37. Objasnite význam tepelných kapacít plynu. Zadefinujte molárnu a hmotnostnú tepelnú kapacitu. Uveďte, v akých jednotkách tieto veličiny vyjadrujeme.

Tepelná kapacita (značka C_t) je miera tepla ktoré musí teleso prijať (resp. odovzdať) aby došlo k zmene jeho teploty. Je definovaná množstvom tepla potrebného na zohriatie telesa o 1 K (°C). Tepelná kapacita C_t látky telesa je definovaná ako podiel dodaného tepla a prírastku teploty.

$$\boxed{C_t = \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}T}}$$

Jednotka:

$$C_t \left[\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K}}\right] = \mathrm{J.K^{-1}} = \mathrm{kg.m^2.s^{-2}.K^{-1}}$$

Molárna tepelná kapacita

Tepelná kapacita jednotky látkového množstva sa nazýva molárnou tepelnou kapacitou, označovanou veľkým písmenom **C**:

$$\boxed{C = \frac{1}{n} C_t = \frac{1}{n}\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}T}}$$

Jednotka:

$$C \left[\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol\,.\,K}}\right] = \mathrm{J.\,mol^{-1}.K^{-1}}$$

Hmotnostná tepelná kapacita

Tepelná kapacita hmotnostnej jednotky látky sa nazýva hmotnostnou tepelnou kapacitou (po starom: mernou tepelnou kapacitou, špecifickou tepelnou kapacitou).

Označuje sa obyčajne malým písmenom **c**:

$$\boxed{c = \frac{1}{m} C_t = \frac{1}{m}\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}T}}$$

Jednotka:

$$\boxed{[c] = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg.K}} = \mathrm{J.kg^{-1}.K^{-1}}}$$

38. Dokážte Mayerov vzťah.

Mayerová rovnica alebo **Mayerov vzťah** opisuje vzťah tepelných kapacít pri konštantnom tlaku ***p*** a pri konštantnom objeme ***V***.

Teleso zohrievame tak, že jeho objem zostáva konštantný (V = const.). V takom prípade hovoríme o *hmotnostnej tepelnej kapacite* za konštantného objemu $\mathbf{c_V}$, resp. *molárnej tepelnej kapacite* za konštantného objemu $\mathbf{C_V}$:

$$c_V = \frac{1}{m}\left[\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}T}\right]_V, \quad resp. \; C_V = \frac{1}{n}\left[\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}T}\right]_V$$

Teleso zohrievame tak, že jeho tlak zostáva konštantný (p = const.). V takom prípade hovoríme o hmotnostnej tepelnej kapacite za konštantného tlaku $\mathbf{c_p}$, resp. molárnej tepelnej kapacite za konštantného tlaku $\mathbf{C_p}$:

$$c_p = \frac{1}{m}\left[\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}T}\right]_p, \quad resp. \; C_p = \frac{1}{n}\left[\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}T}\right]_p$$

Diferencovaním stavovej rovnice ideálneho plynu v prípade konštantného tlaku (dp = 0) dostaneme:

$$pV = nRT \;/\; diferenciál$$

$$\left[\underbrace{\mathrm{d}pV}_{0} + p\mathrm{d}V\right]_p = nR\mathrm{d}T$$

$$\left[p\mathrm{d}V\right]_p = \left[nR\mathrm{d}T\right]_p \;/\; \frac{1}{n\mathrm{d}T}$$

$$\left[\frac{p\mathrm{d}V}{n\mathrm{d}T}\right]_p = R$$

$$\frac{p}{n}\left[\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}T}\right]_p = R$$

Dosadením do vzťahu pre molárnu tepelnú kapacitu dostaneme, že molárna tepelná kapacita ideálneho plynu za konštantného tlaku je väčšia než molárna tepelná kapacita za konštantného objemu:

$$C_p = C_V + \frac{p}{n}\left[\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}T}\right]_p = C_V + R$$

Tento vzťah sa nazýva **Mayerovým vzťahom**.

39. Vysvetlite pojem adiabatický dej. Odvoďte Poissonovu rovnicu.

Adiabatický dej alebo **izoentropický dej** je termodynamický des s ideálnym plynom, pri ktorom nedochádza k tepelnej výmene medzi plynom a okolím. Pri adiabatickom deji sa mení **tlak, objem** a **teplota plynu**, nemení sa však jeho **entropia**.

$$\mathrm{d}W = -p\mathrm{d}V$$
$$\mathrm{d}U = nC_V\mathrm{d}T$$

$$p\mathrm{d}V + V\mathrm{d}p = nR\mathrm{d}T \Rightarrow p\mathrm{d}V = nR\mathrm{d}T - V\mathrm{d}p$$

Z rovnice $\mathrm{d}U = nC_V\mathrm{d}T$ vyjadríme

$$n\mathrm{d}T = \frac{\mathrm{d}U}{C_V}$$

$$\frac{C_p}{C_V} = \kappa$$

1. veta termodynamická pre adiabatický dej:

$$0 = \mathrm{d}U + p\mathrm{d}V$$
$$\mathrm{d}U = -p\mathrm{d}V$$

$$0 = \mathrm{d}U + \mathrm{d}W$$
$$0 = nC_V\mathrm{d}T + p\mathrm{d}V$$
$$0 = nC_V\mathrm{d}T + nR\mathrm{d}T - V\mathrm{d}p$$
$$0 = n\mathrm{d}T(C_V + R) - V\mathrm{d}p$$
$$V\mathrm{d}p = n\mathrm{d}T(C_V + R)$$
$$V\mathrm{d}p = n\mathrm{d}TC_p$$
$$V\mathrm{d}p = \frac{\mathrm{d}U}{C_V}C_p$$
$$V\mathrm{d}p = \frac{1}{C_V}C_p\mathrm{d}U$$
$$V\mathrm{d}p = \frac{C_p}{C_V}\mathrm{d}U$$
$$V\mathrm{d}p = \kappa\mathrm{d}U$$
$$V\mathrm{d}p = \kappa(-p\mathrm{d}V)$$

