

**ҚОНУНҲОИ КИРХГОФ ВА
ИСТИФОДАИ ОН ДАР
ҲАЛЛИ МАСЪАЛАҲОИ
МУРАККАБИ
ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ**

Отаҷонов Сӯҳроб Эргашалиевич, доктори фалсафа (PhD) рӯи ихтисоси 6D071000 маводшиносӣ ва технологияи маводи нав, сармуаллими кафедраи физикаи умумӣ ва ҷисмҳои сахти МДТ “ДДХ ба номи акад. Б. Гафуров” **Раҳматов Муҳмадӣ Нуридинович**, н.и.ф-математика, сармуаллими кафедраи физикаи умумӣ ва ҷисмҳои сахти МДТ «ДДХ ба номи акад.Б.Гафуров» (Тоҷикистон, ш. Хуҷанд)

**ЗАКОНЫ КИРХГОФА И ИХ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В РЕШЕНИИ
СЛОЖНОЙ ЗАДАЧИ
ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМА**

Отаҷонов Сухроб Эргашалиевич, доктор философии (PhD) по специальности 6D071000 – материаловедение и технология новых материалов, старший преподаватель кафедры общей физики и твердого тела; **Раҳматов Муҳмади Нуридинович**, к.физико-математических наук, старший преподаватель кафедры общей физики и твердого тела ГОУ «ХГУ имени акад. Б.Гафурова», (Таджикистан, Худжанд)

**KIRCHHOFF LAWS AND
THEIR USE IN SOLVING THE
COMPLEX PROBLEM OF
ELECTROMAGNETISM**

Otajonov Sukhrob Ergashalievich, (PhD) in specialty 6D071000 – Materials Study and the Technology of New Materials, senior lecturer of the Department of General Physics and Solid matters of SEI «Khujand State University named after acad. B.Gafurov», **E-mail: suhrob_22.10.91@mail.ru;** **Rahmatov Muhamadi Nuridinovich**, candidate of physical and mathematical sciences, senior lecturer of the Department of General Physics and Solid matters of SEI «Khujand State University named after acad. B. Gafurov», (Tajikistan Khujand), **E-mail: muhamadi.rahmatov@yandex.ru**

Вожаҳои калидӣ: занҷири электрии шоханок, қонунҳои Кирхгоф, занҷири электрӣ, шоха, нуқтаи гиреҳ қувваи ҷараён, шиддат, қувваи электроҳаракатдиҳанда (ҚЭХ), усули Крамер

Дар мақола масъалаи истифодаи қонунҳои Кирхгоф дар ҳалли масъалаҳо доир ба занҷирҳои мураккаб баррасӣ шудааст. Қайд мешавад, ки истифодаи қонунҳои Кирхгоф ба донишҷӯ имкони ташиаққули мафҳумҳои қонунҳои ҷараёни доимӣ, занҷири электрикӣ ва элементҳои онро медиҳад. Тазаққур меравад, ки омӯхтани истифодаи қонунҳои ҷараёни доимӣ ва қонунҳои Кирхгоф барои ҳисоб кардани занҷирҳои мураккаби электрикӣ, такмил додани маҳорат, пурзӯр намудани фаъолияти маърифатии донишҷӯён тавассути ҳалли масъалаҳо оид ба ҳисоби схемаҳои мураккаби электрикӣ, баланд бардоштани маданияти меҳнати фикрӣ, маҳорати таҳлил кардан, дидани қимати амалии дониши гирифташуда, давом додани ташиаққули малақаҳои муошират хизмат мекунад. Нишон дода шудааст, ки қонунҳои Кирхгоф барои занҷирҳои хаттӣ ва гайрихаттӣ ҳангоми шиддат ва ҷараёнҳои доимӣ ва таъйирёбанда дуруст мебошанд. Қонунҳои Кирхгоф вобастагии байни ҷараён ва шиддатро дар занҷирҳои электрии шохаҳои намудҳои ихтиёрӣ муқаррар мекунад. Қонунҳои Кирхгоф аз ҷиҳати универсалии худ дар электротехника аҳамияти вижа, зеробархурдоранд барои ҳалли ҳама гуна масъалаҳои электрикӣ муносиб ҳастанд.

Ключевые слова: разветвления электрических цепей, законы Кирхгофа, электрическая цепь, ветвь, узел, ток, напряжение, электродвижущая сила (ЭДС), метод Крамера

Рассматривается использование законов Кирхгофа при решении задач, связанных со сложными цепями в физике. Отмечается, что законы Кирхгофа имеют особое значение в электротехнике связи своей универсальности, поскольку они подходят для решения всех видов электрических задач. Подчеркивается, что применение законов Кирхгофа позволяет учащемуся улучшить представление о законах постоянного тока, электрических цепях и их элементах. Изучение применения законов постоянного тока и законов Кирхгофа для расчета сложных электрических цепей позволяет совершенствовать умения, укрепить познавательную деятельность учащихся путем решения задач расчета сложных электрических цепей, повысить культуру умственного труда, аналитические способности, увидеть практическую ценность знаний, развить

коммуникативные навыки. Утверждается, что законы Кирхгофа устанавливают связь между током и напряжением в электрических цепях ветвей произвольных типов. Они справедливы для линейных и нелинейных цепей при постоянных и переменных напряжениях и течениях.

Key words: branching of electric circuits, Kirchhoff's laws, electrical circuit, branch, node, current, voltage, electromotive force (EMF), method of Cramer

Kirchhoff's laws are of particular importance in electrical engineering because of their versatility, as they are suitable for all kinds of electrical problems. The article provides information about Kirchhoff's laws and their application to solve problems with complex circuits. The application of Kirchhoff's laws allows students to improve their understanding of the laws of direct current, electrical circuits and their elements. The study of the application of the laws of direct current and Kirchhoff's laws for calculating complex electrical circuits allow students to improve their skill, strengthen the cognitive activity of students by solving problems of calculating complex electrical circuits, improve the culture of mental work, analytical skills, see the practical value of knowledge, develop communication skills. Kirchhoff's laws are of particular importance in electrical engineering due to their universality, as they are suitable solving any electrical problem.

