

О. АХМАДЖОНОВ

ФИЗИКА
КУРСИ

II

ОМИЛ АҲМАДЖОНОВ

ФИЗИКА КУРСИ

II Т О М

ЭЛЕКТР, МАГНЕТИЗМ,
ТЎЛҚИНЛАР

ҚАЙТА ИШЛАНГАН ИККИНЧИ НАШРИ

*ЎзССР Олий ва ўрта махсус таълим министрлиги
олий ўқув юрталарининг инженер-техник ихтисоси
бўйича ўқувчи студентлари учун дарслик сифатида
рухсат этган*

ТОШКЕНТ «ЎҚИТУВЧИ» 1988

Тақризчилар: физика-математика фанлари кандидатлари,
доцентлар: *Ф. Н. Мухтасимов, Ф. А. Абдуллаев,*
С. С. Собиров, Қ.Т. Тешабоев

Ушбу дарслик «Умумий физика курси»нинг қайта ишланган ва амалдаги программага мослаб ўзгартирилган иккинчи томи бўлиб, унда физиканинг «Электростатика», «Ўзгармас электр ток», «Электромагнетизм», «Тебранншлар ва тўлқинлар» бўлимлари баён этилган.

Дарслик олний ўқув юртларининг инженер-техник ихтисоси бўйича ўқувчи студентлари учун мўлжалланган.

A $\frac{160401000 - 230}{353 (04) - 88} - 159 - 88$

© «Ўқитувчи» нашриёти, Т., 1981 й.
© «Ўқитувчи» нашриёти, Т., 1988 й
ўзгаришлар билан

ISBN 5 — 645—00218 — 0

СУЗ БОШИ

Олий техник ўқув юртларининг студентлари учун дарслик сифатида тавсия этилган «Физика курси»ни иккинчи нашрга тайёрлаш жараёнида СССР олий ва ўрта махсус таълим министрлигининг олий таълим бўйича ўқув-методик бошқармаси тасдиқлаган программага риоя қилинди. Ушбу қайта ишланган иккинчи томда ўқув материалининг «Электростатика», «Ўзгармас электр ток», «Электромагнетизм», «Тебранишлар ва тўлқинлар» бўлимлари баён этилди. Программага мос келмаган мавзулар ва СИ га оид бўлмаган физик катталиклар бирликлари бу нашрга киритилмади. Уларнинг ўрнига программада кўрсатилган баъзи янги мавзулар киритилди. Биринчи нашрига оид ҳамкасблар билдирган танқидий фикр-мулоҳазалар эътиборга олинган ҳолда баъзи физик ҳодиса ва қонунларни баён этиш услублари қисман ўзгартирилди, натижада ўқув материали қисқароқ ва тушунарлироқ бўлишига эришилди.

Дарсликнинг биринчи нашрига оид ўз фикр-мулоҳазаларини билдириб, мазкур нашрни яхшилашга ҳисса қўшган барча ҳамкасбларга самимий миннатдорчилигимни изҳор этаман.

Муаллиф

I БОБ ВАКУУМДАГИ ЭЛЕКТР МАЙДОН

1-§. Электр заряд ва унинг сақланиш қонуни

Бир-бирига ишқаланиши натижасида жисмларнинг электрланишини кўп кузатгансиз. Масалан, гилам ёки линолеум тўшалган хонада бир оз юриб, сўнг бирор металл жисмга қўлишгизни теккизсангиз, бехосдан титрайсиз. Бундан ташқари, ишқаланувчи синтетик материалларнинг турли қисмлари бир-бирига тегиши натижасида вужудга келадиган учқунларни кузатиш мумкин. Бу ҳодисаларга сабаб ишқаланаётган жисмларнинг *зарядланиши* ва бу зарядларнинг ўзаро таъсирлашувидир.

Жисмларда зарядлар мавжуд эдими ёки улар ишқаланиш натижасида пайдо бўлдимиз?