urobíme separáciu premenných

$$\frac{\mathrm{d}p}{p} = -\kappa\frac{\mathrm{d}V}{V} / \int$$
$$\int\frac{1}{p}\mathrm{d}p = -\kappa\int\frac{1}{V}\mathrm{d}V$$
$$\ln p + konšt._1 = -\kappa\ln V + konšt._2$$
$$\ln p + C_1 = -\kappa\ln V$$

konšt.$_1$ + konšt.$_2$= C$_1$

ln C$_2$ = C$_1$

$$\frac{1}{C_2} = konšt.$$

odlogaritmujeme:

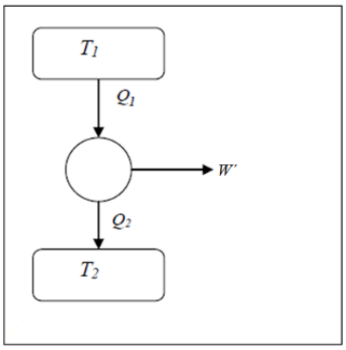
$$C_2p = V^{-\kappa}$$
$$\frac{p}{V^{-\kappa}} = \frac{1}{C_2}$$

Poissonova rovnica $\boxed{pV^{\kappa} = \text{konšt.}'}$

40. Objasnite pojem tepelný stroj, Carnotov tepelný stroj. Podrobnejšie popíšte Carnotov cyklus.

Pod **tepelným strojom** rozumieme zariadenie, ktoré na základe dodaného tepla **Q_1** zo zásobníka teploty **T_1** vykoná mechanickú (zjavnú) prácu **W'**, pričom odovzdá teplo **Q_2** zásobníku teploty **T_2** . Účinnosť **η** takéhoto zariadenia je definovaná ako podiel vykonanej práce **W'** a dodaného tepla **Q_1**:

$$\boxed{\eta = \frac{W'}{Q_1}}$$



princíp tepelného stoja

Ak sa okrem toho v stroji nič nedialo, zo zákona zachovania energie vyplýva, že $W' = Q_1 - Q_2$

Z toho dostane pre účinnosť tepelného stroja vzťah

$$\boxed{\eta = \frac{W'}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \langle 1}$$

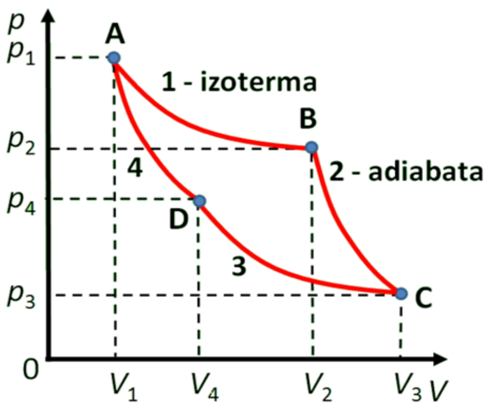
Carnotov tepelný stroj je špeciálnym prípadom tepelného stroja s pracovným ideálnym plynom, ktorý pracuje v cyklickom režime, t. j. jeho konečný stav na konci cyklu sa rovná jeho začiatočnému stavu.

Počas celého cyklu uvažujeme, že pracovný plyn prechádza cez rovnovážne stavy (tzv. vratný proces).

Počas cyklu plyn najprv vykoná:

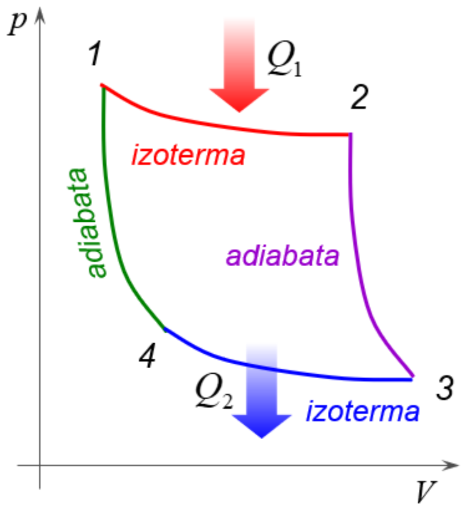
Expanzia
1. izotermická
2. adiabatická

Kompresia
3. izotermická
4. adiabatická



Carnotov cykus

Kruhový dej, pri ktorom plyn koná prácu na úkor svojej vnútornej energie.



Izotermická expanzia
Adiabatická expanzia
Izotermická kompresia
Adiabatická kompresia

$$\boxed{W' = W_1' + W_2' + W_3' + W_4'}$$

$$\boxed{W_1' = nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = Q_1}$$

Ohrievač dodáva teplo Q_1 a plyn koná prácu pri konštantnej teplote T_1.

$$\boxed{W_2' = -nC_V(T_2 - T_1)}$$

Rozpínanie plynu pokračuje, ale keďže dodané teplo je nulové, teplota klesne z T_1 na T_2.

$$\boxed{W_3' = nRT_2 \ln \frac{V_4}{V_3} = Q_2}$$

Ohrievač odoberá teplo Q_2, pričom dochádza ku kompresii plynu pri konštantnej teplote T_2.

$$\boxed{W_4' = nC_V(T_2 - T_1)}$$

Kompresia plynu pokračuje, ale keďže odvádzané teplo je nulové, teplota vzrastie z T_2 na T_1.

41. Vysvetlite, čo rozumieme pod pojmom entropia. Uveďte, v akých jednotkách vyjadrujeme entropiu. Definujte druhú vetu termodynamickú.

