

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI

NAVOIY KON METALLURGIYA KOMBINATI

NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI

REFERAT

Navoiy – 2013

ELEKTROSTATIK MAYDONDAGI O'TKAZGICH

Reja:

1. Elektrostatik maydonda joylashgan o'tkazgichlar
2. Yakkalangan o'tkazgich elektr sig'imi.
3. Kondensator va uning elektr sig'imi
4. Elektrostatik maydon energiyasi va uning hajmiy zichligi

Elektr maydonida o'tkazgichlar

Tarkibida erkin zaryadlari bo'lgan, elektr zaryadini yengil ko'chiradigan moddalar o'tkazgichlar deb ataladi. O'tkazgichlarga asosan metallar, elektrolitlar, ionlashgan gazlar misol bo'ladi.

o'tkazgichlarni zaryadlasak, berilgan zaryad uning tarkibidagi mikrozyad bilan o'zaro ta'sirlashib, shunday qayta taqsimlanadiki, metall ichida olingan har qanday nuqtada maydon kuchlanganligi nolga teng bo'ladi.

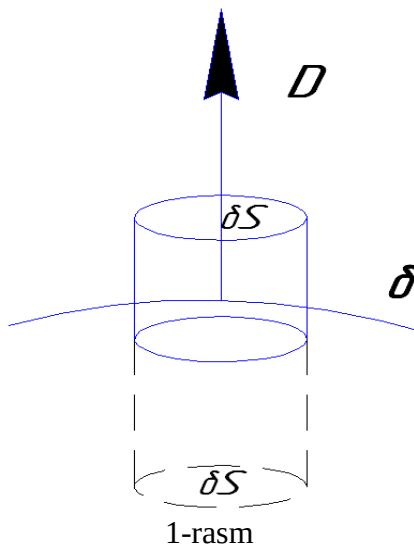
$$E_{\text{мк}}=0 \quad (1)$$

Elektr maydon potensialining gradiyentiga ko'ra:

$$E = -\frac{d\varphi}{dr}; \quad \varphi = \text{const} \quad (2)$$

Demak, o'tkazgich ichida va sirtidagi barcha nuqtalarning potentsiali bir xil bo'ladi, ya'ni o'tkazgich sirti ekvopotensial sirtidan iboratdir.

(1) va (2) ifodalar zaryadlarni metallar sirtida tekis taqsimlanish shart deb ataladi. Zaryadlarning tekis taqsimlanish shartiga ko'ra, maydon kuchlanganlik chiziqlari jism sirtida uning har bir nuqtasiga perpendikulyar bo'lishi kelib chiqadi (1-rasm).



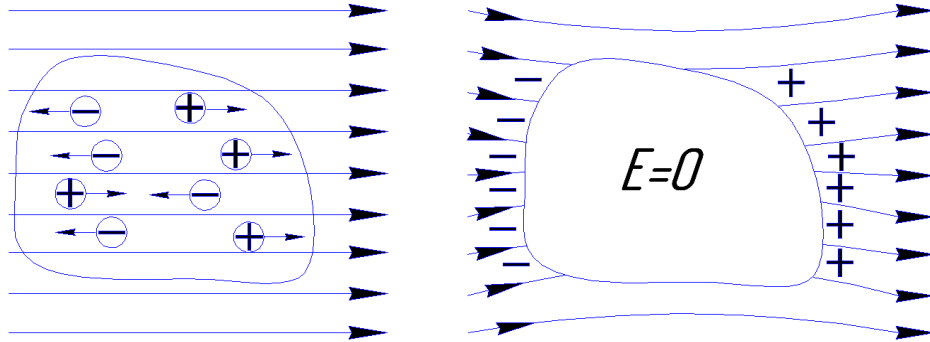
Elektr maydoniga joylashtirilgan o'tkazgichlarda, nafaqat unga uzatilgan zaryadlar, balki uning tarkibidagi mikrozyadlar ham, musbat zaryadlari maydon yo'nalishida, manfiylari esa qarama – qarshi yo'nalishda ko'chib, induksiyalangan sirt zaryadlarini vujudga keltiradi.

