

3.1. Prawo Coulomba. Natężenie pola elektrycznego. Potencjał. Indukcja i strumień indukcji elektrycznej

- 3.1. Dwa jednakowe ładunki punktowe umieszczone w próżni w odległości $r = 10 \text{ mm}$ od siebie odpychają się z siłą $F = 0,72 \cdot 10^{-3} \text{ N}$. Obliczyć wartość tych ładunków. Przenikalność elektryczna próżni $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$.
- 3.2. Odległość średnia między dwiema chmurami $r = 5 \text{ km}$, a ładunki zgromadzone w chmurach $Q_1 = 10 \text{ C}$ i $Q_2 = 20 \text{ C}$. Obliczyć siłę wzajemnego oddziaływania chmur.
- T 3.3. Obliczyć siłę wzajemnego przyciągania się jądra atomu wodoru i elektronu krążącego po orbicie o promieniu średnim $r = 5,29 \cdot 10^{-11} \text{ m}$. Ładunek elektronu $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Ładunek protonu $+1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
- T* 3.4. Masa elektronu $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, a promień średni orbity elektronowej atomu wodoru $r = 5,29 \cdot 10^{-11} \text{ m}$. Obliczyć prędkość liniową elektronu poruszającego się po orbicie. Ładunek elektronu $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
- 3.5. Dwie jednakowo naładowane kulki o masie $m = 0,5 \text{ g}$ każda, zawieszone w jednym punkcie, wiszą na jedwabnych niciach o długości $l = 20 \text{ cm}$. Obliczyć wartość ładunków obu kulek, jeżeli odległość między ich środkami po odepchnięciu się kulek $r = 5 \text{ cm}$, przenikalność elektryczna względna ośrodka $\epsilon_r = 1$.

Rozwiązanie

Z podobieństwa trójkątów (rys. 3.1) wynika, że

$$\frac{F}{G} = \frac{r}{2h}, \text{ gdzie } h = \sqrt{l^2 - \left(\frac{r}{2}\right)^2}$$

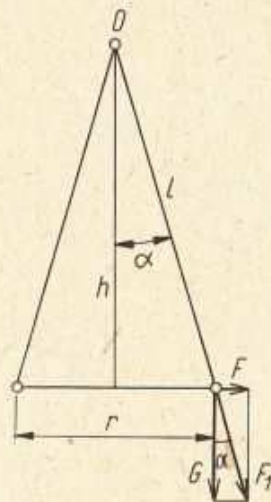
Podstawiając odpowiednie wyrażenia na F i G

$$\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2 m g} = \frac{r}{2\sqrt{l^2 - \left(\frac{r}{2}\right)^2}}$$

otrzymujemy po przekształceniu wzór na ładunek

$$\begin{aligned} q &= \sqrt{\frac{2\pi\epsilon_0 r^3 m g}{\sqrt{l^2 - \left(\frac{r}{2}\right)^2}}} = \\ &= \sqrt{\frac{2\pi \cdot 8,854 \cdot 10^{-12} \cdot 0,05^3 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81}{\sqrt{0,2^2 - \left(\frac{0,05}{2}\right)^2}}} = \\ &= \sqrt{\frac{2\pi \cdot 8,854 \cdot 125 \cdot 0,5 \cdot 9,81 \cdot 10^{-21}}{0,2}} \approx \sqrt{169 \cdot 10^{-18}} \approx \\ &\approx 13 \cdot 10^{-9} \text{ C} \end{aligned}$$

- T 3.6. W wierzchołkach trójkąta równobocznego o boku $a = 5 \text{ cm}$ umieszczono ładunki punktowe $q_1 = q_2 = -q_3 = 0,2 \text{ } \mu\text{C}$. Obliczyć siły działające na poszczególne ładunki. Przenikalność elektryczna względna ośrodka $\epsilon_r = 1$.



