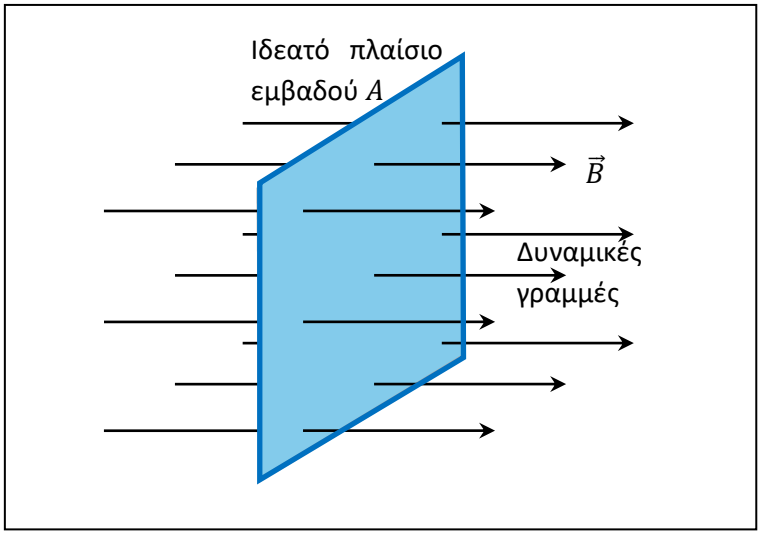
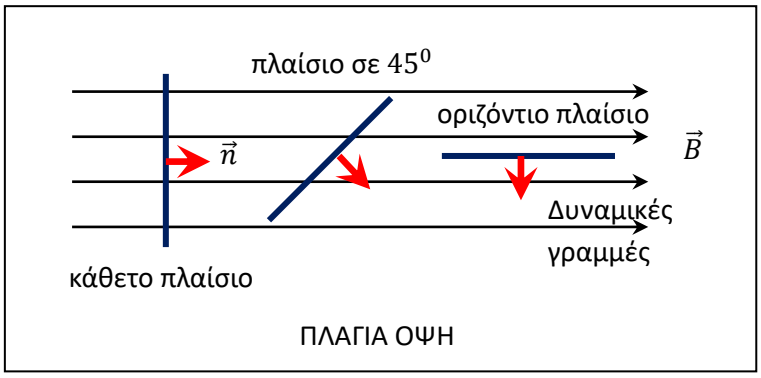
10. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ

Έναρξη 5:10



Μαγνητική ροή

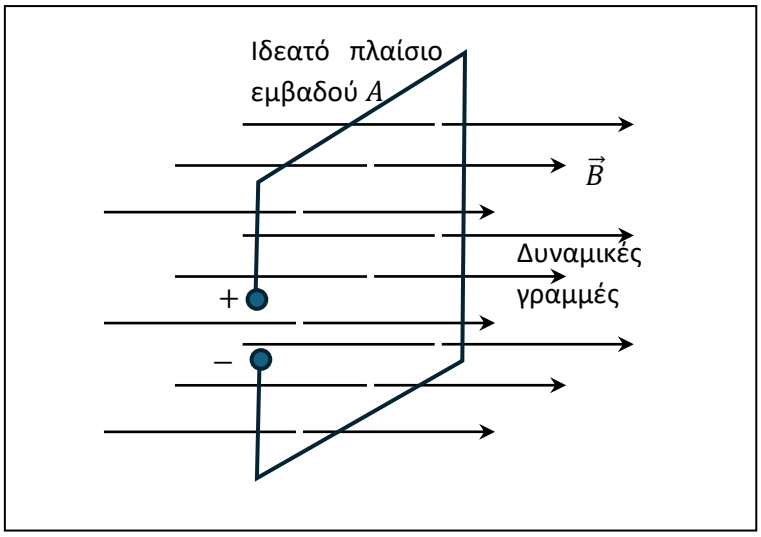
$$\Phi = BAcos\theta$$



θ: η γωνία μεταξύ του B και του κάθετου μοναδιαίου διανύσματος $\vec{n}$

Νόμος Επαγωγής ή Faraday

$$V = \left|\frac{d\Phi}{dt}\right|$$



$$V = \left|\frac{d(BAcos\theta)}{dt}\right|$$

Εάν τοποθετήσω N σπείρες σε σειρά, τότε

$$V = N\left|\frac{d(BAcos\theta)}{dt}\right|$$

ή

$$V = \left|\frac{d(NBAcos\theta)}{dt}\right|$$

$$\Phi = NBAcos\theta$$

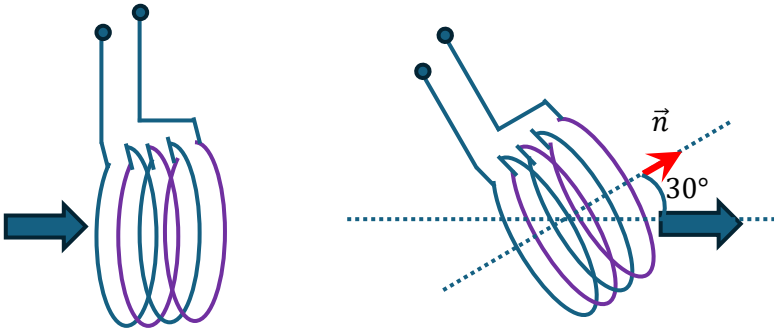
<u>Παράδειγμα 10.1</u>.

Ορθογώνιο πλαίσιο πλάτους $10\ cm$ και ύψους $20\ cm$ σχηματίζει γωνία 60^0 με το μαγνητικό πεδίο μέτρου $0.3\ T$. Υπολογίστε την μαγνητική ροή διαμέσου του πλαισίου.

$$\Phi = BAcos\theta = 0.3\ T\ 0.1 \times 0.2\ cos60^0 = 3 \times 10^{-3}\ \ S.I.$$

<u>Παράδειγμα 10.2</u>.

Ένα κυκλικό πλαίσιο διαμέτρου $30\ cm$ και 5 σπειρών είναι κάθετο σε ένα μαγνητικό πεδίο $0.6\ T$. Εάν το πλαίσιο αλλάξει θέση ώστε η επιφάνειά του να σχηματίζει $30°$ με το πεδίο, ποια είναι η αλλαγή της μαγνητικής ροής που διαπερνάει το πλαίσιο;



Θέση 1

$$\Phi_1 = NBAcos0° = 5 \times \pi 0.15^2 \times 0.6 = 0.21\, Tm^2$$

Μονάδα 1 $Wb = Tm^2$ ονομάζεται Weber

Θέση 2

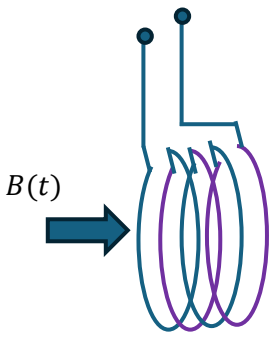
$$\Phi_2 = NBAcos30° = 5 \times \pi 0.15^2 \times 0.6 = 0.18\, Tm^2$$

Μονάδα 1 $Wb = Tm^2$ ονομάζεται Weber

Μεταβολή $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = -0.03\, Tm^2$

<u>Παράδειγμα 10.3</u>.

Ένα συρμάτινο πλαίσιο εμβαδού $2 \times 10^{-3}\, m^2$ τοποθετείται σε περιοχή που περιέχει μαγνητικό πεδίο $B = 0.65\, T$. Μέσα σε χρονικό διάστημα $0.003\, s$, το B αυξάνει γραμμικά σε $1.4\, T$. Εάν το πλαίσιο περιέχει 20 σπείρες, πόση είναι η επαγόμενη ΗΕΔ;



<u>Λύση</u>:

$$\Phi(t) = NB(t)Acos0° = NB(t)A$$

$$B(t) = \lambda t + \kappa$$

Αντικαθιστώ και έχω

$$\Phi(t) = NB(t)Acos0° = NB(t)A$$

$$V = \left|\frac{d\Phi(t)}{dt}\right| = NA\frac{dB(t)}{dt} = NA\frac{dB(t)}{dt} = NA\lambda$$

