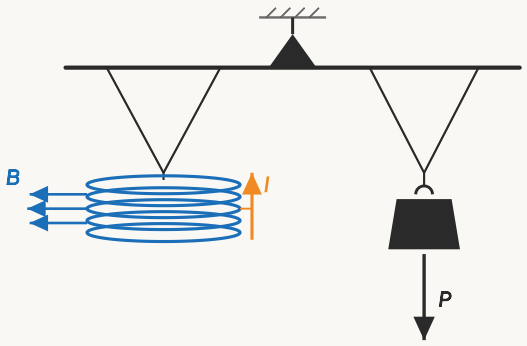
Problema 1

Il 20 maggio 2019 è entrata in vigore, nel Sistema Internazionale, la nuova definizione del chilogrammo.

Fino ad allora il chilogrammo era definito a partire dalla massa di un campione in lega di platino-iridio, custodito presso l'Ufficio internazionale dei pesi e delle misure di Sèvres, in Francia. La massa di quel campione era però soggetta a minuscole variazioni, di cui ancora oggi non si conoscono con certezza le cause: pur essendo dell'ordine del μg, esse rendevano imprecisi tutti i confronti di massa. Da qui l'esigenza di riferire il chilogrammo a una grandezza costante e universale: la **costante di Planck** h.

Per realizzare la nuova definizione si utilizza la **bilancia di Watt** (detta anche bilancia di Kibble). Il principio è relativamente semplice: la forza peso dell'oggetto da misurare viene equilibrata da una forza di natura elettromagnetica, generata da una bobina percorsa da corrente I e immersa in un campo magnetico B. La misura si svolge in due fasi: una **fase di pesatura statica** e una **fase dinamica**, in cui la bobina è in movimento.

a In relazione al disegno proposto, ricava il valore della massa nella fase di pesatura statica. Indica con L la lunghezza del filo costituente l'avvolgimento.



Schema della bilancia di Watt nella fase di pesatura statica.

DATI · GRANDEZZE MISURATE NELLE DUE FASI

I	10,9 mA	corrente nell'avvolgimento (fase statica)
V	1,80 V	d.d.p. ai capi dell'avvolgimento (fase dinamica)
v	2,0 mm/s	velocità di traslazione (fase dinamica)
g	9,81 m/s²	accelerazione di gravità

b Nella fase dinamica lo stesso avvolgimento viene fatto traslare verticalmente a velocità costante v attraverso il medesimo campo magnetico B; ai suoi capi si misura una differenza di potenziale V. Ricava l'espressione di V e dimostra che, combinando le due fasi, la massa si può scrivere come $m = \dfrac{V\,I}{g\,v}$, in modo da eliminare il prodotto $B\,L$, che nella pratica non è determinabile con la precisione richiesta.

c Utilizzando la relazione ottenuta al punto **b** e i dati a disposizione, determina la massa m e verifica che coincide con il campione da $1\ \text{kg}$. La massa del vecchio campione di platino-iridio era soggetta a variazioni dell'ordine del μg: stima di quanto dovrebbe variare, in valore relativo, la misura della velocità v perché la massa risultasse errata di $1\ \mu\text{g}$, e commenta il grado di precisione richiesto.

d Mostra che nella fase dinamica la potenza elettrica $V\,I$ eguaglia la potenza meccanica $m\,g\,v$ — proprietà da cui deriva il nome «bilancia di Watt» — e calcolane il valore. Spiega infine, sul piano concettuale, perché misurando la tensione V e la corrente I tramite gli effetti quantistici (effetto Josephson per la tensione, effetto Hall quantistico per la resistenza) la massa risulta legata alla costante di Planck h, realizzando così la nuova definizione del chilogrammo.