Entropia je fyzikálna veličina, ktorá meria neusporiadanosť (náhodnosť, neporiadok, mieru neurčitosti) systému. Je jednou zo stavových veličín v termodynamike, no zavádza sa (všeobecnejšie) i v štatistickej fyzike. Jej jednotkou je J/K (Joul na Kelvin).

- Entropia S sa počíta štatisticky, ale môžeme vyjadriť zmenu entropie ΔS.
- Jej diferenciál je: $\mathrm{d}S = \dfrac{\mathrm{d}Q}{T}$.
- Zmena entropie: $\Delta S = \displaystyle\int_{T_1}^{T_2} \frac{1}{T}\,\mathrm{d}Q$
- Jednotkou entropie je joule na kelvin [$\mathrm{J.K^{-1}}$].

II. veta termodynamická sa týka spontánnych dejov. Spontánny = samovoľný dej má nevratný charakter. Spontánny dej prebieha bez vynaloženia práce.

- *formulácia a)*: nie je možné, aby sa teplo šírilo z chladnejšieho miesta na teplejšie.

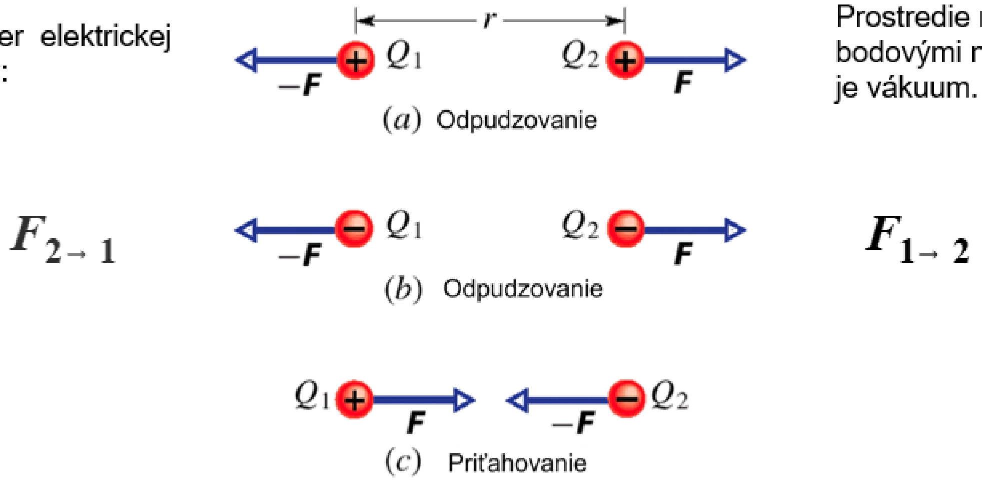
- *formulácia b)*: nedá sa zostrojiť perpetuum mobile druhého druhu (teda cyklicky pracujúci tepelný stroj, ktorý by len prijímal teplo z teplejšieho telesa a vykonával rovnako veľkú prácu, ako toto teplo)

To znamená, že sa tepelná energia nemôže samovoľne premieňať na mechanickú prácu.

42. Napíšte a vysvetlite Coulombov zákon pre bodový náboj, pre sústavu nábojov a pre nabité teleso. Vo fyzikálnych vzťahoch popíšte jednotlivé fyzikálne veličiny a uveďte ich príslušné fyzikálne jednotky.

Coulombov zákon

smer elektrickej sily:



Prostredie medzi bodovými nábojmi je vákuum.

Veľkosť elektrostatickej sily medzi dvoma bodovými nábojmi:

$$\boxed{F_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|Q_1||Q_2|}{r^2}}$$

jednotka $[Q]$ = 1C (coulomb)

$\varepsilon_0 = 8{,}854.10^{-12}\ C^2.N^{-1}.m^{-2}$

(ε_0 = permitivita vákua)

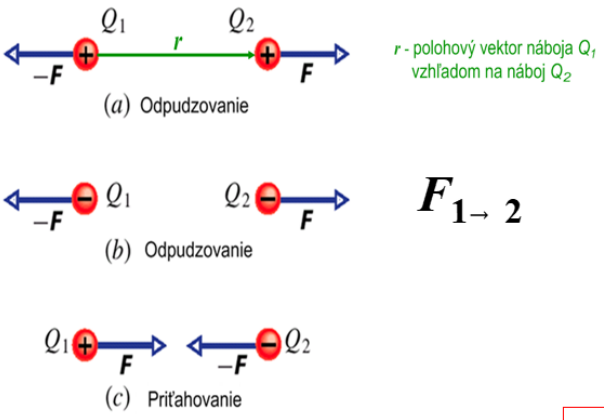
Veľkosť elektrickej sily F_e je priamo úmerná súčinu bodových nábojov Q_1, Q_2 a nepriamo úmerná druhej mocnine ich vzdialenosti.

Coulombov zákon

Smer elektrickej sily:

Prostredie medzi bodovými nábojmi je iné ako vákuum.

