

VAKUUMDA ELEKTROMAGNIT MAYDON

Tolegenova Madina Tolegenovna

Nizomiy nomidagi TDPU Fizika va uni o'qitish metodikasi kafedrası o'qituvchisi

Ramazonova Diyora Mamatipovna

3-kurs talabasi

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7492889>

Annotatsiya. Ushbu maqola fan nuqtai nazaridan kelib chiqib, vakuumda elketromagnit maydon haqida ma'lumotlar beradi. Elketromagnit maydon bo'yicha soha vakillarining nazariyalariga ham to'xtaladi. Vakuumda elektromagnit maydon kuchlanganligi, potensiallar to'liqlinini topish uchun qo'llaniladigan tenglamalarni o'zida mujassam qilgan.

Kalit so'z va iboralar: vakuumda elektromagnit maydon. kuchlanganlik, magnit maydon induksiyasi, potensiallar to'liqini, zaryad zichligi.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВАКУУМЕ

Аннотация. В этой статье представлена информация об электромагнитном поле в вакууме с точки зрения науки. Также затрагиваются теории представителей электромагнитного поля. Он включает в себя уравнения, используемые для определения напряженности электромагнитного поля в вакууме, волны потенциалов.

Ключевые слова и фразы: электромагнитное поле в вакууме. напряжение, индукция магнитного поля, потенциальная волна, плотность заряда.

ELECTROMAGNETIC FIELD IN VACUUM

Abstract. This article provides information about the electromagnetic field in a vacuum from the point of view of science. It also touches on the theories of the representatives of the electromagnetic field. It incorporates the equations used to find the strength of the electromagnetic field in a vacuum, the wave of potentials.

Key words and phrases: electromagnetic field in vacuum. voltage, magnetic field induction, potential wave, charge density.

Elektromagnit to'liqlinlar nazariyasi zamonaviy optika va lazer fizikasining asosidir. Ko'pgina darsliklar va monografiyalar ushbu klassik savolga bag'ishlangan. Vakuumdagi elektromagnit maydonning klassik (kvantdan farqli o'laroq) nazariyasi bilan taqqoslaganda, muhitdagi elektromagnit to'liqlinlar nazariyasi ancha murakkab, chunki u maydondan tashqari, muhitning tavsifini ham o'z ichiga oladi. Zamonaviy fanda yarim klassik yondashuv (elektromagnit maydonning klassik tavsifi va muhitning kvant tavsifi) keng qo'llaniladi. Maydon uchun kvant effektlari zaif ifodalanganda oqlanadi (muhim rejimlarda ko'p sonli fotonlarga ega bo'lgan juda kuchli elektromagnit maydon).

Elektromagnit maydon uchun tenglamalar tizimi elektr zaryadlari, oqimlari va magnitlari bo'yicha eksperimental ma'lumotlarni umumlashtirish orqali Maksvell tomonidan XIX asr o'rtalarida olingan. Maksvell tenglamalari juda chuqur jismoniy mazmunga ega bo'lib, ular asosida olingan faktlar va g'oyalar doirasidan ancha uzoqdir. Bu tenglamalar tez o'zgaruvchan elektromagnit maydonni, shu jumladan yorug'lik to'liqlinlarini yaxshi tasvirleydi va elektromagnit to'liqlinlarning harakatlanuvchi zaryadlar orqali nurlanishi nazariyasi va yorug'lik, moddaning o'zaro ta'siri nazariyasining asosini tashkil qiladi.

Maksvell tenglamalari elektr va magnit maydonlarining bir vaqtda mavjudligini va ularning birgalikdagi mavjudligi elektromagnit maydon ekanligini ko'rsatadi. Elektromagnit

maydonning fazoda tarqalish jarayoni elektromagnit to‘lqin deb ataladi. Faqat elastik muhitda tarqaladigan mexanik to‘lqinlardan farqli o‘laroq, elektromagnit to‘lqinlar vakuumda ham tarqalishi mumkin. Elektromagnit to‘lqinlarning tarqalishi qo‘shimcha vositalar mavjudligini talab qilmaydi. Shu ma’noda vakuumdagi elektromagnit to‘lqinlar elementar, ya’ni fundamentaldir. Biroq vakuumda ham Maksvell tenglamalarini qo‘llash sohasi cheklangan va batafsilroq ko‘rib chiqish elektromagnit maydon nazariyasi va fizikaning boshqa asosiy tarmoqlari, birinchi navbatda, kvant nazariyasi bilan chambarchas bog‘liqligini ko‘rsatadi.

