

XXIX OLIMPIADA FIZYCZNA (1979/1980). Stopień pierwszy, zad. dośw. – D1.

Źródło:	Komitety Główne Olimpiady Fizycznej; Waldemar Gorzkowski; Andrzej Kotlicki: <i>Fizyka w Szkole</i> nr 5, 1980; Andrzej Nadolny, Krystyna Pniewska: Olimpiady Fizyczne XXIX – XXXI, WSiP, Warszawa 1986.
Nazwa zadania:	Wyznaczenie składowej poziomej natężenia ziemskiego pola magnetycznego.
Działy:	Magnetyzm, mechanika.
Słowa kluczowe:	magnes, stoper, linijka, statyw, waga, kompas, okres, drgania, natężenie, ziemskie pole magnetyczne, moment dipolowy, bezwładności, ruch harmoniczny, równanie ruchu.

Zadanie doświadczalne – D1, zawody stopnia pierwszego, XXIX OF.

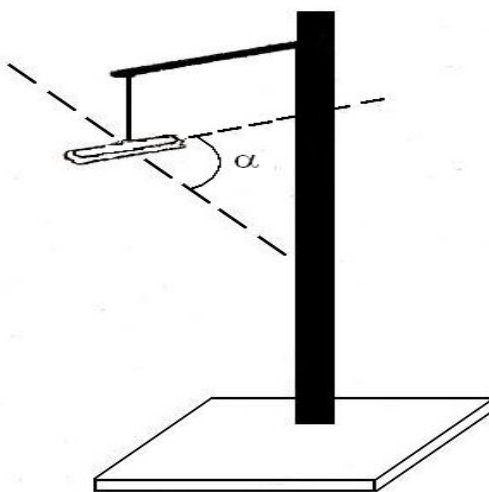
Mając do dyspozycji magnes sztabkowy, kompas, nici, statyw lub inny przyrząd umożliwiający zaczepienie nici, wagę, linijkę, stoper lub zegarek z sekundnikiem, wyznacz składową poziomą natężenia pola magnetycznego miejscowości, w której zamieszkujesz.

Rozwiązanie

Magnes sztabkowy wieszamy na nitce tak, aby wisiał poziomo (rys.1). Po ustaleniu się położenia równowagi (oś sztabki pokrywa się z kierunkiem północ – południe) magnes odchylany jest w poziomie o kąt α , puszcza i mierzymy okres swobodnych, małych drgań. Równanie ruchu sztabki będzie następujące:

$$I \frac{d^2 \alpha}{dt^2} = -\mu_0 m H_z \sin \alpha \approx -\mu_0 m H_z \alpha .$$

Gdzie: μ_0 – przenikalność magnetyczna próżni, H_z – składowa pozioma ziemskiego pola magnetycznego, I – moment bezwładności sztabki, m – magnetyczny moment dipolowy sztabki.



Rys. 1.

Wiadomo, że (traktując sztabkę jako cienki pręt)

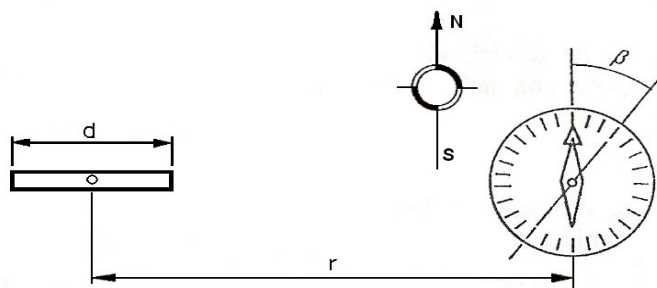
$$I = \frac{Md^2}{12}.$$

Gdzie: M – masa sztabki, d – jej długość.

Jak widać (z równania ruchu) ruch sztabki jest ruchem harmonicznym o okresie

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mH_z \mu_0}}. \quad (1)$$

Długość sztabki magnesu d wyznaczamy za pomocą linijki, a masę M za pomocą wagi. Następnie magnes umieszczamy w odległości r od kompasu (rys. 2).



Rys. 2.

Mierzmy kąt β odchylenia igły kompasu od kierunku północ – południe. Pole pochodzące od dipola magnetycznego o momencie m dla $r \gg d$ wyraża się wzorem (na osi dipola)

$$H = \frac{2m}{4\pi r^3}. \quad (2)$$

Wobec tego:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{H}{H_z} = \frac{2m}{4\pi r^3 H_z}. \quad (3)$$

Z (1) i (3) otrzymujemy:

$$H_z = \sqrt{\frac{2\pi I}{\mu_0 T^2 r^3 \operatorname{tg} \beta}}. \quad (4)$$

Pomiary należało wykonać kilkakrotnie, a szczególnie starannie wyznaczyć okres drgań T , gdyż błąd jego wyznaczenia ma decydujący wpływ na wynik. Rachunek błędów należało przeprowadzić metodą różniczeki zupełnej.

Zadanie to wybrała znaczna część uczestników. Rozwiązanie części teoretycznej można było znaleźć w niektórych podręcznikach akademickich (metoda Gaussa), co było dla niektórych uczniów ułatwieniem. Niektórzy uczniowie nie zdawali sobie sprawy z ograniczoności stosowania wzoru na pole magnetyczne pochodzące od dipola (2) i stosowali go także dla $d \approx r$.