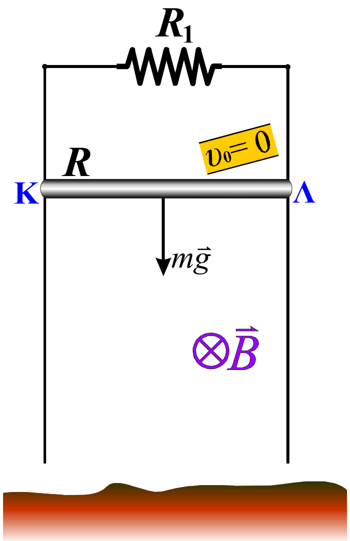
Φυσική Β΄ Λυκείου
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

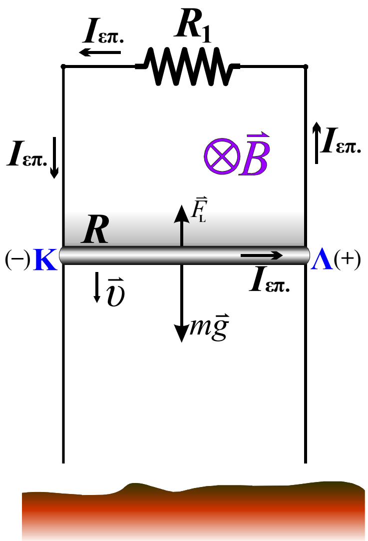
Ονοματεπώνυμο:_______________________________________
Τμήμα:___________ Ημερομηνία:_____________________

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
2 ΡΑΒΔΟΣ ΣΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

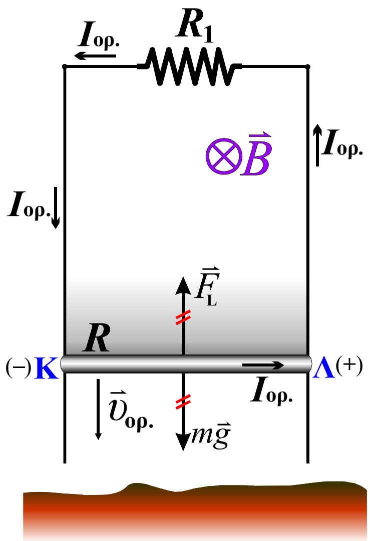
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ



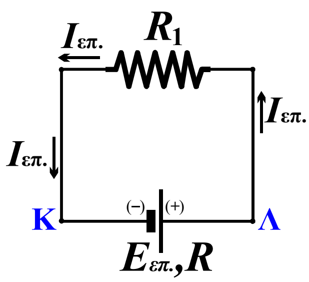
Σχήμα 1



Σχήμα 2



Σχήμα 3



Σχήμα 4

- Η κατασκευή που φαίνεται στο Σχήμα 1, αποτελείται από αγωγούς αμελητέας αντίστασης, αντιστάτη R_1 και μεταλλική ράβδο ΚΛ, μάζας m, μήκους l, και αντίστασης R. Η όλη συσκευή βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B και φοράς: ⊗.
- Αρχικά (Σχήμα 1) η ράβδος αφήνεται, χωρίς αρχική ταχύτητα και ξεκινάει προς τα κάτω λόγω του βάρους της.
- Λόγω κίνησης, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια της ράβδου δέχονται δύναμη Lorentz και συσσωρεύονται στο Κ (με τα θετικά στο Λ), δημιουργόντας επαγωγική τάση $E_{επ}=B\upsilon l$ στα άκρα Κ(-) και Λ(+). Έτσι έχουμε μια πηγή και ένα κλεισό κύκλωμα, όπως αυτό του Σχήματος 4.
- Δημιουργείται ρεύμα $I_{επ}=E_{επ}/R_{ολ}$. το οποίο διαρρέει το κύκλωμα με φορά: και ο συνδιασμός ρεύματος και μαγνητικού πεδίου, δημιουργεί δύναμη Laplace $F_L=BIl$ στη ράβδο, με φορά προς τα πάνω (κανόνας του Lenz).
- Η δύναμη Laplace αρχίζει (από την τιμή μηδέν) να μεγαλώνει και όταν φτάσει την τιμή του βάρους, τότε $\Sigma F=0$ στη ράβδο, με αποτέλεσμα η ράβδος να κινείται πλέον με σταθερή ταχύτητα (οριακή ταχύτητα, $\upsilon_{ορ.}$).

