποι. Όταν ο διακόπτης S κλείσει τι θα συμβεί στην φωτεινότητα των λαμπτήρων;

- (A) Δεν θα αλλάξει τίποτα.
- (B) Ο λαμπτήρας A γίνεται πιο φωτεινός.
- (Γ) Ο λαμπτήρας B γίνεται πιο φωτεινός.
- (Δ) Ο λαμπτήρας A γίνεται λιγότερο φωτεινός
- (E) Ο λαμπτήρας B γίνεται λιγότερο φωτεινός



20. Το ηλεκτρικό πεδίο συνάρτησε της θέσης για την περίπτωση μίας διάστασης, φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Αν το ηλεκτρικό δυναμικό στη θέση $x=0m$ είναι $4V$, το ηλεκτρικό δυναμικό στη θέση $x=2m$ είναι:

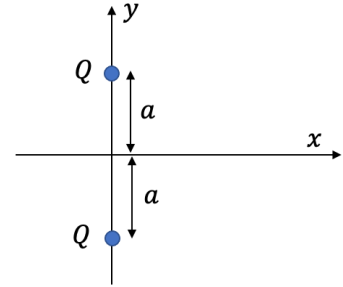
- (A) 0 V
- (B) 1 V
- (Γ) 3 V
- (Δ) 7 V
- (E) 8 V



Μέρος Β – Αναλυτικά προβλήματα – Σύνολο 60 μονάδες

Άσκηση 1 [30μ]

Δύο θετικά φορτία $+Q$ είναι τοποθετημένα στον y -άξονα στις θέσεις $y = \pm a$ όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα (1α).



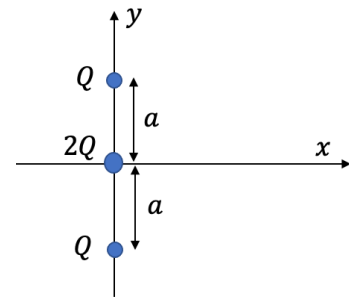
(α) Προσδιορίστε το ηλεκτρικό πεδίο \vec{E} στον x -άξονα, για όλες τις τιμές του x . [5μ]

(β) Προσδιορίστε το ηλεκτροστατικό δυναμικό $V(x)$ για όλα τα σημεία του x -άξονα. [5μ]

(γ) Σχεδιάστε το ηλεκτροστατικό δυναμικό $V(x)$ για όλες τις τιμές στον x -άξονα. [4μ]

(δ) Από το γράφημα σας στο ερώτημα (γ), προσδιορίστε τα σημεία στα οποία το ηλεκτρικό πεδίο είναι μηδέν. [3μ]

Υποθέστε τώρα ότι ένα τρίτο φορτίο $+2Q$ μεταφέρεται από το άπειρο και τοποθετείται στην αρχή του συστήματος συντεταγμένων, όπως φαίνεται στο σχήμα (1β).



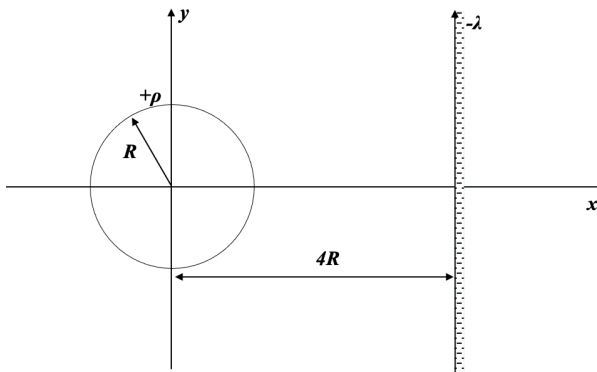
(ε) Υπολογίστε το έργο που απαιτείται από έναν εξωτερικό παράγοντα ώστε να τοποθετηθεί το φορτίο $+2Q$ στην αρχή του συστήματος συντεταγμένων. [5μ]

(στ) Υπολογίστε την ολική ηλεκτροστατική ενέργεια της διάταξης των τριών φορτίων. [5μ]

(g) Αν τα φορτία αφεθούν ελεύθερα να κινηθούν, υπολογίστε το άθροισμα των κινητικών ενεργειών των τριών σωματιδίων όταν βρίσκονται πολύ μακριά το ένα από το άλλο. [3μ]

Άσκηση 2 [30μ]

Μια μονωμένη σφαίρα ακτίνας R βρίσκεται στην αρχή του συστήματος συντεταγμένων. Είναι φορτισμένη ομοιόμορφα με θετικό φορτίο και έχει χωρική πυκνότητα φορτίου ρ . Επιπλέον, μια πολύ λεπτή και μακριά ράβδος είναι τοποθετημένη παράλληλα προς τον άξονα y στη θέση $x = 4R$. Η ράβδος είναι φορτισμένη αρνητικό φορτίο και γραμμική πυκνότητα φορτίου $-\lambda$. Στα επόμενα δώστε τις απαντήσεις σας συναρτήσει των μεγεθών ρ , λ , R και πιθανώς άλλων σταθερών. Θα πρέπει να αποδείξετε ότι τύπο χρησιμοποιήσετε από το τυπολόγιο.



(α) Προσδιορίστε το ηλεκτρικό πεδίο \vec{E} στο σημείο $x = 2R, y = 0$. [6μ]

(β) Προσδιορίστε το ηλεκτρικό πεδίο \vec{E} στο σημείο $x = 0, y = 3R$. [6μ]

(γ) Προσδιορίστε τη συνεισφορά στη x -συνιστώσα, E_x , του ηλεκτρικού πεδίου, **μόνο** από τη ράβδο, συναρτήσει της θέσης x στον x -άξονα. Σχεδιάστε αυτή την συνεισφορά. [7μ]

(δ) Προσδιορίστε τη συνεισφορά στη x -συνιστώσα, E_x , του ηλεκτρικού πεδίου, **μόνο** από τη σφαίρα, συναρτήσει της θέσης x στον x -άξονα. Σχεδιάστε αυτή την συνεισφορά. [7μ]

(ε) Προσδιορίστε την ηλεκτρική ροή, Φ_E , μέσω ενός κύβου πλευράς $R/3$ με το κέντρο του στη θέση $x = 0, y = 2R$. [4μ]