

**ՇԻՐԱԿԻ Մ. ՆԱԼԲԱՆԴՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ
ՀԻՄՆԱԴՐԱՄ**

Ավարտական հետազոտական աշխատանք

**Թեմա՝ Ֆիզիկայի «Մագնիսականություն» բաժնի դասավանդումն
ավանդական եղանակների, ինքնաշեն սարքերի և ծրագրակազմային
միջոցների կիրառմամբ**

Կատարող՝ Լիանա Դավթյան

Գյումրու թիվ 15 հիմնական դպրոցի ֆիզիկայի ուսուցչուհի

**Ղեկավար՝ Վարդան Մանուկյան
Ֆիզմաթ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ**

ԳՅՈՒՄՐԻ 2022

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ էջ 3

ԳԼՈՒԽ Ա «ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ» ԹԵՄԱՅԻ ՈՒՍՈՒՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱՆ	էջ 6
§1.1 «Էլեկտրամագնիսական դաշտ»-ի գաղափարի ձևավորումը ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում	էջ 6
§1.2 Էլեկտրամագնիսական դաշտի հիմնական բնութագրերը	էջ 7
§1.3 Մագնիսական դաշտը և նրա առանձնահատկությունները	էջ 9
§1.4 Մրրկային էլեկտրական դաշտ: Էլեկտրամագնիսական ինդուկցիայի երևույթը	էջ 11
ԳԼՈՒԽ Բ ՖԻԶԻԿԱՅԻ «ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ» ԲԱԺՆԻ ԴԱՍԱՎԱՆԴՈՒՄՆ ԻՆՔՆԱՇԵՆ ՍԱՐՔԵՐԻ ԵՎ ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՄԻՋՈՑՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՍԲ	էջ 12
§2.1 «Մագնիսականություն» բաժնի ուսուցման մեթոդների կապը մոդելավորման հետ	էջ 12
§2.2 Ինքնաշեն սարք մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի մոդուլի որոշման համար	էջ 15
§2.3 Ինքնաշեն սարք Ամպերի ուժի մոդուլի որոշման համար	էջ 16
§2.4 Ինքնաշեն սարք Երկրի մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի հոորիզնական բաղադրիչի որոշման համար	էջ 18
§2.5 Մագնիսական մի քանի երևույթների ուսուցումը ժամանակակից տեխնիկական միջոցների կիրառմամբ	էջ 20
ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ	էջ 23
ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ	էջ 24

Ներածություն

Թեմայի արդիականությունը: Վերջին տարիներին ՀՀ-ում ընթանում են կրթական համակարգի լուրջ բարեփոխումներ, որոնք միտված են կրթությունը մեր երկրում տանել միջազգային կրթական միջավայրին և գործընթացներին ինտեգրվելու ուղիով: Կրթության ոլորտում իրականացվող հիմնարար բարեփոխումները օրեցօր ավելի խորքային ու անշրջելի են դառնում: Սակայն այդ գործընթացի դրական արդյունքները գրեթե չեն նկատվում, ինչն էլ հանգեցրել է բազմաթիվ խնդիրների առաջնահերթ լուծման անհրաժեշտության: Կրթական համակարգի հիմնախնդիրներից մեկը, մեր կարծիքով, գիտելիքի և գիտատեխնիկական առաջընթացի արդի նվաճումների վրա հիմնված ուսուցման կազմակերպման արդյունավետ ձևերի ու մեթոդների ստեղծումն է: Անհրաժեշտ է համադրել ինչպես ուսուցման ավանդական մեթոդների վերանայված ու լրամշակված տարբերակները, այնպես էլ ժամանակակից կրթական տեխնոլոգիաների, դասավանդման մեթոդների իննովացիոն հնարավորությունները՝ կիրառել ու շարունակաբար զարգացնել ուսուցման արդի մեթոդները, օգտագործել սովորողների ճանաչողական հետաքրքրություններն ու ստեղծագործական գործունեությունն ակտիվացնելու ժամանակակից միջոցներ, ինչն էլ հանդիսանում է ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում առկա խնդիրներից մեկը: Համաշխարհային արդի զարգացումները և երկրի սոցիալ տնտեսական նոր պայմանները թելադրում են լուրջ բարեփոխումներ ՀՀ կրթության համակարգում ծագած կրթական տարատեսակ խնդիրների լուծման համար: Այդ կարևոր խնդիրների լուծման հիմնական ուղիներից մեկը դպրոցում ուսուցանվող առարկաների, մասնավորապես ֆիզիկայի, դասավանդման բովանդակության ու նրա ուսուցման մեթոդների մշտական կատարելագործումն է : Համամարդկային մշակույթի և գիտության կարևորագույն մասը ֆիզիկան է: Ֆիզիկայի կարևորագույն դերը մարդկային հասարակության կյանքում պայմանավորված է նրանով, որ ֆիզիկան հնարավորություն է տալիս բացատրել մեր շրջապատում տեղի ունեցող երևույթները, հասկանալ և թափանցել անհայտ երևույթների էության մեջ, բավարարել մարդու անսպառ հետաքրքրությունները: Այս առումով լրացուցիչ փաստական նյութի օգտագործումը օգնում է ուսուցչին՝ բացահայտելու իր սաների համար ֆիզիկայի բազմաթիվ առանձնահատկությունները:

Աշխատանքի նպատակն է հնարավորինս համակարգել ֆիզիկայի «Մագնիսականություն» բաժնի ուսուցման ավանդական և ժամանակակից տեխնիկական միջոցների կիրառմամբ գործող եղանակները, ինչպես նաև ինքնաշեն սարքերի օգնությամբ ցույց տալ դպրոցական ֆիզիկայի դասընթացում դրանց արդյունավետ կիրառման հնարավոր ուղիները:

