

ΕΝΩΣΗ ΚΥΠΡΙΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ



22^η ΠΑΓΚΥΠΡΙΑ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Β' ΛΥΚΕΙΟΥ

Σάββατο, 12 Απριλίου, 2008

Ώρα: 11:00 - 14:00

Προτεινόμενες Λύσεις

ΘΕΜΑ 1 (10 μονάδες)

(Α) Ένα στερεό σώμα είναι σε ισορροπία όταν το διανυσματικό άθροισμα των δυνάμεων είναι μηδέν και το διανυσματικό άθροισμα των ροπών είναι μηδέν.

Ανάλογα $\Sigma F = 0$ και $\Sigma M = 0$.

(2 μον.)

(Β) (α) Παίρνουμε ροπές ως προς το σημείο Α : $B_k \cdot d + B_\delta \cdot \frac{L}{2} = S \cdot \eta \mu \theta \cdot L$

Αντικαθιστούμε: $350 \cdot 1 + 250 \cdot 2 = S \cdot 4 \cdot \eta \mu 37^\circ \Rightarrow 850 = S \cdot 4 \cdot 0,6 \Rightarrow S = 354,2 \text{ N}$.

Έστω F_x και F_y οι δύο συνιστώσες της δύναμης που ασκεί η άρθρωση στη δοκό στο σημείο Α. Είναι:

$$F_y + S \cdot \eta \mu \theta = B_k + B_\delta \Rightarrow F_y + 354,2 \cdot \eta \mu 37^\circ = 350 + 250$$

$$\Rightarrow F_y + 213,16 = 600 \Rightarrow F_y = 386,8 \text{ N}$$

$$F_x = S \cdot \sigma \upsilon \nu \theta \Rightarrow F_x = 354,2 \cdot \sigma \upsilon \nu 37^\circ \Rightarrow F_x = 282,9 \text{ N}$$

Το μέτρο της F , είναι:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \Rightarrow F = \sqrt{282,9^2 + 386,6^2} \Rightarrow F = \sqrt{80032,41 + 149459,56}$$

$$\Rightarrow F = 479,1 \text{ N}$$

η γωνία ϕ που σχηματίζει η δύναμη με την οριζόντια διεύθυνση είναι:

$$\epsilon \phi \phi = \frac{F_y}{F_x} = \frac{386,8}{282,9} = 1,367 \Rightarrow \phi = 53,8^\circ$$

(6 μον.)

(β) Παίρνουμε ροπές ως προς το σημείο Α: $B_k \cdot d_{\max} + B_\delta \cdot \frac{L}{2} = S_{\max} \cdot \eta \mu \theta \cdot L$

Αντικαθιστούμε: $350 \cdot d_{\max} + 250 \cdot 2 = 450 \cdot 4 \cdot \eta \mu 37^\circ \Rightarrow d_{\max} = 1,67 \text{ m}$.

(2 μον.)

ΘΕΜΑ 2 (10 μονάδες)

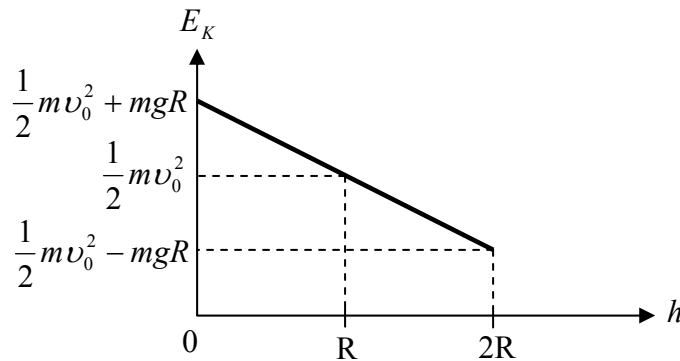
(Α) Ένα σώμα εκτελεί κυκλική κίνηση όταν υπάρχει δύναμη στο σώμα με διεύθυνση κάθετη στην ταχύτητα και με φορά προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς. **(1 μον.)**

(Β) (i) Η ελάχιστη ταχύτητα στο Μ προκύπτει από τη συνθήκη: $mg = m \frac{v_{M(\min)}^2}{R}$.