Маълумки, атомлар мусбат зарядланган ядро ва ядро атрофида берк орбиталар бўйича айланадиган электронлардан иборат. Зарядланмаган жисм атомларида электронларнинг манфий зарядлари йиғиндиси ядронинг мусбат зарядига тенг. Бундай жисмларни *электронеитрал* жисмлар деб аталади. Агар бирор таъсир натижасида электронейтраллик бузилса, бундай жисм зарядланган бўлади. Жисмдаги манфий зарядлар мусбат зарядлардан ортиқ бўлса, жисм манфий зарядланган, аксинча, кам бўлса, жисм мусбат зарядланган дейилади. Ҳар қандай манфий (ёки мусбат) зарядланган жисмнинг заряди электрон (ёки протон) нинг зарядига қаррали, яъни квантланган бўлади. Бошқача айтганда, жисмларнинг заряди фақат $\pm e, \pm 2e, \pm 3e, \dots, \pm Ne$ қийматларга эга бўлади, бунда e — электроннинг заряди. Электрон ва протоннинг зарядлари катталиклари жиҳатидан тенг, ишсралари эса қарама-қарши. Шунинг учун электрон (ёки протон) нинг электр зарядини *элементар заряд* деб аташ мумкин.

Электр зарядни 1 ўлчов бирлиги сифатида кулон (Кл) қабул қилинган: ток кучи 1 ампер (А) бўлган ўзгармас электр ток ўтаётган ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан 1 секунд давомида оқиб ўтадиган заряд миқдори 1 кулондир, яъни

$$1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot \text{с}.$$

Ток кучининг ўлчов бирлиги (А) токли ўтказгичларнинг ўзаро таъсири асосида қабул қилинган. Бу бирлик билан электромагнетизм ҳодисаларини ўрганаётганда танишамиз. Илгари чоп этилган адабиётда электр заряднинг СГСЭ_q деб номланган бирлиги ҳам учрайди. Ҳозирги вақтда фойдаланилмаётган мазкур бирлик билан кулон орасида қуйидаги боғланиш мавжуд:

$$1 \text{ Кл} \approx 3 \cdot 10^9 \text{ СГСЭ}_q.$$

Тажрибалар асосида элементар заряд катталиги $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Кл} \approx 4,8 \cdot 10^{-10} \text{ СГСЭ}_q$ эканлиги аниқланган. Электр заряднинг ўлчамлиги — TI .

Икки жисмнинг бир-бири билан ўзаро таъсирлашуви туйғайли бир жисмда маълум миқдорда манфий заряд вужудга келса, иккинчи жисмда худди шунча миқдорда мусбат заряд вужудга келади. Масалан, икки хил жисмнинг бир-бирига тегиши (контакти) натижасида биринчи жисм атомларининг валент электронлари иккинчи жисмга ўтади. Лекин иккала жисмдаги барча манфий зарядлар ва барча мусбат зарядларнинг миқдорлари ўзгармайди.

Демак, *зарядлар янгидан пайдо бўлмайди ҳам, йўқолмайди ҳам. Улар жисмларда мавжуд, фақат бир жисмдан иккинчи жисмга ёки жисмнинг бир қисмидан иккинчи қисмига кўчади*, холос. Бу хулоса зарядларнинг сақланиш қонуни дейилади. Бу қонунни яна бундай ҳам таърифлаш мумкин:

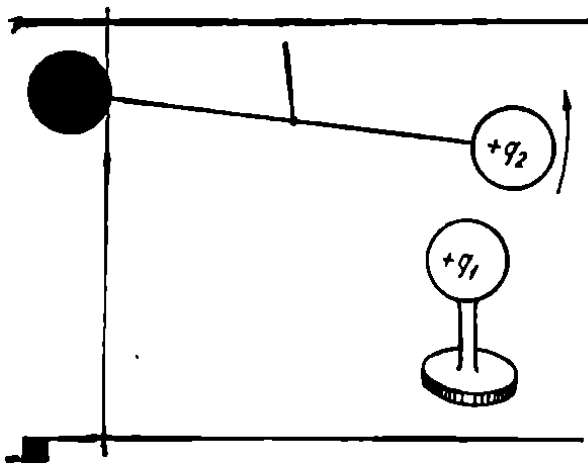
Ҳар қандай изоляцияланган (ташқи жисмлар билан электр заряд алмашинмайдиган) системада электр зарядларнинг алгебраик йиғиндиси ўзгармайди:

$$\sum q_i = \text{const}, \quad (1.1)$$

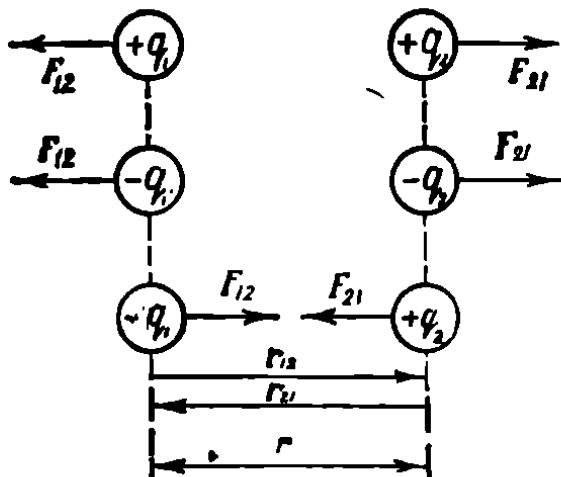
бунда q_i — система таркибидаги айрим жисмлар электр зарядларининг миқдори.