Նպատակն իրականացնելու համար անհրաժեշտ է լուծել հետևյալ խնդիրները՝

- Վերլուծել ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում «Մագնիսականություն» բաժնի մեջ մտնող հարցերին նվիրված գիտական և գիտամեթոդական գրականությունը:

- Վերլուծել «Մագնիսականություն» բաժնի ուսուցման եղանակները ավանդական տեխնիկական միջոցների կիրառմամբ:

- Վերլուծել «Մագնիսականություն» բաժնի ուսուցման եղանակները ժամանակակից տեխնիկական միջոցների կիրառմամբ :

- Առանձնացնել այն թեմաները, որոնց ուսուցման համար ավելի արդյունավետ են ավանդական, իսկ մյուսների համար ժամանակակից տեխնիկական միջոցները:

- Վերլուծել և ներկայացնել «Մագնիսականություն» բաժնի ուսուցման մեթոդների կապը մոդելավորման հետ, պարզել նրանց փոխկապվածության հիմնախնդիրները:

- Նախագծել և պատրաստել կոնկրետ ինքնաշեն սարքեր, որոնք թույլ կտան

- աշակերտների համար ավելի մատչելի ձևով բացատրել մագնիսական որոշ երևույթներ և կատարել չափումներ, ակնկալելով յուրացման ավելի խորը աստիճան:

- Ընտրել թեմային առնչվող համացանցում առկա մուլտիմեդիային նյութեր՝ շարժապատկերներ, ֆիզլետներ և տեսանյութեր:

Աշխատանքի իրականացման համար նախատեսված են հետևյալ հետազոտությունները՝

1. Տեսական

Թեմայի վերաբերյալ գրականության ուսումնասիրություն, այդ թվում՝ գիտական, մեթոդական գրականության, համացանցում առկա աղբյուրների, թեմային առնչվող գիտական և մեթոդական հոդվածների, ֆիզիկա առարկայի ուսումնական դասագրքի վերլուծություն:

2. Փորձարարական

Մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի ուղղության որոշումը մագնիսական սլաքի և հոսանքակիր շրջանակի օգնությամբ:

Ուրիշ հոսանքակիր հաղորդչի մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի ուղղության որոշումը փոքրիկ մագնիսական սլաքների և երկաթի խարտուքի միջոցով:

Հաստատուն մագնիսի և հոսանքակիր կոճի մագնիսական դաշտերի մագնիսական զծերի պատկերների դիտումը երկաթի խարտուքի կամ փոքր մագնիսական սլաքների միջոցով:

Երկրի մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի հորիզոնական բաղադրիչի որոշումը տանգենս գալվանոմետրի օգնությամբ:

Մագնիսական դաշտի ազդեցությունը հոսանքակիր հաղորդչի վրա : Ամպերի ուժի որոշումը Ամպերի կշեռքի միջոցով:

Ինքնաշեն սարքի օգնությամբ մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի մոդուլի և Ամպերի ուժի որոշում:

Ինքնաշեն սարքերի օգնությամբ էլեկտրամագնիսական մակաձման երևույթը հեղուկ և պլազմային հաղորդիչներում ուսումնասիրելու համար:

ԳԼՈՒԽ Ա

«ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ» ԹԵՄԱՅԻ ՈՒՍՈՒՑՄԱՆ

ՄԵԹՈԴԻԿԱՆ

Ներածություն

Էլեկտրական և մագնիսական դաշտերի միջև կապը դպրոցականներին կարելի է ցույց տալ էլեկտրամագնիսական ինդուկցիայի երևույթի ժամանակ: Կապը էլեկտրական և մագնիսական փոփոխական դաշտերի միջև անհերքելի է, այդ դաշտերը գոյություն ունեն միաժամանակ և պայմանավորված են մեկը մյուսով: Սա նաև ցույց է տրվում դպրոցականներին փոփոխական դաշտերի դիտարկման ժամանակ: Նրանք պետք է իմանան, որ փոփոխական դաշտը ոչ մի կերպ հանդես չի գալիս կամ որպես միայն էլեկտրական, կամ որպես միայն մագնիսական դաշտի տեսքով:

Չի կարելի էլեկտրամագնիսական դաշտը դիտարկել որպես «հանրույթ»՝ էլեկտրական և մագնիսական դաշտերի «գումար»:

Էլեկտրական և մագնիսական դաշտերը ընդհանուր (էլեկտրամագնիսական) դաշտի դրսևորումներն են տարբեր պայմաններում:

§1.1 «Էլեկտրամագնիսական դաշտ»-ի գաղափարի ձևավորումը ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում

Գաղափարի ձևավորման գործընթացը, ինչպես հայտնի է, երկար է և դժվարին: Դպրոցում ֆիզիկայի դասընթացից էլեկտրամագնիսական դաշտի գաղափարի ձևավորումը սկսվում է 9-րդ դասարանում և ավարտվում 11-րդում: 9-րդ դասարանում էլեկտրամագնիսական երևույթների վերաբերյալ տարրական տեղեկատվության ներմուծման ժամանակ նախնական գաղափարներ են տրվում էլեկտրական և մագնիսական դաշտերի վերաբերյալ, իսկ 11-րդ դասարանում էլեկտրամագնիսական երևույթներին վերաբերող բազմաթիվ քանակական ուսումնասիրություններ են կատարվում: Դիտարկվում են էլեկտրամագնիսական դաշտերի մասնավոր դեպքեր, դրանց հատկություններն ու բնութագրերը, ներմուծվում է էլեկտրամագնիսական դաշտի հասկացությունը: 11-րդ դասարանում էլեկտրամագնիսական ալիքների ուսումնասիրման ժամանակ ներմուծվում է

ազատ էլեկտրամագնիսական դաշտի հասկացությունը: Ընդլայնվում և ընդհանրացվում են նրանց գիտելիքները էլեկտրամագնիսական դաշտի մասին, երբ ուսումնասիրում ենք 12-րդ դասարանում ավիքային օպտիկական և քվանտային ֆիզիկան:

§1.2 էլեկտրամագնիսական դաշտի հիմնական բնութագրերը

էլեկտրամագնիսական դաշտի հիմնական բնութագրերը կայանում են հետևյալում.