Δηλαδή η κάθετη δύναμη από την τροχιά να είναι μηδέν, οπότε το βάρος ενεργεί ως κεντρομόλος δύναμη. Άρα, $v_{M(\min)} = \sqrt{gR}$. Εφαρμόζουμε την αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας για τα σημεία Μ και το σημείο που το σώμα έχει ταχύτητα μέτρου u_0 , οπότε παίρνουμε,:

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = mgR + \frac{1}{2}mgR \Rightarrow v_0 = \sqrt{3gR}. \quad \textbf{(2 μον.)}$$

(ii) Στο σημείο που βρίσκεται αρχικά το σώμα έχει μηχανική ενέργεια ίση με $\frac{1}{2}mv_0^2 + mgR$. Στη συνέχεια η ενέργεια αυτή παραμένει σταθερή επειδή δεν υπάρχουν τριβές. Άρα, $\frac{1}{2}mv_0^2 + mgR = E_K + mgh$. Άρα, $E_K = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgR - mgh$, όπου $0 \leq h \leq 2R$. Η γραφική παράσταση φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα.



(2 μον.)

(Γ) Από την αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας: $mgR(1 - \sin\theta) = \frac{1}{2}mv^2$.

Στο σημείο που το σώμα χάνει επαφή με την τροχιά, η κεντρομόλος δύναμη είναι η ακτινική συνιστώσα του βάρους: $mg\sin\theta = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow v^2 = Rg\sin\theta$. Άρα,

$$gR(1 - \sin\theta) = \frac{1}{2}Rg\sin\theta \Rightarrow 1 - \sin\theta = \frac{1}{2}\sin\theta \Rightarrow 1 = \frac{3}{2}\sin\theta \Rightarrow \sin\theta = \frac{2}{3}.$$

(5 μον.)

ΘΕΜΑ 3 (10 μονάδες)

(α) Η δύναμη παγκόσμιας έλξης από τη Γη στον δορυφόρο ενεργεί ως κεντρομόλος δύναμη. Άρα,

$$G \frac{M_{\Gamma} \cdot m}{(R+h)^2} = m\omega^2(R+h). \text{ Είναι } \omega = \frac{2\pi}{T}. \text{ Άρα, } G \frac{M_{\Gamma}}{(R+h)^2} = \frac{4\pi^2}{T^2}(R+h).$$

$$\text{Είναι } g_0 = G \frac{M_{\Gamma}}{R^2}. \text{ Άρα, } g_0 \frac{R^2}{(R+h)^2} = \frac{4\pi^2}{T^2}(R+h) \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{(R+h)^3}{g_0 R^2}}.$$

Αντικαθιστούμε,

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(6370000 + 900000)^3}{10 \cdot (6370000)^2}} = 1,70 \text{ h}. \quad (4 \text{ μον.})$$

(β) Ένας δορυφόρος είναι γεωστατικός όταν (i) έχει την ίδια περίοδο με τη Γη γύρω από τον άξονά της, δηλαδή 24 h, (ii) το επίπεδο της τροχιάς του συμπίπτει με το επίπεδο του ισημερινού και (iii) έχει την ίδια φορά κίνησης με τη Γη. **(1 μον.)**

Ο πιο πάνω δορυφόρος δεν μπορεί να είναι γεωστατικός επειδή έχει περίοδο διαφορετική από 24 h. **(1 μον.)**

(γ) Θεωρούμε τη Γη ακίνητη και το δορυφόρο να περιστρέφεται γύρω από τη Γη με σχετική ως προς τη Γη γωνιακή ταχύτητα, $\omega_{\sigma} = \omega_{\Delta} \pm \omega_{\Gamma}$. Το πρόσημο (-) αντιστοιχεί στην περίπτωση που ο δορυφόρος περιστρέφεται στη φορά περιστροφής της Γης και το (+) στην περίπτωση που ο δορυφόρος περιστρέφεται αντίθετα με τη φορά της Γης.