Rys. 3.1

- 3.7. Ile razy siła wzajemnego oddziaływania ładunków znajdujących się w wodzie destylowanej jest większa od siły oddziaływania wzajemnego ładunków w powietrzu? $\epsilon_{rp} = 1$; $\epsilon_{rw} = 81$.
- T 3.8. Trzy jednakowe ładunki q umieszczono w wierzchołkach trójkąta równobocznego. Jaki ładunek należy umieścić w środku tego trójkąta, aby siła wypadkowa działająca na każdy ładunek była równa zeru?
- 3.9. Dwa ładunki punktowe $q_1 = 10^{-7}$ C i $q_2 = -0,5 \cdot 10^{-7}$ C znajdują się w punktach A i B oddalonych od siebie o 10 cm. Obliczyć natężenie pola elektrycznego i potencjał w punkcie leżącym w środku odcinka AB . $\epsilon_r = 1$.
- T 3.10. Kulę z materiału izolacyjnego ($\epsilon_{r1} = 2$) naładowano ładunkiem $Q = 10^{-6}$ C. Promień kuli $r = 8$ cm. Gęstość objętościowa ładunku $\rho = \text{const}$. Korzystając z prawa Gaussa wyznaczyć natężenie pola elektrycznego w punktach odległych od środka kuli o 2, 4, 6, 8 i 16 cm. Przenikalność elektryczna ośrodka otaczającego kulę $\epsilon_{r2} = 1$.
- T 3.11. W odległości $r = 20$ cm od ładunku punkowego potencjał $V = 8$ kV. Obliczyć natężenie pola elektrycznego i potencjał w punktach odległych o $2r$, $3r$ i $4r$ od ładunku. Narysować wykresy $E = f(r)$ oraz $V = f(r)$.
- T 3.12. W polu elektrycznym ładunku punkowego napięcie między punktami A i B , oddalonymi od ładunku odpowiednio o 30 cm i 60 cm, wynosi 75 V. Obliczyć wartość tego ładunku. Przenikalność elektryczna względna ośrodka $\epsilon_r = 1$.
- T 3.13. Ładunek punktowy $q = 10^{-12}$ C znajduje się w środku pęcherzyka powietrznego o średnicy $d = 3$ mm powstałego w oleju, którego $\epsilon_r = 2,2$. Obliczyć indukcję elektryczną i natężenie pola elektrycznego na zewnętrznej i wewnętrznej powierzchni pęcherzyka (na granicy dwóch ośrodków).
- T 3.14. Natężenie pola elektrycznego w środku kwadratu wywołane dwoma jednakowymi ładunkami elektrycznymi umieszczonymi w sąsiednich wierzchołkach kwadratu wynosi $2 \cdot 10^5$ V/m. Obliczyć natężenie pola elektrycznego w trzecim wierzchołku.

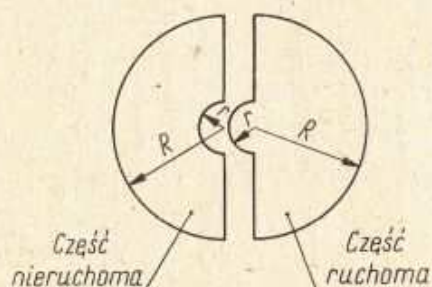
- 3.15. Do układu płaskiego powietrznego o odległości elektrod $d = 2$ cm doprowadzono napięcie $U = 30$ kV. Obliczyć natężenie pola elektrycznego w dielektryku. Jakie maksymalne napięcie wytrzyma układ, jeżeli wytrzymałość elektryczną powietrza $E_{max} = 30 \cdot 10^5 \text{ V/m} = 30 \text{ kV/cm}$?
- 3.16. W układzie z zadania 3.15 jednostronna powierzchnia płyty $S = 120 \text{ cm}^2$. Obliczyć ładunek każdej płyty.
- 3.17. Papier kondensatorowy o wytrzymałości elektrycznej $E_{max} = 35 \cdot 10^6 \text{ V/m}$ wypełnia przestrzeń między elektrodami układu płaskiego. Odległość między elektrodami $d = 0,2$ mm. Obliczyć dopuszczalną wartość napięcia, które można przyłożyć do układu przy współczynniku bezpieczeństwa $k = 2,5$.
- T 3.18. Do układu płaskiego o powierzchni każdej z elektrod $S = 50 \text{ cm}^2$ i odległości między nimi $d = 3$ mm, zanurzonego w nafcie, przyłożono napięcie $U = 120$ V. Przenikalność elektryczna względna nafty $\epsilon_r = 2$. Obliczyć natężenie pola elektrycznego i indukcję elektryczną wewnątrz układu płaskiego, strumień indukcji przenikający przez dielektryk znajdujący się między elektrodami oraz ładunek każdej elektrody.
- T 3.19. Ładunek punktowy $q = 5 \cdot 10^{-12} \text{ C}$ umieszczono w środku kondensatora płaskiego powietrznego o odległości między okładzinami $d = 8$ cm. Napięcie przyłożone do kondensatora $U = 400$ V. Obliczyć natężenie pola elektrycznego oraz potencjał w dwóch punktach, leżących na linii sił pola przechodzącej przez ten ładunek, znajdujących się w odległości 0,5 cm od ładunku. Okładzinę ujemną uziemić.