Физика дар ҳамаи зинаҳои таҳсилот, умумитарин қонунҳои табиати ғайризиндари меомӯзад. Бо назардошти имкониятҳои раванӣ ва синнусолии хонандагон дар мактаби таҳсилоти миёнаи ҳамагонӣ омӯзиши фанни физика ба ду зина тақсим карда шудааст. Зинаи якум синфҳои 7-9 ва зинаи дуюм синфҳои 10-11. Дар зинаи якуми таълими физика, бо назардошти кам будани таҷрибаи ҳаёти ва нокифоягии имкониятҳои раванӣ ҷисмонӣ хонандагон оддитарин ҳосиятҳои материя, сохти он ва навҳои ҳаракат (механикӣ ва ҳароратӣ) таъсири мутақобили ҷисмҳо, фаҳмиш дар бораи энергия (механикӣ ва дохилӣ) унсурҳои нисбатан содаи электромагнитӣ ва рӯшноӣ омӯхта мешавад. Дар натиҷа, дар хонанда тасаввуроти умумӣ дар бораи мафҳумҳои модда, ҷисмҳо, предметҳо, ҳаракат, инерсия, энергия, заряд майдон ва ғайра ҳамчун заминаи донишҳои физикӣ ба вучуд меоянд ва ташаккул меёбанд. Дар зинаи дуюм ин фаҳмишҳо пурра ва ташаккул дода, амалан, маълумоти умумӣ доир ба физикаи муосир дода мешавад [1,с.2].

Иштироки фаъолони дар машғулиятҳои амалӣ усули самараноки мустақкам намудани дониши хонандагон дар чараёни таълими физика маҳсуб меёбад. Ҳалли масъалаҳои физикӣ яке аз шаклҳои машғулияти амалӣ ва муҳимтарин усули мустақкамӣ амиқ намудани дониши хонанда ба ҳисоб меравад. Тибқи талаботи барнома қариб аз се як ҳиссаи вақти барои омӯзиши физика пешбинишуда барои ҳалли масъалаҳо сарф бояд шавад [1,с.2].

Таҳлили воқеият оид ба маҳорати масъалаҳалкунӣ хонандагон ва донишҷӯён нишон медиҳад, ки аксари онҳо аз ӯҳдаи мустақилона ҳал кардани масъалаҳо намебароянд. Аксар омӯзгорон ҳангоми дарсҳои амалӣ масъалаҳои яқранг ва савияш пастро интиҳоб менамоянд. Дар ин мавридҳо, аз назари аввал, талаботи барнома иҷро мешавад, лекин имкониятҳои эҷодии хонандагон нокушода мемонад [1,с.3].

Бархе аз муаллимони фанни физика дар он ақидаанд, ки дар машғулиятҳои амалӣ масъалаҳои мураккаб бояд интиҳоб кард. Яъне дар сурати бештар ҳал намудани масъалаҳои мушкил имкониятҳои зехнии толибилм бештар ташаккул меёбад. Ин ақида ва тарзи кор, ба назари мо то андозае нодуруст мебошад, зеро хонанда ҳангоми ба душвориҳо рӯ ба рӯ шуданаш бовариашро оид ба “тавониш” гум мекунад, хулоса мебарорад, ки ӯ масъала ҳал карда наметавонад ва физика барои ӯ ба фанни душвор табдил меёбад [2,с.3].

Омӯзгорони соҳибтаҷриба барои ҳалли ин муаммо аз усулҳои гуногуни ҳалли масъалаҳо ва машғулиятҳои таълимӣ истифода мебаранд. Ба назари мо, ҳалли ин муаммо то андозае дар интиҳоби масъалаҳо маҳфуз аст. Омӯзгорро лозим аст, ки ба интиҳоби масъалаҳо эътибор дода, масъалаҳои навро зина ба зина, аз сода ба мураккаб интиҳоб намояд.

Масъалаи физикӣ, аслан, проблемаест, ки ҳалли он тавассути фикрронии мантикӣ, амалҳои математикӣ ва ё гузаронидани таҷрибаҳо бо назардошти қонунҳои физика дарёфт карда мешавад. Дар ибтидо, ҳангоми ҳалли масъала хонанда дар менамояд, ки донишҳои назарии вай дар амал татбиқ ва барои ҳалли масъалаҳои истифода мешаванд. Минбаъд, ҳангоми ҳалли масъалаҳои савияшон болотар хонанда донишашро амиқтар ва мушаххастар менамояд. Дар натиҷа, ҳалли масъала василаи ташаккули дониш ва маҳорати хонанда мегардад ва рисолати он ҳам ҳамин аст [2,с.6].

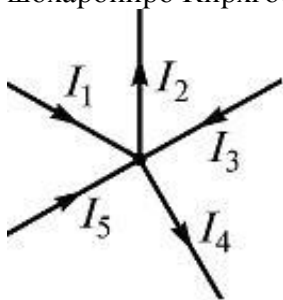
Масъалаҳои физикӣ бо усулҳои гуногун ҳал карда мешаванд. Яке аз роҳҳои санҷидашудаи ҳалли масъалаҳо тасвири схематикӣ ҳодиса ва ё раванди физикӣ мебошад. Тасвири графикӣ ҳодиса барои фикрронии саҳеҳи мантикӣ кӯмак мерасонад. Дар сурати дуруст ва пурра таҳлил шудани мазмуни масъала ва шартҳои он тарзи аналитикӣ (тавассути формулаҳо) ҳалли

проблема натиҷаи дуруст меҳад. Дар ташаккули дониш ва маҳорати хонандагон нақши масъалаҳои сифатӣ ва таҷрибавӣ низ калон мебошанд.

Дар мақолаи мазкур доир ба махсусиятҳои масъалаҳои физикӣ бо истифодаи қонунҳои Кирхгоф барои занҷирҳои шоханок ва нақши онҳо дар ташаккули дониши физикии толибилмон дар зинаи аввали методикаи таълими физика сухан меравад. Аз хотир навиштан ва ҳал кардани масъалаҳои физикӣ мантиқи математикии толибилмро ташаккул меҳад. Толибилмоне, ки зехни худро дар ҳалли масъалаҳои физикӣ «тез» мекунад, дар ҳалли бисёр масъалаҳои касбӣ ва зиндагӣ муваффақ мешаванд.

Маҷмӯи иборат аз манбаи ҷараён, истеъмолкунандаҳо, табдилдиҳандаҳо, калидҳо ва ноқилҳои васлкунандаро *занҷири электрӣ* меноманд. Занҷири электрӣ ду вазифаи муҳимро адо мекунад. Аз занҷири электрӣ истифода бурда ҳодисаҳои ба ҷараёни электрӣ алоқаманд омӯхта мешавад. Тавассути занҷири электрӣ, бо истифода аз энергияи электрӣ, амалҳои зиёд иҷро карда мешавад. Кори манбаҳои рӯшноии муосир, таҷҳизоти гармкунанда, таъмини кори дастгоҳҳои мухталифи истеҳсолӣ, ташкили робитаҳои радиотелефонӣ, кори яхдон, телевизор, ҷангкашак, компютер ва ғайра ки ба зиндагии имрӯза саҳт ворид шудаанд, бе ҷараёни электрӣ ва бидуни занҷири электрӣ имконнопазир аст [1,с.3].

