

Adabiyotlar

1. Detlaf A.A., Yavorskiy B.M. Fizika kursi. -M.: 1989.
2. Sultonov N.A. Oliy o'quv yurtlari uchun darslik. -T.: «Fan va texnologiya», 2007, 304-b.

РЕЗЮМЕ

Maqolada fizika kursidan masalalarni yechishda mavjud bo'lgan ikkita yondashuv berilgan. Matematik yondashuvda murakkab matematik tushunchalardan foydalanish, fizik yondashuv asosida masalalarni yechganda murakkab matematik apparatsiz kerakli natijaga ega bo'lish haqida so'z yuritiladi.

РЕЗЮМЕ

В статье рассматриваются два подхода при решении задач из курса физики. Следует отметить, что в математическом подходе используются сложные математические понятия. Отмечается тот факт, что при решении задач по физике можно достичь желаемого результата без сложных математических аппаратов.

SUMMARY

In the article the two approaches of solving the problems in the course of Physics are considered. In the mathematical approach there are used complex mathematical concepts. It is necessary to point out that in solving tasks in Physics there is another approach we can achieve the desired results without the complex mathematical apparatus.

BIR JINSLI EMAS DIELEKTRIK BILAN TO'LDIRILGAN KONDENSATOR ELEKTR SIG'IMINI HISOBLASH

B.Yavidov – fizika-matematika fanlari doktori

N.Ashirova, H.Qalbaeva, S.Sultanov – fizika va astronomiya o'qitish metodikasi ta'lim yo'nalishi talabalari
Ajiniyoz nomidagi Nukus davlat pedagogika instituti

Tayanch so'zlar: elektr sig'im, kondensator, bir jinsli emas dielektrik muhit, kondensator elektr sig'imini topish metodikasi.

Ключевые слова: электрическая ёмкость, конденсатор, неоднородная диэлектрическая среда, методика нахождения электрической ёмкости конденсатора.

Key words: electrical capacity, capacitor, inhomogeneous dielectrically medium, method of finding the electrical capacity of capacitor.

Kundalik turmushimizda elektr energiyasini o'zida saqlovchi asbob va qurilmalarning ahamiyati tobora ortib bormoqda. O'zida elektr energiyasini saqlovchi asbob va qurilmalarning eng avvalgisi va soddasi kondensatorlar deb atalishi barchamizga maktab saboqlaridan ma'lum. Kondensatorlar haqida dastlabki tushunchalar va bilim o'rta umumta'lim maktabi fizika darsliklarida berilib, keyinchalik akademik litsey, o'rta maxsus kasb-hunar ta'lim kollej va oliy ta'lim fizikasi darslarida bu bilimlar chuqurlashtiriladi va keng qamrovda bayon etiladi. Kondensatorlar haqida o'quvchilarga tushuncha berish, ularning ishlash jarayonini o'rganish va o'rgatish, berilgan bilimlar negizida o'quvchilarda amaliy ko'nikma yaratish va rivojlantirish, bilimni amaliyotga tadbiq etish orqali insonlar hayotining qaysidir qismi uchun foydali manba yaratish fizika fanining asosiy maqsad va vazifalaridan biri hisoblanadi. Bunda yaratilgan kondensatorlarning o'lchamlarini iloji boricha kichiklashtirish, elektr sig'imlarini esa kattalashtirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Kondensator ikkita o'tkazgichdan iborat bo'ladi. Agar o'tkazgichlar orasiga dielektrik muhit joylashtirilsa, kondensator yanada ko'proq zaryad to'plash imkonini tug'iladi. Ushbu o'tkazgichlar kondensator qoplamalari deyiladi. O'tkazgichlar orasidagi muhit bir jinsli, ya'ni dielektrik singdiruvchanligi o'zgarmas bo'lsa, bunday kondensator o'zgarmas muhitli kondensator deyiladi. Agar o'tkazgichlar orasidagi muhit bir jinsli bo'lmasa, ya'ni muhitning dielektrik singdiruvchanligi o'zgaruvchan bo'lsa, kondensatorning bunday turi o'zgaruvchan muhitli kondensator deyiladi. Fizika darslarida kondensatorlar haqida aytib o'tilganda, ularning elektr sig'imi, turlari, ketma-ket va parallel ulangan kondensatorlar sig'imi haqida o'quvchilarga ma'lumot beriladi. Bu tushunchalar kondensatorlarning asosiy tushunchalari hisoblanadi. Yak-kalangan o'tkazgichning potensialini bir potensial birligiga oshirish uchun unga berilishi kerak bo'lgan zaryad miqdori tavsiflovchi fizikaviy kattalikka *elektr sig'imi* deyiladi. Elektr sig'imi formulasi [2:77].