Bu zaryadlarning maydon kuchlanganligi ham Ostrogradskiy-Gauss teoremasiga muvofiq, zaryadning sirt zichligiga proporsional bo'ladi.

$$E^1 = \frac{\sigma^1}{\varepsilon_0} \quad (3)$$

Tashqi maydon kuchlanganligining chiziqlari induksiyalangan manfiy zaryadlarga uzatiladi va yana musbat zaryadlardan boshlanadi. Metall ichida maydon kuchlanganligi ($E=0$) bo'ladi (2-rasm). Metall tashqarisida esa:

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}^1 \quad (4)$$

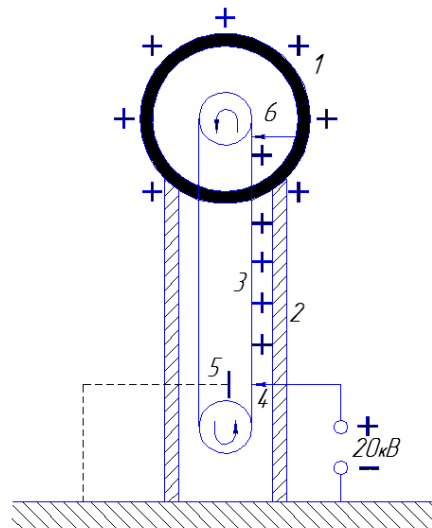


2-rasm

Metallarda zaryadning taqsimlanishida uning kovak yoki yaxlit bo'lishi muhim ahamiyatga ega emas. Zaryad faqat metalning sirti bo'ylab, (kovak va yaxlit metallda ham) birday zichlik bilan tekis taqsimlanadi.

O'tkazgichlarning bunday xususiyatidan yuqori kuchlanish manbai olishda, zaryadlarning elektrostatik generatorini yasashda, elektr kuchlaridan himoyalanishda, yashin qaytargich sifatida foydalaniladi.

Van-de-Graf (1920-y) yasagan elektrostatik generatorning tuzilishi bilan tanishamiz. Generatorning asosiy qismi konduktor deb ataladigan kovak metall shar 1-dan iborat bo'lib, izolyator ustun 2-ga o'rnatilgan. Zaryad mashinasida hosil qilingan zaryad 4-uchlik orqali rezina aralash ipak gazlamali lenta 3-ga uzatiladi. Zaryad lentadan 6-taroq orqali konduktorga o'tadi (3-rasm).



3-rasm

Konduktor zaryadi ortishi bilan uning potentsiali ham ortib boradi. Bunday generatorlar yordamida erishish mumkin bo'lgan potentsiallar ayirmasi 10^7V -gacha bo'ladi. Elektrostatik generatorlardan zaryadli zarrachalarni tezlatgichlari sifatida yadro reaksiyalarini hosil qilishda foydalaniladi.

Yakkalangan o'tkazgich elektr sig'imi

Yakkalangan o'tkazgichga q-zaryad miqdori berib zaryadlasak, uning atrofida kuchlanganligi E, potentsiali φ -bo'lgan elektr maydoni vujudga keladi. Zaryadlangan har qanday jismni nuqtaviy zaryadlar sistemasi deb qarash mumkin (4-rasm). Nuqtaviy zaryadlar sistemasi maydonining kuchlanganligi esa superpozitsiya prinsipiga ko'ra:

$$E = \sum E_1 = \int \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{dq}{r^2} \quad (1)$$

ϵ -o'tkazgich joylashgan muhitning dielektrik singdiruvchanligi

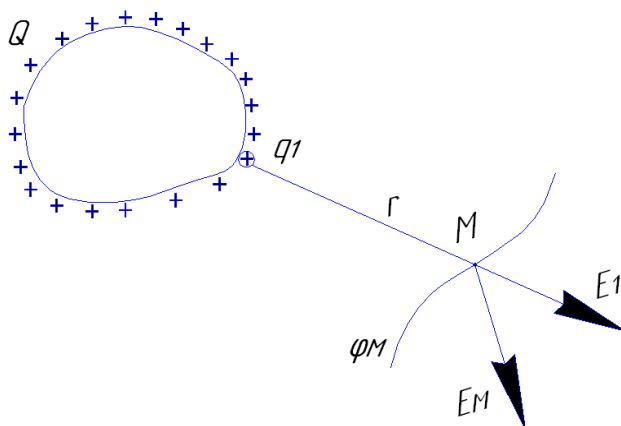
Ma'lumki, elektr maydon kuchlanganligi, teskari ishora bilan olingan potentsial gradiyentiga teng:

$$E = -\frac{d\varphi}{dr},$$

$$\varphi = -\int_{\varphi}^0 d\varphi = -\int_{\varphi}^0 E dr = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r} \quad (2)$$

Tashqi sirtlar o'zgarmaganda, zaryadlangan jism elektr maydoni potentsiali unga berilgan zaryad miqdoriga proporsionaldir.

$$\varphi \sim q \quad (3)$$



4-rasm

(3)-ga proporsionallik koeffitsiyentini kiritib:

$$\varphi = \frac{1}{C} \cdot q \quad (3^1)$$

C-proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, yakkalangan o'tkazgichning elektr sig'imi deb yuritiladi.

$$C = \frac{q}{\varphi} \quad (4)$$

o'tkazgich potentsialini bir voltga oshirish uchun unga son jihatdan qanday zaryad miqdori berilishini ko'rsatadigan kattalik elektr sig'imi deb yuritiladi.

