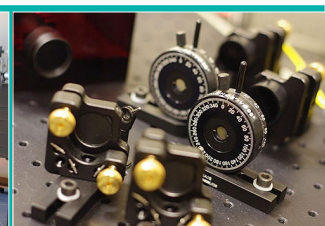
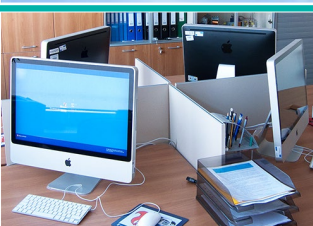


Ćwiczenie 46

Wyznaczanie wartości ładunku e elektronu w doświadczeniu Millikana

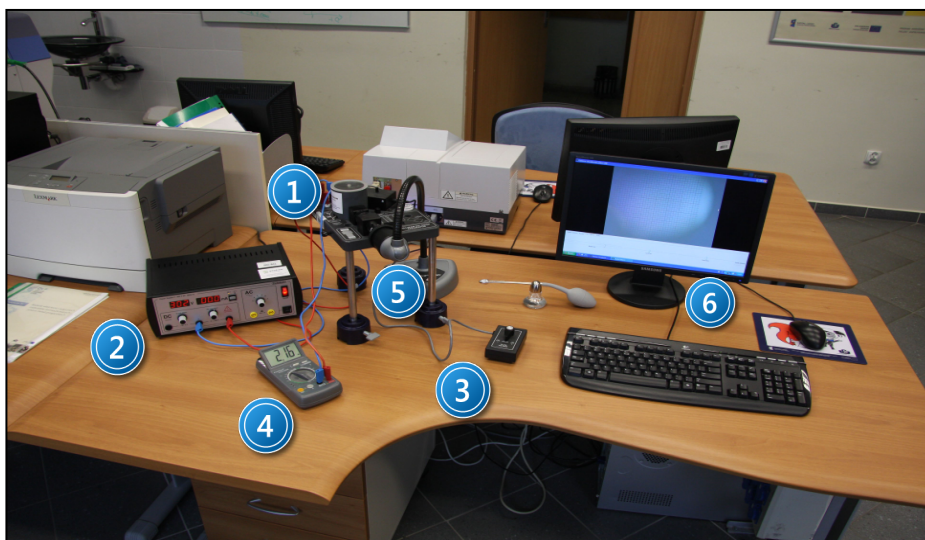


I. Zagadnienia do opracowania.

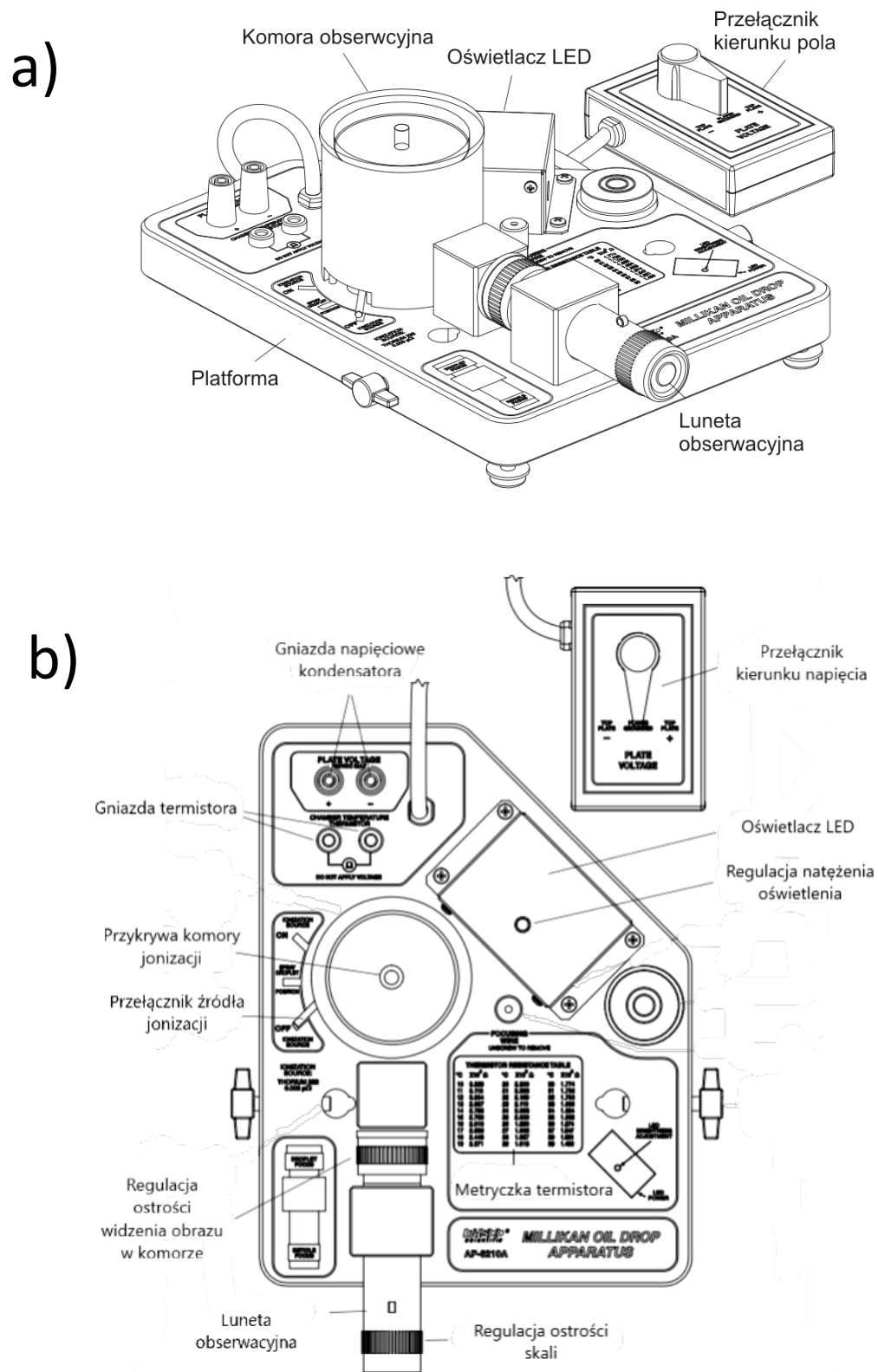
1. Pole elektryczne pomiędzy płytkami płaskiego kondensatora. Natężenie tego pola.
2. Pole grawitacyjne. Siła ciężkości.
3. Ruch cząstek naładowanych w polu elektromagnetycznym (w ujęciu relatywistycznym).
4. Prawo Stokesa:
 - a) tarcie wewnętrzne cieczy (jego źródła, siła tarcia wewnętrznego);
 - b) współczynnik lepkości ośrodka η (współczynnik tarcia wewnętrznego cieczy);
 - c) jednostka współczynnika lepkości ośrodka η .
5. Wypadkowa siła działająca na kroplę cieczy poruszającą się w polu grawitacyjnym.
6. Promieniowanie naturalne. Czas połowicznego zaniku.
7. Doświadczenie Millikana:
 - a) układ doświadczalny do wyznaczania wartości ładunku e elektronu;
 - b) idea doświadczenia Millikana;
 - c) zasada pomiaru i sposób wyznaczania wartości ładunku e elektronu.
8. Stała Faraday'a. Liczba Avogadro.

II. Zadania doświadczalne.

1. Zapoznać się z układem pomiarowym pokazanym na *Zdjęciu 1* oraz ze schematycznymi opisami tego układu i jego podzespołów na *Rysunkach 2 – 4*.



