1.2 Kapacitní a influenční koeficienty soustavy vodičů
Kapacita kondensátorů

1.2.1 Dokažte, že elektrostatická jednotka kapacity má rozměr centimetru a odvoďte mezi centimetrem a pikofaradem. Ukažte, že rozměr permitivity vakua ε_0 farad/metr.

1.2.2 O kolik voltů by se zvětšil potenciál Země, kdyby se na jejím povrchu rozložil rovnoměrně náboj 1C.

1.2.3 Mějme soustavu N vodičů majících potenciály V_i jsou-li nabity náboji q_i a potenciály V_i' nesou-li náboje q_i' dokažte, že influenční koeficienty soustavy vodičů jsou symetrické ($c_{ik} = c_{ki}$) platí-li vztah

$$\sum_{i=1}^{N} q_i V_i' = \sum_{i=1}^{N} q_i' V_i$$

1.2.4 Dokažte, že v soustavě dvou vodičů tvořících kondenzátor je kapacita

$$C = \frac{C_{11}C_{22}-C_{12}^2}{C_{11}+2C_{12}+C_{22}}$$

jsou-li C_{11}, C_{22} kapacitní a $C_{12} = C_{21}$ influenční koeficienty soustavy.

1.2.5 Kulový vodič K_1 o poloměru R_1 je obklopen soustřednou vodivou kulovou slupkou K_2 o poloměru R_2. Pro tuto soustavu vypočítejte kapacitní a influenční koeficienty a přesvědčte se, že platí $c_{ik} = c_{ki}$.

1.2.6 Vypočítejte kapacitu kondensátoru tvořeného dvěma soustřednými kulovými slupkami o poloměrech R_1 a R_2 ($R_2 > R_1$) pomocí hodnot kapacitních a influenčních koeficientů.

1.2.7 Určete kapacitní a influenční koeficienty pro soustavu vodičů tvořenou dvěma soustřednými vodivými válcovými plochami o poloměrech R_1 a R_2 ($R_1 < R_2$). Výška válců je stejná a je tak velká, že lze zanedbat rozptylové pole na okrajích. Určete též kapacitu kondensátoru tvořeného těmito vodiči.

1.2.8 Vypočítejte kapacitu deskového kondenzátoru jehož desky mají plochu S a jsou vzdáleny o d. Předpokládejte přitom, že rozměry desek jsou tak velké, že vliv nehomogenity pole na okrajích desek lze zanedbat. Jaká bude číselná hodnota kapacity v pikofaradech a centimetrech, je-li $S = 10\ \mathrm{cm}^2$ a $d = 0{,}1$ cm.

1.2.9 Kondensátory C_1, C_2 až C_N jsou zapojeny za sebou (seriově). Vypočítejte celkovou kapacitu C tohoto zapojení. Jaká bude celková kapacita těchto kondensátorů budou-li zapojeny vedle sebe (paralelně)?

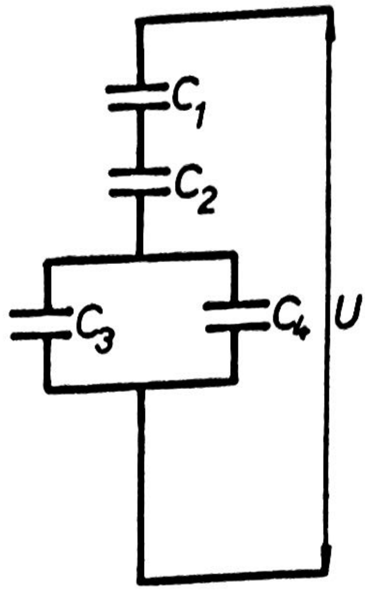
1.2.10 Kondenzátory C_1, C_2, C_3, C_4 jsou řazeny podle obrázku 1.1.

a/ Jaká je celková kapacita zapojení

b/ Jaké napětí je na jednotlivých kapacitách

c/ Jaké náboje jsou na kapacitách C_1 až C_4

d/ jaké budou číselné hodnoty celkové kapacity, napětí a nábojů, je-li $C_1 = C_3 = 1\,\mu F$, $C_2 = C_4 = 10\,\mu F$ a $U = 100$ V .