Ο δορυφόρος είναι ορατός από έναν ακίνητο, ως προς τη Γη, παρατηρητή, που βρίσκεται στην επιφάνεια της Γης, στο επίπεδο της τροχιάς του δορυφόρου, όσο χρόνο ο δορυφόρος διαγράφει το τόξο ΑΒΓ.

Είναι

$$\omega_{\sigma} = \frac{2\pi}{T} \pm \frac{2\pi}{T_{\Gamma}} = 2\pi \left(\frac{1}{T} \pm \frac{1}{T_{\Gamma}} \right) = 2\pi \frac{T_{\Gamma} \pm T}{T \cdot T_{\Gamma}}.$$

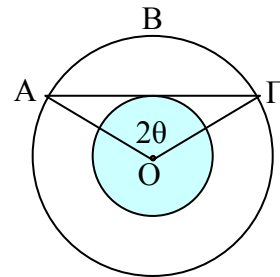
$$\text{Είναι, } \omega_{\sigma} = \frac{2\theta}{t}. \text{ Άρα,}$$

$$2\pi \left| \frac{T_{\Gamma} \pm T}{T \cdot T_{\Gamma}} \right| = \frac{2\theta}{t} \Rightarrow t = \frac{\theta}{\pi} \left| \frac{T_{\Gamma} \cdot T}{T \pm T_{\Gamma}} \right|.$$

Από το σχήμα παίρνουμε,

$$\sigmaυν\theta = \frac{R}{R+h} \Rightarrow \sigmaυν\theta = \frac{6370000}{6370000 + 900000} \Rightarrow \theta = 0,503 \text{ rad} \text{ Άρα,}$$

$$t = \frac{\theta}{\pi} \left| \frac{T_{\Gamma} \cdot T}{T \pm T_{\Gamma}} \right| = \frac{0,503}{\pi} \left| \frac{24 \cdot 1,70}{1,70 \pm 24} \right| = 915 \text{ s} \dots \acute{\eta} \dots 1055 \text{ s}. \quad (4 \text{ μον.})$$



(Σημ. Να δοθούν 4 μον. εάν υπολογιστεί ορθά μόνο η μια περίπτωση).

ΘΕΜΑ 4 (10 μονάδες)

(α) Βρίσκουμε πρώτα το μέτρο των τριών εντάσεων στην τέταρτη κορυφή που οφείλονται στο κάθε φορτίο ξεχωριστά.

$$E_1 = K_0 \frac{Q}{a^2} = 9 \times 10^9 \frac{2 \times 10^{-6}}{9} = 2 \times 10^3 \text{ N/C}.$$

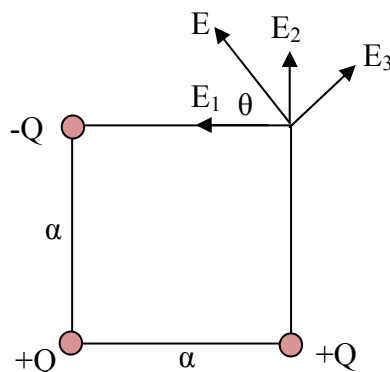
$$E_2 = E_1 = 2 \times 10^3 \text{ N/C}.$$

$$E_3 = K_0 \frac{Q}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{2 \times 10^{-6}}{18} = 1 \times 10^3 \text{ N/C}.$$

$$E_{3x} = E_{3y} = E_3 \eta \mu 45^\circ = 0,71 \times 10^3 \text{ N/C}.$$

$$E_x = E_1 - E_{3x} = 2 \times 10^3 - 0,71 \times 10^3 = 1,29 \times 10^3 \text{ N/m}$$

$$E_y = E_2 + E_{3y} = 2 \times 10^3 + 0,71 \times 10^3 = 2,71 \times 10^3 \text{ N/m}$$



