

Fizika A2

Alapkérdések

Összeállította: Dr. Pipek János, Dr. Szunyogh László

2011. február 5.

Elektrosztatika

- Írja fel a légtelen térben egymástól r távolságban elhelyezett Q_1 és Q_2 pontszerű pozitív töltések között ható elektrosztatikai erőt!

$$\mathbf{F}_{12} = k_e \frac{Q_1 Q_2}{r_{12}^2} \cdot \frac{\mathbf{r}_{12}}{r_{12}},$$

ahol \mathbf{F}_{12} a Q_1 töltés által a Q_2 -re kifejtett erő, \mathbf{r}_{12} a Q_1 töltésből a Q_2 -be mutató vektor. ($k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, ahol ϵ_0 a vákuum permittivitása)

- Adja meg az elektromos tér \mathbf{E} térerősségének definícióját!
Ha a kérdéses pontba helyezett kicsi (de nem nulla) Q_p próbatöltésre ható erő \mathbf{F} , akkor az elektromos térerősség $\mathbf{E} = \mathbf{F}/Q_p$.
- Mekkora és milyen irányú erő hat az \mathbf{E} térerősségű sztatikus elektromos térbe helyezett Q töltésre?

$$\mathbf{F} = Q\mathbf{E}$$

- Adja meg az erővonal definícióját elektromos tér esetében!
Az erővonalak végtelen sűrűn elhelyezkedő képzeletbeli vonalak, érintőjük minden pontban párhuzamos és egyirányú az adott pontban érvényes térerősségvektorral; az erővonalak sűrűsége arányos a adott pontbeli térerősség nagyságával.
- Adja meg az elektromos tér erővonal sűrűségének definícióját!
lásd fent
- Adja meg a Φ_E elektromos térerősség-fluxus definícióját!

$$\Phi_E = \int_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A},$$

ahol a felületi integrált a kérdéses \mathcal{S} felületre kell elvégezni.

- Adja meg az elektrosztatika Gauss-törvényét diszkrét, pontszerű töltések esetére (vákuumban)!

$$\oint_S \mathbf{E} \, d\mathbf{A} = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum Q,$$

ahol a bal oldali felületi integrált egy \mathcal{S} zárt felületre kell elvégezni, ε_0 a vákuum permittivitása, az egyenlet jobb oldalán az \mathcal{S} felület által bezárt töltéseket kell összegezni.

- Mi az elektromos potenciál?

Egy A pont elektromos potenciálján az

$$U_A = - \int_0^A \mathbf{E} \, ds$$

vonaltintegrál értékét értjük, ahol a 0-val jelölt pont egy szabadon kitérített 0 potenciálú viszonyítási pont. (Leggyakrabban a végtelen távoli pontot, vagy a földelési pontot választják 0 potenciálúnak.)

- Mit nevezünk ekvipotenciális felületnek?

Ha egy felület minden pontja egyenlő potenciálú, akkor a felületet *ekvipotenciális felületnek* nevezzük.

- Mi a feszültség definíciója?

Az A pontnak a B ponthoz viszonyított feszültsége: $U_{AB} = U_A - U_B$, ahol U_A és U_B rendre az A és B pontok potenciálja.

- Mit ért egy vezető anyagból készült, környezetétől szigetelt, tetszőleges alakú test kapacitá-sán?

A potenciál definíciójából és a szuperpozíció törvényéből következik, hogy ugyanolyan körülmények között egy vezető testre felvitt töltés arányos a test potenciáljával. Az arányossági tényezőt a test *kapacitásának* nevezzük.