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Σχήμα 1: **Αρχικά:** $\upsilon_0 = 0 \longrightarrow E_{\varepsilon\pi.} = B\upsilon_0\ell = 0 \Rightarrow I_{\varepsilon\pi.} = \dfrac{E_{\varepsilon\pi.}}{R_{o\lambda.}} = 0 \Rightarrow F_L = BI\ell = 0 \Rightarrow \boxed{\Sigma F_{\alpha\rho\chi.} = mg}$

και η ράβδος ξεκινάει προς τα κάτω,
λόγω του βάρους του με επιτάχυνση: $a_{\alpha\rho\chi.} = \dfrac{\Sigma F}{m} = \dfrac{\cancel{m}g}{\cancel{m}} \Rightarrow \boxed{a_{\alpha\rho\chi.} = g}$

Σχήμα 2: **Κίνηση:** λόγω $\upsilon \longrightarrow E_{\varepsilon\pi.} = B\upsilon\ell \Rightarrow I_{\varepsilon\pi.} = \dfrac{E_{\varepsilon\pi.}}{R_{o\lambda.}} = \dfrac{B\upsilon\ell}{R+R_1} \Rightarrow F_L = BI\ell = B\dfrac{B\upsilon\ell}{R+R_1}\ell \Rightarrow \boxed{F_L = \dfrac{B^2\ell^2}{R+R_1}\upsilon}$

$$\Rightarrow \Sigma F = mg - F_L \Rightarrow \boxed{\Sigma F = mg - \frac{B^2\ell^2}{R+R_1}\upsilon}$$

και η ράβδος συνεχίζει με
μεταβλητή επιτάχυνση: $a = \dfrac{\Sigma F}{m} \Rightarrow \boxed{a = g - \dfrac{B^2\ell^2}{m(R+R_1)}\upsilon}$

Όσο αυξάνεται η υ (λόγω της a) τόσο μειώνεται η a (λόγω του αρνητικού προσήμου στον τύπο). Έτσι η υ αυξάνεται με όλο και πιο αργό ρυθμό μέχρι a=0 άρα υ=σταθ. Αυτή είναι η $\upsilon_{\text{οριακή}}$.

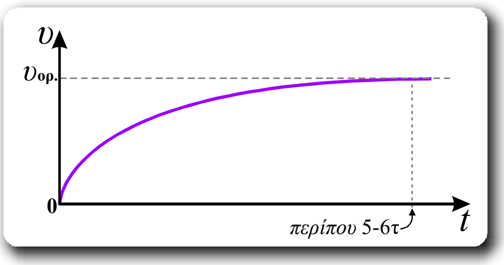
...θέτουμε $\boxed{\tau = \dfrac{m(R+R_1)}{B^2\ell^2}}$ άρα ο τύπος γίνεται: $a = g - \dfrac{1}{\tau}\upsilon \Rightarrow a + \dfrac{1}{\tau}\upsilon = g \Rightarrow \boxed{\dfrac{d\upsilon}{dt} + \dfrac{1}{\tau}\upsilon = g}$ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

ΣΤΑΘΕΡΑ ΧΡΟΝΟΥ (S.I.: sec)

$$\boxed{\upsilon = g\tau\,(1 - e^{-t/\tau})}$$

($e \approx 2{,}718$)

Σχήμα 3: **Οριακή Κατάσταση:** σε άπειρο χρόνο: $\upsilon_{o\rho.} = g\tau\,(1 - e^{-\infty/\tau}) = g\tau\,(1 - e^{-\infty}) = g\tau\,(1-0) \Rightarrow \boxed{\upsilon_{o\rho.} = g\tau}$



...τελικά ο τύπος της ταχύτητας γίνεται: $\boxed{\upsilon = \upsilon_{o\rho.}(1 - e^{-t/\tau})}$

...με: $\upsilon_{o\rho.} = g\tau \rightarrow \boxed{\upsilon_{o\rho.} = \dfrac{mg(R+R_1)}{B^2\ell^2}}$

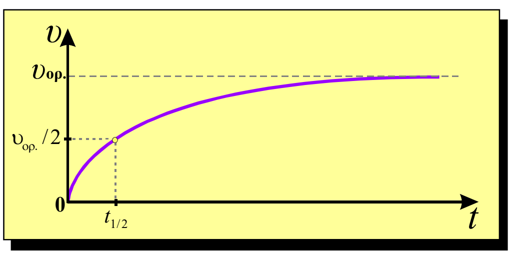
...και: $\boxed{\tau = \dfrac{m(R+R_1)}{B^2\ell^2}}$