- էլեկտրական դաշտի \vec{E} լարվածության վեկտորը և մագնիսական \vec{B} ինդուկցիայի վեկտորը, որոնց ներմուծումը նպատակահարմար է իրականացնել:
- էլեկտրամագնիսական դաշտի ազդեցությունը կետային լիցքի վրա քննարկելով:

Ընդորում էլեկտրամագնիսական դաշտի էլեկտրական \vec{E} բաղադրիչի ուժային բնութագրի սահմանումից հետո, անցում ենք կատարում մագնիսական բաղադրիչի և մագնիսական \vec{B} ինդուկցիայի վեկտորի սահմանմանը, ինչը թույլ է տալիս շարադրել նյութը բաժանելով էլեկտրամագնիսական դաշտի միասնականությունը առանձին մասերի:

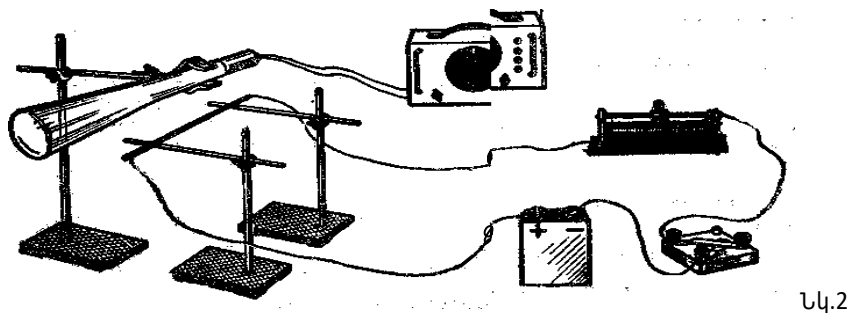
Ուսումնասիրությունները սկսում են հետևյալով. Երբ լիցքը հանգստի վիճակում է, ապա նրա վրա ազդում է էլեկտրամագնիսական դաշտի միայն էլեկտրական բաղադրիչը ($\vec{F}_{էլ.մ} = \vec{F}_{էլ}$), այդ դեպքում դաշտի ուժային բնութագրիչը որոշվում է իր էլեկտրական բաղադրիչով: Հետևաբար էլեկտրամագնիսական դաշտի էլեկտրական բաղադրիչը բնութագրելու համար անհրաժեշտ է ընտրել անշարժ լիցք: Քանի որ լարվածության \vec{E} վեկտորը բնութագրում է դաշտը ինչ-որ կետում և ընդհանուր դեպքում փոփոխվում է կետից կետ, ապա փորձնական լիցքը պետք է լինի կետային: Լիցքը կետային համարում են այն դեպքում, երբ մարմնի չափերը, որի վրա որ ինքն գտնվում է, փոքր է համեմատած ուսումնասիրվող դաշտից ունեցած հեռավորությանը: Փորձնական լիցքը պետք է փոքր լինի որպեսզի չաղավաղի ուսումնասիրվող դաշտին: Աշակերտները այս բոլոր տվյալներին ուշադրություն են դարձնում, իսկ «փորձնական լիցք» հասկացության ճշգրտման համար դիտարկում են օրինակներ: էլեկտրական դաշտի լարվածության հարցի պարզաբանման համար կատարում են ֆիզիկական փորձ: Նախ նպատակահարմար է հաստատել, որ էլեկտրամագնիսական դաշտի կողմից լիցքի վրա ազդող ուժերը համեմատական են լիցքին, իսկ հետո ազդող ուժի կախվածությունը դաշտից: Սկզբունքորեն կարևոր է ցույց տալ, որ լիցքի վրա ազդող ուժի հարաբերությունը այդ լիցքին յուրաքանչյուր կետում հաստատուն մեծություն է ($\frac{F}{q} = const$):

Այնուհետև տրվում է էլեկտրական դաշտի լարվածության սահմանումը:

Դաշտի լարվածությունը ներմուծվում է էլեկտրաստատիկ դաշտի ուսումնասիրության ժամանակ:

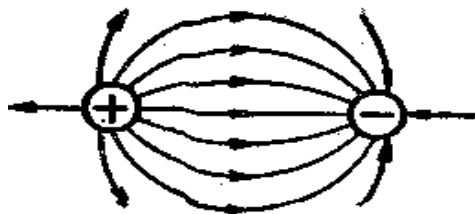
Էլեկտրամագնիսական դաշտի մագնիսական բաղադրիչի ուժային բնութագիրը՝ մագնիսական \vec{B} ինդուկցիայի վեկտորը տալիս ենք հոսանքի մագնիսական դաշտի դիտարկման ժամանակ: Քանի որ էլեկտրական և մագնիսական դաշտերը մեկ էլեկտրամագնիսական դաշտի երկու կողմերն են, ապա խորհուրդ է տրվում մագնիսական դաշտի ուժային բնութագրիչը ներմուծել էլեկտրական դաշտի ուժային բնութագրիչի համանմանությամբ: Բայց մագնիսական դաշտի դեպքում պետք է վերցնել փորձնական շարժվող լիցք, քանի որ մագնիսական դաշտի առանձնահատկությունը հենց շարժվող լիցքի վրա ազդելն է:

Մագնիսական ինդուկցիայի \vec{B} վեկտորի սահմանման համար նպատակահարմար է օգտվել հետևյալ ֆիզիկական փորձից: Հավաքել նկ2-ի էլեկտրական շղթան, որտեղ հիմնական մասը էլեկտրո-ճառագայթային խողովակն է, իսկ մագնիսական դաշտի աղբյուրը հոսանքակիր հաղորդիչն է: Նախ հաստատում ենք, որ մագնիսական դաշտը չի ազդում հանգստի վիճակում գտնվող լիցքերի վրա: Այնուհետև ցույց ենք տալիս, որ մագնիսական ուժը համեմատական է լիցքի շարժման արագությանը ($F \sim v$): Այս կախվածությունը ուսումնասիրում ենք լարման փոփոխման ճանապարհով ցրելով էլեկտրոնները էլեկտրոնաճառագայթային խողովակում: Լարման մեծացման հետ մեկտեղ մեծանում է կատողի և անողի միջև էլեկտրական դաշտի լարվածությունը, որն էլ իր հերթին բերում է նրանում շարժվող էլեկտրոնների արագության մեծացմանը:

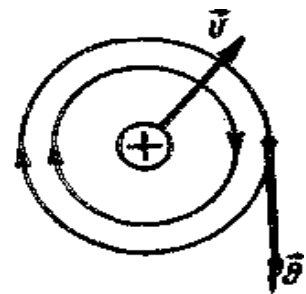


Ավելի դժվար է հաստատել մագնիսական ուժի փոխազդեցության կախվածությունը շարժվող մասնիկների էլեկտրական լիցքից ($F \sim q$): Վերջինիս հաստատման համար օգտագործվում է միալիցք և բազմալիցք իոնների փնջեր, որոնք ստացվում են մոտավորապես նույն ձևով, ինչ-որ էլեկտրոնների փունջը: Դպրոցում փորձի ժամանակ վերցնում ենք այն դեպքը, երբ շարժվող լիցքի վրա ազդում է առավելագույն ուժը (երբ $V \perp B$):

Առավել տարածված եղանակ է(դրա հետ պետք է աշակերտին ծանոթացնել) էլեկտրական դաշտը լարվածության գծերի և մագնիսական \vec{B} ինդուկցիայի գծերի օգնությամբ պատկերումը: Դաշտի գծերը (\vec{E} վեկտորի կամ \vec{B} վեկտորի) իրենցից ներկայացնում են կորեր, որի յուրաքանչյուր կետի շոշափող համընկնում է տվյալ կետում \vec{E} (\vec{B}) վեկտորի ուղղության հետ : Անհրաժեշտ է մանրամասնորեն անդրադառնալ էլեկտրաստատիկ (էլեկտրական) և մագնիսական դաշտերի տարբեր բնույթներին: Ինչպես հայտնի է էլեկտրական դաշտի լարվածության գծերը սկսվում կամ վերջանում են լիցքերի վրա: Ի տարբերություն \vec{E} լարվածության վեկտորի գծերի \vec{B} մագնիսական ինդուկցիայի գծերը միշտ փակ են: \vec{E} -ի գծերի ուղղությունը կախված է լիցքի նշանից: «Դուրս է գալիս» դրական լիցքից «մտնում է »բացասական(նկ3): Մագնիսական \vec{B} ինդուկցիայի գծերի ուղղությունը որոշում են աջ պտուտակահանի կանոնով (նկ4):



Նկ.3



Նկ.4

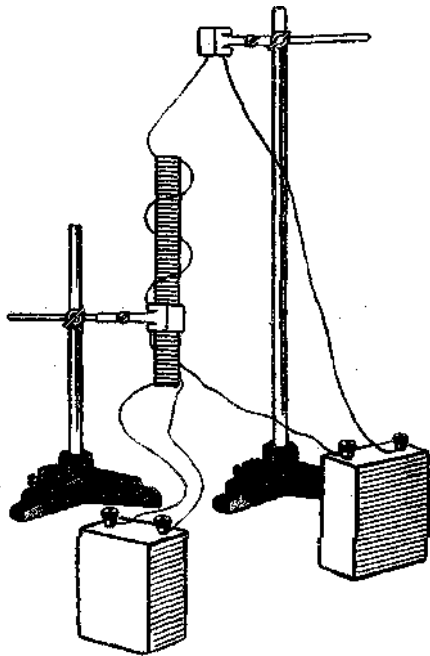
§1.3 Մագնիսական դաշտը և նրա առանձնահատկությունները

Մագնիսական դաշտի գաղափարը «մագնիսական դաշտ» թեմայի հիմնական հասկացությունն է: Աշակերտներին մագնիսական դաշտի հետ ծանոթացնում են այն բանից հետո, երբ նրանք ծանոթ են էլեկտրաստատիկ և էլեկտրական ստացիոնար դաշտերի հետ: Դրա համար մագնիսական դաշտի հատկություններն ուսումնասիրելիս նպատակահարմար է համեմատել այս դաշտերի հատկություններն ու առանձնահատկություններն:

Պատկերացնենք մի պարզ էլեկտրական շղթա, որտեղ որպես հոսանքի աղբյուր հանդիսանում է մարտկոցը, կա ռեոստատ և բանալի: Թող շղթայի հատվածը ճկուն հաղորդչի տեսքով կախված լինի կախոցից, այսինքն այն գտնվում է ուղղահայաց դիրքով: Նրա կողքին գտնվում է պայտաձև մագնիս: Թող հաղորդիչը միացված լինի մարտկոցի բացասական բևեռին: Երբ բանալին բաց է, շղթայում էլեկտրական հոսանք չկա, բայց հաղորդիչը լիցքավորված է բացասականորեն (լիցքը հանգստի վիճակում է):

Այս դեպքում որքանեւ մագնիսը մոտեցնենք հաղորդչին այն իր դիրքը չի փոխի: Հետևաբար մագնիսական դաշտը անշարժ էլեկտրական լիցքերի վրա չի գործում:

Այժմ փակենք էլեկտրական շղթան, նրանով հոսանք կանցնի (լիցքերը շարժվում են), և հաղորդիչը կամ կձգվի դեպի մագնիսը կամ կվանվի մագնիսի կողմից: Վերջինիցս հետևում է, որ մագնիսական դաշտը ազդում է շարժվող լիցքերի վրա:



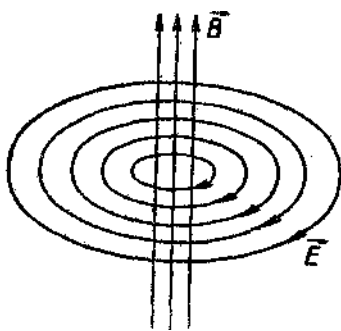
Նկ.5

Քանի որ մագնիսական ուժերը կենտրոնական չեն, հետևաբար մագնիսական դաշտը չի կարող լինել կենտրոնական: Դա ցույց է տրվում փորձով. էլեկտրամագնիսի միջով հոսանք անցնելու դեպքում, նրան մոտ գտնվող ճկուն հաղորդիչը կփաթաթվի էլեկտրամագնիսին:

§1.4 Մրրկային էլեկտրական դաշտ: Էլեկտրամագնիսական ինդուկցիայի երևույթը

Դպրոցականները արդեն ուսումնասիրել են պոտենցիալային էլեկտրաստատիկ և ստացիոնար դաշտերը, ինչպես նաև մրրկային մագնիսական դաշտը: Այժմ նրանց պետք է ծանոթացնել մրրկային էլեկտրական դաշտի հետ, ինչպես նաև ժամանակի ընթացքում էլեկտրական և մագնիսական մրրկային դաշտերի փոփոխմանը: Այս ամենը կարելի է անել էլեկտրամագնիսական ինդուկցիայի երևույթի ուսումնասիրման ժամանակ, որը բացահայտել է Մ. Ֆարադեյը: Նրա կողմից է սահմանվել նաև էլեկտրամագնիսական ինդուկցիայի օրենքը. բոլոր դեպքերում ինդուկցիայի ԷԼՇՈՒ-ն հավասար է կոնտուրի սահմանափակված մակերեսով անցնող մագնիսական հոսքի փոփոխության արագությանը վերցված հակառակ նշանով: Այս օրենքը գրում են դիֆերենցիալ տեսքով, բայց դպրոցական դասընթացում դիֆերենցիալի փոխարեն վերցնում են վերջավոր շատ փոքր փոփոխություն:

Մրրկային էլեկտրական դաշտը ի տարբերություն էլեկտրաստատիկ դաշտի ոչ պոտենցիալային է, այն հանդիսանում է մրրկային դաշտ. Մրրկային էլեկտրական դաշտի լարվածության գծերը փակ են (Իրենցից ներկայացնում են շրջանագծեր, որոնք պարփակում են փոփոխվող մագնիսական հոսքը), որը նման է հոսանքակիր ուղիղ հաղորդչի մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի գծերին:



Նկ.6

ԳԼՈՒԽ Բ

ՖԻԶԻԿԱՅԻ «ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ» ԲԱԺՆԻ

ԴԱՍԱՎԱՆԴՈՒՄՆ ԻՆՔՆԱՇԵՆ ՍԱՐՔԵՐԻ ԵՎ ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՄԻՋՈՑՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՍԲ

Ներածություն

Կրթության ոլորտում իրականացվող հիմնարար բարեփոխումները օրեօր ավելի խորքային ու անշրջելի են դառնում: Սակայն այդ գործընթացի դրական արդյունքները գրեթե չեն նկատվում, ինչն էլ հանգեցրել է բազմաթիվ խնդիրների առաջնահերթ լուծման անհրաժեշտության: Կրթական համակարգի հիմնախնդիրներից մեկը, մեր կարծիքով, գիտելիքի և գիտատեխնիկական առաջընթացի արդի նվաճումների վրա հիմնված ուսուցման կազմակերպման արդյունավետ ձևերի ու մեթոդների ստեղծումն է [21]: Անհրաժեշտ է համադրել ինչպես ուսուցման ավանդական մեթոդների վերանայված ու լրամշակված տարբերակները, այնպես էլ ժամանակակից կրթական տեխնոլոգիաների, դասավանդման մեթոդների իննովացիոն հնարավորությունները՝ կիրառել ու շարունակաբար զարգացնել ուսուցման արդի մեթոդները, օգտագործել սովորողների ճանաչողական հետաքրքրություններն ու ստեղծագործական գործունեությունն ակտիվացնելու ժամանակակից միջոցներ:

§2.1 «Մագնիսականություն» բաժնի ուսուցման մեթոդների կապը

մոդելավորման հետ

Ֆիզիկայի մեթոդական զինանոցում միշտ էլ կարևոր տեղ են ունեցել համանմա- նության վրա հիմնված մտային կառույցները, որոնք իրականության արտացոլման կարևոր միջոց են եղել: Արդեն ֆիզիկայի զարգացման վաղ շրջանում մոդելները էական դեր են խաղացել փորձարարական փաստերի բացատրության, գիտական վարկածների մշակման և տեսության կառուցման գործում: Իր տեսական հետազոտություններում դեռևս Գալիլեյը մեծ հաջողությամբ կիրառում էր մոդելների մեթոդը չօգտագործելով «մոդել» տերմինը: Մոդելներից լայնորեն օգտվում էր նաև Նյուտոնը:

Ըստ կառուցման եղանակի բոլոր մոդելները կարելի է բաժանել երկու խմբի՝ նյութական (առարկայան, ֆիզիկական) և իդեալական (մտային): Նյութական են այն մոդելները, որոնք բաղկացած են առարկայական (նյութական) տարրերից և իրականում գործում են որոշակի բնական օրենքներով: Դրանք նախատեսված են օբյեկտների կառուցվածքի, քննվող ֆիզիկական պրոցեսի և տեխնիկական երևույթի կրկնօրինակման համար [26]:

Մոդելավորման՝ որպես ուսուցման մեթոդի կիրառումը մեծ ասպարեզ է բացում ֆիզիկայի խորացված ուսուցման համար: Ֆիզիկայի խորացված ուսուցմամբ դասարաններում այնպիսի հարցեր չեն առաջադրվում, որոնք սկզբունքորեն տարբերվում են սովորական դասընթացի առջև ծառայած խնդիրներից: Խորացված ուսուցման հիմնական տարբերությունը սովորական դասընթացից ոչ թե ծավալն է, այլ քննարկով երևույթի վերլուծությունը: Այս առումով ակնհայտ է, որ մոդելավորումը՝ որպես ուսուցման մեթոդ խորացված ուսուցման ընթացքում կարևոր մանկավարժական խնդիր է, ինչի լուծմանն էլ նվիրված է այս պարագրաֆը:

Այժմ անդրադառնանք դասական ֆիզիկայի մոդելների բնույթին: Խոսելով դասական մոդելների մասին՝ ֆիզիկոսները հաճախ ընդգծում են դրանց մեխանիկական բնույթը: Եվ իրոք, բազմաթիվ օրինակներով կարելի է ցույց տալ, որ դասական ֆիզիկայի մոդելները, թերևս աննշան բացառությամբ, մեխանիկական բնույթ ունեն: Մարդու համար ֆիզիկական պրոցեսներից ամենամատչելին ու դյուրըմբռնելին մեխանիկական պրոցեսներն են: Բնականաբար, ֆիզիկոսը պետք է ձգտի ոչ մեխանիկական պրոցեսները, որոնց մեխանիզմը մատչելի չէ զգայական ընկալմանը, բացատրել և հասկանալ մեխանիկականի օգնությամբ: Բացի այդ, նյուտոնյան մեխանիկայի մինչ այդ չտեսնված հաջողությունները պատճառ դարձան, որ բնության բոլոր երևույթները ընդհուպ մինչև կենսական և նյարդային գործունեությունը հանգեցվեին մեխանիկականի և բացահայտվեին մեխանիկական սկզբունքներով:

Դեռևս Դեկարտը գտնում էր, որ մարդու մարմինը մեխանիզմ է և գործում է մեխանիկայի օրենքներով, ինչպես, ասենք, ժամացույցը, կամ ինքնաշխատ սարքը: Բնականաբար, հարց է ծագում, թե որ մոդելներն են մեխանիկական, որն է դրանց բնորոշ առանձնահատկությունը: Եթե փորձենք բավարարվել սուկ փաստի նշումով, թե դասական ֆիզիկայի մոդելներն ունեն մեխանիկական բնույթ, ապա քիչ բան ասած կլինենք: Մոդելավորման հիմնահարցերի վերաբերող գրականության մեջ ևս այս հարցի վերաբերյալ քիչ բան կա: «Մեխանիկական

մոդել» արտահայտությունն օգտագործվում է շատ հեղինակների կողմից, սակայն մեծ մասամբ համարվում է ինքնըստինքյան հասկանալի, և չի պարզաբանվում, թե դրա տակ ինչ պետք է հասկանալ: Առանձին հեղինակներ դասական ֆիզիկայի մեխանիկական-դիտողական մոդելները որոշ տեսանկյունով նույնացնում են ժամանակակից ֆիզիկայի մոդելներին կամ դրանց միջև էական տարբերություններ չեն տեսնում [22]: Այդպիսի մոտեցումը ոչնչով հիմնավորված չէ և լուրջ դժվարությունների ու վրիպումների տեղիք է տալիս: Առհասարակ կարծում ենք՝ մեխանիկական մոդելների հատուկ սահմանումն անհրաժեշտ է, դրանք այլ կարգի պատկերային մոդելներից զանազանելու, դրանց կիրառելիության սահմանները որոշելու և ճանաչողական դերն ու յուրահատկությունները բացահայտելու համար:

Դասական ֆիզիկայի համար բնորոշ են պատկերային մոդելները, որոնք ըստ իրենց բնույթի մեխանիկական են:

Մեխանիկական-դիտողական մոդելների անսահմանափակ կիրառման հնարավորության ժխտումից ամենևին չի հետևում, թե մոդելավորման մեթոդն իր դարն ապրել է և պետք է դուրս նետվի գիտական իմացության զինանոցից:

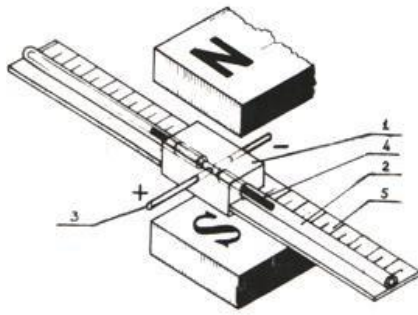
Արդի ֆիզիկայում իրենց ճանաչողական նշանակությունը չեն կորցրել նաև պատկերային մոդելները, բայց դրանք արմատական փոփոխությունների են ենթարկվել և իրենց բնույթով էապես տարբեր են դասական մոդելներից:

§2.2 Ինքնաշեն սարք մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի մոդուլի որոշման համար

Այժմ համառոտ ներկայացնենք մեր կողմից առաջարկված և փորձարկված մի կոնկրետ մոդել, որի կիրառումը հնարավորություն է տալիս ուսուցչին, առանց խախտելու ուսուցման տրամաբանական ընթացքը սովորողներին ծանոթացնել մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի և Ամպերի ուժի մոդուլների նոր՝ մագնիսահիդրադինամիկական եղանակով որոշման հետ: Վերջինս թույլ է տալիս բացատրել մագնիսական դաշտ-հեղուկ հաղորդիչ փոխազդեցությունը :