- Mekkora töltésmennyiség halmozódik fel C kapacitású kondenzátorban U feszültség hatására?

$$Q = C \cdot U$$

- Mekkora a sorosan kapcsolt C_1 és C_2 kapacitású kondenzátorok eredő kapacitása?

$$C_{\text{eredő}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}}$$

- Mekkora a párhuzamosan kapcsolt C_1 és C_2 kapacitású kondenzátorok eredő kapacitása?

$$C_{\text{eredő}} = C_1 + C_2$$

- Mekkora a C kapacitású, U feszültségre feltöltött kondenzátor által tárolt energia!

$$\frac{1}{2}CU^2$$

- Írja fel a Gauss-törvényt anyag (dielektrikum) jelenlétében!

$$\oint_S \mathbf{D} \, d\mathbf{A} = \sum Q_{sz},$$

ahol a bal oldali felületi integrált egy \mathcal{S} zárt felületre kell elvégezni, \mathbf{D} az elektromos eltolásvektor, az egyenlet jobb oldalán az \mathcal{S} felület által bezárt szabad töltéseket kell összegezni.

- Hogyan változik meg egy síkkondenzátor kapacitása, ha a lemezei között ε_r relatív permittivitású anyag (dielektrikum) található, ahhoz képest, mint amikor ott vákuum volt?

ε_r -szeresére.

- Miként változik meg a kondenzátor U feszültsége akkor, ha vákuum helyett ε_r relatív dielektromos állandójú anyaggal (dielektrikummal) töltjük ki a fegyverzetek közötti teret, és a fegyverzeteken a Q töltés értéke állandó marad?

$1/\varepsilon_r$ -szeresére.

- Adja meg az elektromos tér energiasűrűségének kifejezését anyag jelenlétében!

Ha az anyag lineáris dielektrikum, akkor az elektromos tér energiasűrűsége $\frac{1}{2}\mathbf{E} \cdot \mathbf{D}$, ahol \mathbf{E} a térerősségvektor, \mathbf{D} az elektromos eltolásvektor, és a \cdot skalárszorzatot jelent.

Stacionárius áramok

- Mi a stacionárius töltésáramlás oka a vezetőkben?

A vezetőre kapcsolt elektromos tér által a fémes kötésben résztvevő (szabad) elektronokra kifejtett erő.

- Mit az elektromos áramerősség definíciója?

Ha egy vezető keresztmetszetén Δt idő alatt ΔQ töltés halad át, akkor az áramerősség:

$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t}.$$

- Mi az elektromos áramsűrűség definíciója?

Ha egy vezető ΔA keresztmetszetű részén ΔI áram folyik át, akkor ott az áramsűrűség:

$$J = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta I}{\Delta A}.$$

- Mi az összefüggés a töltéshordozók n sűrűsége, q töltése, \mathbf{v}_d driftsebessége és az áramsűrűség között?

$$\mathbf{J} = nq\mathbf{v}_d$$

- Mit mond ki Ohm törvénye?

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E},$$

ahol \mathbf{J} az \mathbf{E} térerősség hatására meginduló áramsűrűség, σ a vezető fajlagos vezetőképessége.

- Definiálja egy tetszőleges vezető rendszer R elektromos ellenállását!

Ha a vezető rendszer két pontjára U feszültséget kapcsolva I áram folyik át rajta, akkor az ellenállása $R = \frac{U}{I}$.

- Mi a fajlagos ellenállás?

$\rho = 1/\sigma$, ahol σ a fajlagos vezetőképesség.

- Hogyan határozható meg az ℓ hosszúságú, A keresztmetszetű, homogén anyageloszlású, ρ fajlagos ellenállású vezető huzal ellenállása?

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

- Írja fel az U feszültségű, I árammal átjárt fogyasztón fellépő elektromos teljesítmény kiszámítására szolgáló összefüggést!

$$P = UI$$

- Mit mond ki Kirchhoff csomóponti törvénye?

$$\sum I_{\text{be}} = \sum I_{\text{ki}},$$

azaz egy csomópontba be- illetve kilépő áramok összege megegyezik.