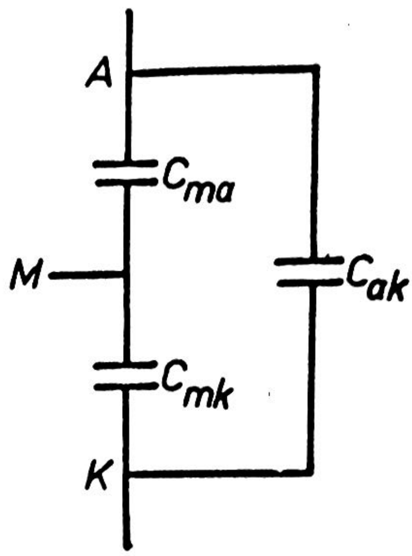


Obr.1.1

1.2.11 Deskový kondenzátor má kapacitu C = 100 pF. Jak se tato kapacita změní vložíme-li mezi desky paralelně vodivý plech, jehož tloušťka je rovna čtvrtině vzdálenosti elektrod. Má poloha plechu vliv na výslednou kapacitu?

1.2.12 Elektrody válcového kondenzátoru mají poloměry R_1, R_2 a výšku l. Mezi tyto elektrody vložíme souose vodivou válcovou plochu o poloměru R ($R_1 < R < R_2$). Jak bude záviset výsledná kapacita na poloměru R válcové plochy, je-li její tloušťka zanedbatelná.

1.2.13 Triodu tvoří soustava tří elektrod anody, mřížky a katody. Mezielektrodové kapacity lze znázornit schematem uvedeným na obrázku 1.2. Kapacita mřížka-katoda je označena C_{mk}, mřížka-anoda C_{ma}, anoda-katoda C_{ak}. Tyto kapacity lze změřit tak, že spojíme vodivě dvě z elektrod a změříme kapacitu mezi těmito elektrodami a elektrodou zbývající. Tato měření lze uskutečnit tři, při nichž naměříme kapacity C_1, C_2 a C_3. Jak z těchto kapacit určíme mezielektrodové kapacity C_{ak}, C_{ma}, C_{mk} ? Jaké kapacity bychom naměřili mezi body A-M; A-K; M-K ?



Obr.1.2

1.3 Elektrostatické pole v dielektriku

1.3.1 Deskový kondenzátor o kapacitě C_0 a ploše desek S byl nabit nábojem Q. Poté byl kondenzátor vyplněn beze zbytku nevodivým dielektrikem a jeho kapacita vzrostla na hodnotu C. Je třeba spočítat

a/ Jaká bude intenzita pole v dielektriku, hustota vázaného náboje na povrchu dielektrika a napětí mezi elektrodami po vložení dielektrika, jestliže kondenzátor není připojen ke zdroji.

a/ $\varphi = \frac{1}{2\varepsilon_0} \rho (R_1^2 - R_2^2)$ $\qquad r \leq R_2$

b/ $\varphi = \frac{1}{2\varepsilon_0} \rho (-\frac{1}{3} r^2 - \frac{2}{3} R_2^3 r^{-1} + R_1^2)$ $\qquad R_2 \leq r \leq R_1$

c/ $\varphi = \frac{1}{3\varepsilon_0} \rho (R_1^3 - R_2^3) r^{-1}$ $\qquad r \geq R_1$

Stejný výsledek bychom pochopitelně dostali při použití Gaussovy věty. Výpočet by byl podstatně kratší.