Zdjęcie 1. Stanowisko pomiarowe doświadczenia Millikana : 1 – platforma z elementami zestawu ; 2 – zasilacz wysokiego napięcia DC ; 3 – przełącznik napięcia; 4 – multimetr; 5 – kamera CCD; 6 – zestaw komputerowy.



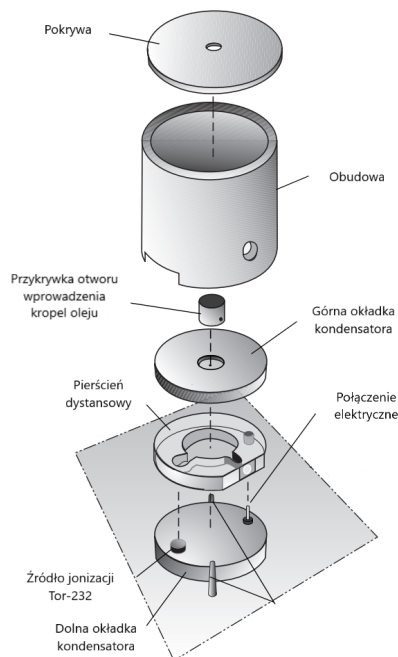
Rysunek 2. Schemat głównych elementów aparatury pomiarowej w doświadczeniu Millikana: a) układ pomiarowy; b) schemat platformy (widok z góry).

2. Korzystając ze schematów na *Rysunkach 2 -4* przygotować układ doświadczalny do pomiarów. W celu należy:
 - a) włączyć zasilacz wysokiego napięcia zasilający elementy platformy, ustawić wartość napięcia na 500 V;
 - b) włączyć oświetlenie LED wkładając wtyk zasilania do gniazda w obudowie źródła LED;
 - c) włączyć komputer, uruchomić program Applied Vision 4 → procedura obsługi tego programu jest opisana w Dodatku A. Posługując się opisem programu i ewentualnie regulacją wielkości natężenia oświetlenia diody i powiększenia lunety uzyskać ostry obraz pola widzenia kamery CCD, łącznie ze skalą;
 - d) dokonać pomiaru oporności termistora na platformie za pomocą multimetru a korzystając z wyskalowanej tabeli na platformie odczytać temperaturę w komorze do obserwacji ruchu kropli.

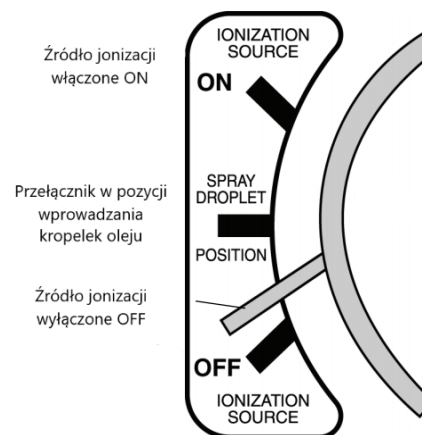


UWAGA!

Należy dokonywać odczytu temperatury wewnątrz komory co 15 minut w trakcie całego cyklu pomiarów a uzyskane wyniki odczytów uwzględnić w obliczeniach ładunku elektronu e .



Rysunek 3. Elementy komory obserwacyjnej.



Rysunek 4. Funkcje przełącznika źródła jonizacji

- e) ustawić przełącznik źródła jonizacji w pozycję „Spray Droplet Position” (Rysunek 4);
- f) zdjąć pokrywę obudowy komory pomiarowej (Rysunek 3);
- g) za pomocą rozpylacza wprowadzić krople oleju do komory obserwacyjnej. W tym celu należy umieścić końcówkę rozpylacza w otworze w górnej okładce kondensatora (Rysunek 3), a następnie, obserwując na monitorze obraz wnętrza komory, wykonać jeden zdecydowany ścisk gruszki rozpylacza. W momencie zauważenia pojawienia się kropli oleju w obszarze obserwacji, ustawić przełącznik źródła jonizacji w pozycję „OFF” (Rysunki 2 i 4).
- h) dokonać selekcji kropli z tych widocznych w polu widzenia – właściwa do pomiarów kropla ma opadać wolno (tzn. z prędkością około 0,02 do 0,05 mm/s) przy przełączniku kierunku pola w pozycji „Plates Grounded” ale ma także wykonywać ruchy w górę i w dół przy zmianie pozycji przełącznika na „TOP PLATE -” lub „TOP PLATE +”.