$\boldsymbol{F}_{2\to 1}$



$\boldsymbol{F}_{1\to 2}$

Elektrická sila medzi dvoma bodovými nábojmi:

$$\boxed{\boldsymbol{F}_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\frac{Q_1 Q_2}{r^3}\boldsymbol{r}}$$

$$\boxed{\boldsymbol{F}_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{Q_1 Q_2}{r^3}\boldsymbol{r}}$$

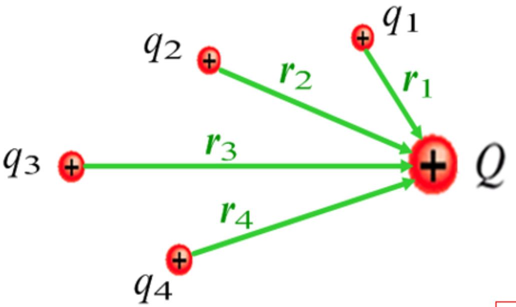
$$\boxed{\varepsilon = \varepsilon_0\varepsilon_r}$$

(ε_0 = permitivita vákua)

(ε_r = relatívna permitivita prostredia)

(ε = permitivita prostredia)

Coulombov zákon pre sústavu bodových nábojov



$$\boldsymbol{F}_{e1} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 Q}{r_1^3}\boldsymbol{r}_1$$

$$\boldsymbol{F}_{e2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_2 Q}{r_2^3}\boldsymbol{r}_2$$

$$\boldsymbol{F}_{e3} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_3 Q}{r_3^3}\boldsymbol{r}_3$$

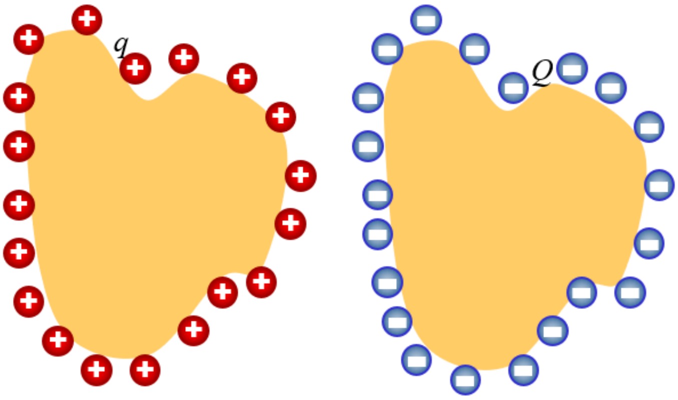
$$\boldsymbol{F}_{e4} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_4 Q}{r_4^3}\boldsymbol{r}_4$$

$$\boxed{\boldsymbol{F}_e = \sum_{i=1}^{n} \boldsymbol{F}_{e_i}}$$

Ak chceme vedieť, aká výsledná elektrická sila pôsobí na bodový náboj Q, vektorovo spočítame jednotlivé elektrické sily, ktorými jednotlivé náboje pôsobia na bodový náboj Q,

Coulombov zákon pre elektricky nabité telesá

1. elektricky nabité teleso **2. elektricky nabité teleso**



Vypočítali by sme $\mathrm{d}\boldsymbol{F}_e$ pre malé elementy nábojov $\mathrm{d}q$ a $\mathrm{d}Q$, ktoré sa nachádzajú v malom objeme $\mathrm{d}V$.

Následne by sme urobili integráciu cez celé telesá:

$$\boxed{\boldsymbol{F}_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \int_{(q)} \int_{(Q)} \frac{\boldsymbol{r}}{r^3} \mathrm{d}q \mathrm{d}Q}$$

Coulombov zákon pre elektricky nabité telesá

Vo fyzikálnych vzťahoch popíšte jednotlivé fyzikálne veličiny a uveďte ich príslušné fyzikálne jednotky:

$\mathbf{F_e}$ – el. sila [???]

Q_1,Q_2 – el. náboje [C- Culomb]

4πε – konštanta

(ε_0 = permitivita vákua = $8{,}854.10^{-12}$ $C^2.N^{-1}.m^{-2}$)

(ε_r = relatívna permitivita prostredia)

(ε = permitivita prostredia)

r – vzdialenosť medzi nábojmi [m]

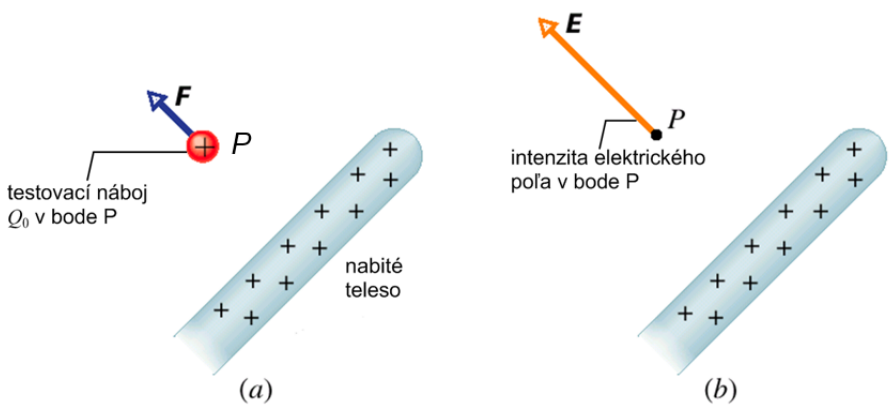
43. Zadefinujte a napíšte vzťahy pre intenzitu a potenciál elektrostatického poľa bodového náboja, resp. sústavy bodových nábojov. Vo fyzikálnych vzťahoch popíšte jednotlivé fyzikálne veličiny a uveďte ich príslušné fyzikálne jednotky.

Intenzita elektrického poľa alebo **elektrická intenzita** je fyzikálna veličina vyjadrujúca veľkosť a smer elektrického poľa. Je definovaná ako elektrická sila pôsobiaca na teleso s kladným jednotkovým elektrickým nábojom. Označuje sa ***E***.