1.1.25 $$U = U_1 + U_2 = \int_{S_1} \frac{\sigma dS}{r_1} - \int_{S_2} \frac{\sigma dS}{r_2} = \int_{S_1} \sigma \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) dS =$$
$$= \int_{S_1} \sigma \frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2} dS \, .$$

Pokud je $r \gg l$ je možno psát $r_2 r_1 \doteq r^2$ a $r_2 - r_1 = l \cos \alpha$ /význam symbolů viz obr.1.6/.

$$U = \int_{S_1} \frac{\sigma l \cos\alpha \, dS}{r^2} =$$

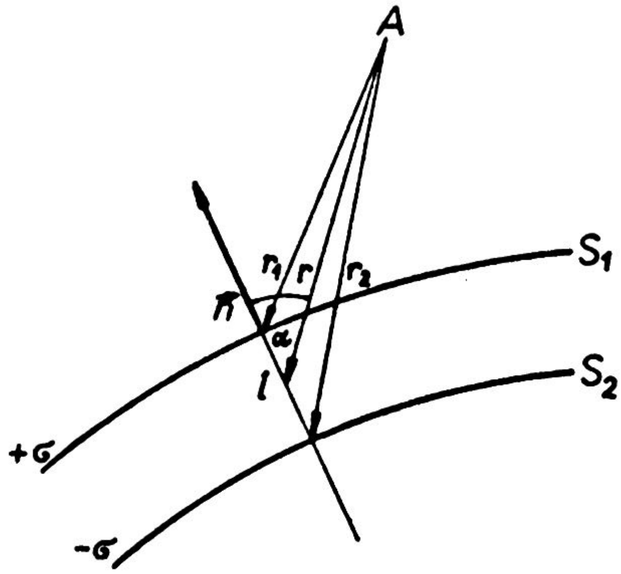
$$= \int_{\Omega} \sigma l \, d\Omega$$

Zde je $d\Omega$ prostorový úhel, pod kterým je vidět z místa A element dS a Ω je prostorový úhel, pod kterým je vidět z místa A celou dvojvrstvu.

Veličina $\eta = \sigma l$ se nazývá elektrickým momentem dvojvrstvy.

Pokud η = konst. bude

$$U = \eta \Omega$$



Obr.1.6

1.2 Kapacitní a influenční koeficienty soustavy vodičů
Kapacita kondensátorů

1.2.1 Kapacita osamoceného vodiče je definována jako poměr náboje vodiče q a jeho potenciálu φ .

$$C = \frac{q}{\varphi}$$

Pro osamocenou kouli je známo, že její potenciál udává v soustavě C...
výraz $\varphi = q r^{-1}$, ve kterém r je její poloměr. Rozměr kapacity bu...

$$[C] = \frac{[q]}{\frac{[q]}{[r]}} = [r] = \mathrm{cm}$$

Jednotkovou kapacitu bude v této soustavě mít kulička o poloměru ,
Tato kulička bude mít v SI soustavě kapacitu

$$C = \frac{q}{\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}} = 4\pi\varepsilon_0 r$$

Po číselném dosazení, uvážíme-li, že $r = 1\ \mathrm{cm} = 1.10^{-2}$ m a že $\varepsilon_0 =$
$= \frac{1}{4\pi c^2 10^{-7}}$ (c je rychlost světla ve vakuu) bude platit číselně

$$1\,\mathrm{cm} = 4\pi \frac{10^{-2}}{4\pi c^2 . 10^{-7}} = \frac{1}{c^2} \cdot 10^{-11} \doteq \frac{1}{9} 10^{-11} F$$

Rozměr ε_0 vyplývá bezprostředně z výrazu pro kapacitu osamocené ko...
Platí

$$\varepsilon_0 = \frac{C}{4\pi r} \Rightarrow [\varepsilon_0] = \frac{[C]}{[r]} = \frac{F}{m}$$

1.2.2 Kapacita Země je $C = 4\pi\varepsilon_0 r = 7,1.10^{-4} F$
Nábojem $1C$ se zvýší potenciál na hodnotu $U = \frac{Q}{C} = \frac{1C}{7,1.10^{-4} F} =$
$= 1,4 . 10^3 V$.