Дар амалия, аксар аз занҷирҳои электрии истифода мебаранд, ки дар онҳо ба як нуқта якҷанд ноқилҳои ҷараёндош пайваст карда мешавад. Ин гуна занҷирҳоро *шоханок* меноманд (расми 1). Нуқтае, ки ба он якҷанд ноқилҳои ҷараёндош (ҷараёнҳо) пайваст карда шудааст, *нуқтаи гирех* меноманд. Дар алгебраи ҷараёнҳо ҷараёне ки ба гирех дохил мешавад - мусбат ва ҷараёне, ки аз гирех мебарояд - манфӣ ҳисобида мешавад. (баръакс шуданаш ҳам мумкин). Занҷирҳои шоханокро Кирхгоф омӯхта ду қоида пешниҳод намудааст [6,С.10-11].



Расми 1.Занҷири шоханокӣ

Қонуни якуми Кирхгоф: Суммаи алгебравии ҷараёнҳо дар нуқтаи гирех ба сифр баробар аст. $\sum_{i=1}^n I_i = 0$ (1)

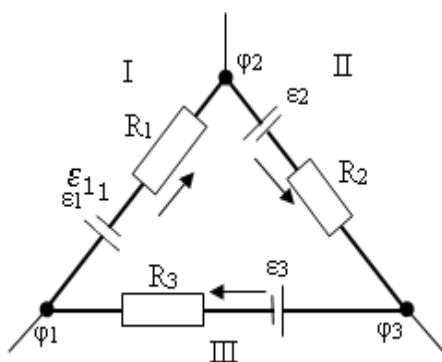
Қоидаи якуми Кирхгоф дар асоси қонуни бақои заряди электрӣ иҷбот карда мешавад. Зеро, мувофиқи қонуни бақои заряд, миқдори заряде, ки дар воҳиди вақт ба гирех дохил мешавад, ба миқдори заряди дар ин фосила аз гирех бароянда баробар аст [1,с.3].

Занҷири электрии дар расми 2 тасвиршударо дида мебароем. Дар асоси қонуни Ом барои ҳар як қитъаи занҷир навишта метавонем.

$$I_1 R_1 = (\varphi_1 - \varphi_2) + E_1 \quad \text{барои қитъаи I}$$

$$I_2 R_2 = (\varphi_2 - \varphi_3) + E_2 \quad \text{барои қитъаи II}$$

$$I_3 R_3 = (\varphi_3 - \varphi_1) + E_3 \quad \text{барои қитъаи III}$$



Расми 2.Занҷири электрӣ

Баробариҳои ҳосилшударо аъзо ба аъзо ҷамъ мекунем.

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 = E_1 + E_2 + E_3$$

Аз ин ҷо, барои ҳолати умумӣ: $\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{i=1}^n E_i$ (2) ҳосил мешавад. Ифодаи (2) шакли математикии қоидаи дуҷуми Кирхгоф мебошад [4-6].

Қонуни дуҷуми Кирхгоф: Суммаи афтиши шиддатҳо дар занҷири шоханокӣ ба суммаи ҚЭҲ-и манбаъҳои дар занҷир пайвастшуда баробар аст. Дурустии қоидаи дуҷуми Кирхгоф дар асоси қонуни бақои энергия фаҳмонда мешавад. ҚЭҲ-и манбаъ ададан ба қори қувваҳои берунае баробар аст, ки барои қўчонидани заряди воҳидӣ аз

нуқтаи потенциалаш хурд ба калон иҷро мешавад. Афтиши шиддат бошад, ададан ба қори қувваҳои электрии баробар аст, ки барои қўчонидани заряди воҳидӣ аз нуқтаи потенциалаш калон ба хурд иҷро мешавад. Пас, суммаи афтиши шиддатҳо (суммаи қори қувваҳои электрӣ) дар занҷир мувофиқи қонуни бақои энергия ба суммаи қори қувваҳои беруна баробар бояд шавад. Ба ибораи дигар қувваҳои электрӣ дар занҷир танҳо ҳамон миқдор қор иҷро карда метавонад, кадоме аз тарафи қувваҳои беруна иҷро шудааст [3,с.11].

Қоидаҳои Кирхгоф ҳосияти нави майдони электриро ифода намекунад. Чӣ тавре ки дар боло нишон додем, қоидаи якум шартӣ доимӣ будани ҷараёно ифода менамояд. Қоидаи дуюм нишон медиҳад, ки шиддат дар занҷири сарбаста ба сифр баробар аст. Ин аз ҳосияти майдони электростатикӣ: «Қори майдон дар масири сарбаста ба сифр баробар аст», бармеояд. Аз қоидаҳои Кирхгоф истифода бурда параметрҳои занҷирҳои шоханокро ҳисоб (пешгӯӣ) кардан мумкин аст [3,С.9-12].

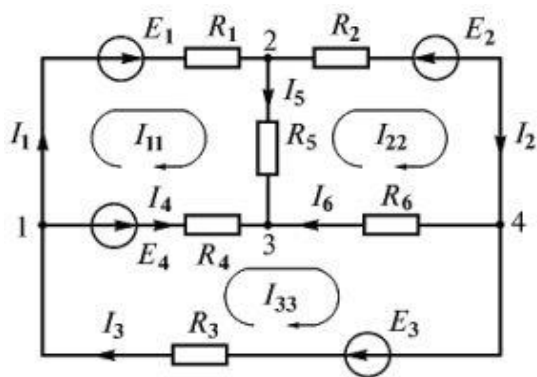
Усули қонунҳои Кирхгоф аз ҳалли системаи муодилаҳои иборат аст, ки аз рӯи қонунҳои якум ва дуюми Кирхгоф тартиб дода шудаанд.

Усул аз тартиб додани муодилаҳо аз рӯи қонунҳои якум ва дуюми Кирхгоф барои гиреҳҳо ва шохаҳои занҷири электрикӣ ва ҳалли ин муодилаҳо барои муайян кардани ҷараёнҳои номаълум дар шохаҳо ва мувофиқи онҳо шиддатҳо иборат аст. Аз ин рӯ, шумораи номаълумҳо ба шумораи шохаҳои b баробар аст, бинобар ин, мувофиқи қонунҳои якум ва дуюми Кирхгоф бояд ҳамон миқдор муодилаҳои новобаста тартиб дода шаванд [6,с.10]. Аз ҳамин сабаб ҳам занҷирро ба контурҳои алоҳида, қисми пайдарпай онро, ҷудо намуда ба ҳар як контур қонуни якум ва дуюми Кирхгофро тадбиқ намуда, пас ҳисобкуниро оғоз менамоем. Дар [2] қабули самти ҷараён, гирифтани КЭҲ-ҳо бо аломати мусбат ва манфӣ, ҳосили зарби қувваи ҷараён бар муқовимат мусбат ва манфӣ хеле хуб нишондода шуда дах масъалаи намунавӣ ҳал карда шудааст, ки ҳалли онҳоро омӯхта як миқдор заминаи математикиро ҳосил кардан мумкин аст.

