

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

ФИЗИКА КУРСЫНДА ЗАРЯДТАЛҒАН БӨЛШЕКТЕРДІҢ ЭЛЕКТР ЖӘНЕ МАГНИТ ӨРІСІНДЕГІ ҚОЗҒАЛЫСЫН ОҚЫТУ ТУРАЛЫ

Қ. Мұқашев, Қ. Құсманұлы

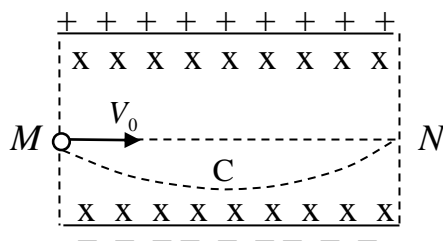
Абай ат. ҚазҰПУ Алматы қ.

Зарядталған бөлшектің әр түрлі бағыттағы бір текті электр және магнит өрісіне әр түрлі жолмен кірген кездегі қозғалысының қалыптасуын талдау әдістері қарастырылады.

Дененің іс жүзіндегі күрделі қозғалысы бірнеше қарапайым қозғалыстардан тұратын қорытқы қозғалыс екендігі механика курсынан белгілі. Мысалы, горизонтқа көлбеу лақтырылған дененің қозғалысын бір қалыпты түзу сызықты қозғалыс пен вертикаль бағыттағы қозғалысқа жіктеуге болады [1]. Қозғалыс құраушыларға жіктелгеннен кейін, құраушылар өз алдына дара әрекет жасайды және олар өзара бір-біріне ешбір ықпалын тигізбейді деп саналады. Мұндай жағдайда әрбір қозғалысқа дербес түрде талдау жүргізіп, нәтижелерін біріктірген кезде қорытқы қозғалысқа шығады.

Әрине, іс жүзіндегі қозғалыстар тегіне байланысты қаншалықты күрделі болса, оларды құраушыларға жіктеу әдісі де соған сәйкес әр түрлі болуы ықтимал. Алайда қозғалысты талдау мен есептеу әдістері қолайлы болу үшін, оның құраушылары да мейлінше қарапайым күйге келтіріледі. Осы айтылған мәселелердің төңірегінде мектеп физика курсына мүлдем қарастырылмайтын, әр түрлі бағыттағы бір текті электр және магнит өрістерінің зарядталған бөлшекке арналған кейбір мәселелерге талдау жүргізейік. 1-суретте көрсетілгендей, параллель жазық екі пластинаға келтірілген потенциалдар айырымы (+) және (-) таңбаларымен бейнеленген, яғни, электр өрісінің күш сызықтары жоғарыдан төмен қарай бағытталған. Магнит өрісінің күш сызықтарының қағаз бетіне (яғни электр өрісінің күш сызықтарына) перпендикуляр екендігі крест (x) белгісі арқылы суреттелген.

Массасы m , заряды Q , бастапқы жылдамдығы V_0 зарядталған бөлшек MN - түзуін бойлай қалыптасады және N нүктесі арқылы шығып кету үшін бөлшектің бастапқы жылдамдығы қандай шамада болуы мүмкін? Мұндай күрделі өрістегі құбылыстарды талдамас бұрын, зарядталған бөлшектің қатысуымен өтетін бірнеше қарапайым процестерді қарастырайық. Сол үшін жоғарыда ескертілгендей, бөлшектің электр және магнит өрісіндегі қозғалысының түрлі мүмкіншіліктерін жеке-дара, әр түрлі жағдайда зерттеу қажет.

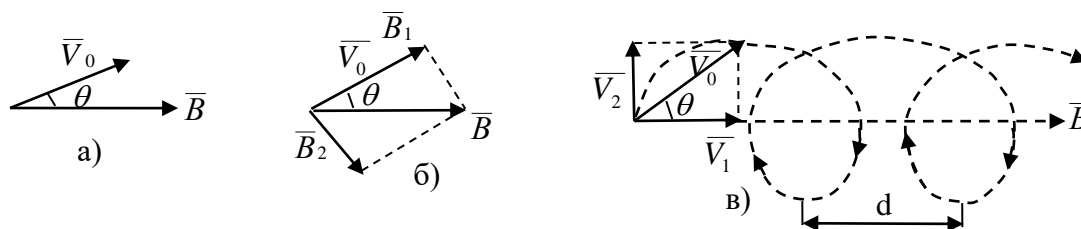


1-сурет.