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

Bu yerda q – o'tkazgich elektr zaryadi, φ – o'tkazgich elektr potentsiali. Elektr sig'imi birligi sifatida Farada ishlatiladi:

$$[C] = [q] / [\varphi] = 1 \text{ Kl} / 1 \text{ V} = 1 \text{ F}.$$

Shakliga ko'ra kondensatorlar yassi, sferik va silindrik kondensator kabi turlarga ajratilishi mumkin. Qoplamalari ikkita parallel yassi tekislikdan iborat bo'lgan kondensatorga yassi kondensator deyiladi. Yassi kondensator elektr sig'imi [2:77]

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} \quad (2)$$

Bu yerda S – kondensator qoplamasi (plastinkasi) yuzi (maydoni), d – qoplama (plastinka)lar orasidagi masofa, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ bo'lib elektr doimiysi deyiladi, ϵ – kondensator qoplamalari orasidagi dielektrik muhitning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi.

Qoplamalari har xil radiusli ikkita sferadan iborat bo'lgan kondensator sferik kondensator deyiladi. Sferik kondensator sig'imi [1:79]

$$C = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon R_2 R_1}{R_2 - R_1} \quad (3)$$

Bu yerda R_2 (R_1)- tashqi (ichki) sfera radiuslari. Ikkita ichma-ich silindrdan iborat kondensatorga silindrik kondensator deyiladi. Silindrik kondensator elektr sig'imi [2:78].

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon L}{\ln(R_2 / R_1)} \quad (4)$$

Bu yerda: L – silindrlar uzunligi, R_2 (R_1)- tashqi (ichki) silindr radiusi. Elektr sig'imi orttirish yoki sig'imning kerakli qiymatini hosil qilish uchun kondensatorlar bir-biriga ulanib batareyalar tuziladi. Ulashning ikki turi bor: parallel va ketma-ket. Kondensatorlar parallel ulaganda umumiy sig'im [2:80].

$$C_{um} = \sum_{i=1}^n C_i. \quad (5)$$

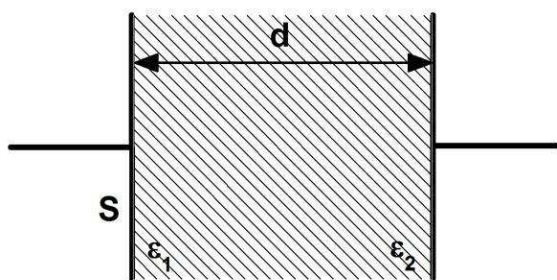
formula, ketma-ket ulaganda esa umumiy sig'imi [1:80]

$$\frac{1}{C_{um}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}. \quad (5)$$

formulaga binoan hisoblanadi. Kondensatorlarga oid (2)-(5) formulalar masalalar yechishda qo'llaniladi. O'quvchilarda masalani tushunish, uni tahlil eta bilish qobiliyatini yaratish va rivojlantirish, masala shartida berilgan holatni aniq va to'liq tasvirlay olish, masalani yechish jarayonida (2)-(5) formulalardan umumli foydalanish, sodda model yarata olish yoki murakkablik mavjud holda sodda modelni ajrata olish hamda uni keyinchalik umumlashtirib masala yechishda qo'llash kabi ko'nikmalarni shakllantirish fizikani o'qitish metodikasining dolzarb muammolaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, masala yechishda sodda model tanlash yoki ma'lum bir elementar bo'lakni to'g'ri ajrata olish masalaning yechilishini osonlashtiradi. Odatda biror tizim tarkibida ajratib olingan elementar bo'lak uchun fizikaviy formulalar ma'lum bo'ladi. Formulalar ham shu bo'lak uchun yoziladi, keyinchalik u umumiyashtiriladi. O'zgaruvchan muhitli kondensatorlarning sig'imini hisoblashda ham elementar bo'lakni ajratib olish usulini qo'llash juda foydali va samara berishi mumkin. Quyida biz o'zgaruvchan muhit bilan to'ldirilgan kondensatorlar elektr sig'imini hisoblashga doir ba'zi masalalar yechilishini qaraymiz va yechimlarni elementar bo'lakni ajratib olish metodikasi bo'yicha keltiramiz.