Миқдори муодилаҳои, ки дар асоси қонуни якум сохта мешаванд, ба шумораи гиреҳҳои занҷир баробар аст ва танҳо ($y - 1$) муодилаҳо аз ҳамдигар новобаста мебошанд.

Новобастагии муодилаҳо бо интиҳоби гиреҳҳо таъмин карда мешавад. Гиреҳҳо одатан тавре интиҳоб карда мешаванд, ки ҳар як гиреҳи пайдарпай аз гиреҳҳои ҳамсоя ҳадди аққал як шоха фарқ кунад. Муодилаҳои боқимонда мувофиқи қонуни дуюми Кирхгоф барои схемаҳои новобаста тартиб дода мешаванд, яъне шумораи муодилаҳо ба $b - (y - 1) = b - y + 1$ баробар мешавад. Контур новобаста номида мешавад, агар он ҳадди аққал як шоха дошта бошад, ки ба контурҳои дигар дохил карда нашудааст [3,С.6-10].

Барои занҷири электрикӣ системаи муодилаҳои Кирхгофро тартиб медиҳем (расми 3). Схема дорони чор гиреҳ ва шаш шоха мебошад.



Расми 3. Занҷири электронӣ тибқи системаи муодилаҳои Кирхгоф

Ин ҷо, якчанд масъалаҳои мушкилро, доир ба татбиқи қонунҳои Кирхгоф - электромагнетизм қисми физика, ба сифати мисол, дида мебароем.

Аз ин рӯ, тибқи қонуни якуми Кирхгоф, муодила $y - 1 = 4 - 1 = 3$, ва мувофиқи қонуни дуюм $b - y + 1 = 6 - 4 + 1 = 3$, инчунин се муодила тартиб медиҳем.

Самтҳои мусбати ҷараёнҳоро дар ҳама шохаҳо ихтиёрӣ интиҳоб мекунем (расми 4). Самти гузаштан аз контурҳо бо самти акрабаки соат интиҳоб карда мешавад.

Миқдори зарурии муодилаҳоро мувофиқи қонунҳои якум ва дуюми Кирхгоф тартиб медиҳем.

$$I_1 + I_4 - I_3 = 0;$$

$$E_1 - E_4 = I_1 R_1 + I_5 R_5 - I_4 R_4$$

$$I_2 + I_5 - I_1 = 0;$$

$$-E_2 = I_2 R_2 + I_6 R_6 - I_5 R_5;$$

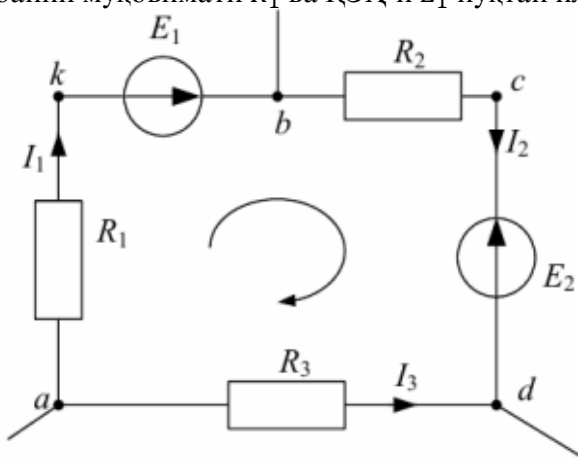
$$I_4 + I_5 + I_6 = 0;$$

$$E_4 + E_3 = I_4 R_4 + I_3 R_3 - I_6 R_6$$

Системаи муодилаҳои натиҷавӣ нисбат ба ҷараёнҳо ҳал карда мешавад. Агар ҳангоми ҳисоб кардани ҷараён дар шоха натиҷа бо аломати минус барояд, пас самти он ба самти қабулшуда муқобил мебошад.

Диаграммаи потенциалӣ тасвири графיקии қонуни дуюми Кирхгоф мебошад, ки барои тафтиши дурустии ҳисобҳо дар занҷирҳои муқовиматии хаттӣ истифода мешавад. Диаграммаи потенциалӣ барои занҷире, ки манбаи ҷараён надорад, сохта мешавад ва потенциалҳои нуқтаҳои ибтидоӣ ва интиҳобӣ диаграмма бояд якхела шаванд [4,8,9].

Занчираи $abcd$ -и схемаи дар расми 4 нишон додашударо дида мебароем. Дар шохаи ab байни муқовимати R_1 ва ҚЭҲ-и E_1 нуктаи иловагии k -ро ишора мекунем.



Расми 4. Занчираи $abcd$ -и схемаи Қонуни Кирхгоф

ҳангоми ченкуниҳои оддитарин толибилм аз амалҳои арифметикӣ истифода мебарад. Ин ҷо робитаи физика ҳамчун фанни дақиқ, ки ба ченкунии бузургиҳои физикӣ ниёз дорад, бо арифметика амалӣ мешавад. Ё ин ки вақте ки оид ба иқтидори нерӯгоҳҳои электрии Тоҷикистон сухан меравад, робитаи физика ва география амалӣ мешавад. Зеро дар ин маврид, ба ғайр аз иқтидори нерӯгоҳҳо дар кучо, дар кадом дарё сохта шудани ин ё он нерӯгоҳ маълумот дода мешавад. Ҳангоме ки барои ҳалли масъала ва ё баёни ҳодиса тасвири графикӣ ҳодиса зарур мешавад, онро ҳатман тасвир менамоянд [1, с. 4]. Дар ин маврид робитаи физика бо нақшакашӣ ва расмкашӣ амалӣ мешавад.

Ҳамин тавр, ҳангоми ҳалли масъалаҳои истифодаи формулаҳо, аз онҳо дарёфт намудани номаълумҳо (бузургиҳои физикӣ) робитаи физикаро бо унсурҳои математикаи элементарӣ таъмин менамояд. Вақте ки дар матни китоби дарсӣ, ҳангоми баёни мавзӯ дар бораи муқовимати ҳоси ноқилҳо (оид ба номи моддаи мушаххас) гап меравад, робитаи физика бо химия, ҳангоми тавассути низоми муодилаҳо дарёфти номаълум (бузургии физикӣ) робитаи физика бо алгебра, ҳангоми амалҳо бо векторҳо (қувва, шадидият, индуксия, момент...) робитаи физика бо геометрия, тригонометрия ва дигар фанҳо амалӣ мегардад.

Барои занҷирҳои ҷараёнҳои синусоидалӣ, қонунҳои Кирхгоф ҳамон тавре ки барои занҷирҳои ҷараёни доимӣ таҳия карда мешаванд, аммо танҳо барои қиматҳои маҷмӯи ҷараёнҳо ва шиддатҳо тартиб дода мешавад [1, с.4].