- Mit mond ki Kirchhoff huroktörvénye?

$$\sum_i I_i R_i + \sum_i U_i = 0,$$

ahol I_i jelöli az i -edik, R_i ellenállású ellenálláson átfolyó áramot, U_i az i -edik telep kapcsolásfeszültsége, ill. mindkét összegzést a megfelelő előjelkonvenciók és a választott körüljárási irányoknak megfelelően előjelhelyesen kell felírni.

Magnetostatika

- Adja meg a \mathbf{B} mágneses indukcióvektor definícióját az erőhatáson keresztül!

Egy kicsi (de nem nulla) Q_p próbatöltésre, mely \mathbf{v} sebességgel mozog, a mágneses mező $\mathbf{F} = Q_p \mathbf{v} \times \mathbf{B}$ erővel hat. A képletben szereplő \mathbf{B} mennyiséget *mágneses indukcióvektornak* nevezzük.

- Definiálja a Φ_m mágneses fluxust!

$$\Phi_m = \int_S \mathbf{B} \, d\mathbf{A},$$

ahol a felületi integrált a kérdéses \mathcal{S} felületre kell elvégezni.

- Írja fel a mágneses térerősség és a mágneses indukcióvektor közötti összefüggést vákuumra és anyag esetére!

Vákuumban:

$$\mathbf{H} = \frac{\mathbf{B}}{\mu_0}.$$

Ún. lineáris anyagokban:

$$\mathbf{H} = \frac{\mathbf{B}}{\mu_r \mu_0},$$

ahol μ_0 jelöli a vákuum permeabilitását, μ_r pedig az adott anyag relatív permeabilitását.

- Írja fel a gerjesztési (Ampère) törvényt!

$$\oint_{\partial\mathcal{S}} \mathbf{B} \, ds = \mu_0 \sum_S I,$$

ahol a jobb oldalon az \mathcal{S} felületet átdőfő áramokat összegezzük, a bal oldalon szereplő vonalintegrált az \mathcal{S} felület $\partial\mathcal{S}$ -sel jelölt határán kell elvégezni egyszer körüljárva és úgy irányítva, hogy a pozitív áram és a görbe irányítása jobbrendszert alkosson.

- Adja meg a mágneses térerősséget egy egyenáramtól átjárt végtelen hosszú egyenes vezető környezetében!

Ha a végtelen hosszúnak tekintett egyenes vezetékben I_0 áram folyik, akkor a vezetéktől r távolságra a mágneses térerősség nagysága:

$$H = \frac{I_0}{2\pi r}.$$

- Írja fel a Lorentz-erőt mágneses térben!

$$\mathbf{F} = q \mathbf{v} \times \mathbf{B},$$

ahol q jelöli a mozgó pont töltését, \mathbf{v} a sebességét, \mathbf{B} a mágneses indukcióvektor, a \times pedig vektoriális szorzatot jelöl.

- Határozza meg két, áramtól átjárt, egymással párhuzamos, végtelen hosszú egyenes vezető közötti erőhatást!

I_1 ill. I_2 árammal átjárt, egymástól r távolságban lévő, végtelen, egyenes vezetékek ℓ hosszú darabjai között ható erő nagysága:

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 \ell}{2\pi r}.$$

- Határozza meg egy I áramtól átjárt, ℓ hosszúságú, N menetszámú szolenoid tekercs belsejében a mágneses indukció nagyságát!

$$B = \mu_0 \frac{N}{\ell} I$$

- Határozza meg az I áramtól átjárt N menetszámú toroid tekercs belsejében a mágneses indukció nagyságát a középponttól mért r távolság függvényében!

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi r}$$

- Ismertesse a mozgási indukció jelenségét!

Ha egy kiterjedt fémtárgyat (vezeték) mágneses térben mozgatunk, akkor a vezetési elektronokra ható Lorentz-erő miatt (részben) szétválnak a töltések. A szétválás addig tart, amíg a felépülő elektrosztatikus tér által kifejtett erő pont kiegyenlíti a mágneses Lorentz-erőt.