$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = \sqrt{(1,29 \times 10^3)^2 + (2,71 \times 10^3)^2},$$

$$E = \sqrt{1664100 + 7344100} = \sqrt{9008200} = 3001,4 \text{ N/m}.$$

$$\varepsilon \phi \theta = \frac{E_y}{E_x} = \frac{2,71}{1,29} = 2,1 \Rightarrow \theta = 64,5^\circ. \text{ (βλ. σχήμα).}$$

(5 μον.)

(β) Το ολικό δυναμικό στο Δ είναι: $V_\Delta = K_0 \left(\frac{-Q}{a} + \frac{+Q}{a} + \frac{+Q}{a\sqrt{2}} \right) = K_0 \frac{+Q}{a\sqrt{2}}.$

Αντικαθιστούμε, $V_\Delta = 9 \times 10^9 \frac{2 \times 10^{-6}}{3 \cdot \sqrt{2}} = +4242,6 \text{ V}.$

(2 μον.)

(γ) Το έργο του πεδίου στο φορτίο q, κατά τη μετακίνηση από το σημείο Δ στο άπειρο είναι:

$$W = -q \cdot \Delta V = -q \cdot (V_\infty - V_\Delta). \text{ Αντικαθιστούμε,}$$

$$W = -10 \times 10^{-9} \cdot (0 - 4242,6) = +4,24 \times 10^{-5} \text{ J}.$$

Το έργο του πεδίου στο φορτίο είναι θετικό, άρα το πεδίο παράγει έργο στο φορτίο.

(3 μον.)

ΘΕΜΑ 5 (15 μονάδες)

(α) Στο σημείο Α, η κατακόρυφη συνιστώσα της ταχύτητας είναι μηδέν. Είναι

$$v_y = v_0 \eta \mu \theta - g t . \text{ Άρα, } 0 = v_0 \eta \mu \theta - g t \Rightarrow t = \frac{v_0 \eta \mu \theta}{g} .$$

Σε κάθε στιγμή η θέση, ως προς το σημείο βολής, καθορίζεται από: $x = v_0 \sigma \upsilon \nu \theta t$ και

$$y = v_0 \eta \mu \theta t - \frac{1}{2} g t^2 . \text{ Στο σημείο Α έχουμε: } 50 = v_0 \sigma \upsilon \nu \theta t \text{ και } 20 = v_0 \eta \mu \theta t - \frac{1}{2} g t^2 .$$

Αντικαθιστούμε το χρόνο $t = \frac{v_0 \eta \mu \theta}{g}$ και παίρνουμε,

$$50 = v_0 \sigma \upsilon \nu \theta \frac{v_0 \eta \mu \theta}{g} \Rightarrow 500 = v_0^2 \eta \mu \theta . \sigma \upsilon \nu \theta ,$$

$$20 = v_0 \eta \mu \theta \frac{v_0 \eta \mu \theta}{g} - \frac{v_0^2 \eta \mu^2 \theta}{2g} \Rightarrow 400 = 2v_0^2 \eta \mu^2 \theta - v_0^2 \eta \mu^2 \theta \Rightarrow 400 = v_0^2 \eta \mu^2 \theta .$$

Από τις δύο εξισώσεις παίρνουμε: $\epsilon \phi \theta = \frac{4}{5}$. Είναι $\eta \mu \theta = \frac{4}{\sqrt{41}}$. Άρα

$$400 = v_0^2 \eta \mu^2 \theta \Rightarrow 400 = v_0^2 \frac{16}{41} \Rightarrow v_0 = 5\sqrt{41} = 32 \text{ m/s} . \quad \textbf{(7 μον.)}$$

(β) Όταν το βλήμα κτυπά τη βάση του τοίχου, $y = -3 \text{ m}$ και $x = d + v_\pi t$, όπου t είναι ο χρόνος βολής (πτήσης) και v_π είναι το μέτρο της ταχύτητας του πυροβόλου.