3.2.

Pojemność elektryczna. Kondensatory

- 3.20. Kondensator o pojemności $C = 10 \text{ } \mu\text{F}$ naładowano do napięcia $U = 300$ V. Obliczyć ładunek kondensatora.
- 3.21. Kondensator powietrzny połączono z akumulatorem przez galwanometr. Jak będzie się zachowywał galwanometr przy zbliżaniu i oddalaniu okładzin kondensatora?

- 3.22. Obliczyć pojemność kondensatora płaskiego mikowego o wymiarach $S = 1 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm}$ i $d = 0,05 \text{ mm}$. Przenikalność elektryczna względna miki $\epsilon_r = 7$.
- 3.23. Kondensator składa się z dwóch taśm z folii aluminiowej o długości każdej taśmy 125 cm i szerokości 2 cm . Izolacją jest papier kondensatorowy o grubości $d = 0,11 \text{ mm}$ i $\epsilon_r = 2,2$. Obliczyć pojemność kondensatora.
- 3.24. Jaka będzie pojemność kondensatora z zadania 3.24 po dodaniu drugiej takiej samej warstwy izolacji i zwinięciu kondensatora w rulonik?
- 3.25. Powierzchnia okładziny dodatniej kondensatora elektrolitycznego tantalowego $S = 0,02 \text{ m}^2$, pojemność kondensatora $C = 32 \mu\text{F}$; przenikalność elektryczna względna izolacji (tlenków tantalu) $\epsilon_r = 11,6$. Obliczyć grubość izolacji.
- 3.26. W celu zmierzenia przenikalności elektrycznej polietylenu zmierzono pojemność oraz wymiary kondensatora płaskiego o izolacji polietylenowej. Uzyskano następujące wyniki pomiaru: $C = 3,32 \text{ nF}$, $S = 150 \text{ cm}^2$, $d = 0,1 \text{ mm}$. Wyznaczyć ϵ_r .
- 3.27. Obliczyć największą pojemność kondensatora obrotowego powietrznego o 15 płytkach kształtu przedstawionego na rys. 3.2,



Rys. 3.2

jeżeli odległość między płytkami $d = 1 \text{ mm}$, a promienie: $R = 4 \text{ cm}$, $r = 0,5 \text{ cm}$; $\epsilon_r = 1$.

Rozwiązanie

Powierzchnia jednej płytki

$$S = \frac{1}{2} (\pi R^2 - \pi r^2) = \frac{1}{2} \pi (0,04^2 - 0,005^2) = \frac{\pi \cdot 0,001575}{2} = 2,47 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Pojemność kondensatora

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S (n-1)}{d} = \frac{8,854 \cdot 10^{-12} \cdot 1 \cdot 2,47 \cdot 10^{-3} \cdot (15-1)}{0,001} =$$

$$= 3,06 \cdot 10^{-10} \text{ F} = 306 \text{ pF}$$

- 3.28. Obliczyć pojemność kabla jednożyłowego w płaszczu ołowiowym o średnicy żyły $d_1 = 16 \text{ mm}$, grubości izolacji 4 mm i długości $l = 400 \text{ m}$. Obliczyć wartość maksymalną napięcia U_{max} , które jeszcze nie spowoduje przebicia izolacji kabla, jeżeli wytrzymałość elektryczna izolacji $E_{max} = 150 \cdot 10^5 \text{ V/m}$, a ϵ_r izolacji wynosi 2,2.