Қонуни якуми Кирхгоф: "Ҷамъи алгебравии ҷараёнҳои маҷмӯӣ дар гиреҳи занҷири электрикӣ ба сифр баробар аст"

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0$$

Қонуни дуюми Кирхгоф: "дар ҳама гуна контури сарбастии занҷири электрикӣ ҷамъи алгебравии ҚЭҲ-и маҷмӯӣ ба ҷамъи алгебравии шиддатҳои маҷмӯии ҳама элементҳои пасивии ин занҷир баробар мебошад" [4, с.8-9].

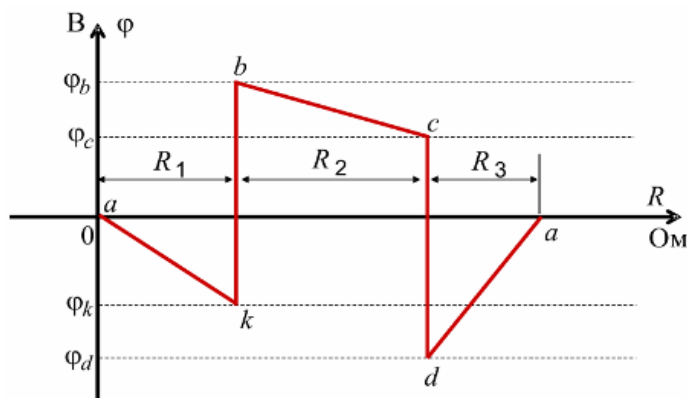
$$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^n I_k R_k$$

Потенциали дилхоҳ гиреҳро ба сифр баробар қабул менамоем (масалан, $\varphi_a = 0$), гузариши контурро дар схема интиҳоб мекунем ва потенциалҳои нуктаҳои контуриро муайян мекунем: $\varphi_a = 0$, $\varphi_k = \varphi_a - I_1 R_1$, $\varphi_b = \varphi_k + E_1$, $\varphi_c = \varphi_b - I_2 R_2$, $\varphi_d = \varphi_c - E_2$, $\varphi_a = \varphi_d + I_3 R_3 = 0$.

Ҳангоми соختани диаграммаи потенциалӣ бояд ба назар гирифта шавад, ки муқовимати ҚЭҲ ба сифр баробар мебошад (расми 5).

Қонунҳои Кирхгоф дар шакли маҷмӯа

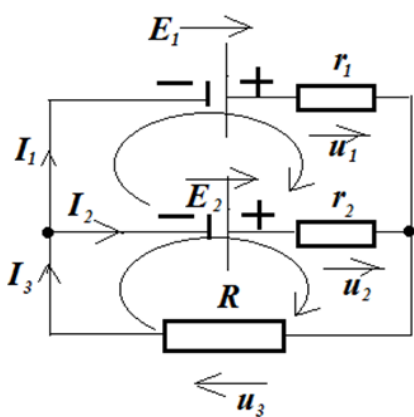
Муаллимоне, ки таҷрибаи кофии педагогӣ доранд бо хубӣ мефаҳманд, ки ҳангоми омӯзиши ҳодисаҳои физикӣ ногузир робитаи байни фанҳо амалӣ мешавад. Масалан,



Расми 5. Диаграммаи потенциалӣ

Ҳал кардани масъалаҳо, албатта, дар натиҷаи сохтани муодилаҳои математикӣ ва гузаронидани ҳисобкунӣ ва дигаргуниҳои математикӣ ҳамчунон гузориш ва дигар амалҳо чорӣ карда мешаванд. Барои ҳал, дар баъзе масъалаҳо, якчанд усул истифода мешаванд. Дар бисёр маврид, ҳангоми ҳалли ин қабил масъалаҳо, пас аз масъаларо хондан ва муодилаҳои математикии онро сохтан усули гузоришро истифода мебаранд. Мо ин ҷо ҳам усули гузориш ва ҳам усули Крамерро истифода бурда, якчанд масъалаҳои ба занҷири шоханок тааллуқдоштаро ҳал намуда, универсалӣ будани қонунҳои математикиро нишон медиҳем ва ба дӯстдорони илми физика нишон медиҳем, ки математика ва қонунҳои он дар ҳама ҷода хусусан дар физика дар ҳосил намудани натиҷаҳо ва ёвар раҳнамо мебошанд. Ин ҷо масъалаеро дида мебароем, ки гуфтаҳои болоро бешакку шубҳа тасдиқ мекунад ва математика ҳамешагӣ раҳнамои дигар фанҳо буданаширо тасдиқ менамояд. Қайд кардан бамаврид аст, ки ҳангоми ҳалли масъала оид ба занҷири шоханок, дуруст тартиб додани муодилаҳо, гузоштани аломатҳо вобаста ба шартҳои қабулкарда, нуқтаи асосии ба ҳалли дуруст муваффақ гардидан мебошад. Ин нуқтаҳоро набояд фаромӯш кунем ва шахси барои ҳалли ин қабил масъалаҳо чуръаткарда бояд онҳоро(шартҳоро) баҳубӣ омӯзад ва дар мавқеаш амиқ ва мушаххас истифода бурда тавонад.

Мисоли 1. Ду батареяи аккумуляторҳо бо ҚЭХ-и $E_1 = 10\text{ В}$ муқовимати дохилиаш $r_1 = 1\text{ Ом}$, $E_2 = 8\text{ В}$ ва $r_2 = 2\text{ Ом}$ дода шудааст. Реостат муқовимати баробари ба $R = 6\text{ Ом}$ дорад. Элементҳои занҷир аз рӯи схемаи дар расми 6 оварда шуда, пайваст мебошад. Қувваи ҷараёнро дар батареяҳо ва реостат муайян кунед [8,9].



Расми 6. Элементи занҷир барои ҳалли масъала мувофиқи қонунҳои Кирхгоф

Дода шудааст:

$$E_1 = 10\text{ В}$$

$$E_2 = 8\text{ В}$$

$$r_1 = 1\text{ Ом}$$

$$r_2 = 2\text{ Ом}$$

$$R = 6\text{ Ом}$$

Ёфта шавад: $I_1, I_2, I_3 = ?$

Ҳал:

Муодилаҳои қонунҳои Кирхгофро мувофиқи расм менависем:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ u_1 - u_2 + 0 = E_1 - E_2 \\ 0 + u_2 + u_3 = E_2 \end{cases}$$

Зеро $u_1 = I_1 r_1, u_2 = I_2 r_2, u_3 = I_3 R$, он гоҳ

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ I_1 r_1 - I_2 r_2 + 0 = E_1 - E_2 \\ 0 + I_2 r_2 + I_3 R = E_2 \end{cases}$$