Από την προηγούμενη ερώτηση $v_0 = 32 \text{ m/s}$ και $\epsilon \phi \theta = \frac{4}{5} \Rightarrow \theta = 39^\circ$.

$$\text{Είναι, } y = v_0 \eta \mu \theta t - \frac{1}{2} g t^2 . \text{ Άρα, } -3 = 32 \eta \mu 39 . t - 5 t^2$$

$$5 t^2 - 20,14 t - 3 = 0 \Rightarrow t = 4,17 \text{ s} .$$

$$\text{Είναι: } x = v_0 \sigma \upsilon \nu \theta . t \text{ και } x = d + v_\pi . t . \text{ Άρα, } 50 + v_\pi . t = 32 \sigma \upsilon \nu 39 . t .$$

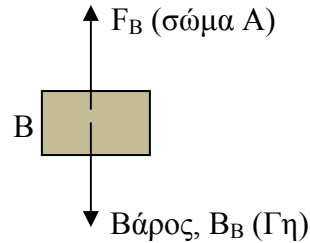
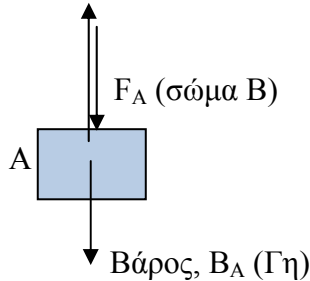
$$\text{Αντικαθιστούμε την τιμή του χρόνου: } 50 + v_\pi . 4,17 = 32 \sigma \upsilon \nu 39 . 4,17 \Rightarrow v_\pi = 12,9 \text{ m/s} .$$

(8 μον.)

ΘΕΜΑ 6 (15 μονάδες)

(Α) (α) Το σώμα Α δέχεται τρεις δυνάμεις και το σώμα Β δύο δυνάμεις, όπως δείχνουν τα ελεύθερα διαγράμματα:

Κάθετη δύναμη, N_A (πάτωμα ανελκυστήρα)



(1 μον.)

(β) Από το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα για το σύστημα, έχουμε: $\Sigma F = (m_{ολ})a$. Άρα,
 $S - B_{ολ} = (m_1 + m_2 + m_3)a \Rightarrow S - (m_1 + m_2 + m_3)g = (m_1 + m_2 + m_3)a$. Άρα,
 $S = (m_1 + m_2 + m_3)(g + a)$. **(2 μον.)**

(γ) Από το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα για το σώμα Α, έχουμε: $\Sigma F = m_1 a$. Άρα,
 $\Sigma F = 20 \cdot 0,5 = 10 \text{ N}$. **(2 μον.)**

(δ) Από το διάγραμμα των δυνάμεων στο Α, έχουμε, $\Sigma F = N_A - B_A - F_A$. Από το διάγραμμα των δυνάμεων στο Β, έχουμε,
 $\Sigma F = F_B - B_B \Rightarrow m_2 a = F_B - m_2 g \Rightarrow F_B = m_2 (a + g) \Rightarrow F_B = 40(0,5 + 10) = 420 \text{ N}$.
 Είναι $F_B = F_A$ (δράση - αντίδραση). Άρα, $\Sigma F = N_A - B_A - F_A \Rightarrow 10 = N_A - 200 - 420$
 $\Rightarrow N_A = 630 \text{ N}$. **(2 μον.)**