1.2.3 Influenční a kapacitní koeficienty jsou definovány vztahem

$$q_k = \sum_{i=1}^{N} c_{ki} V_i \tag{1}$$

resp.

$$q_i' = \sum_{k=1}^{N} c_{ik} V_k' \tag{2}$$

Soustavu nabijeme nejprve tak, aby $V_i = 1V$ $V_l = 0$ pro $l \neq i$
potom tak, aby $V_k' = 1V$ $V_l = 0$ $l \neq k$
Ze vztahu uvedeného v zadání příkladu vyplývá

$$q_k = q_i'$$

Z rovnice (1) a (2) zároveň vyplývá

$$q_k = c_{ki} \quad a \quad q_i' = c_{ik}$$

takže

$$c_{ki} = c_{ik}$$

1.2.4 Kapacita C dvou vodičů je dána výrazy

$$C = \frac{q_1}{V_1 - V_2} \quad \text{resp.} \quad C = \frac{q_2}{V_2 - V_1}$$

ve kterých V_1 a V_2 jsou potenciály vodičů a q_1, q_2 jejich náboje. Tyto výrazy udávají správně kapacitu soustavy dvou vodičů pouze tehdy, tvoří-li vodiče kondenzátor, tj. tehdy končí-li všechny siločáry vycházející z jednoho vodiče na vodiči druhém. Potom musí být $q_1 = -q_2$ a obe vzorce jsou ekvivalentní. Náboje na vodičích můžeme vyjádřit pomocí kapacitních a influenčních koeficientů

$$q_1 = c_{11} V_1 + c_{12} V_2$$

$$q_2 = -q_1 = c_{21} V_1 + c_{22} V_2$$

z čehož vyplývá, že

$$V_1 - V_2 = q_1 \frac{c_{22} + c_{12} + c_{21} + c_{11}}{c_{11} c_{22} - c_{12} c_{21}}$$

Uvážíme-li, že $c_{12} = c_{21}$ dostaneme pro kapacitu hledaný výraz

$$C = \frac{q_1}{V_1 - V_2} = \frac{c_{11} c_{22} - c_{12}^2}{c_{11} + 2c_{12} + c_{22}}$$

1.2.5 Koule K_1 budí ve svém okolí pole o potenciálu:

$$V_1(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1}{r}$$

Uvnitř koule K_2 je potenciál buzený vnější kulovou slupkou:

$$V_2(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_2}{R_2}$$

Potenciál v prostoru mezi vodiči je dále superpozicí obou polí:

$$V(r) = V_1(r) + V_2(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1}{r} + \frac{q_2}{R_2}\right)$$

Na vodiči K_1 bude potenciál

$$V_{01} = V(R_1) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1}{R_1} + \frac{q_2}{R_2}\right)$$

Na vodiči K_2 bude potenciál

$$V_{02} = V(R_2) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1 + q_2}{R_2}\right)$$

Obě tyto rovnice řešíme podle q_1 a q_2 :

$$q_1 = 4\pi\varepsilon_0 \left(\frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} V_{01} - \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} V_{02}\right)$$

Srovnáním s definičními vztahy pro influenční a kapacitní koeficienty dostaneme:

$$q_1 = C_{11} V_{01} + C_{12} V_{02}$$
$$q_2 = C_{21} V_{01} + C_{22} V_{02}$$

dostaneme pak:

$$C_{11} = - C_{12} = - C_{21} = 4\pi\varepsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$
$$C_{22} = \frac{R_2^2}{R_2 - R_1} \cdot 4\pi\varepsilon_0$$

<u>1.2.6</u> Použijeme-li výsledků příkladu 1.2.4 a 1.2.5 dostaneme po dosazen

$$C = 4\pi\varepsilon_0 \cdot \frac{\frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} \cdot \frac{R_2^2}{R_2 - R_1} - \frac{R_2^2 R_1^2}{(R_2 - R_1)^2}}{\frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} - 2\frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} + \frac{R_2^2}{R_2 - R_1}} = \frac{R_1 R_2^2 - R_1^2 R_2}{(R_2 - R_1)^2} \cdot 4\pi$$

$$C = 4\pi\varepsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

<u>1.2.7</u> Je známo, že potenciál vně nabité válcové plochy poloměru R, je tv

$$V = \frac{2\eta}{4\pi\varepsilon_0} \ln \frac{1}{r} \qquad r \geq R,$$

kde η je náboj připadající na jednotkovou výšku válcové plochy, r j vzdálenost místa, v němž určujeme potenciál od osy válce.

