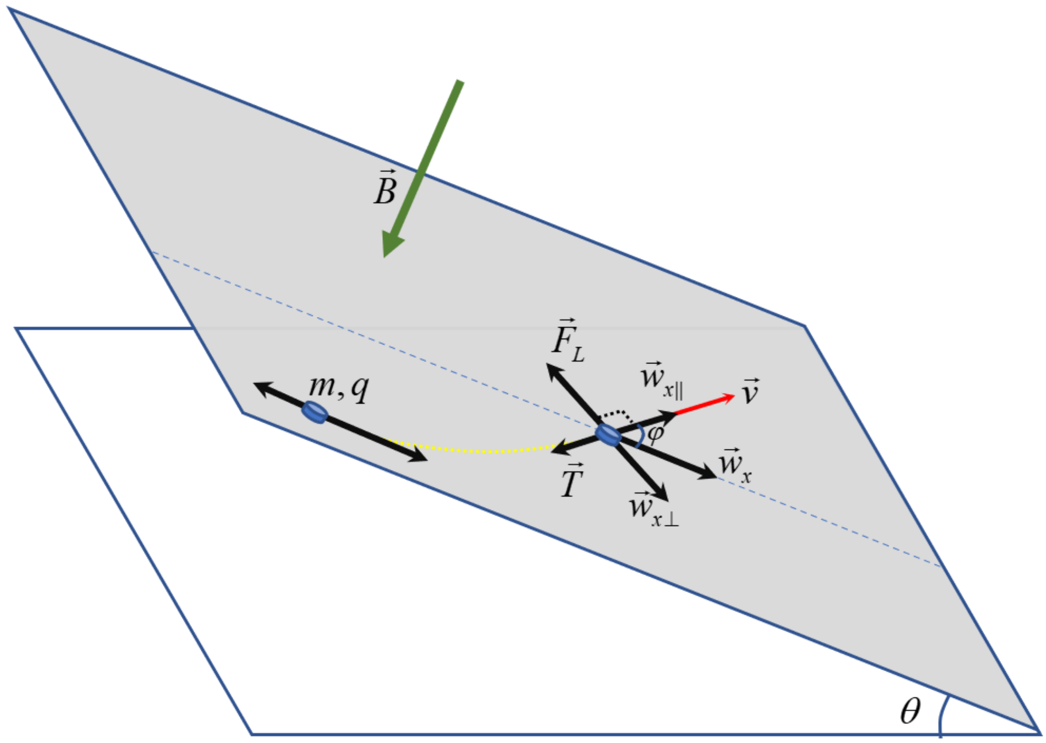
Τριβή Lorentz και οριακή ταχύτητα



Αρχικά $w_{x\perp} = F_L = 0$ και το σώμα επιταχύνεται κατά την κατεύθυνση της $\vec{w}_x$ αν $\mu < \varepsilon\varphi\theta$.

Η δύναμη Lorentz που εμφανίζεται από τη στιγμή που το σώμα ξεκινά, καμπυλώνει την τροχιά. Σε τυχαία θέση όπου η ταχύτητα του σώματος σχηματίζει γωνία φ με την $\vec{w}_x$ η επιτρόχια επιτάχυνσή του καθορίζεται από την συνιστώσα της $\vec{w}_x$ που είναι παράλληλη στην ταχύτητα και την τριβή ολίσθησης σταθερού μέτρου. Η επιτρόχια επιτάχυνση μηδενίζεται όταν

$$w_{x\|} = T \Rightarrow mg\eta\mu\theta\sigma\upsilon\nu\varphi = \mu mg\sigma\upsilon\nu\theta \Rightarrow \boxed{\sigma\upsilon\nu\varphi = \frac{\mu}{\varepsilon\varphi\theta}}$$

Μέχρι η γωνία φ να αποκτήσει την τιμή που προκύπτει από την τελευταία εξίσωση, **το μέτρο της ταχύτητας αυξάνεται**. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το μέτρο της F_L να αυξάνεται και η κάθετη στην ταχύτητα συνιστώσα $w_{x\perp}$ να μειώνεται. Έτσι υπάρχει κεντρομόλος επιτάχυνση η οποία συνεχίζει να καμπυλώνει την τροχιά, **τουλάχιστον μέχρι,** $\varphi = \varphi_0 = \tau o\xi\sigma\upsilon\nu\left(\frac{\mu}{\varepsilon\varphi\theta}\right)$**.**

