

## ΦΥΣ 112

**Ενδιάμεση Εξέταση: 21-Οκτωβρίου-2021**

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

<b>Ονοματεπώνυμο</b>	<b>Αριθμός Ταυτότητας</b>
----------------------	---------------------------

**Απενεργοποιήστε τα κινητά σας.**

Το δοκίμιο περιέχει 6 ασκήσεις και θα πρέπει να απαντήσετε σε όλες. Η μέγιστη συνολική βαθμολογία της εξέτασης είναι 120 μονάδες.

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

**Η διάρκεια της εξέτασης είναι 120 λεπτά. Καλή Επιτυχία !**

Μέρος Α	
Άσκηση	Βαθμός
1 <sup>η</sup> (15μ)	
2 <sup>η</sup> (15μ)	
3 <sup>η</sup> (15μ)	
4 <sup>η</sup> (20μ)	
5 <sup>η</sup> (25μ)	
6 <sup>η</sup> (30μ)	
<b>Σύνολο</b>	

## Τύποι που μπορούν να φανούν χρήσιμοι

### Ηλεκτροστατική:

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

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

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

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

$$\text{Πεδίο άπειρης γραμμικής κατανομής: } E_R = \frac{2k\lambda}{R} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{R}$$

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

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

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

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

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

### 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:**

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

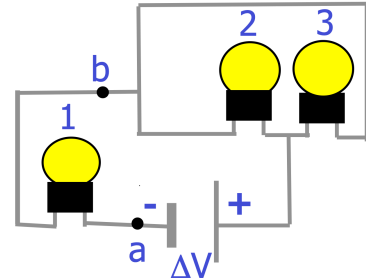
$$q(t) = q_{\infty}(1 - e^{-t/\tau}) \quad q(t) = q_0 e^{-t/\tau} \quad I(t) = I_0 e^{-t/\tau} \quad \tau = RC$$

**Σταθερές και μετατροπές μονάδων:**

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

### Άσκηση 1 [15μ]

Το παρακάτω σχήμα δείχνει ένα κύκλωμα το οποίο αποτελείται από μια πηγή δυναμικού με δυναμικό  $\Delta V$  εκατέρωθεν των πόλων της και τρεις πανομοιότυπους λαμπτήρες. Σε όλες τις απαντήσεις σας, εξηγήστε το σκεπτικό σας με μία ή δύο προτάσεις.

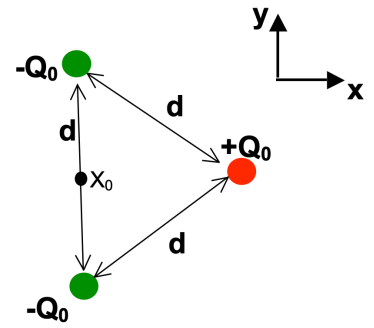


(α) Ποιος από τους λαμπτήρες θα φωτοβολεί περισσότερο ή όλοι θα φωτοβολούν με την ίδια λαμπρότητα; [5μ]

(β) Υποθέστε ότι ο λαμπτήρας 2 αντικαθίσταται με έναν άλλο με τη διπλάσια κατανάλωση ισχύος. Ποια θα είναι τώρα η λαμπρότητα των λαμπτήρων 1 και 3 σε σχέση με αυτή που είχαν πριν την αντικατάσταση του λαμπτήρα 2; Μεγαλύτερη, μικρότερη ή δεν θα κάνει κάποια διαφορά; [10μ]

## Άσκηση 2 [15μ]

Θεωρήστε τη διάταξη με τα σημειακά φορτία του διπλανού σχήματος, όπου 2 αρνητικά φορτία  $-Q_0$  και ένα θετικό φορτίο  $+Q_0$  σχηματίζουν ένα ισόπλευρο τρίγωνο στο  $x$ - $y$  επίπεδο.