Základná jednotka: volt na meter, skratka $V.m^{-1}$

Ďalšia jednotka: newton na coulomb, skratka $N.C^{-1}$

Elektrostatické pole   Ako ho popíšeme?



$$\boxed{E = \frac{F_e}{Q_0}}$$ → **Intenzita elektrického poľa**

↓

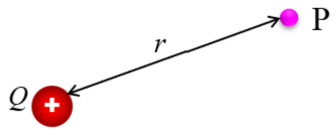
Sila pôsobiaca v danom mieste na bodový jednotkový náboj

jednotka $[E]$ = 1N.C^{-1} (newton na coulomb)

Elektrický potenciál Je to skalárna veličina. Je určený praácou ktorú konajú vonkajšie sily aby premiestnili jednotkový kladný náboj +1 C z miesta s 0 potenciálom do daného miesta. 0 potenciál je v nekončne. Ak chceme premiestniť +1 C musíme vonkajšímy silamy prekonať elektrické sily ktoré sa nachádzajú v el. poli

Potenciál elektrostatického poľa

Potenciál elektrostatického poľa φ je skalárna veličina



r - vzdialenosť miesta, v ktorom chceme potenciál elektrostatického poľa počítať

$$\boxed{\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|Q|}{r}}$$

jednotka $[\varphi]$ = 1V (volt)

$$\boxed{E = -\,\mathrm{grad}\,\varphi}$$

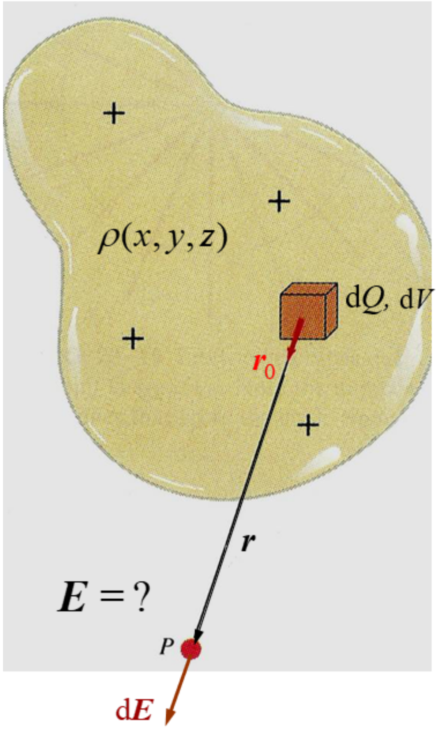
$$E = -\,\mathrm{grad}\varphi = -\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\boldsymbol{i} + \frac{\partial\varphi}{\partial y}\boldsymbol{j} + \frac{\partial\varphi}{\partial z}\boldsymbol{k}\right), \qquad \varphi = (x, y, z)$$

44. Uveďte, ako sa určí elektrické pole (intenzita a potenciál) v prípade, že sa jedná o nabité teleso. Vo fyzikálnych vzťahoch popíšte jednotlivé fyzikálne veličiny a uveďte ich príslušné fyzikálne jednotky.

Na charakterizovanie elektrostatického poľa potrebujem poznať veličiny:

F_e – el. sila ,**E** – intezita el. pola, **φ** – potenciál el. pola, **E_p** – energia potenciálu

Aký je potenciál elektrostatického poľa v mieste P?



Z telesa vytvoríme malé bodové náboje.

$$\mathrm{d}\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\mathrm{d}Q}{r}$$

$\mathrm{d}Q$ - nekonečne malý (elementárny) náboj

$\mathrm{d}\varphi$ – nekonečne malý potenciál, ktorý vytvoril elementárny náboj

$\mathrm{d}Q = \frac{Q}{V}\mathrm{d}V$ - malý element náboja, ktorý sa nachádza v malom objeme

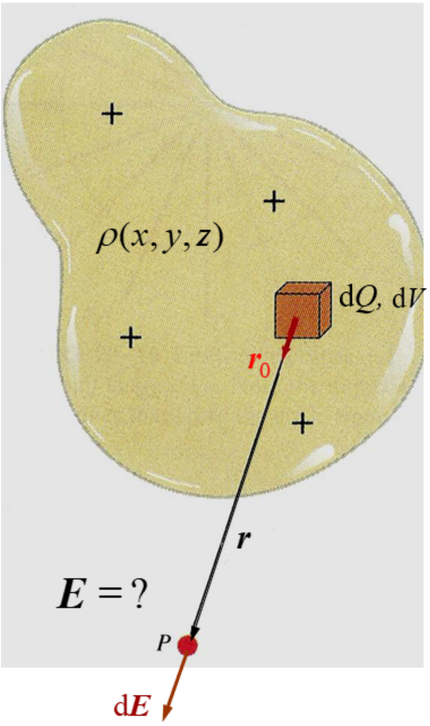
Pre malý element náboja: $\mathrm{d}\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\mathrm{d}Q}{r}$

Pre celé teleso - princíp superpozície:

$$\varphi = \int_Q \mathrm{d}\varphi = \int_Q \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\mathrm{d}Q}{r} =$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int_Q \frac{1}{r}\mathrm{d}Q = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int_V \frac{1}{r}\frac{Q}{V}\mathrm{d}V$$

Aká je intenzita elektrostatického poľa v mieste P?



Ak poznáme potenciál φ, tak intenzitu vypočítame ako:

$$\boxed{\boldsymbol{E} = -\,\mathrm{grad}\,\varphi}$$

Ak nepoznáme potenciál φ, môžeme postupovať nasledovne:

Pre malý element náboja: $\mathrm{d}\boldsymbol{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\mathrm{d}Q}{r^3}\boldsymbol{r}$

Pre celé teleso - princíp superpozície:

$$\boldsymbol{E} = \int_Q \mathrm{d}\boldsymbol{E} = \int_Q \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\mathrm{d}Q}{r^3}\boldsymbol{r} =$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int_Q \frac{\boldsymbol{r}}{r^3}\mathrm{d}Q = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int_V \frac{\boldsymbol{r}}{r^3}\frac{Q}{V}\mathrm{d}V$$