Elektr sig'iminin birligi qilib, 1-Farada qabul qilingan.

$$1\Phi = 1 \frac{Kl}{B}$$

Bir faradani tasavvur qilish uchun yer sharining elektr sig'imini hisoblaymiz. (20 va (4) dan:

$$C = \frac{q}{q/4\pi\epsilon_0 r} = 4\pi\epsilon_0 r \quad (5)$$

$$C = 4 \cdot 3,141 \cdot 8,86 \cdot 10^{-12} \cdot 6400000 \text{ m} \approx 7 \cdot 10^{-5} \Phi \approx 700 \text{ mk}\Phi$$

(5) dan,

$$r = \frac{1\Phi}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \Phi/M} = \frac{1\Phi}{111,16 \cdot 10^{-2} \Phi/M} = 0,0090 \cdot 10^{12} \text{ m} = 9 \cdot 10^9 \text{ m} = 9 \cdot 10^6 \text{ km}$$

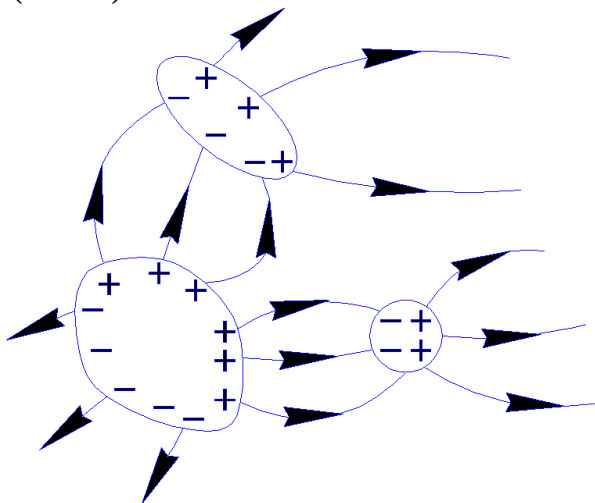
1 farada sig'imga ega bo'lish uchun, jismning radiusi esa 6400 km.

Bundan ko'rinib turibdiki, bir farada juda katta o'lchov birligi bo'lib shu tufayli amalda faradaning ulushli birliklari $10^{-6}\Phi = 1\text{mk}\Phi$ $10^{-9}\Phi = 1\text{n}\Phi$ $10^{-12}\Phi = 1\text{p}\Phi$ – qo'llaniladi.

Kondensatorlar

Tajribalar ko'rsatishicha, yakka langan o'tkazgichning elektr sig'imi jism shakli, uning o'lchami va u joylashgan muhit xossalariga bog'liq bo'ladi.

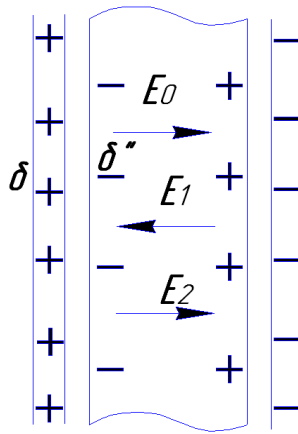
Agar o'tkazgich yaqiniga boshqa o'tkazgichlar ham joylashtirilgan bo'lsa, u holda elektr maydon kuchlanganlik chiziqlari induksiyalangan zaryadlarda uzilib, maydon potensialini kamaytiradi (5-rasm)



5-rasm

Natijada jismlar sistemasining elektr sig'imi ortadi. O'tkazgichlarning bunday sistemasi kondensator deb yuritiladi.

Sodda kondensatorlar dielektrik qatlam bilan ajratilgan parallel metall plastinkalari sistemasidan iborat bo'ladi (6-rasm).



6-rasm

Elektr maydoni kondensator qoplamalari oralig'ida bo'lgani uchun kuchlanganlik chiziqlari ularning biridan boshlanib, ikkinchisida tugaydi.

Kondensator elektr sig'imi uning qoplamalaridagi zaryad miqdorining, qoplamalar orasidagi kuchlanishga nisbati bilan aniqlanadi.

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U} \quad (6)$$

Ikki nuqta potensialining ayirmasi esa kuchlanish deb yuritiladi.