1- Masala. Yassi kondensator qoplamalari orasidagi masofa d ga, qoplamasi yuzasi esa S ga teng. Qoplamalar orasidagi muhitning dielektrik singdiruvchanligi birinchi qoplamadan ikkinchi qoplamagacha chiziqli ravishda ε_1 dan ε_2 gacha o'zgarib boradi. Kondensatorning elektr sig'imi topilsin. (1-rasm) [1:111].

Izoh. Yassi kondensator elektr sig'imi umumiy holda (2) formulaga asosan topiladi. Ammo, (2) formula



1-rasm. Dielektrik singdiruvchanligi o'zgaruvchan muhit bilan to'ldirilgan yassi kondensator.

Umuman olganda, bu yerda ham ikki parallel strixlangan qoplama orasida muhitning dielektrik singdiruvchanligi $\varepsilon(x_i)$ dan $\varepsilon(x_i + \Delta x_i)$ gacha ortadi. Ammo, qoplamalar orasidagi masofa Δx_i , nihoyatda kichik bo'lganligi bois bu masofada muhit dielektrik singdiruvchanligining o'zgarishi sezilarli darjada bo'lmasligi lozim deb qarashimiz mumkin. Ya'ni ajratib qaralayotgan soha dielektrik singdiruvchanligini o'zgarmas deb qabul qilamiz: $\varepsilon(x_i) \approx \varepsilon(x_i + \Delta x_i)$.

kondensator ichidagi dielektrik muhit bir jinsli va uning dielektrik singdiruvchanligi o'zgarmas deb qaralgan hol uchun o'rinli. Masala shartida esa kondensator ichidagi dielektrik muhit bir jinsli emasligi va uning dielektrik singdiruvchanligi o'zgaruvchanligi ya'ni bir qoplamadan ikkinchisigacha bo'lgan oraliqda chiziqli ortib borishi ta'kidlangan. Shu bois bu formulani qaralayotgan hol uchun to'g'ridan-to'g'ri qo'llab bo'lmaydi. Shunga qaramasdan, qaralayotgan kondensator elektr sig'imini (2) formuladan umumli foydalanib topish mumkin. Quyida masala yechilishining aynan shu metodikasini keltiramiz.

Yechilishi. Avvalo, kondensator qoplamalariga tik ravishda o'ng tomonga yo'nalgan x - o'qini o'tkazamiz (2-rasm). Masala shartiga binoan birinchi qoplama koordinatasini 0, ikkinchi qoplama koordinatasini d deb belgilaymiz. Yassi kondensatorning dielektrik singdiruvchanligi

$$\varepsilon(x) = \varepsilon_1 + kx \quad (6)$$

formula bo'yicha chiziqli o'zgarishi masala shartida

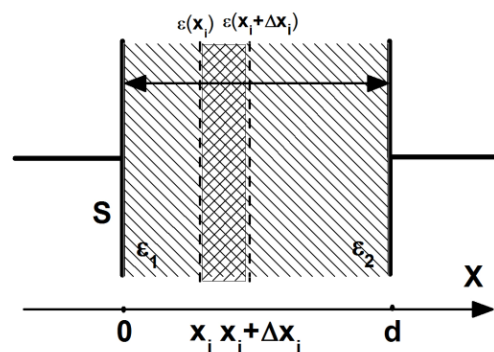
berilgan. Shu bilan birga $x=0$ da $\varepsilon(0) = \varepsilon_1$ va $x=d$ da

$\varepsilon(d) = \varepsilon_2$ bo'lishi ham ta'kidlangan. U holda

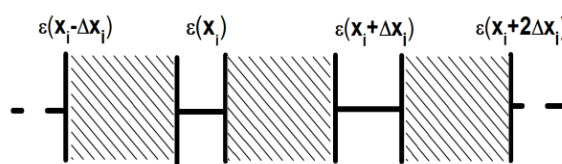
$k = (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) / d$ ga teng bo'ladi. Demak,

$$\varepsilon(x) = \varepsilon_1 + x(\varepsilon_2 - \varepsilon_1) / d. \quad (7)$$

Dielektrik singdiruvchanlikning koordinataga bog'likligini tavsiflovchi analitik formulani qo'lga kiritgandan so'ng kondensator elektr sig'imini hisoblashga o'tamiz. Kondensator qoplamalari orasidagi masofa d ni junda kichik n ta bo'lakka bo'lamiz: $\Delta x_i = d/n$. Keyin kondensator ichidagi x_i va $x_i + \Delta x_i$ koordinataga ega nuqtalar orasiga tegishli muhitni qaraymiz. 2-rasmda bu muhit ikki parallel strixlangan kesma (qoplama) lar bilan ajratib ko'rsatilgan.



