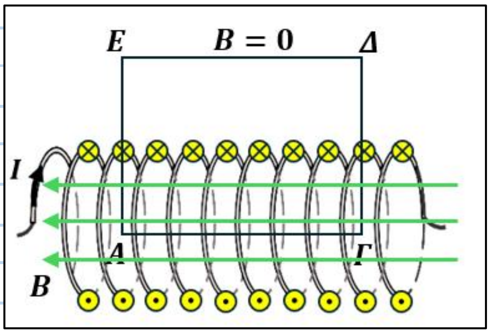
Λύσεις διαγωνίσματος φυσικής Γ' λυκείου 4/9/2025

ΘΕΜΑ Α

Α1-α Α2-δ Α3-β Α4-α Α5 ΣΣΛΛΛ

ΘΕΜΑ Β



Β1.Ι. Σωληνοειδές άπειρου μήκους έχει n σπείρες ανά μονάδα μήκους και διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα σταθερής έντασης I. Στο διπλανό σχήμα φαίνεται η τομή του σωληνοειδούς με επίπεδο που περιέχει τον άξονά του. Γνωρίζουμε (πειραματικά) ότι στο εσωτερικό ενός σωληνοειδούς μεγάλου μήκους το μαγνητικό πεδίο είναι ομογενές και παράλληλο με τον άξονά του. Έξω από το σωληνοειδές το πεδίο είναι ασθενές, συγκρινόμενο με το πεδίο στο εσωτερικό. Στην ιδανική περίπτωση που το μήκος του σωληνοειδούς είναι άπειρο, το μαγνητικό πεδίο έξω από αυτό μπορεί να θεωρηθεί μηδέν. Για να υπολογίσουμε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς θα χρησιμοποιήσουμε τον νόμο Ampere. Επιλέγουμε μια κλειστή ορθογώνια διαδρομή ΑΓΔΕΑ όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα η οποία περιλαμβάνει N σπείρες του σωληνοειδούς. Η πλευρά ΑΓ έχει μήκος ℓ. Εφαρμόζοντας τον νόμο Ampere κατά μήκος της κλειστής διαδρομής ΑΓΔΕΑ έχουμε:

$$\sum B\,d\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta = \mu_o I_{\varepsilon\gamma\kappa}$$

Για το πρώτο μέλος της παραπάνω εξίσωσης μπορούμε να γράψουμε:

$$\sum B\,d\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta = \sum_{(A\Gamma)} B\,d\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta + \sum_{(\Gamma\Delta)} B\,d\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta + \sum_{(\Delta E)} B\,d\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta + \sum_{(EA)} B\,d\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta \quad (1)$$

Στη διαδρομή ΑΓ το άθροισμα των γινομένων κατά μήκος αυτής είναι $B\ell$. Η ένταση $\vec{B}$ στη διαδρομή ΑΓ είναι σταθερή, η γωνία θ είναι μηδενική $(\vec{B} \uparrow\uparrow d\vec{\ell})$ άρα $\sigma\upsilon\nu\theta = \sigma\upsilon\nu 0 = 1$ και $\sum d\ell = \ell$, οπότε:

$$\sum_{(A\Gamma)} B\,d\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta = B\sum_{(A\Gamma)} d\ell = B\ell$$

Στις διαδρομές ΓΔ και ΕΑ τα αθροίσματα είναι μηδενικά γιατί, όπου υπάρχει, η ένταση $\vec{B}$ του μαγνητικού πεδίου είναι κάθετη στη διαδρομή $(\vec{B} \perp d\vec{\ell})$. Επομένως $\sigma\upsilon\nu\theta = \sigma\upsilon\nu 90^o = 0$, οπότε:

$$\sum_{(\Gamma\Delta)} B\,d\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta = 0 \quad , \quad \sum_{(EA)} B\,d\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta = 0$$