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U = Ed$$

Ostrogradskiy-Gauss teoremasiga muvofiq,

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{q}{\varepsilon_0 S}; \quad C = \frac{\varepsilon_0 S}{d} \quad (7)$$

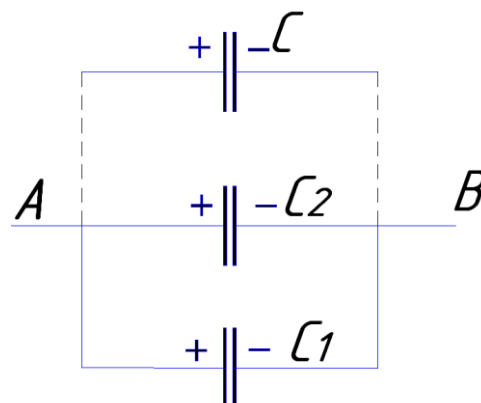
bu yerda, S-kondensator qoplamasining yuzi, d-qoplamalar orasidagi masofa.

(7) dan ko'rinadiki, yassi kondensator elektr sig'imini oshirish uchun qoplamalar sirti yuzini oshirish, ular orasidagi masofani mumkin qadar kamaytirish lozim. Bunday imkoniyatlar cheklangan, chunki yuza ortsa, qurilmaning o'lchami katta bo'ladi. Qoplamalari orasidagi masofa kamaytirilsa, dielektrikning izolyatorlik sifati yo'qolib "teshilish" sodir bo'ladi, shu tufayli masofani biror minimal qiymatdan ortiq kamaytirib bo'lmaydi.

$U_T = d_{\min} \cdot E$ -bilan aniqlangan kuchlanish "teshilish" kuchlanishi deyiladi.

Kondensatorlar sig'imini kerakli maqsadga muvofiq o'zgartirish uchun ularni ketma-ket yoki parallel qilib ulanadi.

1) kondensatorlarni parallel ulash (7-rasm).



7-rasm

Barcha kondensatorlar uchun kuchlanish bir xil bo'ladi.

$$q_1 = C_1 U; \quad q_2 = C_2 U$$

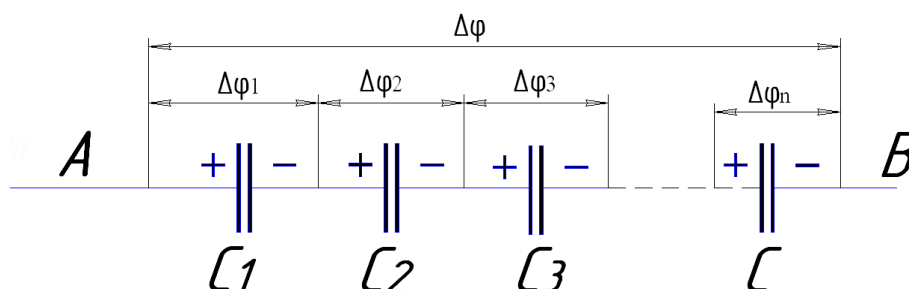
tarifga ko'ra, $C = \frac{q}{U}$

$$C_0 = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n; \quad C_0 = \sum C_i$$

Agar $C_1 = C_2 = \dots = C$ bo'lsa

$$C_0 = n \cdot C \text{ bo'ladi.}$$

2) kondensatorlarni ketma – ket ulash (8-rasm)



8-rasm

Bunday ulashda umumiy kuchlanish har bir kondensator qoplamalaridagi kuchlanishlarning yig'indisiga teng bo'ladi.

$$q = q_1 = q_2 = \dots = q_n; \quad U = U_1 + U_2 = q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)$$

Bataryaning elektr sig'imini esa:

$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} = \sum \frac{1}{C_i}$$

Agar $C_1 = C_2 = \dots = C$ bo'lsa $C_0 = \frac{1}{n} C$ bo'ladi.

Elektr maydon energiyasi

Ma'lumki, elektrostatik kuchlar konservativ kuchlardir. Konservativ kuchlarning bajargan ishi zaryadni qanday trayektoriya bo'ylab, qanday tekislik bilan va qanday yo'nalishda ko'chirishga bog'liq bo'lmay, faqat boshlang'ich va oxirgi holat parametrlari orqali aniqlanadi.

Konservativ kuchlar maydonida turgan jism potensial energiyaga ega bo'ladi. Maydon kuchlari ana shu energiya hisobidan ish bajaradi.