2-rasm. Kondensator ichida $(x, x+dx)$ oraliqda yotuvchi muhitni ajratib olish va uning elektr sig'imini hisoblashga o'tish.



3-rasm. Dielektrik singdiruvchanligi bir qoplamadan ikkinchi qoplamagacha chiziqli o'zgarib boruvchi yassi kondensatorni o'zgarmas dielektrik singdiruvchanlikka ega muhit bilan to'ldirilgan yassi kondensatorlar ketma-ket ulanishi orqali tasvirlash.

U holda, ajratib qaralayotgan sohani, alohida, bir jinsli va o'zgarmas dielektrikli singdiruvchanlikka ega muhit bilan to'ldirilgan kondensator deb qarashimiz va uning elektr sig'imi uchun

$$\Delta C_i = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon(x_i) S}{\Delta x_i} \quad (8)$$

formulani yozsak bo'ladi. 1-rasmda keltirilgan kondensatorni esa har birining elektr sig'imi (6) formula bilan topiladigan ketma-ket ulangan yassi kondensatorlar majmuasi (yig'indisi) deb qarash mumkin (3-rasm). U holda, ketma-ket ulangan kondensatorlarning umumiy elektr sig'imini hisoblash (5) formulaga binoan qaralayotgan kondensator elektr sig'imi

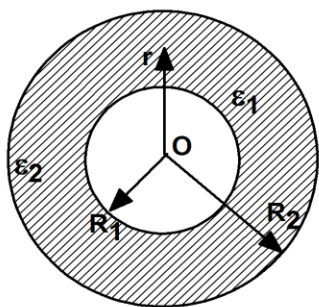
$$\frac{1}{C_{um}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\Delta C_i} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta x_i}{\varepsilon_0 \varepsilon(x_i) S} \quad (9)$$

ga teng bo'ladi. Oxirgi formuladagi yig'indi Darbu yig'indisi bo'lganligi bois, uni integral bilan almashtirsak bo'ladi:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\Delta x_i}{\varepsilon_0 \varepsilon(x_i) S} \Rightarrow \int_0^d \frac{dx}{\varepsilon_0 \varepsilon(x) S}. \quad (10)$$

Ya'ni

$$\frac{1}{C_{um}} = \int_0^d \frac{dx}{\varepsilon_0 \varepsilon(x) S}. \quad (11)$$



4-rasm. Dielektrik singdiruvchanligi o'zgaruvchan muhit bilan to'ldirilgan sferik kondensator.

Nihoyatda kichik bu oraliqni alohida sferik kondensator deb qarash, uning elektr sig'imini

$$\Delta C_n = \frac{4\pi\varepsilon_0\varepsilon(r_n)r_n(r_n + \Delta r_n)}{(r_n + \Delta r_n) - r_n} \cong \frac{4\pi\varepsilon_0\varepsilon(r_n)r_n^2}{\Delta r_n} \quad (14)$$

shaklda ifodalasak bo'ladi. (14) da $r_n \gg \Delta r_n$ ekanligi inobatga olingan. U holda, 4-rasmda keltirilgan kondensatorni har birining elektr sig'imi (14) formula bilan topiladigan ketma-ket ulangan sferik kondensatorlar majmuasi (yig'indisi) deb qarash mumkin. Xuddi 1-masala yechimidagidek, ketma-ket ulangan sferik kondensatorlarning umumiy elektr sig'imini (5) formulaga binoan

$$\frac{1}{C_{um}} = \sum_{n=1}^N \frac{1}{\Delta C_n} = \sum_{n=1}^N \frac{\Delta r_n}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon(r_n)r_n^2} \quad (15)$$

(11) formuladagi integralni (7) formulani inobatga olgan holda hisoblaymiz:

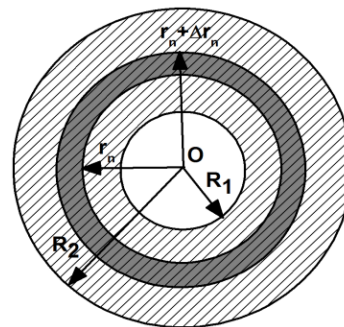
$$\frac{1}{C_{um}} = \frac{1}{\varepsilon_0 S} \int_0^d \frac{dx}{\varepsilon_1 + \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{d} x} = \frac{d}{\varepsilon_0 (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) S} \ln(\varepsilon_2 / \varepsilon_1). \quad (12)$$