Τον τύπο της οριακής ταχύτητας μπορούμε να τον εξάγουμε και αλλιώς:

...όταν $a = 0 \Rightarrow \upsilon = \sigma\tau\alpha\theta. = \upsilon_{o\rho.}$ άρα:

$$a = g - \frac{B^2\ell^2}{m(R+R_1)}\upsilon \xrightarrow[\upsilon=\upsilon_{o\rho.}]{a=0} 0 = g - \frac{B^2\ell^2}{m(R+R_1)}\upsilon_{o\rho.} \Rightarrow \frac{B^2\ell^2}{m(R+R_1)}\upsilon_{o\rho.} = g \Rightarrow \boxed{\upsilon_{o\rho.} = \frac{mg(R+R_1)}{B^2\ell^2}}$$

Υπολογισμός τ:



Από το διάγραμμα υ-t μπορούμε να βρούμε τον χρόνο ($t_{1/2}$) για τον οποίο η ταχύτητα της ράβδου είναι η μισή της οριακής τιμής. Τότε:

$$\upsilon = \upsilon_{o\rho.}(1 - e^{-t/\tau}) \xrightarrow[t=t_{1/2}]{\upsilon=\upsilon_{o\rho.}/2} \frac{\cancel{\upsilon_{o\rho.}}}{2} = \cancel{\upsilon_{o\rho.}}(1 - e^{-t_{1/2}/\tau}) \Rightarrow \frac{1}{2} = 1 - e^{-t_{1/2}/\tau} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow e^{-t_{1/2}/\tau} = 1 - \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \Rightarrow e^{t_{1/2}/\tau} = 2 \xrightarrow{\ln} \ln e^{t_{1/2}/\tau} = \ln 2 \Rightarrow t_{1/2}/\tau = \ln 2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\tau = \frac{t_{1/2}}{\ln 2}}$$ (ln2=0,693)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Έγινε το πείραμα και πάρθηκαν οι διπλανές μετρήσεις ταχύτητας-χρόνου για τη ράβδο. Επίσης γνωρίζουμε τα παρακάτω στοιχεία:

$m = 1\ kg$

$R_1 = 1\ \Omega$

$B = 2\ T$

$\ell = 1\ m$

t (sec)	υ (m/s)	mg (N)	F_L (N)	ΣF (N)
0,0	0,0			
0,5	4,0			
1,0	6,4			
1,5	7,8			
2,0	8,7			
2,5	9,1			
3,0	9,6			
3,5	9,8			
4,0	9,9			
4,5	9,9			
5,0	10,0			
5,5	9,9			
6,0	10,0			
6,5	10,0			

1 ***Να κατασκευάσετε διάγραμμα υ-t.***

2 ***Από το διάγραμμα υ-t να υπολογίσετε την οριακή ταχύτητα της ράβδου.*** $\upsilon_{ορ.} =$

3 ***Βρείτε και <u>σημειώστε στο διάγραμμα υ-t</u> τη χρονική στιγμή $t_{1/2}$ στην οποία η ταχύτητα φτάνει στο μισό της οριακής της τιμής. Υπολογίστε τη σταθερά χρόνου από τη σχέση:***

$$\tau = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} = \frac{\quad}{0{,}693} \Rightarrow \tau =$$

4 ***Στη συνέχεια να υπολογίσετε την επιτάχυνση της βαρύτητας g.***

$g=$

5 ***Να υπολογίσετε τώρα την αντίσταση R της ράβδου ΚΛ.***

$R=$

6 ***Για τη χρονική στιγμή t= 1,625 sec να βρείτε και να <u>σημειώσετε στο διάγραμμα υ-t</u> την ταχύτητα της ράβδου.***

$\upsilon=$

t= 1,625 sec

7 ***Τέλος με βάση τους τύπους στη θεωρία και τον πίνακα τιμών υ-t να συμπληρώσετε τις στείλες mg (N), F_L(N) και ΣF(N). Στη συνέχεια σε <u>κοινό διάγραμμα δυνάμεων-χρόνου</u> να κάνετε τις γραφικές παραστάσεις mg-t, F_L-t και ΣF-t.***

<u>ΠΡΟΣΟΧΗ</u>: θεωρήστε ***θετική φορά*** την προς τα κάτω.