Uvnitř válcové plochy je potenciál konstantní. Potenciál pole mezi vá vými plochami je roven součtu potenciálů buzených vnější a vnitřní vá vou plochou:

$$V(r) = V_1(r) + V_2(r) = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \left(\eta_1 \ln \frac{1}{r} + \eta_2 \ln \frac{1}{R_2}\right)$$
$$R_1 \leq r \leq R_2$$

Potenciál vnitřního válce bude:

$$V_{01} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0 l} \left(q_1 \ln \frac{1}{R_1} + q_2 \ln \frac{1}{R_2}\right),$$

potenciál na vnějším válci o poloměru R_2 bude

$$V_{02} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0 l} \left(q_1 \ln \frac{1}{R_2} + q_2 \ln \frac{1}{R_2}\right).$$

V těchto výrazech znamená q_1 a q_2 náboje na vnitřní a vnější válcov ploše. Je-li l výška válcových ploch je možno psát $q_1 = \eta_1 l$ a $q_2 = \eta_2 l$.

Předchozí rovnice řešíme podle q_1, q_2:

$$q_1 = \frac{2\pi\varepsilon_0 l}{\ln \frac{R_2}{R_1}} V_{01} - \frac{2\pi\varepsilon_0 l}{\ln \frac{R_2}{R_1}} V_{02}$$

$$q_2 = -\frac{2\pi\varepsilon_0 l}{\ln\frac{R_2}{R_1}} V_{01} - 2\pi\varepsilon_0 l\left(\frac{1}{\ln R_2} - \frac{1}{\ln\frac{R_2}{R_1}}\right) V_{02}$$

Srovnáním s definiční rovnicí pro influenční a kapacitní koeficienty dostaneme:

$$C_{11} = -C_{12} = -C_{21} = \frac{2\pi\varepsilon_0 l}{\ln\frac{R_2}{R_1}}$$

$$C_{22} = 2\pi\varepsilon_0 l\left(\ln^{-1} R_2 - \ln^{-1}\frac{R_2}{R_1}\right)$$

Tvoří-li soustava vodičů kondenzátor, pak $q_1 = -q_2$ a kapacita je rovna:

$$C = \frac{q_1}{V_{01} - V_{02}} = \frac{q_2}{V_{02} - V_{01}}$$

Po dosazení z výše uvedených výrazů udávajících vztah mezi náboji a potenciály vodičů, dostaneme:

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0 l}{\ln\frac{R_2}{R_1}}$$

1.2.8

$$C = \frac{Q}{V_1 - V_2} = \frac{\sigma . S}{\frac{\sigma}{\varepsilon_0}\cdot d} = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$$

neboť hustota náboje $\sigma = \frac{Q}{S}$; napětí mezi deskami je vzhledem k homogenitě intenzity E pole rovno:

$$V_1 - V_2 = E.d = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\cdot d$$

V soustavě SI bude kapacita kondenzátoru

$$C = \frac{8{,}85 . 10^{-12}\ \frac{F}{m} . 10^{-3} m^2}{10^{-3} m} = 8{,}87\ pF$$

V soustavě $CGSE$ bude kapacita kondenzátoru:

$$C = \frac{S}{4\pi d} = \frac{10\ cm^2}{12{,}56 . 10^{-1}\ cm} = 7{,}96\ cm$$

1.2.9 Při seriovém zapojení kondenzátorů je na všech deskách v absolutní hodnotě stejný náboj a napětí U na celé soustavě je rovno součtu napětí U_i na jednotlivých kondenzátorech

$$U = \sum_{i=1}^{N} U_i = \sum_{i=1}^{N}\frac{Q_i}{C_i} = Q\sum_{i=1}^{N}\frac{1}{C_i} = \frac{Q}{C},$$

z čehož $$\sum_{i=1}^{N}\frac{1}{C_i} = \frac{1}{C}.$$

Při paralelním zapojení je napětí na všech kondenzátorech stejné. C
vý náboj Q je roven součtu nábojů na jednotlivých kondenzátorech:

$$Q = \sum_{i=1}^{N} Q_i = \sum_{i=1}^{N} C_i U_i = U \sum_{i=1}^{N} C_i = UC ,$$

kde

$$C = \sum_{i=1}^{N} C_i$$

1.2.10 a/ Celková kapacita je rovna

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3 + C_4} = \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} + \frac{1}{C_3 + C_4} =$$

$$= \frac{(C_1 + C_2)(C_3 + C_4) + C_1 C_2}{C_1 C_2 (C_3 + C_4)}$$

takže

$$C = \frac{C_1 C_2 (C_3 + C_4)}{(C_1 + C_2)(C_3 + C_4) + C_1 C_2}$$

b/ Náboje na kapacitách označíme Q_1, Q_2, Q_3, Q_4

Pak

$$Q = CU = Q_1 = Q_2 = Q_3 + Q_4$$

takže

$$U_1 = \frac{CU}{C_1} = \frac{C_2 (C_3 + C_4)}{(C_1 + C_2)(C_3 + C_4) + C_1 C_2} U$$

$$U_2 = \frac{CU}{C_2} = \frac{C_1 (C_3 + C_4)}{(C_1 + C_2)(C_3 + C_4) + C_1 C_2} U$$

$$U_3 = U_4 = \frac{CU}{C_3 + C_4} = \frac{C_1 C_2}{(C_1 + C_2)(C_3 + C_4) + C_1 C_2} U$$

c/ Náboje na kapacitách budou

$$Q_1 = Q_2 = CU = \frac{C_1 C_2 (C_3 + C_4)}{(C_1 + C_2)(C_3 + C_4) + C_1 C_2}$$

$$Q_3 = U_3 C_3 = \frac{C_1 C_2 C_3}{(C_1 + C_2)(C_3 + C_4) + C_1 C_2} U$$

$$Q_4 = U_4 C_4 = \frac{C_1 C_2 C_4}{(C_1 + C_2)(C_3 + C_4) + C_1 C_2} U$$

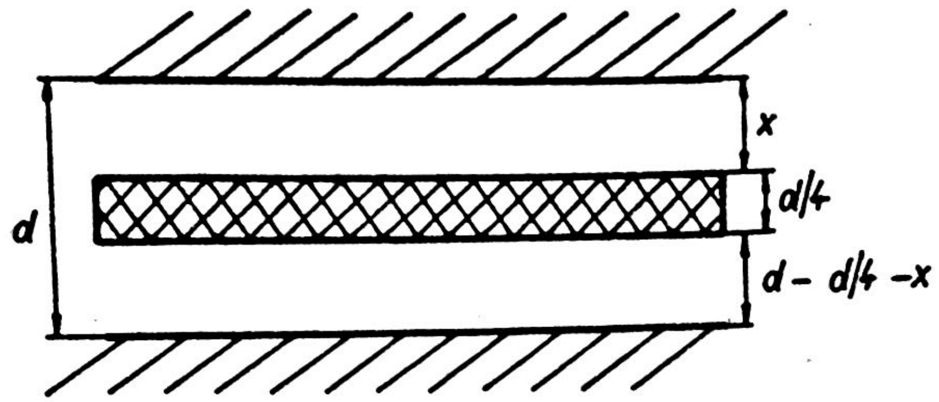
d/ Po dosazení číselných hodnot dostaneme

$$C = \frac{110}{131} \mu F \doteq 0{,}84 \mu F; \quad U_1 \doteq 84 V, \quad U_2 \doteq 84 V,$$

$U_3 = U_4 = 7{,}6\ V$

$Q_1 = Q_2 = 8{,}4 \cdot 10^{-5}\,C,\ Q_3 \doteq 7{,}6 \cdot 10^{-6}\,C;\ \ Q_4 = 7{,}6 \cdot 10^{-5}\,C$