Ба система қиматҳоро гузошта, системаи зерини сеномаълумаро ба даст меорем:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$\begin{aligned} 1I_1 - 2I_2 - I_3 &= 2 \\ 0 + 2I_2 + 6I_3 &= 8. \end{aligned}$$

Ин системаро аз рӯи қоидаи Крамер ҳал мекунем. Аз муодилаҳо дида мешавад, ки барои ҳалли онҳо муайянкунандаи тартиби сеюмро истифода бурдан лозим мебошад. Яке аз усулҳои муайянкунии онҳоро ба ёд меорем. Схемаяи ҳисобкунии муайянкунандаи тартиби сеюм:

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = a_{11} \cdot \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - a_{12} \cdot \begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{13} \cdot \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix} =$$

$$= a_{11}(a_{22}a_{33} - a_{32}a_{23}) - a_{12}(a_{21}a_{33} - a_{31}a_{23}) + a_{13}(a_{21}a_{32} - a_{31}a_{22}).$$

Муайянкунандаи системаро меёбем:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -2 & 0 \\ 0 & 2 & 6 \end{vmatrix} = 1 \cdot \begin{vmatrix} -2 & 0 \\ 2 & 6 \end{vmatrix} - 1 \cdot \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 6 \end{vmatrix} - 1 \cdot \begin{vmatrix} 1 & -2 \\ 0 & 6 \end{vmatrix} = -20.$$

Муайянкунандаҳои иловагӣ барои номаълумҳо:

$$\Delta_{I_1} = \begin{vmatrix} 0 & 1 & -1 \\ 2 & -2 & 0 \\ 8 & 2 & 6 \end{vmatrix} = 0 \cdot \begin{vmatrix} -2 & 0 \\ 2 & 6 \end{vmatrix} - 1 \cdot \begin{vmatrix} 2 & 0 \\ 2 & 6 \end{vmatrix} - 1 \cdot \begin{vmatrix} 2 & -2 \\ 8 & 2 \end{vmatrix} = -(12) - (4 + 16) = -32.$$

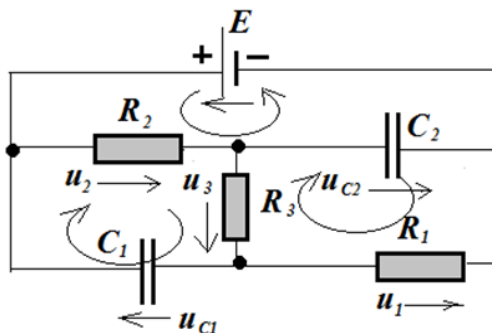
$$\Delta_{I_2} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 2 & 0 \\ 0 & 8 & 6 \end{vmatrix} = 1 \cdot \begin{vmatrix} 2 & 0 \\ 8 & 6 \end{vmatrix} - 0 \cdot \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 6 \end{vmatrix} - 1 \cdot \begin{vmatrix} 1 & -2 \\ 0 & 8 \end{vmatrix} = 12 - 8 = 4.$$

$$\Delta_{I_3} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & -2 & 2 \\ 0 & 2 & 8 \end{vmatrix} = 1 \cdot \begin{vmatrix} -2 & 2 \\ 8 & 6 \end{vmatrix} - 1 \cdot \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 8 \end{vmatrix} + 0 \cdot \begin{vmatrix} 1 & -2 \\ 0 & 2 \end{vmatrix} = -20 - 8 = -28.$$

Қиматҳои номаълуми ҷараён бо формулаи зерин муайян карда мешаванд: $I_k = \Delta_{I_k} / \Delta$:

$$I_1 = \frac{32}{20} = 1,6 \text{ A}, \quad I_2 = -\frac{4}{20} = -0,2 \text{ A}, \quad I_3 = \frac{28}{20} = 1,4 \text{ A}.$$

Мисоли 2. Резистор бо муқовиматҳои $R_1 = R_2 = 1 \text{ Ом}$, $R_3 = 2 \text{ Ом}$ ва конденсаторҳои ғунҷошаш $C_1 = 2 \text{ нФ}$, $C_2 = 3 \text{ нФ}$ ба занҷири бо ҚЭҲ-и $E = 10 \text{ В}$ пайваस्त карда шудааст (расми 7). Муқовимати дохилии манбаро ба ҳисоб нагирифтани мумкин аст. Заряди дар конденсатор ҷамъшударо муайян кунед [9].



Расми 7

Дода шудааст:

$$R_1 = R_2 = 1 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 2 \text{ Ом}$$

$$E = 10 \text{ В}$$

$$C_1 = 2 \text{ нФ}$$

$$C_2 = 3 \text{ нФ}$$

Ёфта шавад: $q_1 = ?$; $q_2 = ?$.

Ҳал:

Аз конденсаторҳо ҷараёни доимӣ намегузарад. Он ғоҳ ҷараёне, ки аз занҷир мегузарад, ба $I_0 = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3} =$

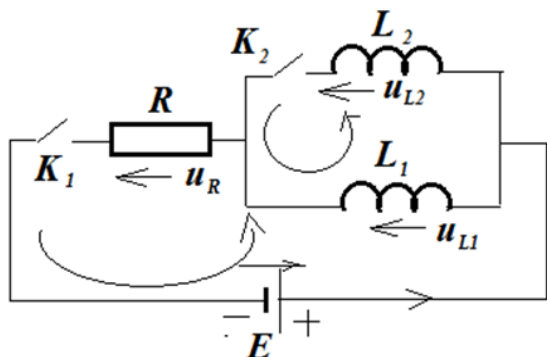
$\frac{10 \text{ В}}{4 \text{ Ом}} = 2,5 \text{ А}$ баробар мебошад. Ин ҷараён аз ҳамаи резисторҳо мегузарад. Барои муайян кардани зарядҳои конденсаторҳо, бояд шиддати онҳоро муайян кардан лозим аст. Барои ин мо қонуни дуҷуми Кирхгофро истифода мекунем. Азбаски дар масъала танҳо ду номаълум мавҷуд мебошад, ду муодила тартиб медиҳем.

$$\begin{cases} u_2 + u_{C_2} = E \\ u_2 + u_3 + u_{C_1} = 0. \end{cases}$$

Шиддати $u_2 = I_0 R_2 = 2,5 \cdot 1 = 2,5 \text{ В}$. Аз муодилаи аввал $u_{C_2} = E - u_2 = 7,5 \text{ В}$ -ро меёбем. Шиддатро R_3 -ро ҳисоб мекунем: $u_3 = I_0 R_3 = 2,5 \cdot 2 = 5 \text{ В}$. Аз муодилаи дуҷуми $u_{C_1} = -u_2 - u_3 = -7,5 \text{ В}$. Зарядҳоро аз рӯи формулаи $q = C u$ ҳисоб карда мешавад: $q_1 = C_1 u_{C_1} = 2 \cdot 7,5 = 15 \text{ нКл}$, $q_2 = C_2 u_{C_2} = 3 \cdot 7,5 = 22,5 \text{ нКл}$.