Rozwiązanie

Pojemność kabla obliczamy ze wzoru

$$C = \frac{2 \pi l \epsilon_0 \epsilon_r}{2,3 \log \frac{r_2}{r_1}} = \frac{2 \pi \cdot 400 \cdot 8,854 \cdot 10^{-12} \cdot 2,2}{2,3 \log \frac{12}{8}} =$$

$$= \frac{49 \cdot 10^{-9}}{2,3 \cdot 0,1761} \approx 121 \cdot 10^{-9} \text{ F} \approx 121 \text{ nF}$$

Ze wzoru na natężenie pola elektrycznego w izolacji

$$E_x = \frac{U}{x \cdot 2,3 \log \frac{r_2}{r_1}}$$

Obliczamy U_{max} (E_{max} wystąpi przy odległości $x = r_1$)

$$U_{max} = E_{max} r_1 \cdot 2,3 \log \frac{r_2}{r_1} = 150 \cdot 10^5 \cdot 0,008 \cdot 2,3 \log \frac{12}{8} =$$

$$= 2,76 \cdot 10^5 \cdot 0,1761 = 4,86 \cdot 10^4 \text{ V} = 48,6 \text{ kV}$$

- T 3.29. Kondensator cylindryczny o izolacji z ferroelektryku (tytanianu baru) o wymiarach $l = 2,5 \text{ cm}$, $r_1 = 2,0 \text{ mm}$ i $r_2 = 2,5 \text{ mm}$, ma pojemność $10,6 \text{ nF}$. Obliczyć przenikalność elektryczną względną izolacji.
- T 3.30. Do kondensatora z zadania 3.29 przyłożono napięcie $U = 400 \text{ V}$. Obliczyć ładunek zgromadzony w kondensatorze oraz największe natężenie pola elektrycznego w dielektryku.

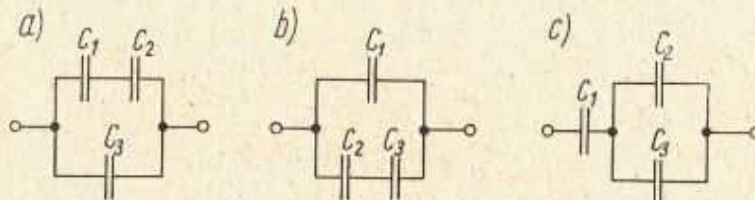
- T* 3.31. Obliczyć pojemność 1 km linii dwuprzewodowej, której osie przewodów odległe są od siebie o $a = 120$ cm, a średnica przewodów $d = 5$ mm.
- T* 3.32. Żyłę kabla o średnicy $d = 12$ mm należy izolować tak, aby kabel mógł pracować przy napięciu $U = 15$ kV. Obliczyć grubość izolacji, jeżeli $E_{max} = 18 \cdot 10^6$ V/m, a współczynnik bezpieczeństwa $k = 2,5$.
- T 3.33. Kondensator powietrzny o wymiarach $d = 2$ mm i $S = 25$ cm² naładowano do napięcia $U = 400$ V, po czym źródło odłączyło i rozsunęto okładziny kondensatora na odległość $d_1 = 4$ mm. Obliczyć w pierwszym przypadku C_1 , Q_1 i E_1 oraz w drugim przypadku C_2 , Q_2 , E_2 i U_2 .

3.3.

