



XLVIII OLIMPIADA FIZYCZNA
(1998/1999)
ZAWODY III STOPNIA
CZĘŚĆ TEORETYCZNA

Zadanie teoretyczne – T2

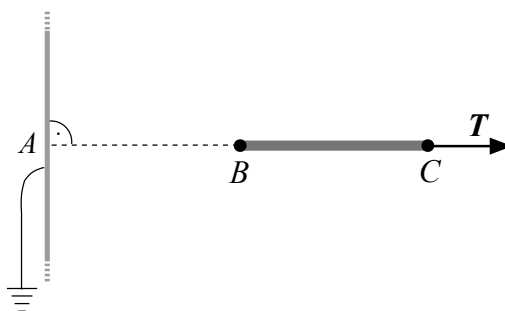
Nazwa – Obliczenie siły rozciągającej pręt z punktowymi ładunkami elektrycznymi po usunięciu uziemionej płyty przewodzącej.

Źródła – Komitet Główny Olimpiady Fizycznej

- Włodzimierz Ungier¹, Andrzej Wysmołek², *Fizyka w Szkole* nr 1, 2000, s. 39–44
- Paweł Janiszewski³, Jan Mostowski⁴ (red.), *50 lat olimpiad fizycznych. Wybrane zadania z rozwiązaniami*. WN PWN, Warszawa 2002, zad. 51, s. 31, 132–133
- T.M. Molenda, IF US, www.OF.szc.pl.

Na końcach obojętnego elektrycznie, nie przewodzącego i nie ulegającego polaryzacji sztywnego pręta znajdują się jednoimienne, lecz różne punktowe ładunki elektryczne. Prostopadle do pręta umieszczono dużą (w porównaniu z wymiarami pręta), uziemioną płytę przewodzącą. Odległości AB oraz BC zaznaczone na rysunku 1 są jednakowe. Indukowane na powierzchni płyty ładunki elektryczne powodują przyciąganie pręta do płyty. Utrzymanie pręta w stałej odległości od płyty wymagałoby przyłożenia siły $T = 0,02$ N do końca C . Pręt byłby wtedy rozciągany z siłą $R = 0,01$ N.

Oblicz siłę, z jaką jest rozciągany ten pręt po usunięciu płyty.



Rys. 1^a

^a Rys. ten i następny zostały na nowo wykonane i uzupełnione przy oprac. zadania do bazy zad. w KGOF (przyp. red.).

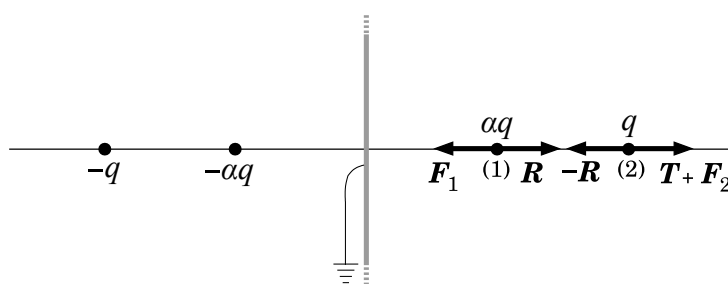
Rozwiązanie zadania T2 – XLVIII OF, III stopień, część teoretyczna

Przyjmijmy, że znajdujący się bliżej płyty ładunek umieszczony na końcu pręta znajdującym się bliżej płyty ma wartość αq , natomiast ładunek znajdujący się na drugim końcu pręta ma wartość q (rys. 2). Korzystając z metody obrazów, obliczamy siłę elektrostatyczną, działającą na pierwszy ładunek:

$$F_1 = \frac{\alpha q^2}{d^2} + \frac{\alpha^2 q^2}{4d^2} + \frac{\alpha q^2}{9d^2}, \quad (1)$$

oraz siłę elektrostatyczną, działającą na drugi ładunek:

$$F_2 = \frac{\alpha q^2}{d^2} - \frac{\alpha q^2}{9d^2} - \frac{q^2}{16d^2}. \quad (2)$$



Rys. 2

Siła F_1 jest równoważona przez siłę naprężenia pręta, więc

$$F_1 = R, \quad (3)$$

zaś siła F_2 jest równoważona przez siłę wypadkową, równą $R - T$:

$$F_2 = R - T. \quad (4)$$

Mamy za zadanie obliczyć wartość $X = \alpha q^2/d^2$. Podstawiając X oraz (3) i (4) do (1), (2), otrzymujemy układ równań

$$R - T = \frac{8}{9}X - \frac{1}{16\alpha}X, \quad (5)$$

$$R = \frac{10}{9}X + \frac{\alpha}{4}X. \quad (6)$$

Dzieląc stronami ostatnie dwa równania, dostajemy

$$\frac{1}{4}k\alpha^2 + \left(\frac{10}{9}k - \frac{8}{9}\right)\alpha + \frac{1}{16} = 0, \quad (7)$$

gdzie $k = (R - T)/R = -1$.

Jedynym dodatnim rozwiązaniem równania (7) jest $\alpha = 4(\sqrt{65}/8 - 1)$. Rozwiązanie ujemne odrzucamy, gdyż odpowiada ono różnoimiennym ładunkom. Podstawiając obliczone α do (6) otrzymujemy wartość siły rozciągającej pręt:

$$X = \frac{0,01}{\frac{1}{9} + \frac{\sqrt{65}}{8}} \text{ N.} \quad (8)$$

¹ Włodzimierz Ungier (wówczas dr) był sekretarzem naukowym ds. zadań teoretycznych w KGOF od XL OF do XLXIX OF, w tym okresie był współautorem artykułów w *Fizyce w Szkole* z OF i książki *Wybrane zadania z 43 olimpiad fizycznych* (laureat XIV OF) (przyp. red.).

² Andrzej Wyszomółka był sekretarzem naukowym ds. zadań doświadczalnych w KGOF: XLIII–XLVIII OF (wówczas dr), LII–LX OF; w tym okresie był współautorem artykułów w *Fizyce w Szkole* z OF, do czasu ich publikowania w tym czasopiśmie, tj. do LV OF. Od LXIX OF pełni funkcję Przewodniczącego KGOF. Opracowane zad. na zawody OF w postaci edytowalnych plików były przez sekretarza (AW) udostępniane sekretarzowi KO w Szczecinie (TM), co bardzo ułatwiło umieszczenie zad. w bazie na stronie www.OF.szc.pl (przyp. red.).

³ Dr Paweł Janiszewski – Kierownik Organizacyjny Olimpiady Fizycznej od XLII OF do LVIII OF; był autorem artykułów w *Fizyce w Szkole* (do czasu ich publikowania w tym czasopiśmie, tj. do LV OF), dot. informacji o przebiegu i wynikach olimpiad fizycznych; współautorem ww. książki z zadaniami (przyp. red.).

⁴ Prof. dr hab. Jan Mostowski był sekretarzem naukowym ds. zadań w KGOF od XXXVIII OF do XXXIX OF, od L OF do LX pełnił funkcję Przewodniczącego KGOF a od LXIX – wiceprzewodniczący KGOF; był autorem artykułów w *Fizyce w Szkole* z OF, współautorem ww. książki z zadaniami (przyp. red.).