Από τα δεδομένα, μπορώ να βρω κλίση

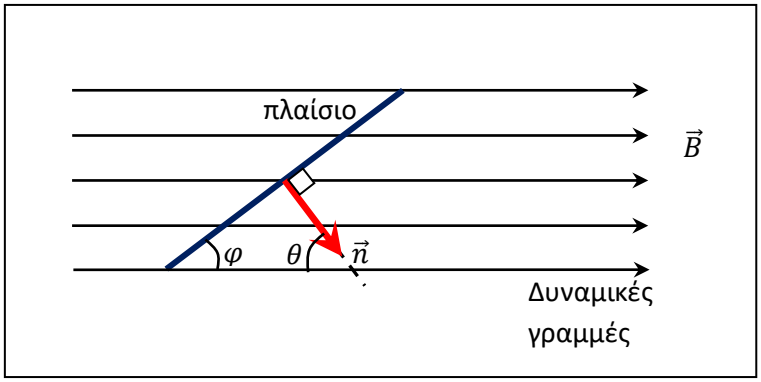
$$\lambda = \frac{B_2 - B_1}{t_2 - t_1} = \frac{1.4 - 0.65}{0.003 - 0} = 250$$

Έτσι η ΗΕΔ ισούται με

$$V = 20 \times 250 \times 2 \times 10^{-3} = 10\,V$$

<u>Πρόβλημα 10.8</u>.

Ένα τετραγωνικό αγώγιμο πλαίσιο με $N = 10$ σπείρες κολλητά η μια με την άλλη, με εμβαδό $A = 0.25\,mm^2$ η καθεμία, περιστρέφεται ελεύθερα ώστε το συνημίτονο της γωνίας φ που σχηματίζει το επίπεδο του πλαισίου με ένα σταθερό μαγνητικό πεδίο $B = 0.2\,T$ να μειώνεται γραμμικά με το χρόνο με αρχική τιμή $1\,rad$. Σε χρόνο $t = 2\,s$ το πλαίσιο έχει καλύψει γωνία $\Delta\varphi = \pi/4\,rad$ (σε σχέση με την αρχική του θέση). Ποια είναι η επαγόμενη ΗΕΔ κατ' απόλυτη τιμή σε $Volts$ σε αυτή τη θέση του πηνίου (θεωρώντας ότι η κίνηση συνεχίζεται και μετά από αυτή τη θέση);



<u>Λύση</u>

Από τα δεδομένα $\varphi = 1 - \lambda t$ όμως στον νόμο της Επαγωγής εμφανίζεται η γωνία θ ως προς το κάθετο, έτσι

$$\Phi(t) = NBAcos\theta(t)$$

Όμως $\theta + \varphi = \pi/2$

$$\theta = \frac{\pi}{2} - \varphi = \frac{\pi}{2} - (1 - \lambda t) = \frac{\pi}{2} - 1 + \lambda t$$

Πως θα βρω το λ από την

$$\varphi = 1 - \lambda t$$

$$\lambda = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{t_2 - t_1} = \frac{-\Delta\varphi}{t_2 - t_1} = \frac{-\pi/4}{2-0} = \frac{-\pi}{8}$$

$$\theta = \frac{\pi}{2} - 1 + \lambda t$$

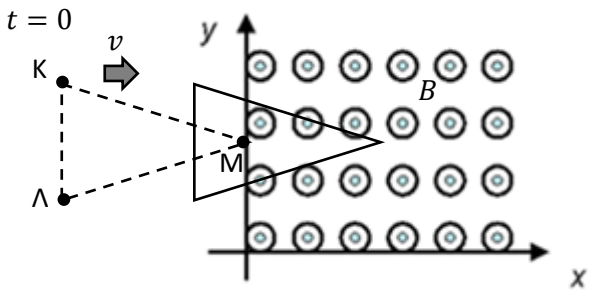
$$V = \left|\frac{d\Phi(t)}{dt}\right| = NBA\left|\frac{d}{dt}cos\left(\frac{\pi}{2} - 1 + \lambda t\right)\right| = N\lambda BAsin\left(\frac{\pi}{2} - 1 + \lambda t\right) = N\lambda BAsin(\theta)$$