1.2.11 Kapacita prázdného kondenzátoru /bez plechu/ je $C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d} = 100\,pF$. /$S$ je plocha elektrod, d jejich vzdálenost/. Po vložení plechu vznikne uspořádání znázorněné na obr.1.7. Vložením plechu se vytvoří dva kondenzátory, jeden o kapacitě $C_1 = \frac{\varepsilon_0 S}{x}$, druhý $C_2 = \frac{\varepsilon_0 S}{d - \frac{d}{4} - x}$, které jsou řazeny za sebou. Pro výslednou kapacitu platí



Obr.1.7

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{d - \frac{d}{4}}{\varepsilon_0 S} = \frac{3}{4 C_0}$$

Výsledná kapacita nebude záviset na poloze plechu a bude rovna

$$C = \frac{4}{3} C_0 \doteq 133\,pF.$$

1.2.12 Budou řazeny za sebou dva kondenzátory o kapacitách

$$C_1 = \frac{2\pi\varepsilon_0 l}{\ln\frac{R}{R_1}} \quad a \quad C_2 = \frac{2\pi\varepsilon_0 l}{\ln\frac{R_2}{R}}$$

Pro výslednou kapacitu platí

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{\ln R - \ln R_1 + \ln R_2 - \ln R}{2\pi\varepsilon_0 l} =$$

$$= \frac{\ln R_2 - \ln R_1}{2\pi\varepsilon_0 l}$$

Vložením vodivé válcové plochy se nezmění kapacita kondenzátoru.

1.2.13 1. Vodivě spojeny body MA $\qquad C_1 = C_{mk} + C_{ak}$

2. Vodivě spojeny body MK $\qquad C_2 = C_{ma} + C_{ak}$

3. Vodivě spojeny body KA $\qquad C_3 = C_{ma} + C_{mk}$

Z čehož vyplývá

$$C_1 + C_2 - C_3 = 2\,C_{ak}$$
$$C_1 + C_3 - C_2 = 2\,C_{mk}$$
$$C_2 + C_3 - C_1 = 2\,C_{ma}$$

Mezi body $A - M$ je zapojena kapacita

$$C_{AM} = \frac{C_{mk}\,C_{ak}}{C_{mk} + C_{ak}} + C_{am}$$

Mezi body $A - K$

$$C_{AK} = \frac{C_{am}\,C_{ak}}{C_{mk} + C_{am}} + C_{ak}$$

Mezi body $M - K$

$$C_{MK} = \frac{C_{am}\,C_{ak}}{C_{am} + C_{ak}} + C_{mk}$$

1.3 Elektrostatické pole v dielektriku

1.3.1 Před vložením dielektrika byla hustota volného náboje $\sigma_0 = \frac{Q}{S}$, intenzita pole $E_0 = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0}$ a napětí mezi elektrodami $U_0 = E_0 d$ / d je vzdálenost elektrod $d = \frac{\varepsilon_0 S}{C_0}$ /.

a/ Pokud není kondenzátor připojen ke zdroji nezmění se při vložení dielektrika volný náboj σ na elektrodách $\sigma = \sigma_0$.

Intenzita pole v dielektriku bude

$$E = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0 \varepsilon_r}$$ kde ε_r je relativní permitivita / $\varepsilon_r = \frac{C}{C_0}$ /

Napětí mezi elektrodami bude

$$U = Ed = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0 \varepsilon_r} d = \frac{U_0}{\varepsilon_r}$$

Hustota vázaného náboje na povrchu dielektrika bude

$$\sigma_d = P = \varepsilon_0 (\varepsilon_r - 1) E = \frac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r} \sigma_0$$

b/ Je-li kondenzátor připojen k baterii pak napětí mezi elektrodou zůstává konstantní $U = U_0$. Intenzita pole v dielektriku zůstane stejná jako v prázdném kondenzátoru neboť $E = Ud = U_0 d = E_0$

Hustota vázaného náboje bude

$$\sigma_d = P = \varepsilon_0 (\varepsilon_r - 1) E_0 = (\varepsilon_r - 1) \sigma_0$$

Hustota volného náboje bude

$$\sigma = \frac{Q}{S} = D = \varepsilon_r \varepsilon_0 E_0 = \varepsilon_r \sigma_0$$