Elektromagnit maydon nima? **Elektromagnit maydon** — elektr zaryadlarning o‘zaro ta’siri bevosita amalga oshadigan fizik reallik; materiyaning alohida shakli. Elektr va magnit maydonlarning kuchlanganligi (induksiyasi) bilan ifodalanadi. Maksvell elektromagnit maydon nazariyasini ishlab chiqqani, bu nazariyaga muvofiq o‘zgaruvchan elektr maydoni o‘zgaruvchan magnit maydonni, o‘zgaruvchan magnit maydoni esa, o‘zgaruvchan elektr maydonni vujudga keltirdi.

Shu o‘rinda elektromagnit maydon singari vakuum tushunchasiga ham alohida to‘xtalish lozim. *Vakuum* lotinchadan tarjima qilinganda vakuum- bo‘shliq degan ma’noni anglatadi. Vakuumni zaryadlardan ozod fazo deb tasavvur qilish kerak. Shunday ekan, savol tug‘iladi: vakuumda elektromagnit maydon bormi? Ushbuda nazariy formulalar yordamida javob berish joiz ko‘rildi, Ya’ni vakuumda zaryad zichligi $\rho=0$ va tok zichligi $j=0$ ga tengligi bois Maksvell-Lorentz tenglamalari quyidagicha o‘zgaradi:

$$1. \operatorname{rot} E = -\frac{1}{c} \frac{\partial H}{\partial t} \qquad \operatorname{rot} E = -\frac{1}{c} \frac{\partial H}{\partial t} \quad (1.1)$$

$$2. \operatorname{div} H = 0 \qquad \operatorname{div} H = 0 \quad (1.2)$$

$$3. \operatorname{rot} H = \frac{4\pi}{c} \mathbf{j} + \frac{1}{c} \frac{\partial E}{\partial t} \qquad \operatorname{rot} H = \frac{1}{c} \frac{\partial E}{\partial t} \quad (1.3)$$

$$4. \operatorname{div} E = 4\pi\rho \qquad \operatorname{div} E = 0 \quad (1.4)$$

Bu tenglamalarning noldan farqli yechimlari qiziqarliqdir.

Agarda vakuumdagi elektromagnit maydon o‘zgaras deb faraz qilinsa, bunda

$$\frac{\partial E}{\partial t} = 0, \quad \frac{\partial H}{\partial t} = 0$$

bo‘lishi kerak

Bunda (1.1; ...; 1.4) tenglamalar quyidagicha bo‘ladi:

$\operatorname{rot} E=0$, $\operatorname{div} E=0$, $\operatorname{rot} H=0$, $\operatorname{div} H=0$ bo‘ladi.

Agar biror vektor maydonning rotori va divergensiyasi nolga teng bo‘lsa, u nolga teng bo‘ladi. Demak $E=0$ va $H=0$.

Vakuumdagi elektromagnit maydonni vaqtga bog‘liq emas deb qaralgan edi. Ammo vaqtga bog‘liq bo‘lmagan maydon mavjud emas ekan. Demak, vakuumda elektromagnit maydon mavjud bo‘lishi uchun u albatta vaqtga bog‘liq bo‘lishi kerak ekan.

Elektr va magnit maydon kuchlanganliklari uchun o‘zaro bog‘liq bo‘lmagan tenglamalarni hosil qilindi. Buning uchun (1.1) tenglamani har ikkala tarafga rotor operatori bilan ta’sir qilindi. Avval birinchi vaqt bo‘yicha differensiallab, so‘ngra (1.3) ifodadan foydalanildi:

$$\operatorname{rot} \frac{\partial E}{\partial t} = -\frac{1}{c} \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} \qquad \Delta H - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} = 0 \quad (1.5)$$

Xuddi shu tarzda (1.3) tenglamani ham:

$$\operatorname{rot} \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{1}{c} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \qquad \Delta E - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0 \quad (1.6)$$

Zaryad va tok zichligi nolga tengligini inobatga olinar ekan, potentsiallar uchun olingan Dalamber tenglamalari quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta A - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 A}{\partial t^2} = -\frac{4\pi}{c} \mathbf{j} \rightarrow \Delta A - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 A}{\partial t^2} = 0 \quad (1.7)$$

$$\Delta \varphi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = -4\pi \rho \rightarrow \Delta \varphi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = 0 \quad (1.8)$$