Łączenie kondensatorów

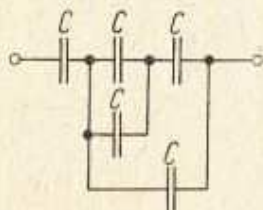
- 3.34. Obliczyć pojemność zastępczą dwóch kondensatorów C_1 i C_2 połączonych szeregowo. $C_1 = 200$ pF, $C_2 = 800$ pF.
- 3.35. Kondensator o pojemności $C_1 = 600$ pF połączono szeregowo z kondensatorem o pojemności nastawnej $C_2 = (10 \dots 300)$ pF. W jakich granicach będzie się zmieniała pojemność zastępcza układu?
- 3.36. Obliczyć pojemność kondensatora, który połączony szeregowo z kondensatorem o pojemności $C = 400$ pF pozwala uzyskać pojemność zastępczą układu $C_s = 200$ pF $\pm 5\%$.
- 3.37. Dwa kondensatory o pojemnościach $C_1 = 4$ μ F i $C_2 = 6$ μ F, połączone szeregowo, włączono do źródła napięcia stałego. W którym kondensatorze zgromadzi się większy ładunek? Na zaciskach którego kondensatora będzie wyższe napięcie?
- 3.38. Trzy kondensatory o pojemnościach $C_1 = 2$ μ F, $C_2 = 4$ μ F i $C_3 = 6$ μ F połączono szeregowo. Znaleźć napięcia na poszczególnych kondensatorach, jeżeli napięcie przyłożone do układu $U = 22$ kV.

- T 3.39. Pojemność zastępcza dwóch kondensatorów połączonych szeregowo $C_s = 200$ pF, a połączonych równolegle $C_r = 900$ pF. Obliczyć pojemności C_1 i C_2 .
- 3.40. Trzy kondensatory o pojemnościach: $C_1 = 6$ nF, $C_2 = 12$ nF i $C_3 = 18$ nF, połączono wg rys. 3.3a, b, c. Obliczyć pojemność zastępczą każdego układu.

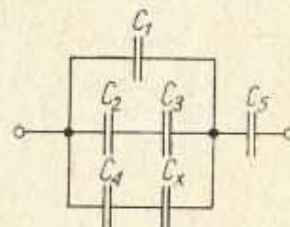


Rys. 3.3

- 3.41. Obliczyć pojemność wypadkową między anodą i katodą triody, jeżeli pojemności między poszczególnymi jej elektrodami są następujące: $C_{AK} = 12$ pF, $C_{KS} = 6$ pF i $C_{AS} = 2$ pF.
- 3.42. Cztery kondensatory o jednakowej pojemności C łączone są w układy tak jak oporniki na rys. 1.24. Obliczyć pojemność równoważną dla każdego układu.
- 3.43. Pięć jednakowych kondensatorów o pojemności $C = 2\mu\text{F}$ połączono wg rys. 3.4. Obliczyć pojemność równoważną układu.

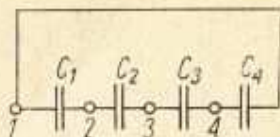


Rys. 3.4



Rys. 3.5

- T 3.44. W układzie (rys. 3.5) dobrać C_x tak, aby pojemność zastępcza, układu była równa 480 pF. Pojemności obwodu są następujące: $C_1 = C_2 = 300$ pF, $C_3 = C_4 = 600$ pF, $C_5 = 1,2$ nF.
- T 3.45. Do układu z zadania 3.44 przyłożono napięcie $U = 600$ V. Obliczyć napięcia i ładunki na poszczególnych kondensatorach.
- T 3.46. W obwodzie przedstawionym na rys. 3.6 pojemności $C_2 = C_3 = C_4 = 1$ nF. Dobrać pojemność kondensatora C_1 tak, aby pojemności między zaciskami 1—2 i 1—3 były jednakowe.



Rys. 3.6

- 3.47. Trzy kondensatory połączone wg rys. 3.3a. Do powstałego układu przyłożono napięcie $U = 300 \text{ V}$. Obliczyć ładunki kondensatorów oraz napięcia na kondensatorach, jeżeli pojemności kondensatorów: $C_1 = 6 \mu\text{F}$, $C_2 = 3 \mu\text{F}$ i $C_3 = 4 \mu\text{F}$.
- 3.48. Kondensator o pojemności $C_1 = 4 \mu\text{F}$ naładowano do napięcia $U_1 = 220 \text{ V}$, a następnie po odłączeniu źródła połączono równolegle z nim drugi kondensator; obliczyć pojemność tego kondensatora, jeżeli wiadomo, że naładowuje się on do napięcia $U_2 = 88 \text{ V}$.