2- §. Кулон қонуни

Тажрибаларнинг кўрсатишича, бир хил ишорали зарядланган жисмлар ўзаро итаришишади, қарама-қарши ишорали зарядланган жисмлар эса ўзаро тортишишади. Нуқтавий зарядлар орасидаги ўзаро таъсир кучи катталигини француз физиги Шарль Кулон тажрибалар асосида аниқлади. *Нуқтавий зарядлар* деганда шундай зарядланган жисмлар туюниладики, бу жисмларнинг ўлчамлари улар орасидаги массага нисбатан анча кичик. Кулон тажрибасининг моҳия-



1.1- расм



1.2- расм

ти қуйидагидан иборат. Ингичка симга шиша шайин осилган. Шайиннинг бир учига металл шарча, иккинчи учига эса посанги ўрнатилган (1.1- расм). Шайиннинг учигаги металл шарчани зарядлаб, унга иккинчи зарядланган металл шарчани яқинлаштирсак, зарядланган жисмлар (шарчалар) орасида таъсир этувчи электр кучи туфайли шайин бирор бурчакка бурилади. Шайиннинг бурилиш бурчаги орқали электр таъсир кучини аниқлаш мумкин. Кулон зарядланган шарчалар орасидаги таъсир кучининг шарчалардаги заряд миқдорларига ва улар орасидаги масофага боғлиқлигини текширди. Нагижанда у физикада Кулон қонуни номи билан машҳур бўл-

ган қуйидаги қонунни аниқлади.

Вакуумдаги икки нуқтавий электр заряднинг ўзаро таъсир кучи таъсирлашаётган ҳар бир заряд катталиклари кўпайтмасига тўғри ва зарядлар орасидаги масофанинг квадратиغا тескари пропорционалдир, яъни

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \frac{r_{12}}{r}; \quad (1.2)$$

$$F_{21} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \frac{r_{21}}{r}, \quad (1.3)$$

бу ифодаларда q_1 ва q_2 — мос равишда биринчи ва иккинчи нуқтавий зарядларнинг миқдорлари, r — зарядлар орасидаги масофа, r_{12} — биринчи нуқтавий заряддан иккинчи нуқтавий зарядга ўтказилган радиус-вектор, r_{21} эса, аксинча, иккинчи нуқтавий заряддан биринчи нуқтавий зарядга ўтказилган радиус-вектор. $r_{12} = -r_{21}$ бўлганлиги учун $F_{12} = -F_{21}$.

Бир хил ишорали зарядлар итаришишади (1.2-а ва б расмлар), қарама-қарши ишорали зарядлар эса тортишади (1.2-в расм).

(1.2) ва (1.3) ифодалардаги ϵ_0 — электр доимий деб аталади. У асосий физик доимийларнинг биридир:

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2},$$

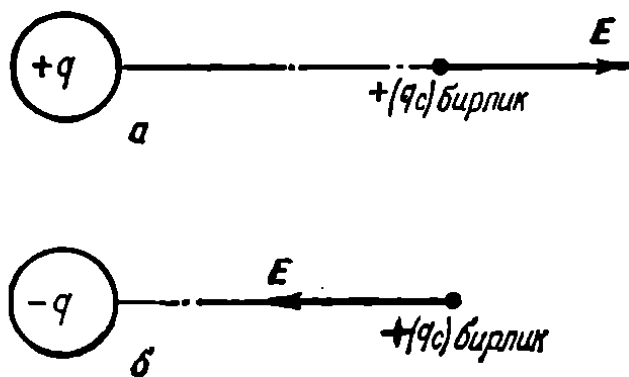
ёки

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}}.$$

3-§. Электр майдон ва унинг кучланганлиги

Электр зарядларнинг ўзаро таъсирлашиши электр майдон орқали содир бўлади. *Қўзғалмас электр заряд атрофидаги электр кучлар таъсири сезиладиган фазо соҳаси мазкур заряднинг электр майдони* деб аталади. Бу майдон, баъзан, аниқлик киритиш мақсадида *электростатик майдон* деб ҳам юритилади, бундаги «статик» қўшимчаси майдоннинг вақт ўтиши билан ўзгармаслигини англатади. Электр майдон зарядларнинг ўзаро таъсири туфайли вужудга келмайди. Аксинча, ҳар қандай заряд ўз атрофида мавжуд бўладиган электр майдонга эга. Электр майдоннинг мавжудлиги фазонинг мазкур соҳасида бошқа электр зарядларнинг жойлашганлигига боғлиқ эмас. Мазкур ҳолни Ернинг гравитация (тортиш) майдони бошқа жисмлардан мустақил равишда мавжудлигига ўхшатиш мумкин. Бошқа жисмлар эса Ер гравитацион майдонини текшириш учун «синов жисмлар» вазирасини бажарар эди. Зеро, жисм атрофидаги гравитацион майдон ҳам, электр заряд атрофидаги электр майдон ҳам инсон онгига боғлиқ бўлмаган ҳолда мавжуд. Уларнинг мавжудлигини инсоннинг табиий сезги органлари бевосита сеза олмайди. Бундай ҳолларда инсон ўзининг табиий сезги органларига ёрдамчи вазифасини ўтайдиган қурилма ва асбоблардан фойдаланади. Хусусан, электр майдонни текшириш учун «синов заряд» дан фойдаланилади. Фазонинг синов заряд киритилган нуқтасида электр майдон мавжуд бўлса, синов зарядга электр куч таъсир этади. Аксинча, синов зарядга ҳеч қандай электр куч таъсир этмаса, фазонинг текширилаётган соҳасида электр майдон мавжуд эмас, деган хулосага келинади. Табиийки, синов заряднинг миқдори мумкин қадар кичик бўлиши керак, чунки у текширилаётган майдоннинг хусусиятларини сезиларли даражада ўзгартира олмасин.

q заряд туфайли вужудга келаётган электр майдоннинг ихтиёрий бирор нуқтасини танлаб олайлик. Бу нуқтага миқ-



1.3- расм

дори q_c бўлган синов заряд олиб кирайлик. Синов зарядга майдон томонидан таъсир этувчи куч q ва q_c зарядлар орасида Кулон қонунига асосан таъсир этувчи кучдир, яъни

$$F = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{q q_c}{r^2} \frac{r}{r} \quad (1.4)$$

Бу ифодадан кўринадики, электр майдоннинг айти бир нуқтасида синов зарядга таъсир этувчи куч, синов заряд миқдори q_c га боғлиқ. Шунинг учун электр майдон муайян нуқтасининг куч характеристикаси сифатида шу нуқтага киритилган бирлик мусбат синов зарядга таъсир этувчи куч қабул қилиниши лозим, уни электр майдоннинг текширилаётган нуқтасининг *кучланганлиги* деб аталади ва E билан белгиланади. Демак, *электр майдоннинг ихтиёрий нуқтасидаги майдон кучланганлиги деганда шу нуқтага олиб кирилган бирлик зарядга таъсир этувчи куч* (1.3-расм) билан *характерланувчи физик катталиқ тушунилади*. Электр майдон кучланганлиги вектор катталиқ бўлиб, унинг йўналиши майдоннинг текширилаётган нуқтасига олиб кирилган бирлик мусбат зарядга таъсир этувчи кучнинг йўналиши билан аниқланади.

Агар электр майдон нуқтавий q заряд туфайли вужудга келаётган бўлса, ундан r масофадаги майдон нуқтасининг кучланганлиги

$$E = \frac{F}{q_c} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{q}{r^2} \frac{r}{r} \quad (1.5)$$

бўлиб, унинг йўналиши q заряд ва майдоннинг текширилаётган нуқтасини бирлаштирувчи тўғри чизиқ бўйлаб заряддан ташқарига (q мусбат бўлганда) ёки заряд томонга (q манфий бўлганда) йўналган бўлади.