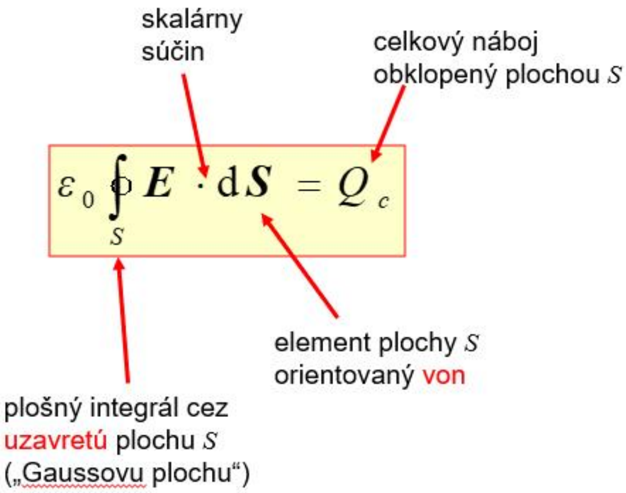
Na jednotku objemu pripadá hustota náboja $\mathrm{d}Q = \frac{Q}{V}\mathrm{d}V.$

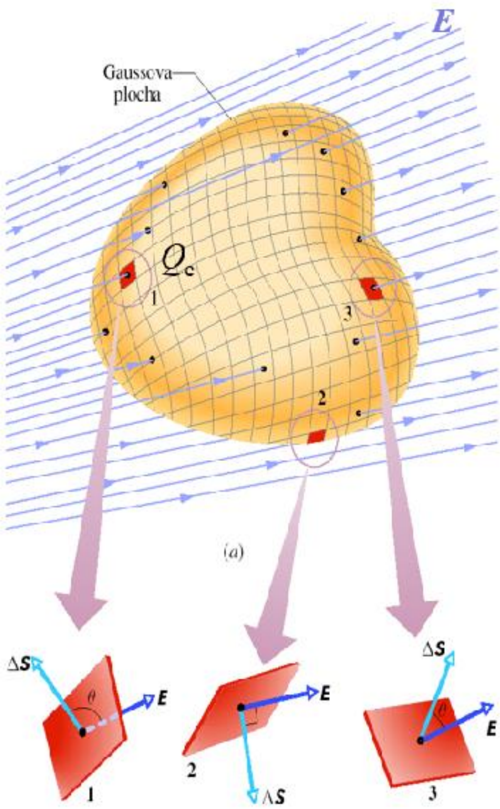
45. Vysvetlite Gaussov zákon pre náboje umiestnené vo vákuu. Vo fyzikálnych vzťahoch popíšte jednotlivé fyzikálne veličiny a uveďte ich príslušné fyzikálne jednotky.

Gaussov zákon Je to tok vektora intenzity elektrického poľa cez ľubovoľne uzavretú plochu. Je určený pomerom celkového náboja Q uzavretého vo vnútri plochy a el. permeabilitou vákou.

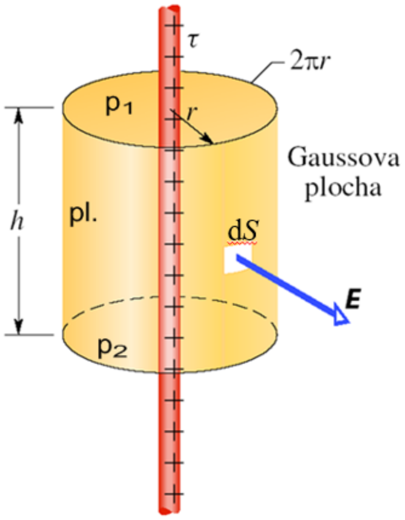
$$\Phi_E = \boldsymbol{E}\oint_S \mathrm{d}\boldsymbol{S} = ES = \frac{Q_c}{\varepsilon_0}$$

Tok Φ_E vektora intenzity elektrického poľa *E*.





46. Pomocou Gaussovho zákona určte intenzitu elektrického poľa v objeme nabitého vodiča v ustálenom stave a na povrchu vodiča. Vysvetlite význam Coulombovej vety. Vo fyzikálnych vzťahoch popíšte jednotlivé fyzikálne veličiny a uveďte ich príslušné fyzikálne jednotky.



$$\Phi = \oint_S \boldsymbol{E} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

$$\int_{Sp1} \boldsymbol{E} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} + \int_{Sp2} \boldsymbol{E} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} + \int_{Spl} \boldsymbol{E} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

$$0 + 0 + \int_{Spl} E \cos(0°)\mathrm{d}S = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

$$E \int_{Spl} \mathrm{d}S = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

$$ES = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

$$E 2\pi r h = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

$$E = \frac{Q}{2\pi r \varepsilon_0 h} = \frac{\tau}{2\pi r \varepsilon_0}$$

$2\pi r$ = *obvod kružnice*

$2\pi rh$ = *plocha plášťa*

Φ – tok intenzity elektrického poľa[]
E – intenzita elektrického poľa [$V.m^{-1}$]
Q – el. náboj [C]
ε_0 – primitivita vákua

Coulombova veta: Elektrická intenzita nad povrchom vodiča je kolmá na povrch vodiča a úmerná plošnej hustote náboja. Konštanta úmernosti je prevrátená hodnota elektrickej konštanty (permitivity vákua).