Rozwiązanie

Ładunek kondensatora pierwszego

$$Q = U_1 C_1 = 220 \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 8,8 \cdot 10^{-4} \text{ C}$$

Po odłączeniu źródła i dołączeniu drugiego kondensatora ładunek powstałego układu pozostanie bez zmian, lecz jego część przejdzie do drugiego kondensatora, a napięcie zmniejszy się do wartości $U_2 = 88 \text{ V}$.

Można więc napisać równanie

$$Q = U_2 C_2$$

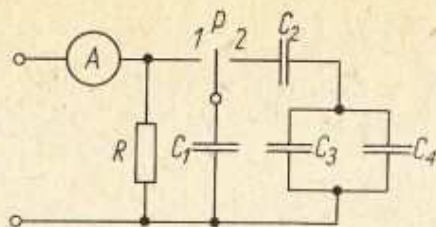
skąd pojemność zastępcza

$$C_2 = \frac{Q}{U_2} = \frac{8,8 \cdot 10^{-4}}{88} = 10^{-5} \text{ F} = 10 \mu\text{F}$$

Pojemność szukana

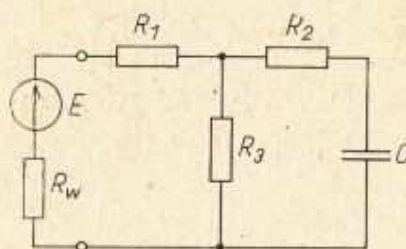
$$C_2 = C_2 - C_1 = 10 - 4 = 6 \mu\text{F}$$

- T 3.49. W obwodzie pokazanym na rys. 3.7 przy przełączniku P ustawionym w położeniu 1, amperomierz wskazuje $3,5 \text{ A}$. Obliczyć napięcia i ładunki na wszystkich kondensatorach po przełączeniu przełącznika w położenie 2. Dane obwodu: $R = 20 \Omega$, $C_1 = 1 \mu\text{F}$, $C_2 = 5 \mu\text{F}$, $C_3 = 3 \mu\text{F}$ i $C_4 = 2 \mu\text{F}$.



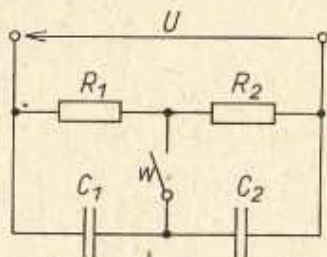
Rys. 3.7.

- T 3.50. Źródło napięcia o sile elektromotorycznej $E = 150 \text{ V}$ i $R_w = 2 \Omega$ zasila obwód jak na rys. 3.8. Obliczyć napięcie i ładunek na kondensatorze w stanie ustalonym. Jaki jest prąd początkowy źródła? Dane: $R_1 = 16 \Omega$, $R_2 = 8 \Omega$, $R_3 = 32 \Omega$, $C = 0,5 \mu\text{F}$.



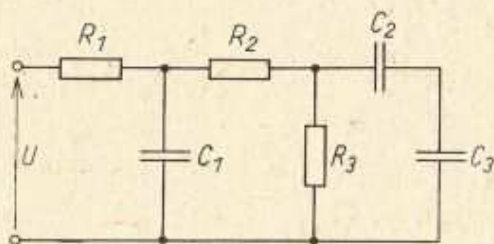
Rys. 3.8

- T 3.51. W układzie jak na rys. 3.9 obliczyć napięcia na kondensatorach w stanie ustalonym: a) przy otwartym wyłączniku w , b) przy zamkniętym wyłączniku w . Dane: $U = 50 \text{ V}$, $R_1 = 64 \Omega$, $R_2 = 36 \Omega$, $C_1 = 80 \text{ nF}$, $C_2 = 20 \text{ nF}$.