Як масъалаи дигарро ба сифати мисоли татбиқи қонунҳои Кирхгоф меорем.

Мисоли 3. Дар схемаи расми 8 тасвиршуда, батареяи ҚЭҲ-и E , муқовимати резистори R , ғалтакҳои фавқунгузаронандаи индуктивнокиаш L_1 , L_2 ва $L_1 > L_2$ пайваст мебошад. Аввал калиди K_1 ва пас аз гузаштани якҷанд вақт калиди K_2 пайваст мешавад. Маълум аст, ки ҷараёнҳои ба воситаи ғалтакҳои L_1 ва L_2 як хел мебошад. Қувваи ҷараёнеро, ки аз резистор R мегузарад, дар лаҳзаи сарбаст будани калиди K_2 муайян кунед. Муқовимати дохилии батареяро ба назар нагиред [8].



Расми 8.

Ҳалли ин масъала ҳам мисли масъалаи пештара дар иқтибосҳои нишондодашуда оварда нашудааст. Барои ҳалли масъалаи зерин низ қонунҳои Кирхгофро истифода мекунем.

Муодилаи дуҷуми Кирхгофро ҳангоми пайваст будани калиди K_1 тартиб медиҳем. Азбаски ғалтакҳои индуктивӣ фавқуннокил мебошанд, муқовимати омӣи онҳо ба сифр баробар аст. Бигзор дар речаи муқарраршуда, қувваи ҷараён ба I_0 баробар бошад. Муодилаи зеринро менависем: $u_R + u_{L1} = E$. (1)

Дар баъзе ҳолатҳо қувваи ҷараён ба i_1 баробар мешавад. Муодилаи (1) дар намуди зерин менависем:

$$i_1 R + L_1 \frac{\Delta i_1}{\Delta t} = E.$$

Ҳангоми пайваст шудани калиди K_2 муодилаҳои мувофиқ намуди зеринро мегирад:

$$u_R + u_{L2} = E \text{ и } i_2 R + L_2 \frac{\Delta i_2}{\Delta t} = E.$$

Дар ин ҷо қайд кардан зарур аст, ки баъд аз речаи муқарраршуда $\frac{\Delta i}{\Delta t} = 0$ баробар мешавад. Танҳо дар лаҳзаи пайвастани калидҳо ин қимат аз сифр фарқ мекунад. Бигзор ҷараёни i , ҳамон ҷараёне бошад, ки дар лаҳзаи пайвастани калиди K_2 тағйир ёбад. Аз рӯи қоидаи Ленс, ин ҷараён ба самти муқобили ҷараёни беруна $I_0 = \frac{E}{R}$ равона мебошад. Аз ин бармеояд, ки ҳангоми пайвастани калиди K_2 ҷараёни аз резистори R гузаранда кам мешавад. Боз як муодилаи дигарро тартиб медиҳем: $u_{L2} - u_{L1} = 0$, ё ин ки $u_{L1} = u_{L2}$. Зеро $u_L = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$, он гоҳ $L_1 \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = L_2 \frac{\Delta I_2}{\Delta t}$. Дар речаи муқарраршуда қувваи ҷараён ба I_0 баробар аст. Аз рӯи шартӣ масъала қувваи ҷараён дар ғалтакҳо баробар мебошад, яъне ҷараёне, ки пас аз ҷудо шудани калиди K_2 муқаррар шуда ба $I_0/2$ баробар мешавад. Тағйирёбии ҷараён $\Delta I_1 = i - I_0/2$, $\Delta I_2 = I_0/2$. Аз муодилаи $L_1 i - \frac{L_1 I_0}{2} = \frac{L_2 I_0}{2}$, қувваи ҷараёни i —ро муайян мекунем: $i = \frac{I_0}{2L_1} (L_1 + L_2)$. Қувваи ҷараёне, ки аз резистор ҳангоми пайвастани калиди K_2 мегузарад, ба $I_R = I_0 - \frac{I_0}{2L_1} (L_1 + L_2) = I_0 \frac{L_1 - L_2}{2L_1}$ баробар мешавад. Аз сабаби он, ки $I_0 = \frac{E}{R}$ мебошад, дар охир формулаи зеринро ба даст меорем:

$$I_R = E \frac{L_1 - L_2}{2RL_1}.$$

Ин гуна масъалаҳо дар таҷриба хубтар санҷида мешаванд.

Хулоса. Таҳлили адабиёти методӣ нишон медиҳад, ки таъмини муваффақияти ҳалли масъалаҳои назарӣ ва амалӣ аз фанни физика дар сурати истифодаи усулҳои нави таълим, аз ҷумла, методҳои интерактивӣ, иҷрои корҳои мустақилона, ҳалли масъалаҳо имконпазир мешавад.

Аз ҷама асосӣ ҳангоми ҳисобҳо бо истифода аз қонунҳои яқум ва дуҷуми Кирхгоф риояи қоидаи тартиб додани муодилаҳо мебошад, яъне барои дуруст гузоштани аломатҳои ҳар як

элементи схема самтҳои чараёнро ба назар гирифта лозим аст. Кашфиётҳои Густав Кирхгоф ба инкишофи илм, махсусан электротехника ҳиссаи калон гузоштаанд. Бо ёрии онҳо ҳисоб кардани ҳама гуна занҷирҳои электрикӣ ё магнитӣ, чараён ва шиддати он хеле осон аст.

Муодилаҳо ё қонунҳои Кирхгоф ба қонунҳои асосии занҷирҳои электрикӣ тааллуқ дорад. Онҳо аз чунин қонунҳои бунёдӣ, ба монанди қонуни бақои заряд ва майдони электростатикӣ бетуфонӣ бармеоянд, ки дар замоне худ онҳоро бо муодилаҳои Максвелл тавсиф карда буданд. Муодилаҳои Кирхгоф аз сабаби универсалӣ будан, барои ҳалли бисёр масъалаҳои назарияи электротехника, аз ҷумла масъалаҳои ба ҳисобҳои схемаҳои мураккаби электрикӣ алоқаманд буданашон хеле зиёд истифода мешаванд. Қоидаҳои Кирхгофро ба занҷири электрикӣ ҳатти татбиқ намуда, системаи муодилаҳои ҳаттиро ба даст овардан мумкин аст, ки дар навбати худ аз он қиматҳои чараёнро дар ҳама шохҳои занҷир ва ҳама шиддатҳои байни гиреҳҳоро муайян кардан мумкин аст.