Αλλά η ταχύτητα του σώματος θα σταθεροποιηθεί για $\varphi = \varphi_0$, αν ταυτόχρονα μηδενιστεί και η κεντρομόλος επιτάχυνση. Δηλαδή αν,

$$F_L = w_{x\perp} \Rightarrow qvB = mg\eta\mu\theta\eta\mu\varphi \Rightarrow v = \frac{mg}{qB}\eta\mu\theta\sqrt{1 - \frac{\mu^2}{\varepsilon\varphi^2\theta}}$$

ή $$\boxed{v = \frac{mg}{qB}\sqrt{\eta\mu^2\theta - \mu^2\sigma\upsilon\nu^2\theta} \equiv v_0}$$

Όμως η ταχύτητα του σώματος όταν $\varphi = \varphi_0$ μπορεί να είναι μεγαλύτερη από αυτήν που καθορίζεται από την τελευταία εξίσωση. Μπορούμε ποιοτικά να καταλάβουμε ότι αυτό θα εξαρτηθεί από το συντελεστή τριβής αν σκεφτούμε τις ακραίες περιπτώσεις ως εξής:

Για $\mu = 0$ η λύση του προβλήματος οδηγεί όπως είναι γνωστό στην **κυκλοειδή**, δηλαδή το σώμα δεν αποκτά ποτέ σταθερή ταχύτητα.

Για $\mu = \varepsilon\varphi\theta$ το σώμα ισορροπεί ή μπορούμε ισοδύναμα να θεωρήσουμε ότι κατεβαίνει κατά τη διεύθυνση της w_x με πάρα πολύ μικρή ταχύτητα.

Για οποιαδήποτε ενδιάμεση τιμή του συντελεστή υπάρχουν τα εξής ενδεχόμενα.

(i) Να γίνει $\varphi = \varphi_0$ (ασυμπτωτικά) χωρίς ποτέ να γίνει μεγαλύτερη, εφόσον η ταχύτητα γίνει ίση με την οριακή όπως την υπολογίσαμε.

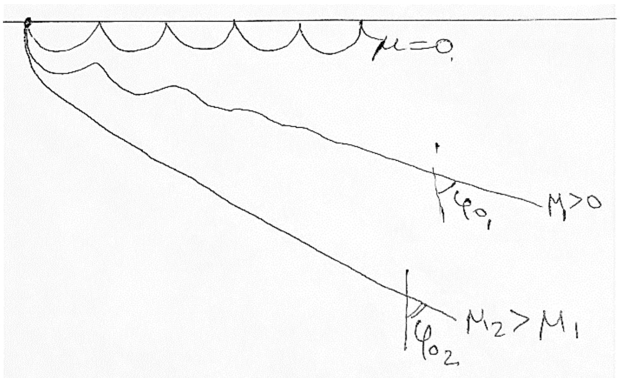
(ii) Να γίνει $\varphi = \varphi_0$ με $v > v_0$ οπότε η γωνία θα συνεχίσει να αυξάνεται αλλά το μέτρο της ταχύτητας θα μειώνεται αφού, $w_{x\|} < T$ και η επιτρόχια επιτάχυνση θα γίνει αντίρροπή της ταχύτητας. Αυτό θα έχει σα συνέπεια την ελάττωση του μέτρου της $\vec{F}_L$ και την αντιστροφή της καμπυλότητας της τροχιάς με τη φ να αρχίσει πάλι να προσεγγίζει τη φ_0. Έτσι θα φτάσουμε πάλι σε ακρότατο της ταχύτητας όταν γίνει $\varphi = \varphi_0$, αλλά αυτή τη φορά ελάχιστο $(v < v_0)$. Συμπερασματικά κάθε φορά που $\varphi = \varphi_0$, για το μέτρο της ταχύτητας έχουμε εναλλάξ τοπικό μέγιστο και τοπικό ελάχιστο. Η ύπαρξη της τριβής όμως έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της μηχανικής ενέργειας του σώματος οπότε με το πέρασμα του χρόνου τα τοπικά μέγιστα της ταχύτητας ελαττώνονται ενώ τα τοπικά ελάχιστα αυξάνονται. Κάποια στιγμή επομένως η ταχύτητα πρακτικά σταθεροποιείται και γίνεται ίση με,

$$v_0 = \frac{mg}{qB}\sqrt{\eta\mu^2\theta - \mu^2\sigma\upsilon\nu^2\theta}$$

με διεύθυνση που καθορίζεται από την

$$\varphi_0 = \tau o\xi\sigma\upsilon\nu\left(\frac{\mu}{\varepsilon\varphi\theta}\right)$$

Στο παρακάτω σκίτσο φαίνονται οι διάφορες εκδοχές.



Σπύρος Χόρτης