Rys. 3.9

- T 3.52. W układzie przedstawionym na rys. 3.10 obliczyć napięcia oraz ładunki na kondensatorach w stanie ustalonym. Dane: $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 50 \Omega$, $R_3 = 150 \Omega$, $C_1 = 1 \mu\text{F}$, $C_2 = 3 \mu\text{F}$, $C_3 = 2 \mu\text{F}$. $U = 240 \text{ V}$.



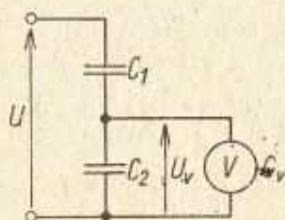
Rys. 3.10

T 3.53. Po naładowaniu układu kondensatorów z zadania 3.47 (rys. 3.3a) do napięcia $U = 300 \text{ V}$, odłączono źródło dołączając następnie równolegle do kondensatora C_3 kondensator dodatkowy o pojemności $C_4 = 1,5 \mu\text{F}$. Obliczyć ładunek i napięcie na tym kondensatorze.

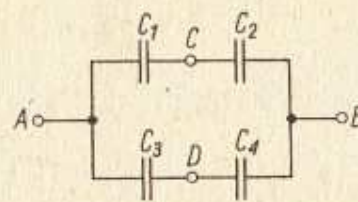
3.54. Do pojemnościowego dzielnika napięcia przyłożono napięcie $U = 100 \text{ V}$. Jakie napięcia będą na wyjściu dzielnika, jeżeli pojemności dzielnika $C_1 = 7,2 \text{ nF}$, $C_2 = 800 \text{ pF}$.

T 3.55. Rozszerzenia zakresu pomiarowego woltomierza elektrostatycznego dokonano przy użyciu pojemnościowego dzielnika napięcia (rys. 3.11). Obliczyć pojemność kondensatora C_1 , jeżeli pierwotny zakres woltomierza $U_v = 150 \text{ V}$, nowy zakres $U = 1500 \text{ V}$, pojemność woltomierza $C_v = 20 \text{ pF}$, $C_2 = 700 \text{ pF}$.

T 3.56. Do układu (rys. 3.12) przyłożono napięcie $U_{AB} = 144 \text{ V}$. Obliczyć napięcie U_{CD} , jeżeli $C_1 = 2 \text{ nF}$, $C_2 = 4 \text{ nF}$, $C_3 = 6 \text{ nF}$ i $C_4 = 3 \text{ nF}$.



Rys. 3.11



Rys. 3.12

T 3.57. W układzie z poprzedniego zadania (rys. 3.12) obliczyć, jakie napięcie należy doprowadzić do zacisków AB , aby napięcie U_{CD} było równe 6 V .

T 3.58. Do kondensatora płaskiego powietrznego o wymiarach $S = 100 \text{ cm}^2$ i $d = 4 \text{ mm}$ doprowadzono napięcie $U = 10 \text{ kV}$. Następnie między okładziny kondensatora włożono płytkę szklaną o grubości 2 mm i $\epsilon_r = 7$. Obliczyć: a) pojemność kondensatora przed i po włożeniu płytki szklanej, b) natężenie pola elektrycznego w powietrzu przed i po włożeniu płytki szklanej, c) napięcia na poszczególnych warstwach izolacji.

T 3.59. Który układ z zadania 3.58 (pierwszy czy drugi) ma większą wytrzymałość na przebicie, jeżeli wytrzymałość elektryczna powietrza $E_{maxp} = 3 \cdot 10^6 \text{ V/m}$, a szkła $E_{maxs} = 40 \cdot 10^6 \text{ V/m}$?