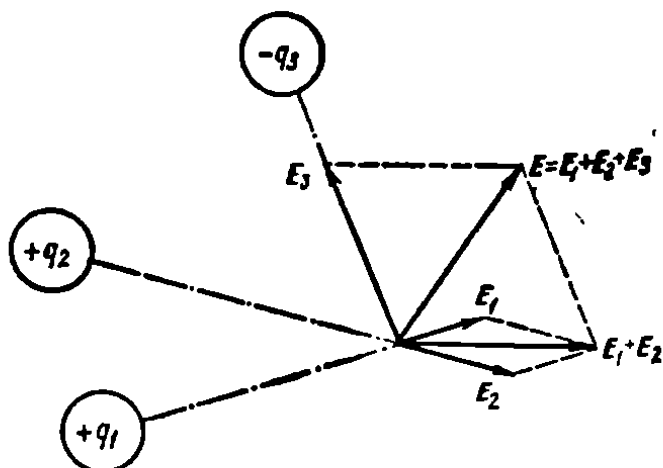
(1.5) дан фойдаланиб, электр майдон кучланганлигининг бирлигини ньютон тақсим кулон $\left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}}\right)$ деб ҳисобласа ҳам бўлади. Лекин электр майдон кучланганлигининг ўлчов бирлиги сифатида вольт тақсим метр $\left(\frac{\text{В}}{\text{м}}\right)$ қабул қилинган. Мазкур бирлик тафсилоти шу бобнинг 6-§ ида баён этилади.

Электр майдон кучланганлигининг ўлчамлиги $—LMT^{-3}I^{-1}$.

Агар электр майдонни бир неча заряд вужудга келтира-

ётган бўлса (1.4- расм), натижавий майдоннинг кучланганлиги алоҳида зарядлар туфайли вужудга келаётган электр майдон кучланганликларининг вектор йиғиндисига тенг бўлади, яъни:

$$E = E_1 + E_2 + \dots + E_n = \sum_{i=1}^n E_i \quad (1.6)$$



1.4- расм

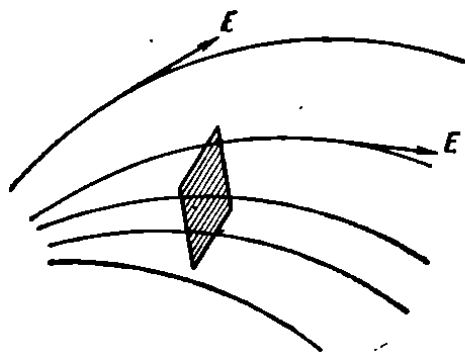
(1.6) ифода майдонлар суперпозицияси (қўшиш) принципини ифодалайди.

4- §. Кучланганлик чизиқлари. Гаусс теоремаси

Электр майдоннинг ҳар бир нуқтасида майдонни характерловчи кучланганлик вектори E аниқ қийматларга ва йўналишларга эга бўлади. Шунинг учун электр майдонни график усулда тасвирламоқчи бўлсак, бирор масштабга асосланиб турли нуқталар учун E векторларни ўтказиш лозим бўларди. Лекин бунда векторлар бир-бирлари билан кесишиб, ниҳоятда чалкаш манзара вужудга келади. Шу сабабли электр майдонни кучланганлик векторлари билан эмас, балки *кучланганлик чизиқлари* билан ифодалаш одат бўлган (1.5- расм). Кучланганлик чизиқлари электр майдонни тасвирлашда қўлланиладиган тушунча бўлиб, уни қуйидаги икки шартга асосланиб ўтказилади:

1) кучланганлик чизигининг ихтиёрий нуқтасига ўтказилган уринма электр майдоннинг шу нуқтасидаги кучланганлик векторининг йўналиши билан мос тушиши керак;

2) кучланганлик чизиқларининг зичлиги шундай бўлиши лозимки, чизиқлар йўналишига перпендикуляр қилиб жойлаштирилган бирлик юздан ўтувчи чизиқлар сони майдоннинг ўша нуқтасидаги кучланганлик вектори E нинг қийматига тенг бўлиши лозим.



1.5- расм

Бу икки шартга риоя қилиб кучланганлик чизиқлари ўтказилганда электр майдоннинг ихтиёрий нуқтасидаги кучланганлик



Bu tanishuv parchasidir. Asarning to'liq versiyasi <https://kitobxon.com/uz/asar/3146> saytida.

Бу танишув парчасидир. Асарнинг тўлиқ версияси <https://kitobxon.com/uz/asar/3146> сайтида.

Это был ознакомительный отрывок. Полную версию можно найти на сайте <https://kitobxon.com/ru/asar/3146>