Στη διαδρομή ΔΕ το άθροισμα είναι μηδενικό γιατί το τμήμα ΔΕ είναι εκτός του σωληνοειδούς και στην περιοχή αυτή δεν υπάρχει μαγνητικό πεδίο $B = 0$, οπότε:

$$\sum_{(\Delta E)} B\,d\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta = 0$$

Τελικά από την (1) προκύπτει:

$$\sum B\,d\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta = \sum_{(A\Gamma)} B\,d\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta = B\ell$$

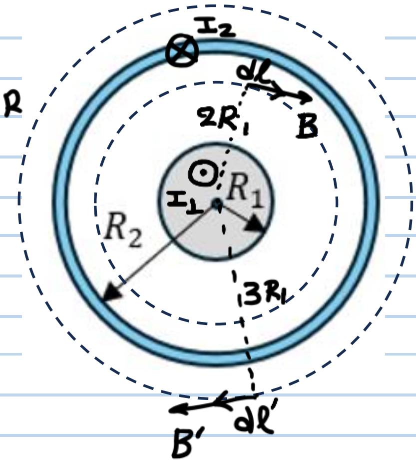
και από τον νόμο Ampere ισχύει:

$$\sum B\,d\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta = \mu_o I_{\varepsilon\gamma\kappa} \quad \text{οπότε} \quad B\ell = \mu_o I_{\varepsilon\gamma\kappa}$$

Σύμφωνα με το νόμο του Ampere το άθροισμα αυτό είναι ίσο με το γινόμενο της σταθεράς μ_o **επί το συνολικό ρεύμα** που διαπερνά την κλειστή ορθογώνια διαδρομή. Αν I το ρεύμα που διαρρέει κάθε σπείρα και N ο αριθμός των σπειρών που περιέχονται στην ορθογώνια διαδρομή, τότε το ολικό ρεύμα που διέρχεται είναι $I_{\varepsilon\gamma\kappa} = NI$. Οπότε $B\ell = \mu_o I_{\varepsilon\gamma\kappa}$ ή $B\ell = \mu_o NI$ ή $\boxed{B = \mu_o I \frac{N}{\ell} = \mu_o I\, n}$

B1. ΙΙ – α Εφαρμόζοντας τον νόμο Ampere σε μια κλειστή κυκλική διαδρομή ακτίνας $2R$ έχουμε: $\Sigma B\, d\ell\, \sigma\upsilon\nu\theta = \mu_0 I_{\varepsilon\gamma\kappa} \Rightarrow B\, \Sigma d\ell = \mu_0 I_1$

$$\Rightarrow B \cdot 2\pi \cdot 2R_1 = \mu_0 I_1 \Rightarrow B = \frac{\mu_0 I_1}{4\pi R_1}$$

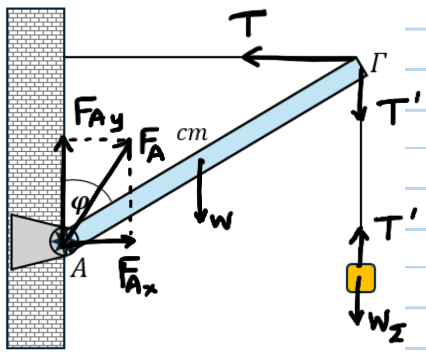


Ομοίως σε μια κλειστή κυκλική διαδρομή ακτίνας $3R$ έχουμε: $\Sigma B' d\ell' \sigma\upsilon\nu\theta = \mu_0 I'_{\varepsilon\gamma\kappa}$

$$\Rightarrow B' \Sigma d\ell' = \mu_0 (I_2 - I_1) \Rightarrow B' \cdot 2\pi \cdot 3R_1 = \mu_0 (3I_1 - I_1) \Rightarrow B' = \frac{\mu_0 I_1}{3\pi R_1}$$

Άρα $\dfrac{B'}{B} = \dfrac{\dfrac{\mu_0 I_1}{3\pi R_1}}{\dfrac{\mu_0 I_1}{4\pi R_1}} \Rightarrow \dfrac{B'}{B} = \dfrac{4}{3} \Rightarrow \boxed{B' = \frac{4}{3} B}$ (α)

B2 – β $\varphi = 53^\circ$ $\sigma\upsilon\nu\varphi = 0{,}6$ $\eta\mu\varphi = 0{,}8$



Στο σώμα Σ ασκούνται το βάρος $\vec{w}_\Sigma$ και η τάση νήματος $\vec{T}'$.

