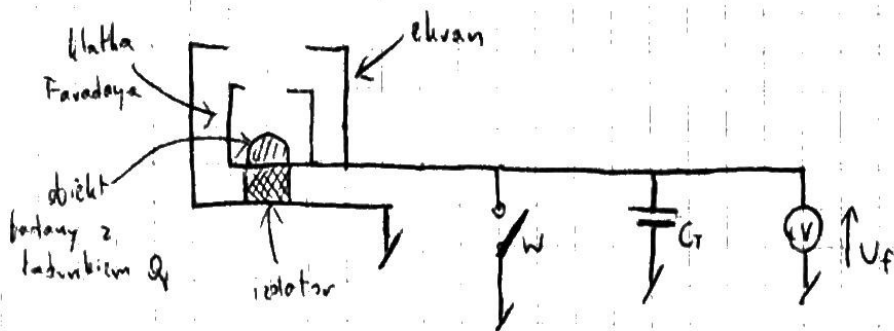


PODSTAWY ELEKTROSTATYKI STOSOWANEJ:

1. Pomiar ładunku całkowitego za pomocą klatki Faradaya

- zasada pomiaru
- schemat układu pomiarowego
- wymagania i zasady doboru elementów układu pomiarowego



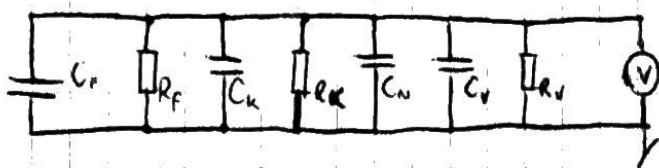
Procedura pomiaru:

- Obiekt znajduje się w dużej odległości od klatki Faradaya.
- Zwarcie wyłącznika, całkowite rozładowanie pojemności C_T ($U_f = 0$).
- Otwarcie wyłącznika W , woltomierz nadal musi pokazywać $U_f = 0$.
- Wprowadzenie do wnętrza klatki Faradaya obiektu z ładunkiem Q_0 . Skutkiem tego jest wyindukowanie ładunku $-Q_0$ na powierzchni wewnętrznej klatki Faradaya.

Ładunek o tej samej wartości i znaku jak badanego obiektu spływa przez pojemności C_T i ładuje ją do napięcia U_f .

- Możliwe jak najszybszy odczyt napięcia

Wartość ładunku całkowitego $Q = C_T \cdot U_f$



Schemat zastępczy układu pomiarowego z klatką Faradaya

C_F - poj. klatki

C_N - poj. kondensatora wzmacniacza

C_V - pojemność woltomierza

C_K - poj. kabla łączącego klatkę z woltomierzem

$$C_T = C_F + C_K + C_N + C_V$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_F} + \frac{1}{R_K} + \frac{1}{R_V}$$

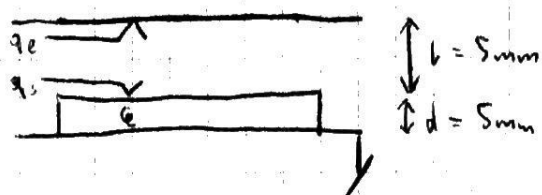
Wobec skończonego R_T : $U_f(t) = U_{f0} \exp(-\frac{t}{R_T C_T})$

$$R_V C_T \approx \tau_F \quad Q = U_{f0} C_T$$

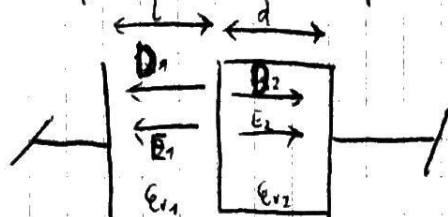
Czas odczytu jest rzędu 100 s , więc $\tau_F > 10^4\text{ s}$ co przy $R = 10^{13}\ \Omega$ wymaga zastosowania kondensatorów wzmacniacza C_N rzędu nanofaradów.

Zastosowanie wyższych wartości C_N może być ograniczone czułością woltomierza

2: Obliczyć gęstość ładunku powierzchniowego indukowanego q_e na elektrodzie pomiarowej umieszczonej w odległości $l = 5 \text{ mm}$ nad próbką z polietylenem (PE) o grubości $d = 5 \text{ mm}$ i przenikalności elektrycznej $\epsilon = 2$. Na powierzchni próbki PE od strony elektrody pomiarowej znajduje się ładunek o gęstości powierzchniowej $q_s = 3 \text{ nC/cm}^2$. Efekty brzożowe zaniedbać.