O'zaro ta'sirlashayotgan ikkita zaryadlangan jismlarni kuzatsak, ularning har biri ikkinchisining maydonida

$$W_1 = q_1 \varphi_{12}; \quad W_2 = q_2 \varphi_{21} \quad (1)$$

potensial energiyaga ega bo'ladi.

φ_1, φ_2 - lar mos holda q_1 va q_2 zaryadlangan jismlarning berilgan nuqtada hosil qilgan potenciallari bo'lib, u quyidagicha ifodalanadi.

$$\varphi_{1,2} = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 r_{12}}, \quad \varphi_{2,1} = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r_{21}} \quad (2)$$

(1) va (2) dan (3) ni hosil qilamiz.

$$W_1 = W_2 = W \quad \text{yoki} \quad W = q_1 \varphi_{12} = q_2 \varphi_{21} \quad (3)$$

Sistemasining energiyasi ifodasiga har ikkala zaryad ham simmetrik ravishda kirishi uchun (3)ni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$W = \frac{1}{2}(q_1\varphi_{12} + q_2\varphi_{21}) \quad (4)$$

Bu ifoda barcha zaryadlar sistemasi uchun o'rinli bo'lib, umumiy holda

$$W = \frac{1}{2} \sum q_i \varphi_i \quad (5)$$

(5) zaryadlar sistemasi maydonining energiyasini ifodalaydi.

Zaryadi q-bo'lgan o'tkazgich zaryadini dq-ga oshirish uchun potentsiali φ -bo'lgan maydon kuchlari ustidan ma'lum bir ish bajarish lozim.

$$dA = \varphi \cdot dq = \frac{1}{C} \cdot q \cdot dq \quad (6)$$

Bu ish o'tkazgichning potentsial energiyasini oshirishga sarflanadi.

$$dA = dW = \frac{1}{C} q dq \quad (7)$$

(7) ni integrallab, yakkaalangan o'tkazgichning potentsial energiyasini hosil qilamiz.

$$W = \frac{q^2}{2C} + const \quad (8)$$

boshlang'ich shartga ko'ra $const = 0$, chunki zaryadlanmagan o'tkazgich elektr energiyasiga ega emas.

Elektr sig'imi va potentsiali orasidagi munosabatni hisobga olib (8) ni quyidagicha ifodalash mumkin.

$$W = \frac{q^2}{2C}; \quad W = \frac{q \cdot \varphi}{2}; \quad W = \frac{C\varphi^2}{2} \quad (9)$$

Zaryadlangan kondensator energiyasini ifodalash uchun φ -potentsial o'rniga qoplamalar orasidagi potentsiallar ayirmasi $\varphi_1 - \varphi_2 = U$ dan foydalanish kifoya.

$$W_k = \frac{q^2}{2C}; \quad W = \frac{q \cdot U}{2}; \quad W = \frac{CU^2}{2} \quad (10)$$

Ma'lumki, zaryadlangan o'tkazgich ichida elektr maydon bo'lmaydi shu tufayli maydon ham, energiya ham, fazoda kuchlanganlikka bog'liq holda biror zichlik bilan taqsimlangan bo'ladi.

Agar (10) ga yassi kondensator elektr sig'imi ifodasini qo'ysak,

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{\varepsilon_0 S U^2}{2d} \cdot \frac{d}{d} = \frac{\varepsilon_0}{2} \left(\frac{U}{d}\right)^2 S d$$

$$\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = \frac{U}{d} = E; \quad S \cdot d = V \text{ ekanligini hisobga olib:}$$

$$W = \frac{\varepsilon_0}{2} E^2 V \quad (11)$$

Maydon bir jinsli bo'lsa, energiya o'zgarmas zichlik bilan taqsimlanadi. *Hajm birligidagi energiya miqdoriga son jihatdan teng kattalik energiya hajmiy zichligi deb yuritiladi va quyidagicha ifodalanadi:*

$$\varpi = \frac{W}{V} = \frac{\varepsilon_0}{2} E^2 \quad \left[\frac{J}{i^3} \right] \quad (12)$$

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Savelev I. V. Umumiy fizika kursi. T. 1. Toshkent. O'qituvch, 1989-92.
3. Детлаф А. А., Яворский Б. М. Курс физики. М., Высшая школа, 1989 г.
4. Трофимова Т. И. Курс физики. М., Высшая школа, 1999 г.
6. Sivuxin D.V. Umumiy fizika. Mexanika. T., O'qituvchi, 1981 y.
8. Axmadjonov O.I. Fizika kursi 2 q.T. O'qituvchi 1988-89 y.
9. Krasimov A., Safarov A. va boshqalar. Fizika kursi. 1 k. O'zbekiston, 1994 y.