(12) formuladan javobni topamiz

$$C_{um} = \frac{\varepsilon_0 (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) S}{d \ln(\varepsilon_2 / \varepsilon_1)}. \quad (13)$$

2- Masala. Radiuslari R_1 va R_2 ($R_2 > R_1$) bo'lgan sferik kondensator qoplamalari orasidagi muhitning dielektrik singdiruvchanligi nuqra vaziyariga $\varepsilon = a/r$ formula orqali bog'liq. Bunda a biror doimiy, r – kondensator markazi O nuqtadan qaralayotgan nuqtachacha bo'lgan masofa (4-rasm). Kondensatorning elektr sig'imi topilsin. [2:112].

Yechilishi. (R_1, R_2) oraliqni juda katta N ta nihoyatda kichik $\Delta r_n = (R_2 - R_1)/N$ intervallarga bo'lamiz. Shu intervallardan biror biri, masalan, $(r_n, r_n + \Delta r_n)$ ni va unda yotuvchi muhitni qaraymiz (5-rasm). Bu intervalning nihoyatda kichik ekanligini inobatga olib, muhitning dielektrik singdiruvchanligi interval ichida sezilarni o'zgar olmaydi deb hisoblaymiz: $\varepsilon(r_n) \approx \varepsilon(r_n + \Delta r_n)$.



5-rasm. Kondensator ichida $(r, r+dr)$ oraliqda yotuvchi muhitni ajratib olish va uning elektr sig'imini hisoblashga o'tish.

ga teng bo'ladi. Oxirgi formuladagi yig'indi Darbu yig'indisi bo'lganligi bois, uni integral bilan almashtirsak bo'ladi:

$$\sum_{n=1}^N \frac{\Delta r_n}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon(r_n)r_n^2} \Rightarrow \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon(r)r^2}. \quad (16)$$

Ya'ni

$$\frac{1}{C_{um}} = \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon(r)r^2}. \quad (17)$$

(17) dagi integralni muhit dielektrik singdiruvchanligining r ga bog'liqligini inobatga olib hisoblaymiz:

$$\frac{1}{C_{um}} = \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{4\pi\epsilon_0\epsilon(r)r^2} = \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{4\pi\epsilon_0 \frac{a}{r} r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 a} \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 a} \ln(R_2/R_1). \quad (18)$$

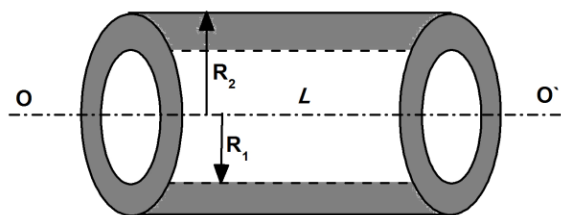
(18) formuladan javobni topamiz

$$C_{um} = \frac{4\pi\epsilon_0 a}{\ln(R_2/R_1)}. \quad (19)$$

3- Masala. Uzunligi L va radiuslari R_1 va R_2 ($R_2 > R_1$) bo'lgan silindrik kondensator qoplamalari orasidagi muhitning dielektrik singdiruvchanligi nuqra vaziyatiga $\epsilon = a/r$ formula orqali bog'liq. Bunda a biror doimiy, r – kondensator simmetriya o'qi OO' dan qaralayotgan nuqtagacha bo'lgan masofa (6-rasm). Kondensatorning elektr sig'imi topilsin.

Yechilishi. Masalani yechishda 1- va 2-masalalar yechilishida qo'llanilgan metoddan foydalanamiz. $(r_n, r_n + \Delta r_n)$ intervalda yotuvchi muhitni qarab, bu interval ichida muhitning dielektrik singdiruvchanligi sezilarni o'zgarmaydi deb hisoblaymiz: $\epsilon(r_n) \approx \epsilon(r_n + \Delta r_n)$. Nihoyatda kichik bu oraliqni alohida silindrik kondensator deb qarash, uning elektr sig'imini (4) formulaga binoan

$$\Delta C_n = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon(r_n)L}{\ln \frac{r_n + \Delta r_n}{r_n}} = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon(r_n)L}{\ln \left(1 + \frac{\Delta r_n}{r_n}\right)} = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon(r_n)r_n L}{\Delta r_n} \quad (20)$$