(α) Ποια είναι η διεύθυνση και το μέτρο της δύναμης στο θετικό φορτίο  $+Q_0$  συναρτήσει των μεγεθών που δόθηκαν; [5μ]

(β) Ποια είναι η διεύθυνση και το μέτρο του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο  $x_0$  που βρίσκεται στο μέσο της απόστασης μεταξύ των δύο αρνητικών φορτίων; [3μ]

(γ) Θεωρήστε ότι τα δύο αρνητικά φορτία διατηρούνται ακίνητα στο χώρο και το φορτίο  $+Q_0$  μπορεί να κινείται ελεύθερα. Περιγράψτε την κίνηση την οποία θα εκτελέσει το  $+Q_0$  αν αφεθεί από την ηρεμία από την αρχική του θέση. [7μ]

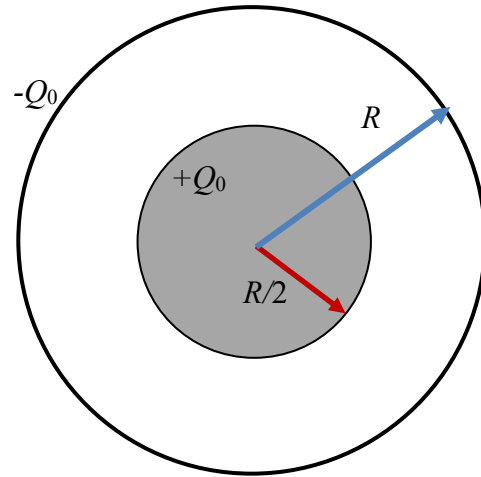
### Άσκηση 3 [15μ]

Παρακάτω φαίνεται η διατομή μιας αγωγίμης σφαίρας ακτίνας  $R/2$ , η οποία περιβάλλεται από ένα λεπτό αγωγίμο κέλυφος ακτίνας  $R$ . Η εσωτερική σφαίρα είναι φορτισμένη με φορτίο  $+Q_0$  και το σφαιρικό κέλυφος έχει φορτίο  $-Q_0$ .

(α) Σχεδιάστε την κατανομή φορτίου στην εσωτερική σφαίρα. [2μ]

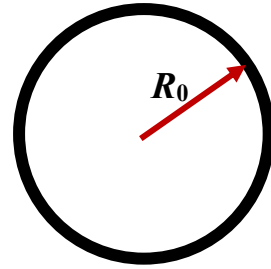
(β) Χρησιμοποιώντας τον νόμο του Gauss, βρείτε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου  $E(r)$  συναρτήσει του  $r$  στο διάστημα  $r = 0$  και  $r > R$ , όπου  $r$  είναι η απόσταση από το κέντρο της σφαίρας. [9μ]

(γ) Στο σχήμα που σας δίνεται, δείξτε τη λύση στο ερώτημα (β) χρησιμοποιώντας ηλεκτρικές γραμμές. [4μ]



#### Άσκηση 4 [20μ]

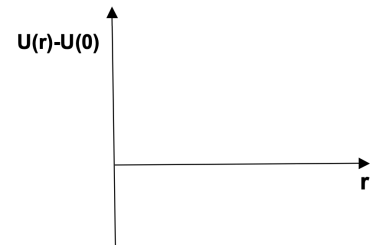
Το διπλανό σχήμα δείχνει ένα λεπτό σφαιρικό κέλυφος ακτίνας  $R_0$  το οποίο είναι φορτισμένο με φορτίο  $Q > 0$ . Μπορείτε να αγνοήσετε το πάχος του κελύφους.



(α) Βρείτε το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται από το φορτισμένο κέλυφος συναρτήσει της απόστασης  $r$  από το κέντρο του. Προσδιορίστε το ηλεκτρικό πεδίο  $E(r)$  τόσο για  $r < R_0$  όσο και για  $r > R_0$ . [7μ]

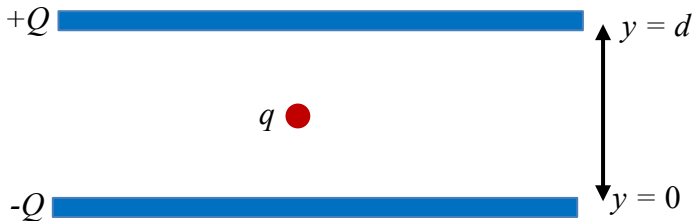
(β) Προσδιορίστε το αντίστοιχο ηλεκτρικό δυναμικό  $V(r)$  συναρτήσει του  $r$  με σημείο αναφοράς  $V(r = 0) = 0$ . [6μ]

(γ) Στο γράφημα, σχεδιάστε την ηλεκτροστατική δυναμική ενέργεια  $U(r)$  για ένα αρνητικό σημειακό φορτίο  $q_0 < 0$  στο πεδίο που δημιουργείται από το σφαιρικό κέλυφος. [7μ]



### Άσκηση 5 [25μ]

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διατομή δύο μεγάλων παράλληλων πλακών που είναι φορτισμένες με φορτίο  $+Q$  (επάνω πλάκα) και  $-Q$  (κάτω πλάκα). Κάθε πλάκα έχει εμβαδό  $A$ . Κατακόρυφα ανάμεσα στις δύο πλάκες υπάρχει ένα μικρό σωματίδιο μάζας  $m$  και φορτίου  $q$ .