1-жағдай. Бір текті магнит өрісіне зарядталған бөлшек магнит индукциясының (B) векторына V_0 жылдамдықпен $\angle \theta$ бұрыш жасай кірсін (2а-сурет). Осы кездегі бөлшектің қозғалысын магнит индукциясын немесе жылдамдықты құраушыларға жіктеу арқылы талдауға болады. Егер магнит индукциясының векторы B_1 және B_2 құраушыларына жіктелсе,

алғашқысы (B_1) – бөлшектің бастапқы жылдамдығына V_0 параллель ($B_1 // V_0$), екіншісі (B_2) оған перпендикуляр ($B_2 \perp V_0$) бағытта орналасар еді (2б-сурет).

Мұндай жағдайда индукцияның жылдамдыққа параллель құраушысы B_1 тарапынан зарядталған бөлшекке Лоренц күші тумамайды, ал перпендикуляр құраушы B_2 оны шеңбер бойымен бір қалыпты қозғалысқа келтіреді.



2-сурет.

Нәтижесінде жылдамдықтың бағыты өзгеріп, аз уақыттан кейін оның B_1 құраушымен арадағы параллель болу шарты бұзылады. Соған байланысты, осы құраушының қозғалысқа көрсетер ықпалын қайтадан ескеруге тура келеді. Мәселені бұлай талдау алдағы уақытта көп қиындық туғызары сөзсіз.

Егер екі құраушыға (V_1 және V_2) жылдамдық жіктелетін болса, магнит индукция векторымен B бағытас болып V_1 құраушысын, перпендикуляр бағытта V_2 құраушысын орналастыруға болады. Индукция тарапынан V_1 бағыты бойынша зарядталған бөлшекке ешбір әсер тумамайды. Керісінше, оған перпендикуляр бағытта әсер етуші Лоренц күшінің арқасында зарядталған бөлшек индукцияға перпендикуляр жазықтықта спираль бойымен қозғалысқа келеді. Ілгерілеме қозғалысқа бөлшек жылдамдықтың параллель құраушысының арқасында ұшыраса, шеңбер бойымен оны магнит өрісі қозғалысқа келтіреді. Бұлардың әрқайсысы өзара дара қозғалыстар. Құраушылар бірігіп әрекеттенген кезде, дененің қорытқы қозғалысы төбелері тең аралықта (d) орналасқан, радиусы R шамасына тең спиральға айналады (2в-сурет):

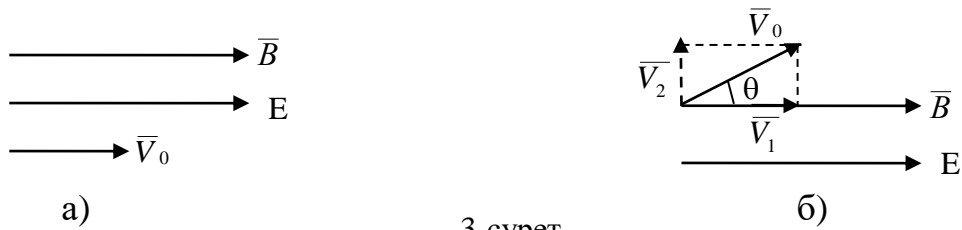
$$R = \frac{mV \sin \theta}{QB}; \quad d = \frac{2\pi m v \sin \theta}{QB}.$$

Зарядталған бөлшектің спиральды айналу периоды

$$T = \frac{2\pi m}{QB}$$

Осындай талдаудан кейін зарядталған бөлшектің электр және магнит өрістерінің әсерімен қозғалуын талдау қиынға соқпайды.

2-жағдай. Зарядталған бөлшектің өзара параллель бағытталған бір текті электр және магнит өрісіндегі қозғалысы. Осылай болып біріккен өріске зарядталған бөлшек өріс бағытын бойлай кіруі немесе оған $\angle \theta$ бұрышын жасап кіруі мүмкін.



3-сурет

Егер бөлшектің бастапқы жылдамдығы V_0 электр және магнит өрісінің күш сызықтарына параллель болса, магнит индукциясы тарапынан оған Лоренц күшінің әсері болмайды (3а-сурет). Электр өрісі зарядтың таңбасына байланысты тежеуші немесе үдеуші әсер туғызады. Бұл жерде бөлшектің бірқалыпты үдемелі қозғалысқа ұшырауы маңыздырақ. Мұндай кезде бөлшектің кинетикалық энергиясының өзгерісі оған әсер етуші потенциалдар айырымы туғызатын энергияға тең, яғни:

$$\frac{mV_0}{2} - \frac{mV_c^2}{2} = QU$$

Бөлшек үшін бастапқы жылдамдық $V_0=0$ болған кезде, кинетикалық энергияның өзгерісі:

$$\frac{mV_c^2}{2} = QU$$

Осыдан бөлшек жылдамдығының соңғы мәнін табу қиын емес:

$$V_c = \sqrt{\frac{2QU}{m}};$$

Электрон секілді қарапайым бөлшек үшін $Q = e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл; үдетуші кернеу *Вольт* арқылы, ал оның массасы $m = 9,1 \cdot 10^{-34}$ кг анықталған болса:

$$V_c = 600 \sqrt{U(B)} \left(\frac{\text{км}}{\text{с}} \right)$$

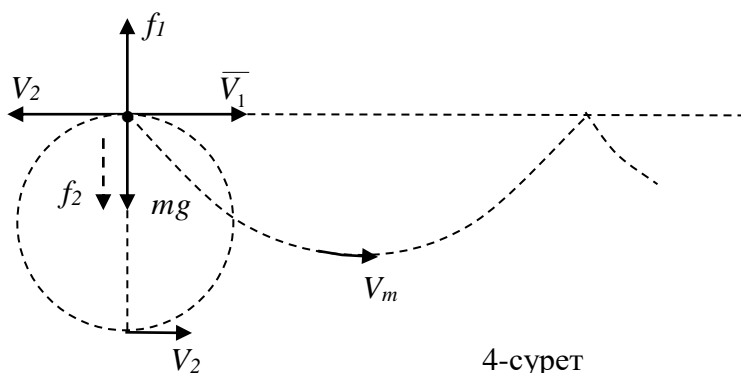
Осыдан зарядталған бөлшектің қаншалықты жылдам қозғалатынын білуге болады. Мысалы $U=1В$ болғанда, $V_c=600$ км/с. Электрондық құралдардың (диод, триод, тетрод, пентод) жұмысы зарядталған бөлшектің әртекті электр өрісіндегі қозғалысын пайдалануға негізделген.

Егер зарядталған бөлшек аралас өріске $\angle \theta$ бұрыш жасай кірген жағдайда, жылдамдықты тағы да V_1 және V_2 құраушыларға жіктеуге болады (3б-сурет). Жылдамдықтың параллель құраушысын $B//V_0$ электр өрісі туғызады, соның әсерімен бөлшек бір қалыпты үдемелі түзу сызықты қозғалысқа қатысады. Өріске перпендикуляр құраушы $B \perp V_2$ сол бағытта бөлшекті дөңгелек қозғалысқа келтіреді. Қорытқы қозғалыс төбелерінің аралары әртүрлі болып келетін спираль тәріздес үдемелі қозғалыс түрінде қалыптасады. Қозғалыстың осы түрі зарядталған бөлшектердің үдеткіштерінде кеңінен қолданылады.

Әрине, екі өрістің өзара қиылысуы да, зарядталған бөлшектің өріске кіру жолдары да сан-алуан болып келуі мүмкін. Сондықтан мақала соңында техникада жиі қолданылатын жоғарыда көрсетілген магнит индукциясы мен электр өрісі өзара перпендикуляр орналасқан кездегі процестерге талдау жүргізейік. Соның ішінде бөлшек тыныштық күйден ($V_0=0$) магнит өрісінде еркін түскен кезде байқалатын аса бір қызықты құбылысты қарастырайық. Қозғалыстарды қосу мен жіктеудің тағы бір мүмкіншілігі осы тұста байқалады. Мысалы, тыныштық күйдегі дененің жылдамдығы нөлге тең болғанымен ($V_0=0$), оны шамалары өзара тең, бағыттары қарама-қарсы екі құраушыға $V_1=-V_2$ жіктеуге болады. Осы кезде дененің күйін әрбір құраушыға байланысты дара (дербес) түрде құрастыруға мүмкіндік туады (4-сурет). Дененің тепе-теңдік күйінің сақталуы - оны төмен қарай тартушы ауырлық күші мен магнит өрісінің әсерінен туындайтын жоғары көтеруші Лоренц күшінің f_1 өзара тең болуының нәтижесі, яғни:

$$f_1 = -mg .$$

Мұндай жағдайда бөлшек еркін түсудің орынына, жылдамдықтың V_1 құраушысының бағытымен түзу сызықты бір қалыпты қозғалыс жасауға тиіс. Жылдамдықтың екінші құраушысына V_2 байланысты туындайтын Лоренц күші (f_2) бұл жолы ауырлық күшімен (mg) бағыттас. Осындай жағдайда бөлшек сағат тіліне қарсы бағытта шеңбер бойымен қозғалуға тиіс.