Coulombova veta, ktorú odvodíme z **Gaussovej vety**.
Zvoľme si uzatvorenú plochu, ktorú tvorí povrch malého valčeka.
Tento valček umiestnime do skúmaného poľa tak, že jednou podstavou leží vo vodivom telese a druhá je nad vodičom.
Jeho výšku voľme veľmi malú, plochu podstavy voľme takú malú, aby v každom jej bode bola intenzita poľa rovnaká.
Potom tok intenzity elektrického poľa je nenulový len cez podstavu z vonkajšej strany telesa (vo vnútri je intenzita nulová, na stene vektor intenzity leží v ploche steny preto $\boldsymbol{E} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} = 0$):

$$\oint_S \boldsymbol{E} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} = \int_{podstava} \boldsymbol{E} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} = ES$$

Náboj uzatvorený v objeme valčeka je rozložený na povrchu časti plochy telesa:

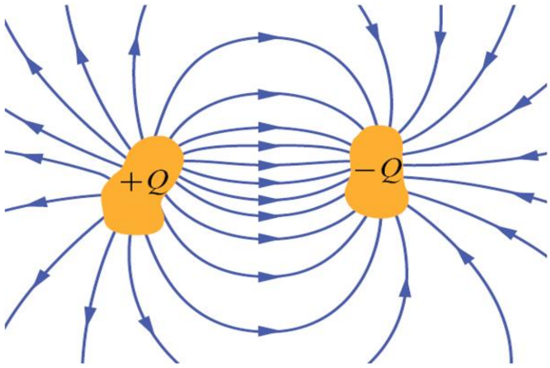
$$\int \mathrm{d}Q = \int_S \sigma \mathrm{d}S = \sigma S$$

Po dosadení do Gaussovej vety intenzita na povrchu vodiča v mieste s plošnou hustotou náboja σ je:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

47. Vysvetlite pojem kondenzátor. Definujte kapacitu kondenzátora. Vo fyzikálnych vzťahoch popíšte jednotlivé fyzikálne veličiny a uveďte ich príslušné fyzikálne jednotky.

Kondenzátor je systém dvoch vodičov (elektród) oddelených dielektrikom.
Po nabití kondenzátora je jeden vodič nabitý kladným voľným nábojom $+Q$, druhý je nabitý záporným voľným nábojom $-Q$.



Elektrická kapacita kondenzátora je podiel jeho kladného voľného náboja Q na kladne nabitej elektróde a napätia U medzi kladne nabitou a záporne nabitou elektródou:

$$\boxed{C = \frac{Q}{U}} \qquad (15)$$

C – kapacita kondezátora (F - farad)

Q- náboj (C- Culomb)

U – napätie (V – volt)

48. Objasnite, čo rozumieme pod pojmom dielektrikum kondenzátora. Vysvetlite jav, ktorý sa nazýva polarizácia dielektrika. Vysvetlite, ako závisí kapacita kondenzátora od dielektrika nachádzajúceho sa medzi jeho elektródami.

- Pod pojmom dielektrikum, alebo izolant, rozumieme elektricky nevodivé prostredie.

- **Dielektriká** - obsahujú rovnako ako vodiče veľké množstvo nabitých častíc, v prevažnej miere sú to však len neutrálne molekuly s rovnako veľkými nábojmi s opačným znamienkom, pole od ktorých sa v makroskopickom objeme ruší.

- Platí to ale len pri rovnomernom rozložení nábojov.

- Dielektriká sa javia ako **elektricky neutrálne**.

- Dielektriká sú zložené z neutrálnych molekúl, ktoré môžu byť polárne alebo nepolárne.

Dielektrikum
- **polárne -** dipóly obsahujú aj bez prítomnosti vonkajšieho poľa
- **nepolárne -** bez vonkajšieho poľa nevznikajú dipóly

Dielektrické vlastnosti majú aj iónové kryštály.

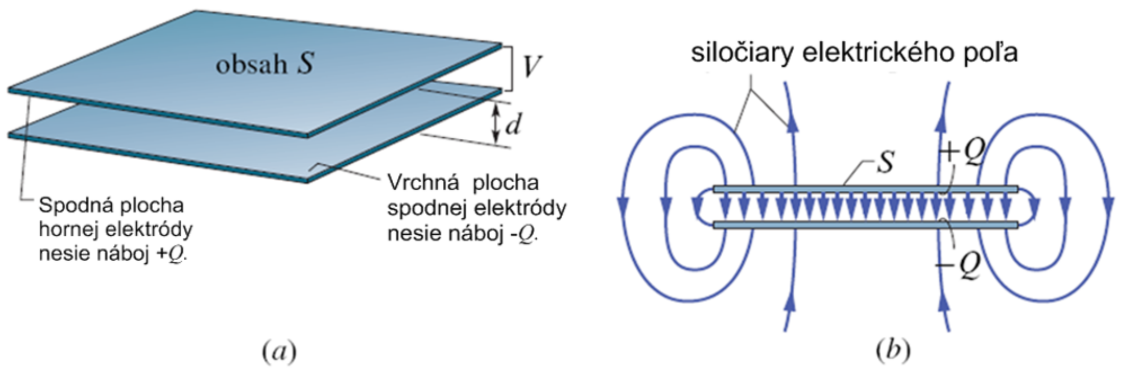
Polarizacia diaelektrika

I veľmi malé posunutie náboja sa vzhľadom na jeho množstvo môže prejaviť poruchou vzájomnej kompenzácie polí vytvorených nábojmi opačného znamienka a výsledné elektrostatické pole od týchto nábojov už nebude nulové.

Tento proces sa nazýva **polarizácia dielektrika**.

49. Popíšte doskový kondenzátor a odvoďte vzťah pre výpočet jeho kapacity. Vo fyzikálnom vzťahu popíšte jednotlivé fyzikálne veličiny a uveďte ich príslušné fyzikálne jednotky.

Doskový kondenzátor

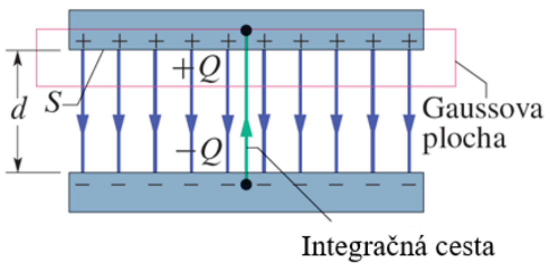


(a) Doskový kondenzátor tvoria dve rovinné elektródy vo vzdialenosti d, každá má obsah S.
Na priľahlých plochách nesú elektródy rovnako veľké elektrické náboje Q s navzájom opačnými znamienkami.

