

XXVII OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP II

Zadanie teoretyczne

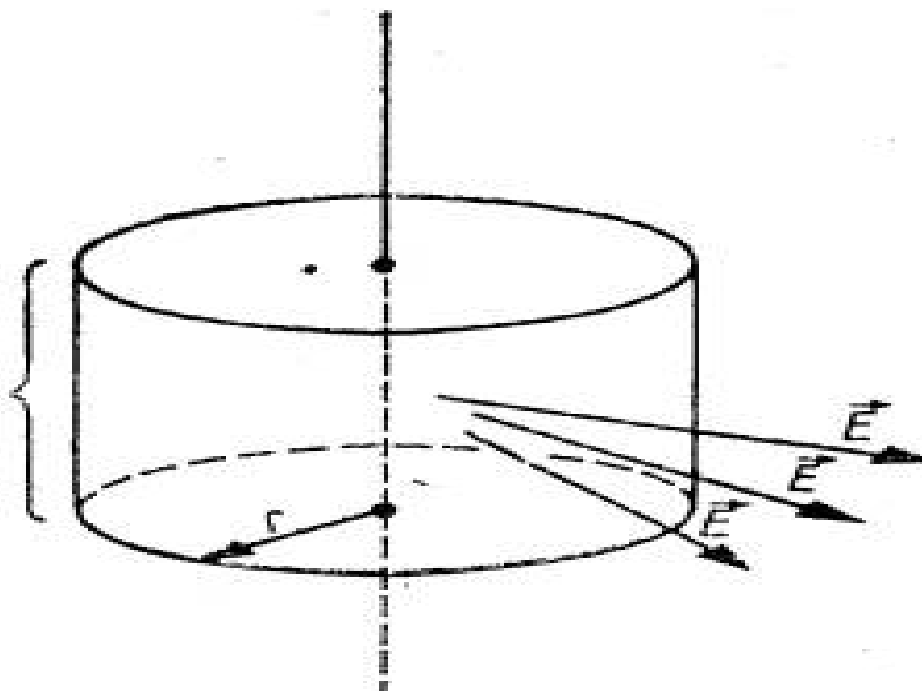
ZADANIE T1

Nazwa zadania „Półpłaszczyzny metalowe”

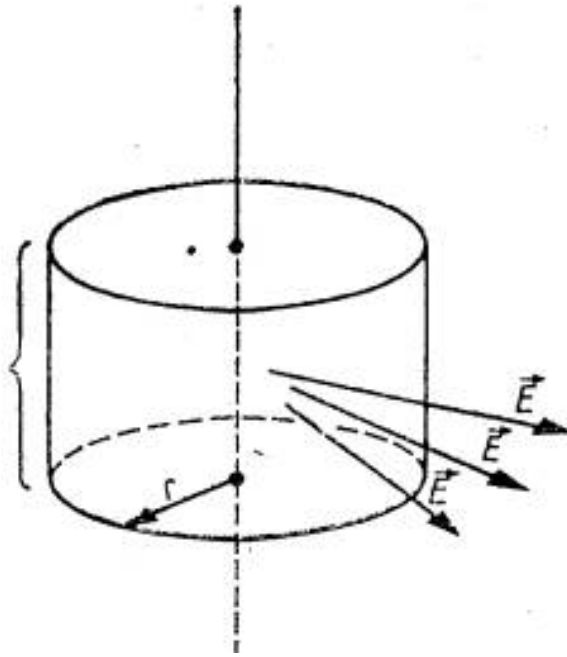
Dwie półpłaszczyzny metalowe stykają się krawędziami pod kątem prostym. Wewnątrz kąta dwuściennego utworzonego przez te półpłaszczyzny, równoległe do wspólnej krawędzi biegnie jednorodnie naładowany drut. Gęstość liniowa ładunku na drucie, (czyli ładunek przypadający na jednostkę długości) wynosi η . Odległości drutu od półpłaszczyzn metalowych są jednakowe i wynoszą a . Wyznacz wartość i kierunek siły działającej na jednostkę drutu.

ROZWIĄZANIE ZADANIA T1

Na powierzchniach metalowych wyindukuje się ładunek powierzchniowy. Zgodnie z ideą przedstawioną w rozwiązaniu zadania I stopnia bieżącej Olimpiady Fizycznej ładunek ten w obszarze I wytwarza pole takie samo, jak trzy druty naładowane gęstościami liniowymi: $-\eta$, η i $-\eta$, znajdujące się w częściach II, III i IV (rys. 28)



Rys. 28.



Rys. 29

Pole pochodzące od drutu naładowanego gęstością η wyznacza się prawem Gaussa wykorzystując symetrię układu – rysunek 29.

Pole \vec{E} ma symetrię osiową, a zatem

$$\epsilon_0 E \cdot 2\pi r h = \eta h,$$

stąd

$$E(r) = \frac{\eta}{2\pi\epsilon_0 r},$$

Na drut w przestrzeni I działa pole wypadkowe pochodzące od obrazów tego drutu w obszarach II, III i IV. Mamy:

$$E_{\text{wyp}} = -\frac{\eta}{2\pi\epsilon_0 2a} \cdot \frac{1}{2} \sqrt{2} - \frac{\eta}{2\pi\epsilon_0 2a} \cdot \frac{1}{2} \sqrt{2} + \frac{\eta}{2\pi\epsilon_0 2a\sqrt{2}} = -\frac{\eta\sqrt{2}}{8\pi\epsilon_0 a}.$$

Jeżeli $\eta > 0$, to natężenie tego pola jest skierowane ku krawędzi kąta dwuściennego. Szukana siła jest więc równa

$$F = \frac{\eta^2 \sqrt{2}}{8\pi\epsilon}.$$

Jest ona skierowana ku krawędzi kąta dwuściennego niezależnie od znaku η . Najczęstszym zaobserwowanym błędem w tym zadaniu było nieuwzględnianie obrazu w obszarze III. Jest to błąd duży, gdyż jak łatwo zauważyć opuszczenie tego obrazu prowadzi do naruszenia warunku brzegowego, jaki natężenie pola \vec{E} powinno spełniać na powierzchniach metalowych.

Źródło:
Zadanie pochodzi z „Druk z OF”

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie
www.of.szcz.pl