

ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
Физика-техникалық факультеті
Плазма физикасы, нанотехнология және компьютерлік физика
кафедрасы

Туреханова К.М.

ЭЛЕКТР ЖӘНЕ МАГНЕТИЗМ

пәні бойынша дәрістер жинағы

«Б05306 Физика және астрономия» білім беру бағдарламасы
бойынша білім алушы студенттерге арналған

Алматы, 2025

Дәріскер: Туреханова К.М. turekhanova.kunduz@kaznu.kz



ЭЛЕКТР ЖӘНЕ МАГНИТИЗМ



Дәріс 10.

Магнит және электр өрістеріндегі зарядталған бөлшектердің қозғалысы

Дәріс мақсаты Зарядталған бөлшектердің біртекті электр және магнит өрістеріндегі қозғалыс заңдылықтарын түсіндіру; траектория түрлерін (тік, параболалық, шеңберлік, винт тәрізді) шығарып көрсету;

Қарастырылатын мәселелер: Электр және магнит өрістеріндегі зарядталған бөлшек қозғалысы

Қысқаша конспект:

Электр өрісіндегі зарядталған бөлшектің қозғалысы

Біртекті электр өрісінде кернеулік векторы E барлық нүктеде тұрақты және бірдей бағытталған болады. Заряд q бар бөлшекке өріс тарапынан әсер ететін күш:

$$\vec{F} = q\vec{E}.$$

Ньютонның екінші заңы бойынша:

$$m\vec{a} = q\vec{E} \Rightarrow \vec{a} = \frac{q}{m}\vec{E}.$$

Яғни бөлшек бірқалыпты үдемелі қозғалыс жасайды.

Егер бастапқыда бөлшек өріс бағытымен қатарлас қозғалып тұрса ($v_0 \parallel E$), онда координата бойымен қозғалыс теңдеулері:

$$v(t) = v_0 + at = v_0 + \frac{qE}{m}t,$$

$$x(t) = x_0 + v_0t + \frac{1}{2} \frac{qE}{m}t^2.$$

Электр өрісі бөлшектің кинетикалық энергиясын өзгертеді:

$$A = qEd = \Delta W_k = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}.$$

Сондықтан электр өрісі зарядталған бөлшектерді үдететін өріс ретінде қарастырылады.

Егер v_0 өріске көлбеу болса, қозғалысты өріс бағытына параллель және перпендикуляр екі проекцияға жіктеп қарастырамыз. Перпендикуляр бағытта үдеу жоқ – қозғалыс бірқалыпты, ал параллель бағытта – үдемелі. Нәтижесінде бөлшек параболалық траекториямен қозғалады (электрон-сәулелік түтікшелердегі сурет ауытқуы сияқты).

Магнит өрісіндегі зарядталған бөлшектің қозғалысы

Магнит өрісінде зарядталған бөлшекке Лоренц күші әсер етеді (электр өрісін ескермейік):

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}.$$

Күш әрқашан v -ға перпендикуляр, сондықтан магнит өрісі бөлшектің жылдамдығының модулін өзгертпейді, тек бағытын өзгертеді.

$v \perp B$ – шеңбер бойымен қозғалыс. Біртекті магнит өрісінде, егер жылдамдық векторы магнит индукциясына перпендикуляр болса, Лоренц күші центрге тартқыш күш рөлін атқарады:

$$qvB = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv}{|q|B}.$$

Шеңбер бойынша қозғалыстың циклотрон жиілігі:

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{|q|B}{m}, \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{|q|B}.$$

Мұнда период T жылдамдыққа тәуелді емес (релятивистік емес жағдайда), бұл қасиет циклотрон сияқты жылдамдатқыштардың жұмыс принципіне пайдаланылады.

2) Жалпы жағдай: $\vec{v}$ -ның $\vec{B}$ -ға қиғаш бағытталуы

v векторын B бағытына параллель және перпендикуляр құрамаларға жіктейміз:

$$v = v_{\parallel} + v_{\perp}.$$

$v \parallel$ – бойымен Лоренц күші жоқ, бөлшек бұл бағытта бірқалыпты түзу қозғалады; $v \perp$ – шеңберлік қозғалыс тудырады. Нәтижесінде бөлшектің траекториясы винт тәрізді (спираль) болады.

Электр және магнит өрістерінің бірлескен әсері
 $E \parallel B$.

Электр өрісі зарядты үдетеді немесе баяулатады (qE), ал магнит өрісі тек траекторияны бұзады. Траектория – винт тәрізді үдемелі қозғалыс.

б) $E \perp B$. Жылдамдық селекторы.

Зарядқа әсер ететін күш:

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}).$$

Кейбір ерекше жылдамдық үшін $F = 0$ болуы мүмкін, яғни электр мен магнит күштері теңгеріледі:

$$qE = qvB \Rightarrow v = \frac{E}{B}.$$

Осы жылдамдықпен қозғалатын бөлшектер өрістен ауытқымай өтеді – бұл принцип жылдамдық селекторларында қолданылады.

Қолданылуы: жылдамдатқыштар, масс-спектрометр, электрон-сәулелік түтікше

Энергия мен импульстің сақталуын қолдану

Электр өрісі зарядқа жұмыс жүргізеді, оның кинетикалық энергиясы өзгереді:

$$A_E = qEd = \Delta W_k.$$

Магнит өрісі v -ға әрқашан перпендикуляр, сондықтан магнит өрісі жұмыс істемейді ($A_B = 0$) және кинетикалық энергияны өзгертпейді, тек импульс бағытын өзгертеді.

Бақылау сұрақтары

1. Біртекті электр өрісіндегі зарядталған бөлшектің қозғалыс теңдеуін жазыңыз. Неліктен траекториясы параболалық болуы мүмкін?
2. Лоренц күшінің формуласын жазыңыз. Бұл күш не себепті жылдамдыққа перпендикуляр болады?
3. Неліктен магнит өрісі зарядталған бөлшектің энергиясын өзгертпейді?

Дәріскер: Туреханова К.М. turekhanova.kunduz@kaznu.kz

Пайдаланылған әдебиеттер:

1. Бәйімбетов Ф.Б., Рамазанов Т.С. Электр және магнетизм. – Алматы: Қазақ университеті, 2011. – 199 б.
2. Бәйімбетов Ф.Б., Аймауытов Д., Құрманбеков А. Физика есептері (Электр және магнетизм). – Алматы: Қазақ университеті, 2005. – 216 б.
3. Архипов Ю.В. Краткий конспект лекций по курсу "Электричество и магнетизм" : учеб.-методическое пособие КазНУ 2009
4. Габдуллина Г.Л., Қисан А., Абыканова Б.Т. Электр және магнетизм курсы бойынша қысқаша дәрістер мен есептер жинағы : оқу-әдістемелік құрал, Әл-Фараби атын. ҚазҰУ. - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. - 161 б.
5. Туреханова К.М. Электр және магнетизм курсы бойынша есептер жинағы/ Оқу құралы, әл-Фараби атын. ҚазҰУ. - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. – 191 б.
6. Raymond A. Serway, John W. Jewett, Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics 9th ed. – Cengage Learning, 2014. – 1622 p.