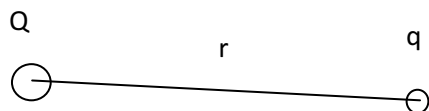


20– ELEKTROSTATYKA. PRAWO COULOMBA.

POLE CENTRALNE I JEDNORODNE

Prawo Coulomba



$$F = \frac{kQq}{r^2}$$

k- stała, dla próżni

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_r\epsilon_0}$$

$\epsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$ -stała dielektryczna próżni

ϵ_r – względna stała dielektryczna ośrodka

ładunki jednoimienne się odpychają, a różnoimienne się przyciągają.

Pole elektryczne centralne – linie sił

<http://www.lon-capa.org/~mmp/kap18/RR447app.htm> - to link do apletu z fizyki, przedstawiającego pole elektryczne dwóch ładunków punktowych

Natężenie pola elektrycznego

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

jednostka [N/C] = [V / m]

Zwrot natężenia pola elektrycznego jest zgodny z umową i skierowany:

od ładunku dodatniego

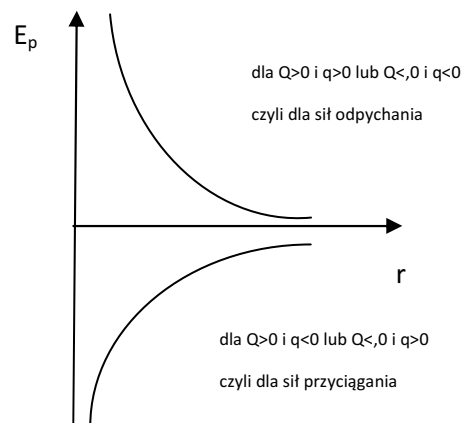
do ładunku ujemnego

Praca w polu elektrycznym (przy przesuwaniu ciała ruchem jednostajnym)

$$W_{A \rightarrow B} = kQq \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)$$

Energia potencjalna

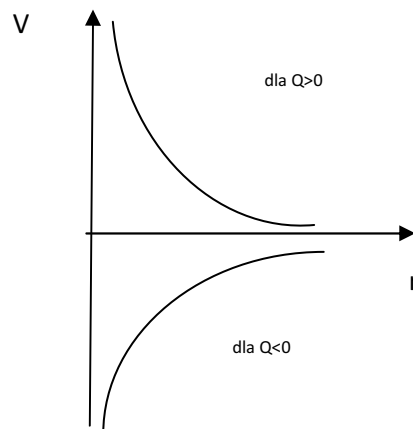
$$E_p = W_{\infty \rightarrow r} = kQq \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{\infty} \right) = \frac{kQq}{r}$$



Potencjał elektryczny, napięcie

$$V = \frac{E_p}{q} = \frac{kQ}{r}$$

jednostka – volt [$\text{J/C} = 1 \text{ V}$]

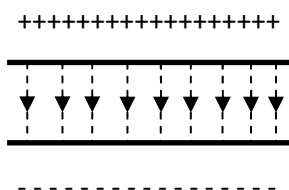


Praca w polu elektrycznym (przy przesuwaniu ciała ruchem jednostajnym) – raz jeszcze, wyrażona przy pomocy E_p i V

$$W = \Delta E_p = q(V_B - V_A) = qU_{AB}$$

U_{AB} – napięcie elektryczne, czyli różnica potencjałów

Pole jednorodne



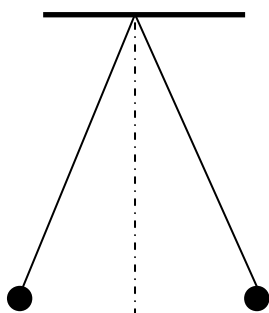
$$E = \frac{U}{d}$$

U – napięcie między okładkami kondensatora

d- odległość między płytkami

ZADANIA

Zadanie 1



Dwie jednakowe metalowe kulki o jednakowych masach $m = 1 \text{ g}$ wisały początkowo obok siebie na jedwabnych niciach o długościach $l = 50 \text{ cm}$. Naelektryzowano je jednakowymi ładunkami i odepchnęły się tak, że ich nici tworzą z kierunkiem pionowym kąt $\alpha = 30^\circ$. Jakim ładunkiem naelektryzowano te kulki?

Odp: $4 \cdot 10^{-7} \text{ C}$

Zadanie 2

Jaki ładunek należy umieścić w środku kwadratu, w narożnikach którego znajdują się ładunki dodatnie $Q = 1 \text{ nC}$, aby układ był w równowadze?