Időben változó elektromos és mágneses tér

- Írja le a nyugalmi indukció jelenségét!

Ha egy zárt vezetőhurok által körülölelt térrészben a mágneses fluxus változik, a hurokban áram indukálódik.

- Írja föl Faraday indukciós törvényét!

$$\oint \mathbf{E} \, ds = - \frac{d\Phi_m}{dt},$$

vagyis a vezetőhurok mentén számított elektromos örvényerősség a hurok által körülölelt mágneses indukciófluxus időderiváltjának mínusz egyszeresével egyezik meg.

- Definiálja az L önindukciós tényezőt!

Ha egy tekercsben változik az áram, akkor az önindukció miatt az áram időderiváltjával arányos feszültség indukálódik benne. Az arányossági tényezőt *önindukciós tényezőnek* nevezzük.

- Értelmezze az L_{12} kölcsönös indukciós tényezőt! Mi az összefüggés az L_{12} és L_{21} kölcsönös indukciós tényezők között?

Ha U_{2i} -vel jelöljük a 2-es tekercsben indukálódott feszültséget, miközben az 1-es tekercsben I_1 áram folyik, akkor a *kölcsönös indukciós tényező* az alábbi egyenlet arányossági tényezője:

$$U_{2i} = L_{12} \frac{dI_1}{dt}.$$

$L_{12} = L_{21}$, ha a tekercsekben nincsenek ferromágneses anyagok.

- Hogyan módosul a gerjesztési törvény anyag jelenlétében?

Anyag jelenlétében az Ampère-féle gerjesztési törvény alakja:

$$\oint_{\partial \mathcal{S}} \mathbf{H} \, ds = \sum_S I,$$

ahol a jobb oldalon az \mathcal{S} felületet átdőfő áramokat összegezzük, a bal oldalon szereplő vonalintegrált az \mathcal{S} felület $\partial \mathcal{S}$ -sel jelölt határán kell elvégezni egyszer körüljárva és úgy irányítva, hogy a pozitív áram és a görbe irányítása jobbrszert alkosson.

- Határozza egy I áramtól átjárt, ℓ hosszúságú, A keresztmetszetű, N menetszámú, μ_r relatív permeabilitású anyaggal töltött szolenoid tekercs Φ_m tekercsfluxusát!

$$\Phi_m = \mu_0 \mu_r \frac{NA}{\ell} I$$

- Határozza meg egy l hosszúságú, N menetszámú, A keresztmetszetű, μ_r relatív permeabilitású anyaggal töltött szolenoid tekercs L önindukciós tényezőjét!

$$L = \frac{\mu_0 \mu_r N^2 A}{\ell}$$

- Milyen kapcsolatot ismer a \mathbf{D} elektromos eltolásvektor Φ_D fluxusának időbeli változása és az általa létesített \mathbf{H} mágneses térerősség között?

Ha a térben az áramok mellett változó elektromos tér is jelen van, akkor az Ampère-féle gerjesztési törvény az alábbiak szerint egészül ki:

$$\oint_{\partial \mathcal{S}} \mathbf{H} \, ds = \sum_S I + \frac{d\Phi_D}{dt},$$

ahol az utolsó tagban Φ_D az elektromos eltolásvektor \mathcal{S} felületre számított fluxusa. Az utolsó tagot *eltolási áramnak* nevezzük.

- Mekkora az L önindukciós tényezőjű, I áramtól átjárt tekercs mágneses térben felhalmozott energia?

$$\frac{1}{2} LI^2$$

- Adja meg a mágneses tér energiasűrűségének kifejezését anyag jelenlétében!

Ha az anyag lineáris ferro-, vagy paramágnes, (vagy vákuum) akkor a mágneses tér energiasűrűsége $\frac{1}{2} \mathbf{B} \cdot \mathbf{H}$, ahol \mathbf{B} az indukcióvektor, \mathbf{H} a mágneses térerősségvektor, és a \cdot skalárszorzatot jelent.