Wskazówka

Dla lepszej orientacji przy wyborze kropli oleju uwzględnić, iż krople spadając na odległość 0,5 mm i wykonując ruch ku górze na tej samej odległości pod wpływem pola elektrycznego 1000 V/cm w odcinkach czasowych 15 s, 7 s, 3 s będą miały dołączone odpowiednio: 1, 2, 3 elektrony.

3. Dokonać pomiarów czasów opadania i wznoszenia się wybranych kropli oleju raz przy nieładowanych płytkach kondensatora a drugi raz przy podłączonym do nich polu elektrycznym.

Wskazane w tym punkcie pomiary wykonać dla pięciu wybranych kropli oleju nadając im w notatkach oznaczenia: A, B, C, D, E.

Wartości napięcia V dobierać w zakresie 100 – 500 V.

Dokonać każdorazowo około 10 – 20 pomiarów.

Widoczne na monitorze pogrubione, poziome kreski skali (umieszczonej w komorze obserwacyjnej) są od siebie odległe o 0,5 mm.

Wykonując pomiary z naładowanym kondensatorem zmieniać kierunek przyłożonego napięcia powodując ruch kropli raz ku górze, raz w dół.



UWAGA!

Krople oleju, które w trakcie pomiarów dotarły do okładek kondensatora oraz te, które dołączyły ładunek, należy wykluczyć z pomiarów.

Wyniki pomiarów wpisać do Tabel I oraz II znajdujących się w Dodatku A.

Wartości prędkości ruchu kropli obliczone na podstawie pomiarów wpisać także do tabel. Na dole tabeli wpisać wartości temperatury pomiaru [°C] oraz napięcia VDC.

4. Powtórzyć pomiary z punktu 3 ale przy włączonym źródle jonizacji (Tor – 232) ustawiając pokrywę źródła w pozycję „ON”.

Obliczyć prędkości ruchu kropli oleju przy zwiększonej liczbie cząstek alfa.

Wyniki wpisać do odpowiednich Tabel III oraz IV w Dodatku A.

5. Zanotować wielkość potencjału płytek kondensatora, gęstość oleju, lepkość powietrza w temperaturze wykonywanych pomiarów, ciśnienie barometryczne przy każdej z wykonywanych serii pomiarowych.
6. Uzyskane wyniki wykorzystać do obliczenia następujących wielkości:
 - a) promienia a kropli oleju:

$$a = \sqrt{\left(\frac{b}{2p}\right)^2 + \frac{9\eta v_f}{2\rho g}} - \frac{b}{2p} \quad (1) ;$$

- b) masy m kropli oleju – wstawiając równanie (1) do wzoru $m = \frac{4}{3} \pi a^3 \rho$

$$m = \frac{4}{3} \pi \left[\sqrt{\left(\frac{b}{2p}\right)^2 + \frac{9\eta v_f}{2\rho g}} - \frac{b}{2p} \right]^3 \rho \quad (2) ;$$

- c) ładunek kropli oleju $q = \frac{mg(v_f + v_r)}{E v_f}$ dla każdej wybranej kropli ze wzoru

$$q = \frac{4}{3} \pi \rho d \left[\sqrt{\left(\frac{b}{2p}\right)^2 + \frac{9\eta v_f}{2\rho g}} - \frac{b}{2p} \right]^3 \times \frac{g(v_f + v_r)}{V v_f} \quad (3) ,$$

gdzie:

q – ładunek kropli oleju [C];

d – odległość pomiędzy płytkami kondensatora $d = 7,67 \times 10^{-3} \text{ m}$;

r – gęstość oleju mineralnego $r = 886 \text{ kg/m}^3$;

g - przyspieszenie grawitacyjne $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$;