Για $\varphi = \pi/4 = \theta$

$$V = 10\ 0.2\ 0.25\frac{\pi}{8}sin(\pi/4) = \frac{0.5\pi}{8}\frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0.138\ V$$

<u>Πρόβλημα 10.12</u>

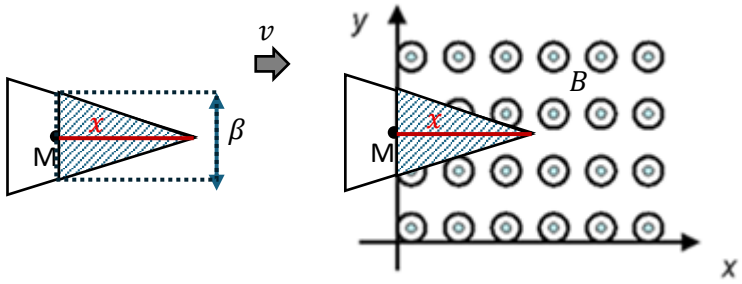
Στο παρακάτω σχήμα ο αγωγός ΚΛΜΚ έχει το σχήμα ισοσκελούς τριγώνου με τις πλευρές ΚΜ και ΛΜ να είναι ίσες μεταξύ τους, την βάση ΚΛ μήκους $w = 5\ cm$ να είναι παράλληλη με τον άξονα y και την απόσταση Μ από την ΚΛ (το ύψος) να είναι ίσο με $h = 9.9\ cm$. Αρχικά ο αγωγός είναι ακίνητος και η κορυφή Μ βρίσκεται επάνω στον άξονα y ο οποίος χωρίζει το επίπεδο της σελίδας σε δυο περιοχές, σε μια που αντιστοιχεί σε $x \geq 0$ και όπου υπάρχει ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο $B = 1.2\ T$ με τη φορά που δείχνεται (έξω από την σελίδα) και σε μια άλλη με $x < 0$ όπου $B = 0$. Ο αγωγός τίθεται σε επιταχυνόμενη κίνηση στο $t = 0$ παράλληλα με το θετικό άξονα x με σταθερή επιτάχυνση $a = 2.2\ m/s^2$ και σε χρόνο t_1η βάση ΚΛ φτάνει στον άξονα y. Ποια είναι η επαγόμενη τάση V (κατά μέτρο) στον αγωγό την χρονική στιγμή $t = t_1{}^-$ (οριακά λίγο πριν το t_1);



<u>Λύση</u>:

$$\Phi(t) = BA(t)$$

όπου $A(t)$ μόνο το γραμμοσκιασμένο εμβαδό (μόνο το «εμβαπτισμένο» στο πεδίο)



Εάν x είναι το ύψος του «εμβαπτισμένου» τριγώνου και β η βάση του

$$A = \frac{1}{2}\beta x$$

Από ομοιότητα τριγώνων

$$\frac{\beta}{x} = \frac{K\Lambda}{h} = \frac{5}{9.9}$$

Επομένως

$$\beta = \frac{5}{9.9}x$$

Το εμβαδό τότε γίνεται

$$A = \frac{1}{2}\frac{5}{9.9}x^2$$

Στην επιταχυνόμενη κίνηση όμως

$$x = \frac{1}{2}at^2$$

αντικαθιστώντας

$$A = \frac{1}{2}\frac{5}{9.9}\frac{1}{4}a^2t^4$$

και

$$\Phi(t) = BA(t) = \frac{5}{8 \times 9.9}Ba^2t^4$$

$$V(t) = \left|\frac{d\Phi(t)}{dt}\right| = \frac{5}{2 \times 9.9}Ba^2t^3$$

Μας ζητάει την τάση στον χρόνο t_1 όπου $x = h = 9.9$

$$\frac{1}{2}a{t_1}^2 = 9.9$$

βρίσκω $t_1 = 3\ s$

$$V(t) = \frac{5}{2 \times 9.9} B a^2 {t_1}^3 = \frac{5}{2 \times 9.9} 1.2\ 2.2^{\ 2}\ 3^3 = 39.6\ V$$