Ισορροπία σώματος: $\Sigma F_{\Sigma(y)} = 0 \Rightarrow T' = w_\Sigma = w$

Στη δοκό ασκούνται η τάση T του οριζόντιου νήματος, το βάρος της $\vec{w}$, η δύναμη άρθρωσης $\vec{F}_A$ και η τάση T' από το κατακόρυφο νήμα.

Ισορροπία δοκού: $\Sigma \tau_A = 0 \Rightarrow \tau_T - \tau_{T'} - \tau_w = 0$

$$\Rightarrow T \ell\, \sigma\upsilon\nu\varphi = T' \ell\, \eta\mu\varphi + w \frac{\ell}{2} \eta\mu\varphi$$

$$\Rightarrow T \cdot 0{,}6 = 0{,}8\, w + 0{,}4\, w \Rightarrow T = 2w$$

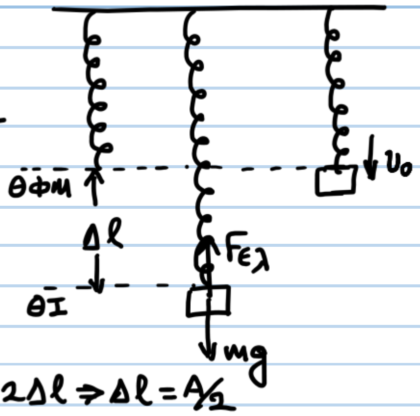
Επίσης: $\Sigma F_x = 0 \Rightarrow F_{Ax} = T$

$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow F_{Ay} = T' + w = 2w = T$

Όμως $\vec{F}_A = \vec{F}_{Ax} + \vec{F}_{Ay} \longrightarrow$ μέτρο $F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} = \sqrt{T^2 + T^2} \Rightarrow \boxed{F_A = \sqrt{2}\, T}$ (β)

B3 – α Στη ΘΙ της αατ ισχύει:

$\Sigma F = 0 \Rightarrow F_{\varepsilon\lambda} = mg \Rightarrow k\Delta\ell = mg \Rightarrow \Delta\ell = \frac{mg}{k}$



ΑΔΕΤ στη ΘΦΜ: $E = K + U$ $(D = k)$

$\Rightarrow \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m v_0^2 + \frac{1}{2}k\Delta\ell^2$, $v_0 = \sqrt{\frac{3k}{m}}\Delta\ell$

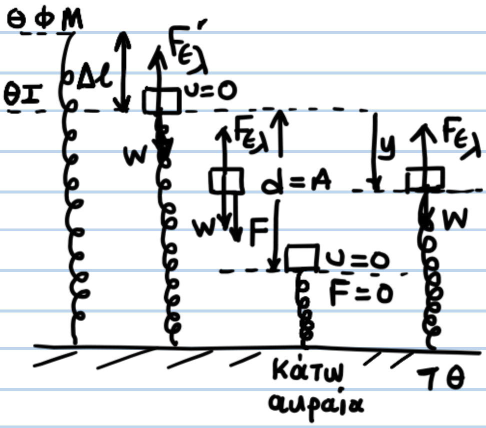
$\Rightarrow kA^2 = m\frac{3k}{m}\Delta\ell^2 + k\Delta\ell^2 \Rightarrow A^2 = 4\Delta\ell^2 \Rightarrow A = 2\Delta\ell \Rightarrow \underline{\Delta\ell = A/2}$

Μέγιστη δυναμική ενέργεια ελατηρίου έχουμε στην κάτω ακραία θέση όπου $\Delta\ell_{max} = \Delta\ell + A = 3\Delta\ell$.

