

7. Pomiar ładunku elektrycznego

Elektrostatyka: Wprowadzenie do komputerowych systemów pomiarowych, system Pasco, ładunek elektryczny, elektryzowanie ciał, zasada zachowania ładunku.

| Potrzebny sprzęt | Nr części | Ilość sztuk |
|---|-----------|-------------|
| Pasco Sparklink Air (konsola pomiarowa) | PS-2011 | 1 |
| Czujnik ładunku PASPORT | PS-2132 | 1 |
| rurka PCV | | 1 |
| kawałek kożuszka | | 1 |
| pałeczka szklana | | 1 |
| pałeczka ebonitowa | | 1 |
| wiaderko Faradaya | | 1 |

Cel

Celem tego ćwiczenia jest pomiar ładunku elektrycznego zgromadzonego na ciele naelektryzowanym i określenie znaku tego ładunku elektrycznego.

Cele szczegółowe:

1. Dydaktyka fizyki: pojęcie ładunku elektrycznego, ładunku elementarnego, znaku ładunku, zasada zachowania ładunku.
2. Informatyka stosowana: działanie czujnik ładunku, dokładność pomiaru, próbkowanie w czasie.

Wstęp

W przyrodzie istnieją dwa rodzaje ładunków elektrycznych: dodatni i ujemny. Ładunek elektryczny elektronu jest ujemny, zaś ładunek elektryczny protonu jest dodatni, natomiast co do wartości są one sobie równe. Jednostką ładunku elektrycznego jest kulomb (1 C). Ładunek elektryczny protonu lub elektronu jest ładunkiem elementarnym e i jego wartość wynosi $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C. Dla protonu jest on dodatni, zaś dla elektronu ujemny. Wszystkie ciała posiadają elektrony i protony. Ładunek elektryczny ciała to suma ładunków protonów i elektronów. Jest on całkowitą wielokrotnością ładunku elementarnego:

$$q = ne ,$$

gdzie $n = 1, 2, 3 \dots$

Zasada zachowania ładunku

Całkowity ładunek elektryczny układu izolowanego, tzn. suma ładunków dodatnich i ujemnych, nie może ulegać zmianie.

Prawo Coulomba

Siły wzajemnego oddziaływania dwóch punktowych ładunków elektrycznych q_1 i q_2 działają wzdłuż prostej łączącej te ładunki, a ich wartość jest wprost proporcjonalna do iloczynu wartości obu ładunków oraz odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości r między nimi:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1 q_2|}{r^2},$$

gdzie ϵ_0 to przenikalność elektryczna próżni i ma wartość $8,85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m}$.

W układzie ładunków elektrycznych całkowita siła, działająca na wybrany ładunek jest wektorową sumą sił, których źródłami są pozostałe ładunki, działające na ten ładunek. Jest to *zasada superpozycji*. Pole elektryczne jest to właściwość przestrzeni wokół ładunków elektrycznych polegająca na tym, że na każdy ładunek elektryczny w tym polu działa siła elektryczna. Pole to jest polem wektorowym opisywanym przez *wektor natężenia* pola elektrycznego E . Natężenie pola elektrycznego w danym punkcie przestrzeni jest to iloraz siły działającej na ładunek q umieszczony w tym punkcie i wartości tego ładunku:

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

Bezpieczeństwo

Postępuj zgodnie z instrukcjami załączonymi do sprzętu oraz z instrukcją BHP znajdująca się w laboratorium.