Bu yerda potentsiallar Lorenz shartini qanoatlantiradi:

$$\mathbf{div} \mathbf{A} + \frac{1}{c} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = 0$$

Shunday qilib vakuumda elektromagnit maydon kuchlanganliklari va potentsiallar to'liq tenglama bilan aniqlanishiga erishildi. Bu tenglamalarning yechimlari to'liqdan iborat bo'lganligi uchun vakuumda elektromagnit maydon ham to'liqdan iborat bo'ladi. Ular uchun to'liq tenglamasining umumiy ko'rinishi quyidagicha yozilishi mumkin:

$$\Delta f - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0 \quad (1.10)$$

Yassi elektromagnit to'liqlar orqali vakuumdagi elektromagnit maydonni ko'rib chiqish masalasi quyidagicha:

Bunda elektromagnit maydon kattaliklarini faqat x va t ga bog'liq holda, to'liq tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0 \quad (2.1)$$

To'liq tenglamaning umumiy yechimga ega ko'rinishi:

$$f(x, t) = f_1\left(t - \frac{x}{c}\right) + f_2\left(t + \frac{x}{c}\right) \quad (2.2)$$

1-had f_1 x o'qi bo'ylab, 2-had f_2 x o'qiga teskari yo'nalishda c tezlik bilan tarqaluvchi yassi to'liqinni ifodalaydi. Agar $f_2=0$ bo'lsa

$$f(x, t) = f_1\left(t - \frac{x}{c}\right) \quad (2.3)$$

bo'ladi va faqat musbat yo'nalishda tarqaluvchi to'liq qoladi.

Maydon kattaliklari sifatida qaralayotgan $f(x, t)$ yassi to'liqin bo'lgani uchun vakuumdagi elektromagnit maydon potentsiallari ham yassi to'liqindan iborat bo'ladi, ya'ni:

$$\varphi(x, t) = \varphi\left(t - \frac{x}{c}\right) \quad (2.4)$$

$$\mathbf{A}(x, t) = \mathbf{A}\left(t - \frac{x}{c}\right) \quad (2.3)$$

Skalyar va vektor potentsiallar ma'lum deb maydon kuchlanganliklarini aniqlash mumkin. Bunda Lorenz kolibrifikasida

$$(\mathbf{div} \mathbf{A} + \frac{1}{c} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = 0)$$

$\varphi = 0$ deb olinadi. Bu holda: $\mathbf{div} \mathbf{A} = 0$ (2.6) bo'ladi.

Bu shart Lorenz kolibrifikasining xususiy holi bo'ladi. Potensial ko'rilyotgan holda faqat x koordinataga bog'liqligi inobatga olinsa, (2.6) quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{\partial A_x}{\partial x} = 0 \quad A_x = \text{const} \quad (2.$$

$$\frac{\partial^2 A_x}{\partial t} = 0 \quad \frac{A_x}{\partial t} = \text{const}$$

Vektor potensialdan vaqt bo'yicha olingan hosila elektr maydonni aniqlaydi:

$$E(x, t) = -\frac{1}{c} \frac{\partial A(x, t)}{\partial t} \quad (2.8)$$

Magnit maydon kuchlanganligini quyidagicha yozilishi mumkin:

$$H(x, t) = \text{rot}A(x, t) \quad (2.9)$$

Demak, vakuumda elektr maydon kuchlanganligi to'liqin tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar ekan.

Yuqoridagi nazariy va amaliy ma'lumotlarga tayanib xulosa qiliinsa, vakuumda elektromagnit maydon yassi, ko'ndalang to'liqin degan fikr namoyon bo'ladi. Elektr va magnit maydon kuchlanganliklari o'zaro perpendikulyar va modullari tengligiga hamishonch hosil qilinadi.

REFERENCES

1. М.Б.Виноградова, О.В.Руденко, А.П.Сухоруков. Теория волн. М., Наука, 1991.
2. Ю.А.Ананьев. Оптические резонаторы и лазерные пучки. М., Наука, 1990.
3. М.Борн, Э.Вольф. Основы оптики. М., Наука, 1970 4. С.
4. Г. Ахманов. Физическая оптика. Учебник — С.: МГУ, 2004, 213 с.