

ZESTAW 5

ELEKTROMAGNETYZM I OPTYKA FHS-FT-1 S2

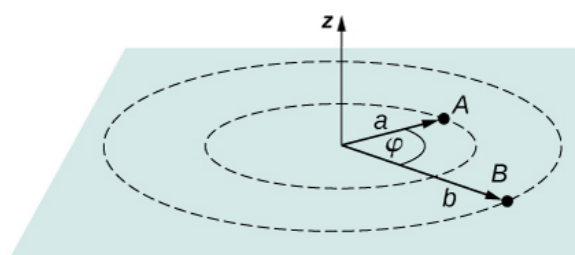
Kontakt: Radosław Strzałka, pok. 315/D10, mail: strzalka@fis.agh.edu.pl

Zestawy dostępne pod adresem: http://galaxy.agh.edu.pl/~strzalka/#dydaktyka#eio_ft

Tematyka: ładunek punktowy, pole centralne; siła Coulomba; natężenie i potencjał pola; dipol elektryczny; ruch ładunku w polu elektrycznym.

1. Oblicz, ile razy większa jest siła elektrostatycznego oddziaływania między elektronem a protonem w atomie wodoru w porównaniu do siły grawitacyjnego przyciągania między nimi. Masa elektronu $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg, masa protonu $m_p = 1836 m_e$, ładunek elementarny $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C, stałe: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ N·m²/C², $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N·m²/kg².
2. Jaką masę powinna mieć kropla oleju naładowana ładunkiem $-10e$ ($e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C - ładunek elektronu), żeby umieszczona w stałym polu elektrycznym o natężeniu 0,001 N/C, skierowanym pionowo w dół, pozostawała w spoczynku?
3. Dwie kuleczki zawieszone obok siebie na izolowanych niciach mają jednakowe ładunki elektryczne. Masa kuleczek jest jednakowa i wynosi $m = 0,01$ g, a długość nitek wynosi $l = 20$ cm. Gdy nitki zaczepimy w tym samym punkcie, kuleczki na skutek odpychania oddalą się na odległość $d = 4$ cm. (i) Obliczyć ładunek elektryczny każdej z tych kuleczek. (ii) Jeżeli sumaryczny ładunek na kulkach wynosi Q , to jaki musi być podział ładunku między kulkami, żeby kąt odchylenia nici był największy?
4. W trzech wierzchołkach kwadratu o boku a umieszczono kolejno ładunki $+Q, -2Q, +Q$. (i) Oblicz wypadkowe natężenie i potencjał pola elektrycznego w środku kwadratu oraz w pustym, czwartym wierzchołku (skorzystaj z zasady superpozycji). (ii) Jaką pracę należy wykonać, aby dodatkowy ładunek ujemny $-q$ przesunąć do środka kwadratu (skorzystać z definicji potencjału)?
5. [openstax.pl] Linie pola elektrycznego są w pewnym obszarze prostopadłe do osi z układu współrzędnych i zależą od odległości s od osi, jak $E = \alpha/s$, gdzie α jest stałą (patrz: rys. 1a). Znajdź wzór na różnicę potencjałów między punktami A i B.
6. [Hennel III.3 i III.4] Cztery identyczne ładunki dodatnie $+q$ umieszczono w wierzchołkach kwadratu o boku a . W środku kwadratu umieszczono ładunek ujemny $-Q$, który utrzymał cały układ w równowadze. Znaleźć wielkość ładunku Q . Zakładając, że ładunki q nie mogą się poruszać, znaleźć kierunek siły działającej na ładunek Q w przypadku wysunięcia go ze środka kwadratu:
 - (a) w kierunku jednego z ładunków q ,
 - (b) w kierunku środka jednego z boków kwadratu,
 - (c) wzdłuż osi symetrii układu prostopadłej do płaszczyzny kwadratuNa podstawie powyższych rozważań scharakteryzować rodzaj równowagi, w jakiej znajduje się ładunek Q . (*) Następnie udowodnić twierdzenie ogólniejsze: w polu elektrycznym nie istnieją żadne punkty równowagi trwałej dla ładunku punktowego (twierdzenie Earnshawa, [por. Brański II.2]).
7. Obliczyć pracę, jaką należy wykonać, aby rozsunąć dipol elektryczny utworzony z cząsteczki fluorowodoru (HF) z odległości $d_0 = 5$ Å do $d_1 = 10$ Å. Dipol jest układem dwóch identycznych, ale różnoimiennych ładunków, oddalonych od siebie o stałą odległość.
8. [openstax.pl 7.51] Pole elektryczne wytwarzane jest przez ładunek punktowy $3 \mu\text{C}$.
 - (a) jaka różnica potencjałów panuje między punktami odległymi o 10 cm i 20 cm od ładunku?
 - (b) do położenia o jakiej odległości od ładunku należałoby przenieść ten drugi punkt, aby zwiększyć różnicę potencjałów dwukrotnie?
9. Wyznacz potencjał i natężenie pola wytwarzanego przez dipol elektryczny o momencie dipolowym $\vec{p} = q \vec{d}$ w dowolnym punkcie przestrzeni, oddalonym o r od dipola, w przybliżeniu $r \gg d$.
10. [por. Wolny 5.2.1] Jaką figurą przestrzenną (i o jakim równaniu) jest powierzchnia zerowego potencjału dla układu dwóch ładunków o wartościach $q_1 = -1 \mu\text{C}$ i $q_2 = +3 \mu\text{C}$ oddalonych od siebie o $d = 20$ cm?
11. [Irodow 3.13 i 3.14] Potencjał pewnego układu ładunków ma postać: $\varphi(x,y,z) = a(x^2 + y^2) \pm bz^2$, gdzie $a > 0, b > 0$.

- (a) Znaleźć wektor natężenia pola $\vec{E}$ i jego moduł E .
 (b) Jaki jest kształt powierzchni ekwipotencjalnych?
 (c) Jaki jest kształt powierzchni, na których $E = \text{const}$?
- *12. Udowodnij w ogólnym przypadku, że linie pola są zawsze prostopadłe do powierzchni ekwipotencjalnych.
13. Elektron wpada do jednorodnego pola elektrycznego o natężeniu $\vec{E}$ z prędkością $\vec{v}_0$, tworzącą z kierunkiem pola kąt $\alpha \in (90^\circ; 180^\circ)$. Obliczyć najmniejszą wartość prędkości elektronu podczas jego ruchu w polu oraz promień krzywizny toru w chwili, gdy prędkość jest minimalna.
14. Do płaskiego kondensatora o długości $L = 5$ cm wlatuje elektron o energii kinetycznej $E_k = 1,5$ keV, pod kątem $\alpha = 15^\circ$ do płytek. Odległość między okładkami wynosi $d = 1$ cm. Do jakiego napięcia U naładowany jest kondensator, jeśli elektron po przejściu przez kondensator porusza się równolegle do jego płytek? *Wskazówka.* W kondensatorze płaskim panuje jednorodne pole elektryczne o natężeniu $E = \frac{U}{d}$.
15. [openstax 5.119] Dodatni ładunek q rusza z punktu w początku prostokątnego układu współrzędnych i przemieszcza się pod wpływem pola elektrostatycznego o natężeniu $\vec{E} = E_0 \left(1 + \frac{x}{a}\right) \cdot \hat{i}$ (a - stała). Jaka jest energia kinetyczna ładunku q , gdy przechodzi przez punkt o współrzędnej $x = 3a$.



(a) rys. do zad. 5

Rysunek 1