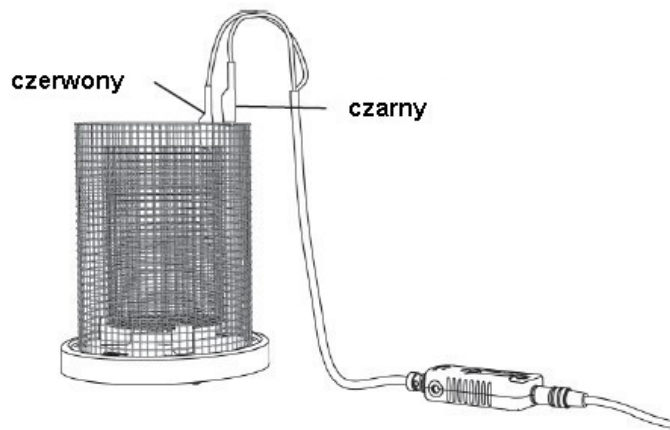
Uruchomienie sprzętu i programu

1. Podłącz konsolę pomiarową Pasco Sparklink Air do portu USB komputera. Wtyczkę konsoli włóż do gniazdka z prądem. Z tyłu konsoli naciśnij czarny przycisk i włącz zasilanie konsoli.
2. Do konsoli podłącz czujnik ładunku.
3. Uruchom z pulpitu komputera program SPARKvue.
4. Wybierz opcję *Dane czujnika*.
5. Wybierz pomiary dla szablonów i dla czujnika naładowania *zaznacz ładunek*.
6. W prawym górnym rogu na ekranie znajdują się *Szablony*. Kliknij na ikonie Wykres. Na ekranie wyświetlony zostanie wykres $q(t)$, czyli zależność ładunku od czasu.
7. Pomiar ładunku można uruchomić naciskając zielony przycisk *Start*. W celu zatrzymania pomiaru naciśnij czerwony przycisk *Zatrzymaj*.
8. Aby usunąć niepotrzebne dane na wykresie odznacz kwadrat przy napisie np. *Seria 1*.
9. Dane, które Twoim zdaniem mogą być przydatne do sprawozdania, zapisz na dysku twardym. W lewym górnym rogu kliknij na ikonę *Menu główne*, a następnie wybierz opcję *Zapisz jako*.



Zadania do wykonania:

1. Na stole umieść aluminiowy kalorymetr, czyli wiaderko Faradaya. Do zewnętrznej ścianki wiaderka podłącz przewód od czujnika ładunku z czarnym krokodylkiem, natomiast do wewnętrznej ścianki wiaderka podłącz przewód z czerwonym krokodylkiem (rys. 1).



Rys. 1. Schemat zestawu doświadczalnego

Uziemij wiaderko Faradaya, dotykając jednym palcem w tym samym czasie wewnętrzny i zewnętrzny ekran wiaderka.

Uwaga: Ta operacja technicznie neutralizuje (uziemia) tylko wiaderko. Aby faktycznie uziemić urządzenie, ekran zewnętrzny należy podłączyć do uziemienia.

Zainicjuj czujnik ładunku, naciskając przycisk „Zero” na czujniku.

Sprawdź, czy odczyt naładowania na ekranie wynosi w przybliżeniu zero, jeśli nie, ponownie należy uziemić wiaderko Faradaya.

Potrzyj jeden raz rurkę z PCV kożuszką. Włóż rurkę do wewnętrznego wiaderka bez dotykania jego boków, ani dna wiaderka.

Zapisz wartość ładunku w Tabeli 1. Doświadczenie powtórz odpowiednio: po potarciu rurki PCV dwa razy, trzy razy, cztery razy i pięć razy. Za każdym razem na początku doświadczenia uziemij dwa naczynia aluminiowe wiaderka Faradaya.

Tabela 1.

| l.p. | opis | ładunek (nC) |
|------|------|--------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |

2. Doświadczenie 1 powtórz dla pałeczki szklanej i wyniki zapisz w poniższej tabeli.

Tabela 2

| l.p. | opis | ładunek (nC) |
|------|------|--------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |

3. Doświadczenie 1 powtórz dla pałeczki ebonitowej i wyniki zapisz w tabeli.

Tabela 3

| l.p. | opis | ładunek (nC) |
|------|------|--------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |

Porównaj wyniki zapisane w trzech tabelach. Zwróć uwagę na znak ładunku. Czy wszystkie pałeczki posiadają ten sam znak ładunku?

Zapisz swoje wyniki, odpowiedzi i wnioski w raporcie.

Literatura:

1. G. Karwasz, M. Sadowska, K. Rochowicz, Toruński poręcznik do fizyki. Mechanika, Toruń 2016. http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/163
2. M. Sadowska, A. Karbowski, G. Karwasz, K. Służewski, K. Febus, K. Rochowicz. Toruński doświadczalnik. Toruń 2015. http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/TPSS/Pliki/Elektromagnetyzm_TPSS_opisy_doswiadczen.pdf
3. Czujnik ładunku Pasco, PASPORT (PASPORT Charge Sensor, PS-2132) <https://www.pasco.com/products/lab-apparatus/electricity-and-magnetism/electrostatics-and-electric-fields/ps-2132>

Opracowanie – dr Andrzej Karbowski.