$U_{\varepsilon\lambda max} = \frac{1}{2}k\Delta\ell_{max}^2 = \frac{1}{2}k\cdot 9\Delta\ell^2 = \frac{1}{2}k\cdot 9\left(\frac{A}{2}\right)^2 \Rightarrow U_{\varepsilon\lambda max} = \frac{9}{4}\boxed{\frac{1}{2}kA^2}$

όπου $E = \frac{1}{2}kA^2$ άρα $\boxed{U_{\varepsilon\lambda max} = \frac{9}{4}E}$ (α)

ΘΕΜΑ Γ



Γ1 Στη ΘΙ $\Sigma F_y = 0 \Rightarrow F'_{\varepsilon\lambda} = W$

$\Rightarrow \boxed{k\Delta\ell = mg} \Rightarrow \Delta\ell = \frac{mg}{k} = 0{,}2m$

ΘΜΚΕ από τη ΘΙ έως την κάτω ακραία που το σώμα ακινητοποιείται

$K_{\tau\varepsilon\lambda} - K_{\alpha\rho\chi} = W_W + W_{F_{\varepsilon\lambda}} + W_F$

$0 - 0 = mgd + U_{\varepsilon\lambda\alpha\rho\chi} - U_{\varepsilon\lambda\tau\varepsilon\lambda} + W_F$

$0 = mgd + \frac{1}{2}k\Delta\ell^2 - \frac{1}{2}k(\Delta\ell + d)^2 + W_F$

$0 = \left(20\cdot 0{,}2 + \frac{1}{2}200\cdot\frac{1}{100} - \frac{1}{2}200\frac{9}{100}\right)J + W_F \Rightarrow \boxed{W_F = 4J}$

Γ2 Στην τυχαία θέση (ΤΘ) ισχύει:

$\Sigma F_y = W - F_{\varepsilon\lambda} = mg - k(\Delta\ell + y) = \underbrace{mg - k\Delta\ell}_{0} - ky \Rightarrow \boxed{\Sigma F_y = -k\cdot y = -Dy}$

$\boxed{D = k}$

Γ3) Ισχύει: $D = k = m\omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{k/m} = 10\ rad/s$ και $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\pi}{5}\ sec$

Για το πλάτος της ταλάντωσης ισχύει: $A = d = 0{,}2m$

Για την αατ ισχύει $y = A\eta\mu(\omega t + \varphi_0)$

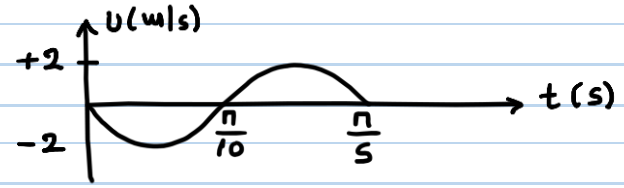
Τη χρονική στιγμή $t=0$ $y=+A \Rightarrow A\eta\mu\varphi_0=+A \Rightarrow \eta\mu\varphi_0=1$

$\eta\mu\varphi_0=\eta\mu\frac{\pi}{2} \rightarrow \varphi_0=\pi/2$

Για την εξίσωση της ταχύτητας ισχύει:

$\upsilon=\upsilon_{max}\,\sigma\upsilon\nu(\omega t+\varphi_0)$ οπου $\upsilon_{max}=\omega A=2\,m/s$

$$\boxed{\upsilon=2\,\sigma\upsilon\nu(10t+\tfrac{\pi}{2})\ SI}$$



Γ4 Για τον ρυθμό μεταβολής κινητικής ενέργειας ισχύει:

$$\frac{dK}{dt}=\frac{dW_{\Sigma F}}{dt}=\frac{\Sigma F dy}{dt}=\Sigma F\cdot\upsilon=-k\cdot y\cdot\upsilon.$$