Το σωματίδιο αιωρείται στη θέση  $d/2$ , οπότε η δύναμη της βαρύτητας,  $F = -mg$ , εξισορροπείται από την ηλεκτροστατική δύναμη.

(α) Βρείτε το ηλεκτρικό πεδίο το οποίο αναπτύσσεται μεταξύ των δύο επίπεδων πλακών. [8μ]

(β) Ποια είναι πρόσημο του φορτίου  $q$  του σωματιδίου; [1μ]

(γ) Προσδιορίστε το φορτίο  $q$  συναρτήσει των ποσοτήτων που δίνονται. Αγνοήστε φαινόμενα μεταβολής του ηλεκτρικού πεδίου στις άκρες των πλακών. [4μ]

(δ) Σχεδιάστε την ηλεκτρική δυναμική ενέργεια  $U_E$  του φορτισμένου σωματιδίου συναρτήσει του  $y$  στο διάστημα  $y = 0$  έως  $y = d$ , υποθέτοντας  $U_E = 0$  στο  $y = 0$ . [4μ]

(ε) Σχεδιάστε την δυναμική ενέργεια  $U_T$  του σωματιδίου συναρτήσει του  $y$  στο διάστημα  $y = 0$  έως  $y = d$ . [4μ]

(στ) Σχεδιάστε το ηλεκτρικό δυναμικό  $V$  μεταξύ των πλακών (αγνοήστε το φορτίο  $q$ ) στο διάστημα  $y = 0$  έως  $y = d$ . [4μ]



### Άσκηση 6 [30μ]

Θεωρήστε έναν επίπεδο πυκνωτή χωρητικότητα  $C_0$ . Ο πυκνωτής φορτίζεται με φορτίο  $Q$  συνδεδεμένος με πηγή δυναμικού  $\Delta V$  αμελητέας εσωτερικής αντίστασης. Κατόπιν ο πυκνωτής αποσυνδέεται από την πηγή ενώ εξακολουθεί να έχει φορτίου  $Q$  και η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του διπλασιάζεται.

(α) Αποδείξτε τη σχέση που δίνει την χωρητικότητα ενός επίπεδου πυκνωτή με εμβαδόν επιφάνειας  $A$  σε απόσταση  $d$  μεταξύ τους. [10μ]

(β) Ποια είναι η διαφορά δυναμικού μεταξύ των οπλισμών του όταν έχει διπλασιαστεί η μεταξύ τους απόσταση; [3μ]

(γ) Ποια είναι η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που είναι αποθηκευμένη στον πυκνωτή όταν οι οπλισμοί του έχουν μετακινηθεί; [3μ]

(δ) Εξηγήστε πως διατηρείται η ενέργεια όταν οι οπλισμοί έχουν απομακρυνθεί. [3μ]

(ε) Αν η πηγή δυναμικού δεν είχε αποσυνδεθεί πριν μετακινηθούν οι οπλισμοί. Πόση θα ήταν η ενέργεια που θα είχε αποθηκευτεί στον πυκνωτή στην περίπτωση αυτή όταν διπλασιάζονται η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του; [3μ]

(στ) Θεωρήστε τώρα ότι ένα διηλεκτρικό υλικό, διηλεκτρικής σταθεράς  $k=2$  εισέρχεται ανάμεσα στους οπλισμούς του πυκνωτή. Πως μεταβάλλεται η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στον πυκνωτή όταν εισέλθει το διηλεκτρικό; [3μ]

(ζ) Χρησιμοποιώντας το διπλανό σχήμα, κάντε το γράφημα του ηλεκτρικού δυναμικού μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή συναρτήσει της μεταξύ τους απόστασης  $x$  για  $x = 0$  και  $x = 2d$ . Σε ποια τιμή του  $x$  επιλέγεται να θέσετε  $V = 0$ ; [5μ]