(Β) (α) Για να παραμένει ακίνητο σε σχέση με το τοίχωμα, πρέπει να ικανοποιείται:
 $T_{στα(max)} \geq mg \Rightarrow \mu_{στ} N \geq mg \Rightarrow \mu_{στ} F \geq mg \Rightarrow F \geq \frac{mg}{\mu_{στ}} = \frac{20}{0,5} \Rightarrow F \geq 40 \text{ N}$. Εφόσον
 το μέτρο της δύναμης που ασκείται στο σώμα ικανοποιεί τη συνθήκη αυτή, το σώμα είναι ακίνητο ως προς το τοίχωμα. **(3 μον.)**

(β) (i) Όταν το μέτρο της F γίνει ίσο με 40 N , το σώμα αρχίζει να ολισθαίνει. Αυτό συμβαίνει τη χρονική στιγμή $t = 2 \text{ s}$. **(2 μον.)**

(ii) Τη χρονική στιγμή $t = 3 \text{ s}$ το μέτρο της δύναμης είναι 30 N . Από το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, έχουμε, $\Sigma F = ma \Rightarrow mg - T_{ολ} = ma \Rightarrow mg - \mu_{ολ} F = ma$
 $\Rightarrow a = \frac{mg - \mu_{ολ} F}{m} \Rightarrow a = \frac{20 - 0,4 \cdot 30}{2} = 4 \text{ m/s}^2$. **(3 μον.)**

ΘΕΜΑ 7 (15 μονάδες)

(Α) Η στατική τριβή είναι η δύναμη που εμφανίζεται μεταξύ δύο επιφανειών όταν η μια τείνει να κινηθεί ως προς την άλλη.

Η τριβή ολίσθησης είναι η δύναμη που εμφανίζεται μεταξύ δύο επιφανειών όταν υπάρχει κίνηση της μιας επιφάνειας ως προς την άλλη. **(1 μον.)**

(Β) (α) Από το θεώρημα διατήρησης της ενέργειας:

$$mgh = \frac{1}{2}mv_M^2 + T_{ολ}.d \Rightarrow mgh = \frac{1}{2}mv_M^2 + \mu_{ολ}.mg.d \Rightarrow 2gh = v_M^2 + 2\mu_{ολ}gd$$

$$\Rightarrow v_M = \sqrt{2gh - 2\mu_{ολ}gd} . \text{ Αντικαθιστούμε:}$$

$$v_M = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1,8 - 2 \cdot 0,2 \cdot 10 \cdot 4} = \sqrt{36 - 16} = \sqrt{20} = 4,47 \text{ m/s} . \quad \textbf{(2 μον.)}$$

(β) Όταν σταματήσει το σώμα, όλη η αρχική ενέργεια καταναλώνεται στο έργο της τριβής. Άρα, $mgh = T_{ολ}.x_{ολ} \Rightarrow x_{ολ} = \frac{mgh}{T_{ολ}} = \frac{mgh}{\mu_{ολ}.mg} \Rightarrow x_{ολ} = \frac{h}{\mu_{ολ}} = 9 \text{ m} .$

$$\text{Άρα το σώμα διαγράφει δύο φορές την απόσταση } d, \text{ διανύοντας } 8 \text{ m, και σταματά σε απόσταση } 1 \text{ m από το σημείο } \Lambda .$$

(3 μον.)

(Γ) (α) Από το θεώρημα διατήρησης της ενέργειας μεταξύ της αρχικής θέσης του ανελκυστήρα και της στιγμής της επαφής με το ελατήριο:

$$Bh = \frac{1}{2}mv^2 + T.h \Rightarrow 3000 \cdot 7,5 = \frac{1}{2} \cdot 300 \cdot v^2 + 1000 \cdot 7,5 \Rightarrow 22500 = 150 \cdot v^2 + 7500$$

$$\Rightarrow 15000 = 150 \cdot v^2 \Rightarrow v = 10 \text{ m/s} . \quad \textbf{(3 μον.)}$$

(β) Από το θεώρημα διατήρησης της ενέργειας μεταξύ της στιγμής της επαφής με το ελατήριο και της στιγμής της μέγιστης συμπίεσης:

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgx = \frac{1}{2}Kx^2 + T..x \Rightarrow 15000 + 3000x = 5000x^2 + 1000x .$$

$$\Rightarrow 15 + 3x = 5x^2 + x \Rightarrow 5x^2 - 2x - 15 = 0 \Rightarrow x = 1,9 \text{ m} . \quad \textbf{(3 μον.)}$$

(γ) Από το θεώρημα διατήρησης της ενέργειας μεταξύ της στιγμής της μέγιστης συμπίεσης και της στιγμής του μέγιστου ύψους:

$$\frac{1}{2}Kx^2 = T(x + H) + mg(x + H) \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot 10000 \cdot 1,9^2 = 1000(1,9 + H) + 3000(1,9 + H)$$

$$\Rightarrow 18050 = 1900 + 1000H + 5700 + 3000H \Rightarrow 10450 = 4000H \Rightarrow H = 2,61 \text{ m} .$$

(3 μον.)

ΘΕΜΑ 8 (15 μονάδες)

(α) Η ηλεκτρική ισχύς στην αντίσταση είναι: $P = I^2 \cdot R$. Από το νόμο του Ohm έχουμε: $I = \frac{E}{R+r}$. Άρα, $P = \frac{E^2 \cdot R}{(R+r)^2}$. **(3 μον.)**

(β) Από τη γραφική παράσταση προκύπτει ότι η μέγιστη ισχύς στην αντίσταση παράγεται όταν $R = r$. Άρα, $P = \frac{E^2 \cdot R}{(R+R)^2} \Rightarrow P = \frac{E^2}{4R}$. **(2 μον.)**

(γ) Μέγιστη ισχύς στην αντίσταση R έχουμε όταν η τιμή της R είναι ίση με την ισοδύναμη εσωτερική αντίσταση των δύο πηγών στο κύκλωμα. Οι δύο εσωτερικές αντιστάσεις συνδέονται παράλληλα. Άρα, $\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \Rightarrow r = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}$. Επομένως ,

$$R = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}. \quad \textbf{(4 μον.)}$$

(δ) (i) Ο πρώτος κανόνας του Kirchhoff για κόμβο στηρίζεται στο νόμο διατήρησης του φορτίου. Ο δεύτερος κανόνας του Kirchhoff για βρόχο στηρίζεται στο νόμο διατήρησης της ενέργειας. **(1 μον.)**

(ii) Οι αντιστάσεις R_3 και R_4 συνδέονται παράλληλα. Άρα, $R_{3,4} = 1 \, \Omega$. Οι αντιστάσεις R_2 και $R_{3,4}$ συνδέονται σε σειρά. Άρα, $R_{2,3,4} = 4 \, \Omega$. Οι αντιστάσεις R_5 και $R_{2,3,4}$ συνδέονται παράλληλα. Άρα, $R_{2,3,4,5} = 2 \, \Omega$. Τέλος, οι αντιστάσεις R_1 και $R_{2,3,4,5}$ συνδέονται σε σειρά. Επομένως, η ισοδύναμη αντίσταση στο κύκλωμα έχει τιμή: $R_{ολ} = 4 \, \Omega$.

Η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα έχει τιμή, $I = \frac{E}{R_{ολ}} = \frac{16}{4} = 4 \, \text{A}$.

Από την αντίσταση R_1 περνά ρεύμα έντασης 4 A. Το ρεύμα αυτό μοιράζεται εξίσου στις αντιστάσεις R_5 και $R_{2,3,4}$. Άρα, από την αντίσταση R_5 και την R_2 περνά ρεύμα έντασης 2 A. Το ρεύμα από την R_2 διαμοιράζεται εξίσου στις R_3 και R_4 . Άρα από τις αντιστάσεις R_4 και R_3 περνά ρεύμα 1 A. Το ρεύμα I_1 είναι το ρεύμα από την R_4 και την R_5 . Επομένως, $I_1 = 3 \, \text{A}$. **(5 μον.)**