Έχουμε: $|\alpha|=\frac{\alpha_{max}}{2} \Rightarrow \omega^2|y|=\frac{\omega^2 A}{2} \Rightarrow |y|=\frac{A}{2}$

Για 2^{η} φορά $|\alpha|=\frac{\alpha_{max}}{2}$ όταν $y<0 \rightarrow y=-A/2=-0{,}1m$ και $\upsilon<0$

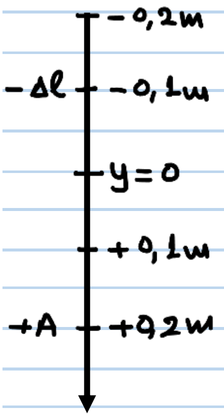
Επίσης $E=K+U \Rightarrow \frac{1}{2}kA^2=\frac{1}{2}m\upsilon^2+\frac{1}{2}ky^2 \Rightarrow \upsilon=\pm\omega\sqrt{A^2-y^2}$

όμως $\upsilon<0 \rightarrow \upsilon=-\omega\sqrt{A^2-(-A/2)^2}=-\frac{\sqrt{3}}{2}\omega A=-\frac{\sqrt{3}}{2}\upsilon_{max} \Rightarrow \upsilon=-\sqrt{3}\,m/s$

Αρα $\frac{dK}{dt}=-k\cdot y\cdot\upsilon=-200(-0{,}1)(-\sqrt{3})\,J/s \Rightarrow \boxed{\frac{dK}{dt}=-20\sqrt{3}\,J/s}$

Γ5 Οταν $|\Sigma F|=w \Rightarrow k|y|=mg \Rightarrow |y|=\frac{mg}{k}=\Delta\ell=0{,}1m$