(b) Elektrické pole v priestore medzi elektródami doskového kondenzátora je homogénne. Takéto pole zobrazujeme rovnobežnými a rovnako hustými siločiarami.
Zakrivené siločiary pri okraji elektród znázorňujú nehomogénne elektrické pole.

Predstavme si nabitý doskový (rovinný) kondenzátor tvorený rovnobežnými vodivými elektródami tvaru rovnakých dosiek určitej hrúbky vo vzdialenosti d od seba.

Voľné náboje opačného znamienka sú lokalizované na priľahlých stenách vodivých elektród s rovnakým plošným obsahom S a v dielektriku medzi elektródami vytvárajú homogénne elektrické pole s elektrickou indukciou $\boldsymbol{D}$ a s intenzitou elektrického poľa $\boldsymbol{E}$ orientovanými od kladnej elektródy k zápornej.



Nabitý doskový kondenzátor

Nabitý doskový kondenzátor. Gaussova plocha celkom obklopuje kladne nabité elektródy.

$$\boxed{C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}}$$

Kapacita doskového kondezátora:

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{DS}{Ed} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r ES}{Ed} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{d}$$

C – kapacita kondezátora (F-farad)

Q – kladný voľný náboj (C-culomb)

U – el. napätie (V-volt)

D – elektrická indukcia (coulomb na meter štvorcový, značka jednotky: $C \cdot m^{-2}$)

S – plošný obsah elektród (m^2)

E – intenzita elektrického poľa (volt na meter, skratka $V.m^{-1}$)

d – vzdialenosť dosiek kondezátora (???)

ε_0 – permitivita vákua ($8{,}854187.10^{-12}$ $F.m^{-1}$)

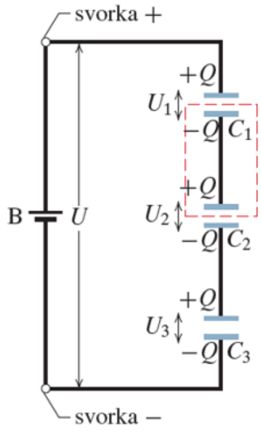
ε_r – relatívna permitivita (konštanta tab. Hodnota)

50. Napíšte vzťahy pre určenie výslednej kapacity sústavy kondenzátorov zapojených do série a sústavy kondenzátorov zapojených paralelne. Uveďte, čím sú jednotlivé zapojenia charakteristické. Veličiny vo vzťahoch jednoznačne popíšte. Využívajte obrázky a správne priraďte jednotky.

Pri sériovom zapojení kondenzátorov sa kondenzátory nabíjajú rovnakým nábojom Q a výsledné napätie U je súčtom napätí na jednotlivých kondenzátoroch.

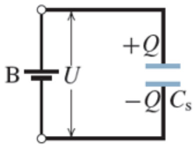
Po úprave dostaneme, že prevrátená hodnota výslednej elektrickej kapacity sériového zapojenia sa rovná súčtu prevrátených hodnôt elektrických kapacít jednotlivých kondenzátorov:

$$\boxed{U = \sum_k U_k \quad \Rightarrow \quad \frac{Q}{C} = \sum_k \frac{Q}{C_k} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{C} = \sum_k \frac{1}{C_k}} \qquad (24)$$



(a)

(a) Tri kondenzátory zapojené sériovo k batérii B. Batéria udržuje napätie U medzi krajnými svorkami tejto sériovej kombinácie



(b)

(b) Výsledná kapacita kondenzátora C_s nahrádza sériovú kombináciu.

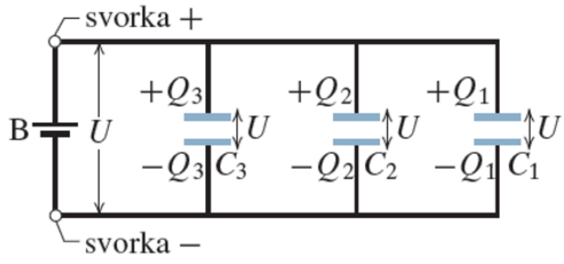
$$\frac{1}{C_s} = \sum_{j=1}^{n} \frac{1}{C_j}$$

Pri sériovom zapojení kondenzátorov sa kondenzátory nabíjajú rovnakým nábojom Q a výsledné napätie U je súčtom napätí na jednotlivých kondenzátoroch.

Pri paralelnom zapojení kondenzátorov sa kondenzátory nabíjajú na rovnaké napätie U a výsledný elektrický náboj Q je súčtom elektrických nábojov na jednotlivých kondenzátoroch.

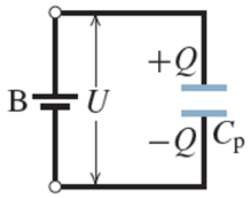
Po úprave dostaneme, že výsledná elektrická kapacita paralelného zapojenia sa rovná súčtu elektrických kapacít jednotlivých kondenzátorov:

$$\boxed{Q = \sum_k Q_k \quad \Rightarrow \quad CU = \sum_k C_k U \quad \Rightarrow \quad C = \sum_k C_k} \qquad (25)$$



(a)

(a) Tri kondenzátory zapojené paralelne k batérii B. Batéria udržuje na svojich svorkách a na každom kondenzátore napätie U.



(b)

(b) Výsledná (ekvivalentná) kapacita kondenzátora C_p nahrádza kapacitu paralelnej kombinácie.

$$C_p = \sum_{j=1}^{n} C_j$$

Pri paralelnom zapojení kondenzátorov je napätie na celej skupine kondenzátorov rovnaké ako napätie na každom z nich.