η - lepkość powietrza $[\text{N s/m}^2]$;

b – stała wynosząca $b = 8,13 \times 10^{-3} \text{ N/m}$;

p – ciśnienie barometryczne (w [Pa]) ;

a – promień kropli wyliczony z równania (1) w [cm] ;

v_f – prędkość opadania kropli ;

v_r - prędkość unoszenia się kropli ;

V – wartość różnicy potencjału pomiędzy okładkami kondensatora.

7. Wartości ładunków wybranych kropli oleju obliczone z równania (3) oraz z Tabel I i II wpisać do Tabeli III.

Obliczyć uśrednioną wartość ładunku dla każdej kropli.

8. Wpisać obliczone wartości ładunku dla wybranych kropli oleju do Tabeli IV według ich rosnących wartości.

Obliczyć różnice pomiędzy wartościami ładunków kropli.

Obliczyć uśrednioną wartość z tych różnic.

9. Oszacować liczbę elektronów dołączonych do każdej kropli dzieląc uśrednioną wartość ładunku każdej z kropli A – E przez średnią wartość różnicy pomiędzy ładunkami obliczoną w punkcie 8.

Wpisać liczby elektronów do Tabeli IV.

10. Obliczyć stałą Avogadro.



Wskazówka

Akceptowalna wartość ładunku e elektronu uzyskana z pomiarów powinna być bliska $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

III. Zestaw przyrządów.

1. Platforma z elementami układu pomiarowego doświadczenia Millikana zawierająca:
 - a) komorę do obserwacji ruchu kropli;
 - b) lunetę obserwacyjną;
 - c) źródło światła LED;
 - d) termistor z podłączeniami zasilania;
 - e) płytkę z Torem – 232 jako źródło cząstek α .
2. Zasilacz wysokiego napięcia prądu stałego.
3. Przełącznik kierunku pola elektrycznego.
4. Rozpylacz oleju.
5. Multimetr cyfrowy.
6. Kamera CCD.
7. Zestaw komputerowy.
8. Stoper.

IV. Literatura.

1. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker - „Podstawy fizyki III”, PWN, Warszawa 2005;
2. R. P. Feynman – „Feynmana wykłady z fizyki”, Tom 2.1., PWN, Warszawa 2004;
3. I. W. Sawieliew - „Wykłady z fizyki”, Tomy 1. i 3. , PWN, Warszawa 2002;
4. H. A. Edge, M. R. Wehr, J. A. Richards – „Wstęp do fizyki atomowej”, PWN, Warszawa 1984;
5. Z. Leś - „Podstawy fizyki atomu”, PWN, Warszawa 2014;
6. R. Eisberg, R. Resnick - „Fizyka kwantowa atomów, cząsteczek, ciał stałych, jądor i cząstek elementarnych”, PWN, Warszawa 1983;
7. C. Bobrowski - „Fizyka – krótki kurs”, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 2003;
8. H. Haken, H. Ch. Wolf - „Atomy i kwanty”, PWN, Warszawa 1997;
9. B. Jaworski, A. Dietlaf, L. Miłkowska, G. Siergiejew – „Kurs fizyki”, Tom 1, PWN, Warszawa 1974;
10. P. Meystre – „Atom Optics”, Springer, Berlin-Heidelberg, 2001.
11. „Sears and Zemansky’s University Physics” – Pearson Education Limited, 2014;
12. R. Wolfson - „Essential University Physics”, 13-th Edition, 2013;
13. W. Demtröder - „Atoms, Molecules and Photons: an Introduction to Atomic – Molecular – and Quantum Physics”, Springer, Berlin 2006.

Tabele wyników pomiarowych

[illegible]

*Kierunek: 0 – bez pola, U – kierunek „w górę”, D – kierunek „w dół”; Temp. °C, VDC.