Odp: Ładunek ujemny $q = -\frac{Q(\sqrt{2} + \frac{1}{2})}{2} = 0,96 \text{ nC}$

Zadanie 3

<http://www.voltwo.webd.pl/matura/fizyka/2007-PROBNY-OPERON-podstawowy.pdf>

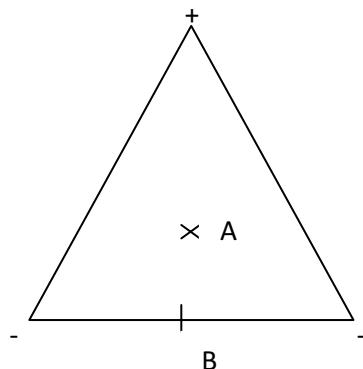
zadanie z matury próbnej, strona 10 zadanie 19

Zadanie 4

Dipol o długości osi $l = 10 \text{ cm}$ składa się z dwóch ładunków równych, ale przeciwnego znaku, o wartościach $Q = 10 \text{ }\mu\text{C}$. Dane są dwa punkty A, leżący na osi dipola w środku pomiędzy ładunkami i B, leżący na symetralnej w odległości $l = 10 \text{ cm}$ od osi. Oblicz

- natężenia pola w punktach A i B – odpowiedź $E_A=7,2\cdot 10^7 \text{ N/C}$, $E_B=6,44\cdot 10^6 \text{ N/C}$
- potencjały w punktach A i B oraz napięcie U_{AB} - odpowiedź $V_A=0$, $V_B=0$
- pracę jaką wykonano przemieszczając ładunek $q= 1 \mu\text{C}$ z punktu A do B ruchem jednostajnym - odpowiedź $W=0$

Zadanie 5



W narożnikach trójkąta równobocznego o boku $a=10 \text{ cm}$ umieszczono trzy ładunki o jednakowych wartościach $Q= 1\text{mC}$. Ładunek na górze rysunku jest dodatni, a dwa pozostałe ujemne. Punkt A stanowi środek trójkąta, a B środek boku, jak na rysunku

Oblicz

- natężenia pola w punktach A i B
– odpowiedź $E_A=5,4\cdot 10^9 \text{ N/C}$, $E_B=1,2\cdot 10^9 \text{ N/C}$
- potencjały w punktach A i B oraz napięcie U_{AB}
- odpowiedź $V_A=-1,56\cdot 10^8 \text{ V}$, $V_B=-2,6\cdot 10^8 \text{ V}$, $U_{AB}=-1,04\cdot 10^8 \text{ V}$
- pracę jaką wykonano przemieszczając ładunek $q= 1 \mu\text{C}$ z punktu A do B ruchem jednostajnym
- odpowiedź – $W=-104 \text{ J}$

Zadanie 6

W narożnikach sześciokąta foremnego o boku $a=1 \text{ cm}$ umieszczono sześć jednakowych ładunków $Q=1 \text{ nC}$, trzy dodatnie i trzy ujemne. Rozważ wszystkie przypadki możliwych wartości natężenia pola elektrycznego w środku sześciokąta i oblicz je. Oblicz możliwe przypadki wartości potencjałów w tym punkcie.

Odp: 0, $E_{\text{wygodkowe}}=2E=1,8\cdot 10^5 \text{ N/C}$, $E_{\text{wygodkowe}}=4E=3,6\cdot 10^5 \text{ N/C}$. W każdym przypadku potencjał jest 0.

Zadanie 7

W jednorodnym polu elektrycznym o natężeniu $E=100 \text{ kV/m}$ puszcza się swobodnie elektron (ładunek $e=1,6\cdot 10^{-19} \text{ C}$, masa $m=9,11\cdot 10^{-31} \text{ kg}$). Do jakiej prędkości rozpędzi się on na drodze 1cm ?

Odp: $1,88\cdot 10^7 \text{ m/s}$

Zadanie 8



Proton (ładunek $e=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, masa $=1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$) został wstrzelony tuż pod górną okładką kondensatora przedstawionego na rysunku obok z prędkością $v=10^6 \text{ m/s}$. Długość okładek kondensatora wynosi $l=10 \text{ cm}$, a odległość okładek $d=1 \text{ cm}$. Jakie maksymalne napięcie należy przyłożyć do okładek kondensatora, aby proton wydostał się z kondensatora nie przecinając żadnej okładki?

Odp: 208,75 V

Zadanie 9



Cząstka α (ładunek $q=+2e=3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, masa $=6,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$) został wstrzelony pod kątem 60° na rysunku obok z prędkością $v=10^5 \text{ m/s}$. Długość okładek kondensatora wynosi $l=10 \text{ cm}$, a odległość okładek $d=1 \text{ cm}$. Między okładki przyłożono napięcie $U=100 \text{ V}$. Czy cząstka ta uderzy w górną okładkę kondensatora? Jeśli nie, to czy wydostanie się z pola elektrycznego bez „kolizji” z okładką dolną?

$$t = \frac{2v_o \sin \alpha}{a} - \text{czas lotu}$$

$$h = \frac{v_o^2 \sin^2 \alpha}{2a} - \text{wysokość max.}$$

$$z = \frac{v_o^2 \sin 2\alpha}{a} - \text{zasięg}$$

Odp: Nie będzie przecięcia płytki górnej (max. wysokość 0,78 cm, ale będzie kolizja z płytką dolną (zasięg ok. 1,8 cm)

Zadanie 10

W jednorodnym polu elektrycznym o napięciu $U = 100 \text{ kV}$ wpada proton z prędkością $v_o = 10^7 \text{ m/s}$ równoległe do linii sił. Jaką energię będzie on miał po wyjściu z pola elektrycznego. Oblicz ją w MeV. Jaką prędkość będzie wtedy miał?

Odpowiedź: $E_k = 1 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 0,625 \text{ MeV}$; $v = 1 \cdot 10^7 \text{ m/s}$