Аз мавод ва мисолҳои истифодаи қонунҳои Кирхгоф, ки дар мақола пешниҳод шудааст, донишҷӯёни ихтисосҳои омӯзгорӣ ва муҳандисӣ, энергетикӣ ҳангоми омӯзиши асосҳои электродинамика ва омӯзгори муасисаҳои олии касбӣ ва миёнаи ҳамагонӣ бо мақсади тақвияти корҳои таълимӣ истифода бурда метавонанд.

Ҳамин гуна масъалаҳои мушкили физикиро омӯзгори худашон интихоб ва ё пешниҳод намуда раванди таълимро фаъол ва самараро онро бештар карда метавонанд.

ПАЙНАВИШТ:

1. Абдуманонов, А. Истифодаи воқеияти Тоҷикистон дар ташаккули донишандӯзии хонандагон аз физика / А. Абдуманонов, Ф.Х. Каримова, М.Ш. Абдуманонova, Ф.А. Абдуманонova // Номаи донишгоҳ, с. 235-245.
2. Абдуманонов, А. Ҳалли масъалаҳои таҷрибавӣ – омилҳои муҳими ташаккули дониши хонандагон аз физика / А. Абдуманонов, Э.Исоқов, Ф. Абдуманонova // Номаи донишгоҳ. Силсилаи илмҳои иқтисодӣ ва табиатшиносӣ.- 2017.№2(4), №2(4), 2017.-с.245-247.
3. Абдуманонов, А. Истифодаи қоидаҳои Кирхгоф дар таҳлили занҷирҳои шохаронӣ / А. Абдуманонов, И.Б. Умаров, Ф. Абдуманонova, О.Н. Норматов // Конфронси илмӣ-амалӣ бахшида ба рӯзи илми тоҷик, Маркази илми Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, 17-18 майи соли 2019. Хучанд: Ношир, 2019.- С.69-76.
4. Абдуманонов, А. Электродинамика. (Физикаи назариявӣ). Дастури таълимӣ барои донишҷӯёни мактабҳои олии / А. Абдуманонов, Умаров Н.- Хучанд, «Нури маърифат», 2022. -124 с.
5. Алешкевич, В.А. Электромагнетизм / В.А. Алешкевич.– М.: Физматлит, 2014.– 404 с.
6. Дик, Ю. И. Физика. Большой справочник для школьников и поступающих в вузы / Ю. И. Дик, В. А. Ильин, Д. А. Исаев и др.- М.: Дрофа, 2008, - 735 с.
7. Калашников, С.Г. Электричество/ С.Г. Калашников.- М.: Наука,1985.– 576 с.
8. Комилов, Қ. Электростатика ва чараёни доимӣ / Қ. Комилов,С.Н. Ниёзов, М.Қ. Курбоналиев.- Душанбе, 1985.- 105 с.
9. Мачидов, Ҳ. Асосҳои электродинамика. Оптика ва физикаи атомӣ/ Ҳ.Мачидов.-Душанбе, Эр-граф, 2007.- 425 с.
10. Москалев, А. Н. Физика. Готовимся к единому государственному экзамену / А. Н. Москалев, Г. А. Никулова.- М.: Дрофа, 2008. – 224 с.
11. Отличник ЕГЭ. Физика. Решение сложных задач. Под ред. В. А. Макарова, М. В. Семенова, А. А. Якуты. ФИПИ. – М.: - Интеллект-Центр, 2010. -368 с.
- 12.Саъдуллозода, Ҳ. Электр ва магнетизм / Ҳ. Саъдуллозода, Д.М. Акдодов.- Душанбе, Эр-граф, Матбааи ДМТ.- 2011.– 262 с.
13. Ҷамолов, М. Курси физикаи умумӣ. Ҳодисаҳои электромагнитӣ / М. Ҷамолов, С.Н. Каримов, Ф.Қ. Раҳимов.-Душанбе ДДМТ,-2003.- 348 с.
14. Фриш, С.Э. Курси физикаи умумӣ / С.Э. Фриш, А.В. Тиморева Душанбе Нашриёти давлатии тоҷик.-1961.-606 с.

REFERENCES:

1. Abdumanonov, A. Use of realities of Tajikistan in the development of student studies on physics lessons at schools / A. Abdumanonov, F.Kh. Karimova, M.Sh. Abdumanonova, F.A. Abdumanonova// Scientific notes. №2(4), 2017. 235-245 p.
2. Abdumanonov, A. Solving experimental examples as a significant factor on developing the knowledge of physics at schools / A. Abdumanonov, E. Isoqov, F.Abdumanonova // Scientific notes. №2(4), 2017. 245-247 p.

3. Abdumanonov, A. Application of Kirchhoff's rules in the analysis of branch chains / A. A. Abdumanonov, I.B. Umarov, F. Abdumanonova, O.N. Normatov // Scientific-practical conference dedicated to the Day of Tajik Science, Scientific Center of the National Academy of Sciences of Tajikistan, May 17-18, 2019. Khujand: Publisher, 2019.- P.69-76.
4. Abdumanonov, A. Electrodynamics. (Theoretical Physics). Manual for university students / A. Abdumannonov, Umarov N // Khujand, «Nuri Marifat», 2022. -124 p.
5. Aleshkevich, V.A. Electromagnetism / V.A. Aleshkevich // – М.: Fizmatlit, 2014. – 404 p.
6. Dick, Yu. I. Physics. A large reference book for schoolchildren and applicants to universities / Yu. I. Dik, V. A. Ilyin, D. A. Isaev et al. // М.: Drofa, 2008, - 735 p.
7. Kalashnikov, S.G. Electricity / S.G. Kalashnikov // М.: "Science", 1985, – 576 p.
8. Komilov, K. Electrostatics and constant current / Q. Komilov, SN Niyozov, MK Kurbonaliev // «UDT», Dushanbe, 1985.- 105 p.
9. Majidov, H. Fundamentals of electrodynamics. Optics and atomic physics / H. Majidov // «Er-graf», Dushanbe, 2007.- 425 p.
10. Moskalev, A. N. Physics. Getting ready for the unified state exam / A. N. Moskalev, G. A. Nikulova // М.: Drofa, 2008. - 224 p.
11. Excellent student of the exam. Physics. Solving complex problems. Ed. V. A. Makarova, M. V. Semenova, A. A. Yakuta. FIPI. - М.: - Intellect-Center, 2010. -368 p.
12. Sadullozoda, H. Electricity and magnetism / H. Sadullozoda, D.M. Akdodov // «Er-graf», Dushanbe, Printing house of NSUT.- 2011.– 262 p.
13. Jamolov, M. General Physics Course. Electromagnetic phenomena / M. Jamolov, S.N. Karimov, FK Rakhimov // « NSUT », Dushanbe.-2003.- 348 p.
14. Frisch, S.E. General Physics Course / S.E. Frisch, A.V. Timoreva // "Tajik State Publishing House", Dushanbe.-1961.-606 p.