Układ zastępczy dla układu pomiarowego:



Z prawa Gaussa: $D_1 + D_2 = q_s$ gdzie: $D_1 = \epsilon_0 \epsilon_1 E_1$
 $D_2 = \epsilon_0 \epsilon_2 E_2$

Korzystając z faktu, że potencjał wzdłuż złącza elektrod i uwzględniając kierunki wektorów E :

$$U = \int E dr = \int_0^l E_1 dr + \int_l^{l+d} E_2 dr = -E_1 l + E_2(d+l) - E_2 l = -E_1 l + E_2 d$$

$$-E_1 l + E_2 d = 0$$

$$E_2 = E_1 \frac{l}{d} \quad \text{wtedy} \quad D_2 = \epsilon_0 \epsilon_2 E_1 \frac{l}{d}$$

$$q_s = D_1 + D_2 = \epsilon_0 \epsilon_1 E_1 + \epsilon_0 \epsilon_2 E_1 \frac{l}{d} \stackrel{\epsilon_1=1}{=} \epsilon_0 E_1 \left(1 + \epsilon_2 \frac{l}{d}\right)$$

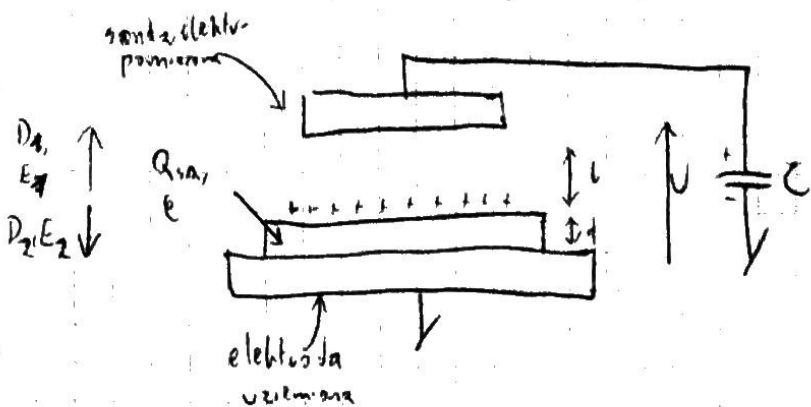
Ładunek indukowany: $|q_e| = \epsilon_0 E_1$

$$\text{więc} \quad q_e = \frac{-q_s}{1 + \epsilon \frac{l}{d}} = \frac{-3 \cdot 10^{-9}}{1 + 2 \cdot \frac{5}{5}} = -10^{-9} = -1 \frac{\text{nC}}{\text{cm}^2}$$

q_e zawsze przeciwny znak do q_s

3. Pomiar efektywnej gęstości ładunku metodą indukcji.

- definicja efektywnej gęstości ładunku powierzchniowego
- wyznaczenie efektywnej gęstości ładunku Q_{eff} dla płasko-równoległego układu, jak na rysunku poniżej, na podstawie pomiaru napięcia U na pojemności C



Przyjąć:

- płasko-równoległy układ elektrody-płaski
- brak ef. brzegowych
- przenikalności próżni ϵ_0
- pojemności $C \gg C_p$ pojemności próbki

$$Q_s = D_1 + D_2$$

$$D_1 = \epsilon_0 \epsilon_1 E_1$$

$$D_2 = \epsilon_0 \epsilon_2 E_2$$

$$U = \int E dv = \int_0^l E_1 dr + \int_l^{l+d} E_2 dr = -E_1 l + E_2 (l+d) - E_2 l = E_2 d - E_1 l$$

$$E_2 = E_1 \frac{l}{d}$$

$$D_2 = \epsilon_0 \epsilon_2 E_1 \frac{l}{d}$$

$$Q_s = D_1 + D_2 = \epsilon_0 \epsilon_1 E_1 + \epsilon_0 \epsilon_2 E_1 \frac{l}{d} = \epsilon_0 E_1 \left(1 + \epsilon_2 \frac{l}{d} \right)$$

$$|Q_{\text{eff}}| = \epsilon_0 E_1$$

$$Q_s = Q_{\text{eff}} \left(1 + \epsilon_2 \frac{l}{d} \right) \rightarrow Q_s = C U \left(1 + \epsilon_2 \frac{l}{d} \right)$$

$$Q_{\text{eff}} = C U$$

ZADANIE 3: Jakże natężenie pola pokaże miernik natężenia pola umieszczony w odległości $l = 1 \text{ cm}$ od pow. folii polimerowej, o grubości $d = 100 \text{ nm}$, $\epsilon = 2$, $q_s = 10 \text{ nC/cm}^2$

Rozważyć sytuację:

A) folia leży na uziemionej powierzchni

B) folia uniesiona, podłoga odsunięta do wkl. $h \gg L$, miernik nadal pozostaje w odległości l od folii

C) czy mogą pojawić się jakieś efekty dodatkowe?

A) $E_1 = ?$

$$U = \int E dv = \int_0^L E_1 dv + \int_L^{L+d} E_2 dv = 0 - E_1 L + E_2 d \quad U=0 \quad E_2 = E_1 \frac{L}{d}$$

$$q_s = E_1 \epsilon_0 \left(1 + \epsilon_r \frac{L}{d}\right) \quad E_1 = \frac{q_s}{\epsilon_0 \left(1 + \epsilon_r \frac{L}{d}\right)} = \cos \text{ lawu}$$

B) dla $h \gg L$ $E = \frac{q_s}{\epsilon_0}$

C) jeśli w pobliżu folii znajdują się inne uziemione obiekty, natężenie wytwarzanego pola może znacząco zmienić wartość