6-rasm. Bir jinsli emas dielektrik muhit bilan to'ldirilgan silindrik kondensator.

shaklda ifodallasak bo'ladi. Silindrik kondensatorni esa elektr sig'imi (14) bilan berilgan parallel ulangan kondensatorlar deb qarash mumkin. U holda umumiy elektr sig'im

$$\frac{1}{C_{um}} = \sum_{n=1}^N \frac{1}{\Delta C_n} = \sum_{n=1}^N \frac{\Delta r_n}{2\pi\epsilon_0 L \epsilon(r_n) r_n}. \quad (21)$$

Bu yig'indini integralga aylantiramiz va $\epsilon = a/r$ ekanligini inobatga olib hisoblaymiz:

$$\frac{1}{C_{um}} = \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{2\pi\epsilon_0 L \epsilon(r) r} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0 a L} \int_{R_1}^{R_2} dr = \frac{R_2 - R_1}{2\pi\epsilon_0 a L}. \quad (22)$$

Demak, javob

$$C_{um} = \frac{2\pi\epsilon_0 a L}{R_2 - R_1}. \quad (23)$$

Yuqoridagi qaralgan misollardan o'zgaruvchan muhit bilan to'ldirilgan kondensatorlarning elektr sig'imini hisoblashda masala simmetriyasiga qarab bir jinsli emas muhit ichidan bir jinsli deb qarash bo'ladigan biror bo'lakni ajratib olish va unga nisbatan standart formulalarni qo'llash naqadar muhim va ahamiyatli ekanligi ko'rinib turibdi. Ushbu maqoladagi masalalarni yechishda qo'llanilgan metodika [3:307] da qo'llanilgan metodikadan farqli bo'lib, o'zgacha yondashuv negizida qurilgan. Mazkur metod ixtiyoriy funksiya $\epsilon = f(r)$ orqali berilgan muhit bilan to'ldirilgan kondensator elektr sig'imini hamda bir jinsli emas jismlar inersiya momentlarini hisoblash imkonini beradi.

Adabiyotlar

1. Иродов И.Е.. Задачи по общей физике. -М.: «Наука», 1979. –С. 369.
2. Савельев И.В. Умный физика курси. 2- том. Электр ва магнетизм. -Т.: «Ўқитувчи», 1975. 365-6.
3. Singh A.B. Solutions to I.E.Irodov's Problems in General Physics, vol. 1, -New Dehli: CBS Publishers & Distributors, 2005. – P. 431.

Maqolada kondensator elektr sig'imini hisoblashga doir ayrim masalalar yechilishi metodikasi qaralgan. Xususan, kondensatorlar qoplamalari orasidagi sohani to'ldiruvchi dielektrik muhit bir jinsli bo'lmagan holda yassi, sferik va silindrik kondensatorlar elektr sig'imleri hisoblanib ko'rsatilgan. Kondensator qoplamalari orasidagi dielektrik muhitning dielektrik singdiruvchanligi kondensatorning bir qoplamasidan ikkinchi qoplamasigacha chiziqli ravishda o'zgaradi deb hisoblangan. Maqolada qaralgan masalalar yechilishi metodikasidan bir jinsli emas jismlar inersiya momentlarini hisoblashda foydalanish mumkin.

РЕЗЮМЕ

В статье рассматривается методика решения некоторых задач по вычислению электрических ёмкостей конденсаторов. В частности, показаны вычисления электрических ёмкостей плоского, сферического и цилиндрического конденсаторов в случае заполнения области между обкладками конденсаторов неоднородной диэлектрической средой. Предполагается, что диэлектрическая проницаемость диэлектрической среды, находящейся между обкладками конденсатора, линейно меняется от одной обкладки до другой обкладки. Рассмотренная в статье методика решения задач может быть использована при вычислении моментов инерции неоднородных тел.

SUMMARY

In the article the method of problem solution on calculation of electric capacity of capacitors is considered. In particular, calculation of electric capacity of plane, spherical and cylindrical capacitors are shown in case when an area between plates of capacitor filled with nonhomogeneous dielectric medium. It is assumed that dielectric permittivity of the dielectric medium, placed between capacitor's plates, varies linearly with respect to the distance from one plate to another one. The method of problem solution considered in the article may be used on calculation of moments of inertia of heterogeneous bodies.