- T* 3.60. Do kondensatora płaskiego o izolacji szklanej ($\epsilon_r = 7$, $S = 800 \text{ cm}^2$, $d = 2 \text{ mm}$) doprowadzono napięcie $U = 2,4 \text{ kV}$. Obliczyć siłę, jaką ściskana jest płytka szklana.
- T* 3.61. Do kondensatora płaskiego o pojemności $C = 4 \text{ nF}$ doprowadzono napięcie $U = 500 \text{ V}$. Obliczyć grubość izolacji, jeżeli siła wzajemnego przyciągania okładzin $F = 2 \text{ N}$.
- 3.62. Dwa kondensatory o pojemnościach $C_1 = 6 \text{ }\mu\text{F}$ i $C_2 = 4 \text{ }\mu\text{F}$ naładowano do napięć $U_1 = 300 \text{ V}$ i $U_2 = 200 \text{ V}$. Po naładowaniu obydwu kondensatory połączono jednoimiennymi biegunami. Jakie napięcie ustali się na okładzinach kondensatorów? Jaki ładunek przemieści się z kondensatora 1 do kondensatora 2?

Rozwiązanie

Ładunki na kondensatorach przed ich połączeniem

$$Q_1 = C_1 U_1 = 6 \cdot 10^{-6} \cdot 300 = 18 \cdot 10^{-4} \text{ C}$$

$$Q_2 = C_2 U_2 = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 200 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ C}$$

Ładunek w powstałym układzie

$$Q = Q_1 + Q_2 = 18 \cdot 10^{-4} + 8 \cdot 10^{-4} = 26 \cdot 10^{-4} \text{ C}$$

Pojemność układu po połączeniu kondensatorów

$$C = C_1 + C_2 = 6 + 4 = 10 \text{ }\mu\text{F}$$

Napięcie na kondensatorach połączonych równolegle

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{26 \cdot 10^{-4}}{10^{-5}} = 260 \text{ V}$$

Ładunki na poszczególnych kondensatorach połączonych równolegle

$$Q_1' = C_1 U = 6 \cdot 10^{-6} \cdot 260 = 1,56 \cdot 10^{-3} \text{ C}$$

$$Q_2' = C_2 U = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 260 = 1,04 \cdot 10^{-3} \text{ C}$$

Z kondensatora 1 do kondensatora 2 przemieści się ładunek

$$Q_1 - Q_1' = 18 \cdot 10^{-4} - 1,56 \cdot 10^{-3} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ C}$$

- T 3.63. Kondensatory z zadania 3.62 połączono różnoimiennymi biegunami. Obliczyć napięcie i ładunki na kondensatorach.

- 3.64. W fotograficznej lampie błyskowej jarznik zasilany jest z kondensatora o pojemności $C = 800 \mu\text{F}$ naładowanego do napięcia $U = 300 \text{ V}$. Obliczyć ładunek kondensatora oraz energię błysku lampy.
- 3.65. Do jakiego napięcia trzeba naładować kondensator elektrolityczny lampy błyskowej o pojemności $C = 500 \mu\text{F}$, aby energia błysku $W = 45 \text{ J}$?
- 3.66. Podczas wyładowania kondensatora o pojemności $C = 20 \mu\text{F}$ wydzielilo się $0,4 \text{ J}$ energii cieplnej. Znaleźć napięcie początkowe kondensatora.
- T 3.67. Kondensator płaski powietrzny o wymiarach $d = 2 \text{ mm}$ i $S = 120 \text{ cm}^2$ naładowano do napięcia $U = 3 \text{ kV}$. Następnie napięcie odłączono, a okładziny rozsunięto na odległość $d_1 = 10 \text{ mm}$. Obliczyć energię elektryczną nagromadzoną w kondensatorze przed i po rozsunięciu okładzin. Jaką pracę wykonano przy rozsuwaniu okładzin?
- T 3.68. Do kondensatora o pojemności $C = 20 \mu\text{F}$ i różnicy potencjałów między okładzinami $U = 100 \text{ V}$ dołączono drugi taki sam kondensator nie naładowany. Obliczyć energię elektryczną nagromadzoną w kondensatorach w obu przypadkach.
- T 3.69. Kondensator o pojemności $C_1 = 4 \mu\text{F}$ naładowany do napięcia $U_1 = 1200 \text{ V}$ połączono z nie naładowanym kondensatorem o pojemności $C_2 = 6 \mu\text{F}$. Obliczyć napięcie na kondensatorach oraz energię elektryczną nagromadzoną w kondensatorach przed i po połączeniu kondensatorów.