4-сурет

Әзірге бұл қозғалыстар өз алдына дара, бір-біріне ықпалы жоқ процестер деп қарастырылған жағдайда орындалады. Бөлшектің қорытқы қозғалысы осы екі қозғалыстың бірігіп әсер етуінің нәтижесінде қалыптасады. Физика курсынан белгілі қатынастарды ескере отырып, бөлшектің төмендей алатын максимал биіктігінің шамасын табуға болады. Жылдамдықтың бірінші құраушысы

$$V_1 = \frac{mg}{BQ} .$$

Бөлшек шеңбер бойымен жылдамдықтың екінші құраушысына байланысты төмендейді. Шеңбердің радиусы

$$R = \frac{mV_2}{BQ} .$$

Бірақ мәселенің алғы шартына сәйкес

$$|V_1| = |V_2|$$

Сондықтан шеңбердің радиусы

$$R = \frac{m^2 g}{B^2 Q^2}$$

тендеуімен анықталынады. Бөлшектің төмендей алатын биіктігінің ең үлкен мәні шеңбердің диаметріне тең

$$h_{\max} = 2R = \frac{2m^2 g}{B^2 Q^2}.$$

Бөлшек шеңбердің төменгі нүктесіне жеткен кезде жылдамдықтың екінші құраушысының V_2 бағыты өзгеріп, бірінші құраушымен V_1 бағыттас күйге ауысады. Қорытқы жылдамдық екі құраушының қосындысы ретінде қарастырылады:

$$V_{\max} = V_1 + V_2 = \frac{2mg}{BQ}.$$

Осы кездегі Лоренц күшінің шамасы екі еселенген ауырлық күшіне тең:

$$f = BQV_{\max} = 2mg.$$

Бұл күштің бағыты ендігі уақытта – вертикаль жоғары. Соған сәйкес зарядталған бөлшек осы күштің әсерімен шеңбердің төменгі нүктесіне жетер-жетпестен жоғары қарай бұрылады. Осы процесс пластиналар шексіз үлкен болған жағдайда үздіксіз қайталанып отырар еді. Ал пластиналардың ұзындығы шеңбердің диаметрінен аспайтындай шектеулі шамада болса, бөлшектің өріске M нүктесінен кіріп, M - C - N қисығымен қозғала отырып, N нүктесінен атылып шығуының мүмкіндігі қаншалықты? – деген сұрақтың туындауы ықтимал (1-сурет). Әрине, бұл процестің мүмкіндігі бөлшектің жылдамдығының шамасына тікелей байланысты және оған әсер етуші Лоренц күші мен электр күші тең болған жағдайда орындалады, яғни:

$$BQV_0 = QE.$$

Бұдан осы шарттың орындалуы үшін жылдамдықтың қажетті және жеткілікті шамасы табылады:

$$V_0 = \frac{E}{B}.$$

Егер $V_0 > \frac{E}{B}$ болса, зарядталған бөлшек N нүктесіне жетпей жоғары бұрылып, $V_0 < \frac{E}{B}$ болса, төмен бұрылып кетер еді де, N - нүктесінен атылып шыға алмайды.

Осы материалды бөлшектен орынды пайдалану арқылы, оқушылармен өткізілетін электрдинамика бөлімінің әрбір тақырыбын қызықты және тартымды түрде талдауға, нәтижесінде кез-келген сабақты жоғары дәрежеде сапалы байыта отырып жүргізуге толық мүмкіндік бар. Сонымен қатар, бұл материалдарды оқушылармен олимпиада жарыстарын өткізген кезде де пайдалануға болады.

Әдебиет

1. Элементарный учебник физики. /Под ред Г.С. Ландсберг/. Т.1. – М.: АОЗТ ШРАЙК, 1995, С.213.

К МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ И МАГНИТНОМ ПОЛЕ В КУРСЕ ФИЗИКИ

К. Мукашев, К. Кусманулы

Предлагается новый взгляд на методы анализа процесса формирования движения заряженной частицы при ее взаимодействии с электрическими и магнитными полями, имеющими различные направления как между собой, так и по отношению к вектору скорости заряженной частицы.

ON THE METHOD OF SCHOOL COURSE OF PHYSICS TO STUDY THE MOVEMENT OF THE CHARGED PARTICLE IN ELECTRICAL AND MAGNETIC FIELDS

K. Mukashev, K. Kusmanuly

The technique of the analysis of process of formation of movement of the charged particle is considered at its interaction with electric and magnetic the fields having various directions as among themselves, and in relation to a vector of speed of the charged particle.