Tabela II

[illegible]

*Kierunek: 0 – bez pola, U – kierunek „w górę”, D – kierunek „w dół”; Temp. °C, VDC.

Tabela III (Tabela wyników)

Lp. Naładowanej kropli	Ładunek przy ruchu w górę ($\times 10^{-19} \text{C}$)	Ładunek przy ruchu w dół ($\times 10^{-19} \text{C}$)	Uśredniony ładunek ($\times 10^{-19} \text{C}$)
1A			
1B			
1C			
1D			
1E			

Tabela IV (Tabela do końcowej analizy)

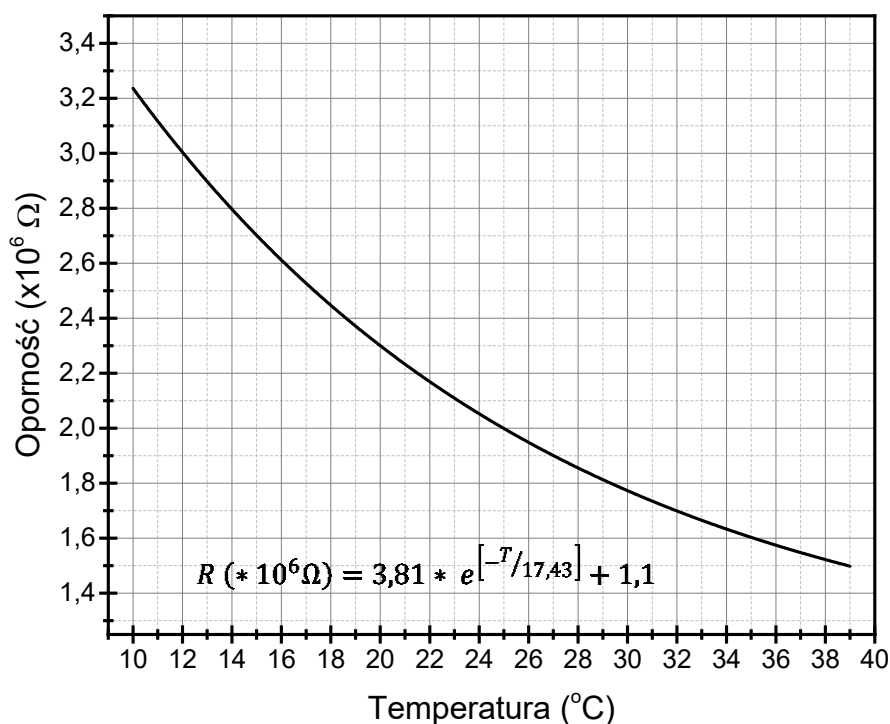
Lp. Naładowanej kropli	Uśredniony ładunek ($\times 10^{-19} \text{C}$)	Różnice w ładunkach kropli ($\times 10^{-19} \text{C}$)	Liczba dołączonych elektronów

Dodatek B

Wartości oporności termistora R w zależności od temperatury T

Temperatura (°C)	Oporność ($\times 10^6 \Omega$)	Temperatura (°C)	Oporność ($\times 10^6 \Omega$)	Temperatura (°C)	Oporność ($\times 10^6 \Omega$)
10	3,239	20	2,300	30	1,774
11	3,118	21	2,233	31	1,736
12	3,004	22	2,169	32	1,700
13	2,897	23	2,110	33	1,666
14	2,795	24	2,053	34	1,634
15	2,700	25	2,000	35	1,603
16	2,610	26	1,950	36	1,574
17	2,526	27	1,902	37	1,547
18	2,446	28	1,857	38	1,521
19	2,371	29	1,815	39	1,496

$$R (* 10^6 \Omega) = 3,81 * e^{[-T/17,43]} + 1,1$$



Dodatek C

Wykres zależności lepkości suchego powietrza od temperatury

