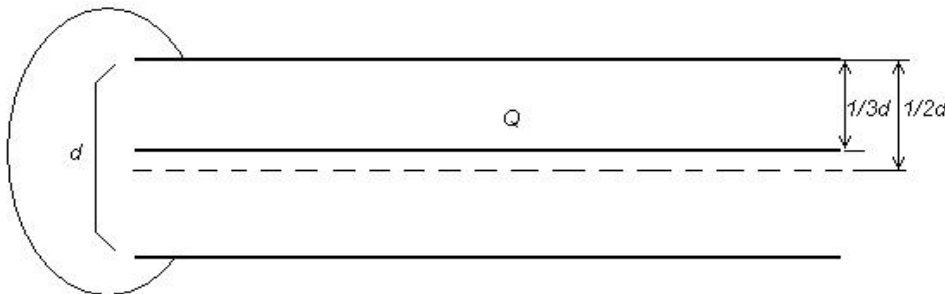


**XLVI OLIMPIADA FIZYCZNA (1996/1997). Stopień II, zadanie teoretyczne – T2.****Źródło:** Komitet Główny Olimpiady Fizycznej;Włodzimierz Ungier, Andrzej Wyszmołek: *Fizyka w Szkole* nr 4, 1997.**Nazwa zadania:** Praca przesunięcia naładowanej płytki w kondensatorze.**Działy:** Elektryczność.**Słowa kluczowe:** Kondensator płaski, praca, ładunek, indukcja, pole elektryczne, natężenie, napięcie, prawo Gaussa.**Zadanie teoretyczne – T2, zawody II stopnia, XLVI OF.**

Okładki płaskiego kondensatora powietrznego o sumarycznym ładunku równym zero zostały zwarte drutem. Między okładzinami tego kondensatora umieszczono równoległe do nich cienką, nie przewodzącą płytkę naładowaną równomiernie ładunkiem  $Q$ , rys.1.



Rys.1.

Odległość płytki od jednej z okładek wynosi  $(1/3)d$ , gdzie  $d$  jest odległością między okładkami kondensatora. Powierzchnia okładki jest równa  $S$ , a nie przewodząca płytka ma takie same wymiary jak okładka.

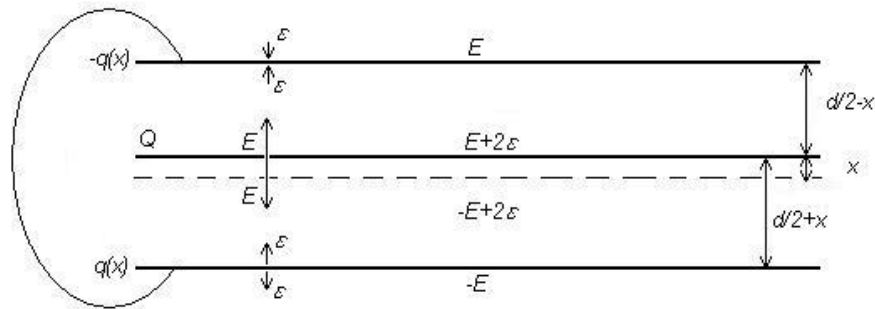
Oblicz pracę potrzebną do równoległego przesunięcia naładowanej płytki do środka kondensatora (linia przerywana rys.1).

W obliczeniach zaniedbaj efekty brzegowe.

**Rozwiązanie**

Rozważmy sytuację, gdy naładowana nie przewodząca płytka znajduje się w odległości  $x$  od środka między okładkami kondensatora (rys.2). Zaniedbując efekty brzegowe możemy przyjąć, że pole elektryczne między okładkami oraz na zewnątrz z dala od brzegów i w pobliżu okładek, jest jednorodne. Na zewnątrz okładek pole elektryczne nie zależy od  $x$ , gdyż pola elektryczne pochodzące od wyindukowanych na okładkach ładunków  $q(x)$  i  $-q(x)$  znoszą się wzajemnie. Pole na zewnątrz okładek pochodzi tylko od naładowanej płytki. Natężenie tego pola jest równe

$$E = Q / 2S\epsilon_0 .$$



Rys.2.

Jeżeli przyjmiemy za dodatni kierunek od „dolnej” do „górnjej” okładki kondensatora (rys.2) to w obszarze „dolnym” o grubości  $d/2 + x$  mamy pole  $2\varepsilon - E$ , zaś w obszarze „górnym” o grubości  $d/2 - x$  mamy  $2\varepsilon + E$ , gdzie  $\varepsilon = q(x)/2S\varepsilon_0$ . Potencjały zwartych okładek są identyczne, zatem spełnione jest równanie

$$(2\varepsilon - E)(d/2 + x) + (2\varepsilon + E)(d/2 - x) = 0$$

skąd otrzymujemy  $2\varepsilon + E$

$$\varepsilon = (E/d)x$$

Siła działania ładunków wyindukowanych na okładkach na naładowaną płytkę jest równa

$$F(x) = Q \cdot 2\varepsilon = (2QE/d)x,$$

zatem praca wykonana przez kondensator podczas wciągania naładowanej płytki na drodze od  $x = 0$  do  $x = d/2 - d/3 = d/6$  wynosi

$$L = \int_0^{d/6} F(x) dx = (2QE/d) \cdot x^2 / 2 \Big|_0^{d/6} = QE \cdot d / 36 = Q^2 d / 72\varepsilon_0$$

Taką samą pracę musimy więc wykonać by przesunąć płytkę na drodze powrotnej.

Całkę  $\int x dx$  w granicach od 0 do  $d/6$  można obliczyć jako pole trójkąta o podstawie  $d/6$  i wysokości  $d/6$ .

### Proponowana punktacja

- |  |           |
|--|-----------|
| 1. Obliczenie pola wewnątrz kondensatora w zal. od $x$ | do 5 pkt. |
| 2. Obliczenie pracy $L$                                | do 5 pkt. |