άρα $y=\pm0{,}1m$

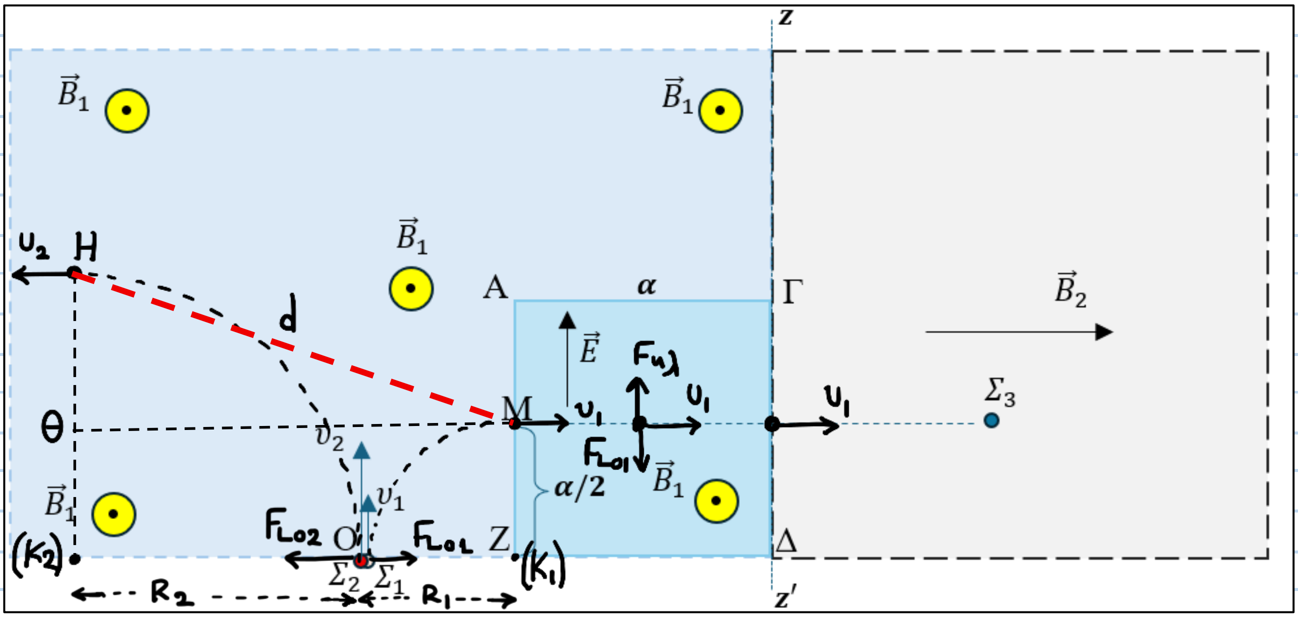


Όταν $y=-0{,}1m=-\Delta\ell$ το σώμα βρίσκεται στη ΘΦΜ αρα $\underline{\underline{y_{ΘΦΜ}=0}} \rightarrow \boxed{U_{ελ}=0}$

Όταν $y=+0{,}1m$ το σώμα απέχει απο τη ΘΦΜ $y_{ΘΦΜ}=\Delta\ell+y=0{,}2m$

Αρα $U_{ελ}=\frac{1}{2}k(\Delta\ell+y)^2=\frac{1}{2}200\frac{4}{100}J \Rightarrow \boxed{U_{ελ}=4J}$

ΘΕΜΑ Δ



Δ1 α) Το σωματίδιο Σ_1 διαγράφει τεταρτοκύκλιο ακτίνας R_1 έχοντας το κέντρο (K_1) του τμήματος της κυκλικής τροχιάς στην κορυφή Z. Ισχύει: $R_1 = OZ = \alpha/2$

όπου $R_1 = \dfrac{m_1 \upsilon_1}{|q_1| \cdot B_1} = \dfrac{2\cdot 10^{-9}\cdot 500}{2\cdot 10^{-6}\cdot 1} m \Rightarrow R_1 = 0,5 m$

Όμως $R_1 = \dfrac{\alpha}{2} \Rightarrow \boxed{\alpha = 2R_1 = 1m}$

β) Αφού το σωματίδιο Σ_1 διαγράφει τεταρτοκύκλιο έχουμε $\theta = \dfrac{\pi}{2} rad$

Ισχύει $\theta = \omega_1 \Delta t \Rightarrow \dfrac{\pi}{2} = \dfrac{2\pi}{T_1}\cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = \dfrac{T_1}{4}$

όπου $T_1 = \dfrac{2\pi m_1}{B_1 |q_1|} = \dfrac{2\pi \cdot 2\cdot 10^{-9}}{1\cdot 2\cdot 10^{-6}} sec = 2\pi \cdot 10^{-3} sec$ άρα $\boxed{\Delta t = \dfrac{\pi}{2} 10^{-3} sec = 5\pi \cdot 10^{-4} sec}$

γ) Τα σωματίδια Σ_1, Σ_2 έχουν την ίδια περίοδο $(T_1 = T_2)$ αφού έχουν ίσες μάζες $(m_1 = m_2)$ και αντίθετα φορτία $(q_2 = -q_1)$.

Κινούμενα ταυτόχρονα στο ΟΜΠ $\vec{B}_1$ διαγράφουν τεταρτοκύκλια.

Για το Σ_1: $R_1 = \dfrac{m_1 \upsilon_1}{|q_1|\cdot B_1} = 0,5 m$

Για το Σ_2: $R_2 = \dfrac{m_2 \upsilon_2}{|q_2|\cdot B_1}$ όμως $\upsilon_2 = 1000 m/s = 2\upsilon_1$

Άρα $R_2 = \dfrac{m_2\, 2\upsilon_1}{|q_2|\cdot B_1} = 2R_1 \Rightarrow R_2 = 2R_1 = 1m.$

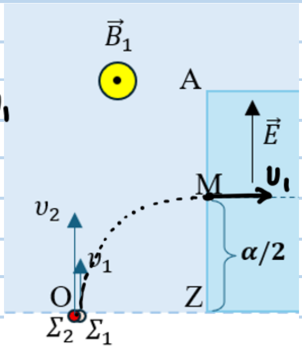
Τα σωματίδια απέχουν απόσταση $d=(HM)$ για την οποία ισχύει:

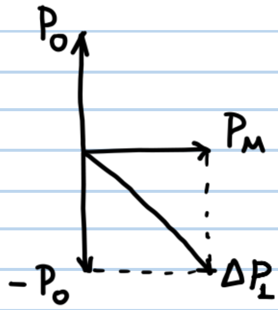
$(HM)^2=(H\Theta)^2+(\Theta M)^2$ όπου $(\Theta M)=R_2+R_1=3R_1$

και $(H\Theta)=R_2-R_1=R_1$

$$(HM)^2=R_1^2+(3R_1)^2 \Rightarrow (HM)=\sqrt{10R_1^2} \Rightarrow \boxed{d=(HM)=R_1\sqrt{10}=0{,}5\sqrt{10}\ m}$$

Δ2 Ισχύει για τα μέτρα των ορμών $P_O=P_M=P_1=m_1\upsilon_1$





$\Delta\vec{P}_1=\vec{P}_M-\vec{P}_O=\vec{P}_M+(-\vec{P}_O)$

Για το μέτρο:

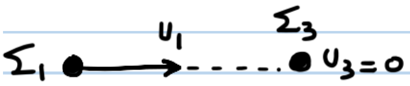
$|\Delta\vec{P}_1|=\sqrt{P_M^2+P_O^2}=\sqrt{2P_1^2}$

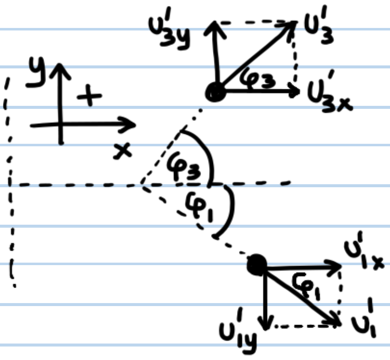
$$|\Delta\vec{P}_1|=P_1\sqrt{2}=m_1\upsilon_1\sqrt{2}=2\cdot10^{-9}\cdot500\sqrt{2}\ kg\,m/s \Rightarrow \boxed{|\Delta\vec{P}_1|=10^{-6}\sqrt{2}\ kg\,m/s}$$

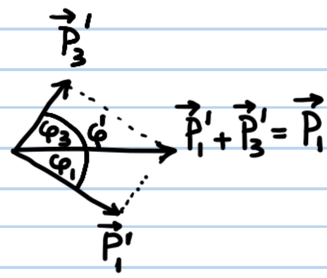
Δ3 Στον χώρο που συνυπάρχουν τα πεδία $\vec{E}$ και $\vec{B}_1$ το σωματίδιο Σ_1 εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Άρα $\Sigma\vec{F}=\vec{0} \Rightarrow F_{\eta\lambda}=F_{L01}$

$$\Rightarrow |q_1|E=B_1\upsilon_1|q_1| \Rightarrow E=B_1\cdot\upsilon_1 \Rightarrow \boxed{E=500\ V/m}$$

Δ4 Επειδή το σωματίδιο Σ_1 εισέρχεται στο ΟΜΠ $\vec{B}_2$ με ταχύτητα $\vec{\upsilon}_1$ παράλληλη στις δυναμικές γραμμές $(\vec{\upsilon}_1 \parallel \vec{B}_2)$ δε θα δεχθεί δύναμη Lorentz $(\vec{F}_{L02}=\vec{0})$ οπότε συνεχίζει να κινείται ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα. Για την κρούση των σωματιδίων Σ_1,Σ_3 ισχύει:







Από τη διατήρηση της κινητικής ενέργειας ισχύει:

$$K_{o\lambda\,\pi\rho\iota\nu}=K_{o\lambda\,\mu\varepsilon\tau\alpha} \Rightarrow K_1=K'_1+K'_3 \Rightarrow \frac{P_1^2}{2m_1}=\frac{P_1'^2}{2m_1}+\frac{P_3'^2}{2m_3} \qquad (m_1=m_3)$$

$$\Rightarrow P_1^2=P_1'^2+P_3'^2 \quad (1)$$

Από την αρχή διατήρησης ορμής ισχύει: $\vec{P}_{ολ\,πριν} = \vec{P}_{ολ\,μετα} \Rightarrow \vec{P}_1 = \vec{P}_1' + \vec{P}_3'$

$\Rightarrow P_1^2 = P_1'^2 + P_3'^2 + 2P_1' \cdot P_3' \cdot συνφ'$, $φ' = φ_1 + φ_3$

$\overset{①}{\Rightarrow} 2P_1' \cdot P_3' \cdot συνφ' = 0$

όμως $2P_1' \cdot P_3' \neq 0$ οπότε $συνφ' = 0 \rightarrow φ' = 90^\circ \Rightarrow φ_1 + φ_3 = 90^\circ \Rightarrow φ_3 = 57^\circ$

Στον άξονα y ισχύει: $\vec{P}_{ολ y\,πριν} = \vec{P}_{ολ y\,μετα} \Rightarrow \vec{0} = \vec{P}_{3y}' + \vec{P}_{1y}'$

$\Rightarrow 0 = m_3 υ_{3y}' - m_1 υ_{1y}' \Rightarrow υ_3' \cdot ημφ_3 = υ_1' ημφ_1 \Rightarrow 0{,}8υ_3' = 0{,}6υ_1' \Rightarrow υ_3' = \frac{3}{4}υ_1'$ ②

Στον άξονα x ισχύει: $\vec{P}_{ολ x\,πριν} = \vec{P}_{ολ x\,μετα} \Rightarrow \vec{P}_1 = \vec{P}_{1x}' + \vec{P}_{3x}'$

$\Rightarrow m_1 υ_1 = m_1 υ_{1x}' + m_3 υ_{3x}' \Rightarrow υ_1 = υ_1' συνφ_1 + υ_3' συνφ_3 \Rightarrow υ_1 = 0{,}8υ_1' + \frac{3}{4}υ_1' \cdot 0{,}6$

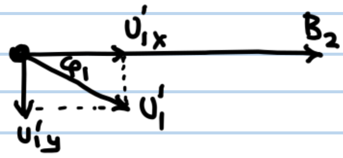
$\Rightarrow υ_1 = 0{,}8υ_1' + 0{,}45υ_1' \Rightarrow υ_1 = 1{,}25υ_1' \Rightarrow υ_1' = \frac{4}{5}υ_1 \Rightarrow \underline{υ_1' = 400\,m/s}$

② $\Rightarrow υ_3' = \frac{3}{4}υ_1 \Rightarrow \underline{υ_3' = 300\,m/s}$

Για το σωματίδιο $Σ_3$ ισχύει: $x_3 = d = υ_3' \cdot t \Rightarrow t = \frac{d}{υ_3'} = \frac{0{,}6}{300}\,sec \Rightarrow t = 2 \cdot 10^{-3}\,sec$

Όμως $t = NT_2 = 5\frac{2πm_1}{B_2|q_1|} \Rightarrow B_2 = \frac{10πm_1}{t \cdot |q_1|} = \frac{10π \cdot 2 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}\,T \Rightarrow \boxed{B_2 = 5π\,T}$

Δ5 Το σωματίδιο $Σ_1$ εκτελεί ελικοειδή κίνηση.



Κατά μήκος των δυναμικών γραμμών διανύει απόσταση: $x_1 = υ_{1x}' \cdot t = υ_1' συνφ_1 \cdot t = 400 \cdot 0{,}8 \cdot 2 \cdot 10^{-3}\,m \Rightarrow \boxed{x_1 = 0{,}64\,m}$

Το μήκος της τροχιάς είναι: $S_1 = υ_1' \cdot t = 400 \cdot 2 \cdot 10^{-3}\,m \Rightarrow \boxed{S_1 = 0{,}8\,m}$