Հայտնի է, որ ներկայումս լայն կիրառություն ունեն մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի մոդուլի փորձնական որոշման մագնիսական դաշտի և հոսանքակիր հաղորդչի առանձին տեղամասի (հոսանքի տարր) փոխազդեցության երևույթի վրա հիմնված մեթոդները: Մենք օգտվել ենք մագնիսական դաշտի և հաղորդիչ հեղուկի (տվյալ դեպքում սնդիկի) փոխազդեցությունից [14,15]:

Մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի մոդուլի որոշելու համար օգտագործվող սարքի գործող մոդելի կառուցվածքը բերված նկ.8-ում: Օրգանական ապակու (1) մեջ, որի չափերն $10 \times 20 \times 30$ մմ, բացված են երկու փոխուղղահայաց անցքեր, որոնցից մեկում տեղադրված են $(1 \div 1,5)$ մմ տրամագիծ ունեցող պղնձյա էլեկտրոդներ (3), իսկ մյուսի մուտքին և ելքին (օրգանական ապակու (1) աջ և ձախ կողմերում) կոշտ ամրակցված են 2,0 մմ ներքին տրամագիծ և մոտավորապես 100- ական մմ երկարություն ունեցող բարոմետրական խողովակներ (2): Վերջիններից մեկի ծայրի զոդված է: Ամբողջ հարմարանքն ամրացված է միլիմետրական բաժանմունքներ ունեցող քանոնի (5) վրա այնպես, որ խողովակի զոդված ծայրը համընկնի քանոնի զերո բաժանմունքին: Բարոմետրական խողովակի մեջ լցված է որոշ քանակությամբ սնդիկ (4) և կարգավորված է այնպես, որ սարքի հորիզոնական վիճակի համար ընդունի էլեկտրոդների նկատմամբ սիմետրիկ դիրք (նկ.9-ում պատկերված է այդ դիրքը):



Նկ.9 Սարք մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի և
ամպերի ուժի մոդուլները
մագնիսահիդրոդինամիկական եղանակով որոշելու
համար

Եթե սարքը հորիզոնական դիրքում է, ապա զոդված ծայրի և սնդիկի միջև պարփակված V_0 - ծավալում գազը (օդը) կգտնվի մթնոլորտային P_0 ճնշման տակ: Սարքի ուղղահիգ դիրքի համար՝ մի դեպքում (զոդված ծայրը ներքև) մթնոլորտային P_0 ճնշմանը կգումարվի խողովակում լցված սնդիկի սյան բարձրությամբ պայմանավորված ճնշումը, իսկ մյուս դեպքում (զոդված ծայրը վերև) – կհանվի: Ասվածից հետևում է, որ նպատակահարմար է ինդուկցիայի վեկտորի մոդուլի որոշման համար սարքը դրվի հորիզոնական դիրքով (լրացուցիչ չափումներից խուսափելու համար), և այն տեղադրել մագնիսական դաշտում այնպես, որ դաշտն ուղղահայաց լինի էլեկտրոդներին:

Սարքի էլեկտրոդներին հաստատուն լարում տալու դեպքում հեղուկ հաղորդիչով (սնդիկով) կանցնի էլեկտրական հոսանք (նպատակահարմար է, որ լարումը լինի 3Վ-ի, իսկ հոսանքը $(10 \div 15)$ Ա -ի կարգի: Հոսանքի և մագնիսական դաշտի փոխազդեցության

պատճառով տեղի կունենա սնդիկի տեղաշարժ, որն էլ կբերի խողովակում պարփակված գազի ծավալի և ճնշման փոփոխության:

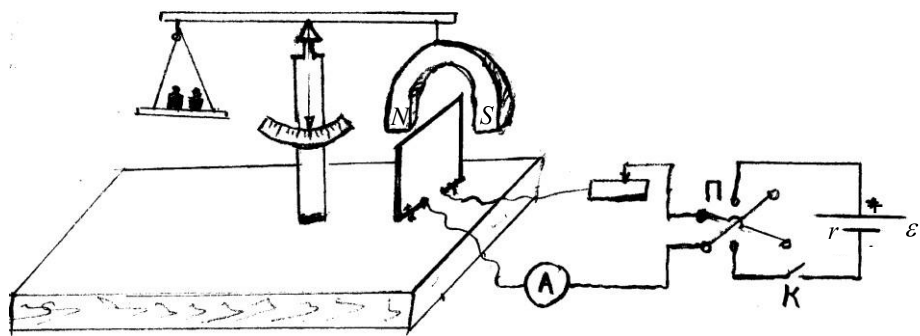
§2.3 Ինքնաշեն սարք Ամպերի ուժի մոդուլի որոշման համար

Այժմ համառոտ ներկայացնենք մի ինքնաշեն լաբորատոր սարք, որը հնարավորություն է տալիս ուսուցչին առանց խախտելու ուսուցման տրամաբանական ընթացքը, զիտության և կրթության ինտեգրման միջոցով ծանոթացնել սովորողներին Ամպերի ուժի մոդուլի որոշման

հետ, որի հիմքում ընկած է մագնիսական դաշտի և հոսանքակիր հաղորդչի առանձին տեղամասի (հոսանքի տարրի) փոխազդեցության երևույթը:

Փորձը ցույց է տալիս, որ մագնիսական դաշտի կողմից հոսանքակիր հաղորդչի բավականաչափ փոքր երկարությամբ տեղամասի վրա ազդող ուժը կախված է այդ տեղամասի երկարությունից, նրանում հոսանքի ուժի և տարածության մեջ նրա կողմնորոշումից:

Հաղորդչի այդ տեղամասը պահելով տարածության միևնույն տեղում և անընդհատ փոխելով նրա ուղղությունը՝ կարելի է գտնել այն դիրքը, որտեղ նրա վրա ազդող ուժի մոդուլն ունի առավելագույն արժեք:



Նկ.10

§2.4 Ինքնաշեն սարք Երկրի մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի հորիզոնական բաղադրիչի որոշման համար

Երկրի մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի ուղղությունն, ընդհանուր դեպքում, հորիզոնի նկատմամբ կազմում է որոշ անկյուն: Մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորը միշտ կարելի է վերլուծել հորիզոնական՝ B_0 , և ուղղահայաց B_0 բաղադրիչների: Մագնիսական սլաքը, որը կարող է պտտվել ուղղահայաց առանցքի շուրջը, կշեղվի միայն երկրի մագնիսական դաշտի հորիզոնական բաղադրիչի ազդեցության տակ: Մագնիսական սլաքի այս հատկությունն օգտագործվում է երկրի մագնիսական դաշտի հորիզոնական բաղադրիչն որոշելու համար:

Նկ. 11



Այդ սկզբունքով է աշխատում մեր կողմից պատրաստված սարքն, որին երկրաֆիզիկայում անվանում են Տանգենս-գալվանոմետր (նկ.11):

Տանգենս-գալվանոմետրը ուղղաձիգ հարթության մեջ գտնվող N գալարներից կազմված կոճ է, որի կենտրոնում՝ հորիզոնական հարթության մեջ, տեղավորված է մագնիսական սլաք:

Սլաքի ծայրը կարող է պտտվել աստիճանային բաժանմունքներ ունեցող շկալայի վրայով: Կոճը պտտելով իր ուղղաձիգ առանցքի շուրջը, կարելի է նրա հարթությունը համընկնեցնել մագնիսական միջօրեականի հարթության հետ: Այդ դեպքում սլաքի մի ծայրը կկանգնի 00 -ի վրա, մյուսը՝ 1800 : Կոճի այդպիսի կարգավորումից հետո նրանով բաց են թողնում հոսանք, որի հետևանքով մագնիսական սլաքը շեղվում է որոշ α անկյունով: Իսկ դա նշանակում է, որ մագնիսական սլաքի վրա բացի B_0 -ից ազդում է նաև հոսանքից առաջացած դաշտը՝ B , որոնց հարաբերությունը սլաքի կազմած անկյան տանգենսն է. $\operatorname{tg}\alpha=B/B_0$, որտեղից

$$B_0 = B / \operatorname{tg} \alpha \quad (2.14)$$

Համաձայն Բիո-Սավար-Լապլասի օրենքի՝

$$B = 2 \pi NI / r, \quad (2.15)$$

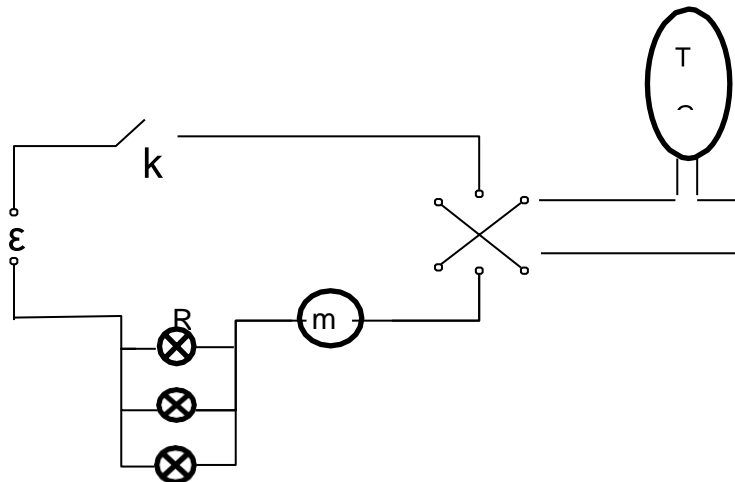
որտեղ r -ը հոսանքի տարրից մինչև մագնիսական սլաքը եղած հեռավորությունն է, I -ն՝ հոսանքի ուժը:

Տեղադրելով (2.15)-ը (2.14)-ի մեջ երկրի մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի հորիզոնական բաղադրիչի համար կստանանք՝

$$B_0 = 2 \pi \frac{NI}{r \operatorname{tg} \alpha}, \quad (2.16)$$

որտեղ α անկյան արժեքը վերցվում է որպես մոդուլով հավասար երկու տարբեր ուղղություններով հոսանքների դեպքում ստացված α' և α'' արժեքների միջին թվաբանական:

Նկ.12

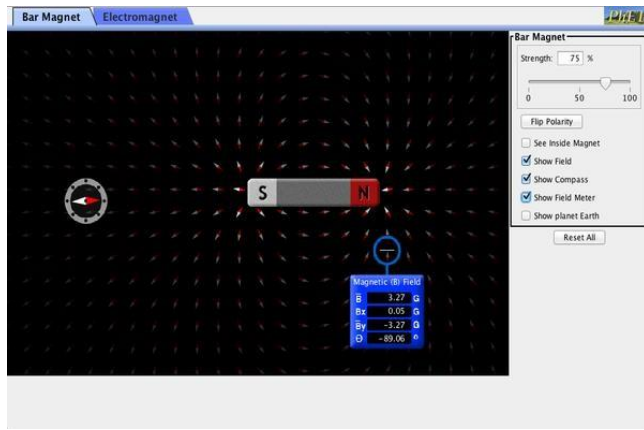


Փորձը կարելի է իրականացնել նկ 12-ում բերված էլեկտրական սխեմայի օգնությամբ, որտեղ հոսանքի ուղղությունը փոխվում է փոխանջատիչով, իսկ ուժ R ռեոստատով: Մեր սարքի համար գալարների թիվը 35 է ($N=35$), իսկ $r=22$ սմ:

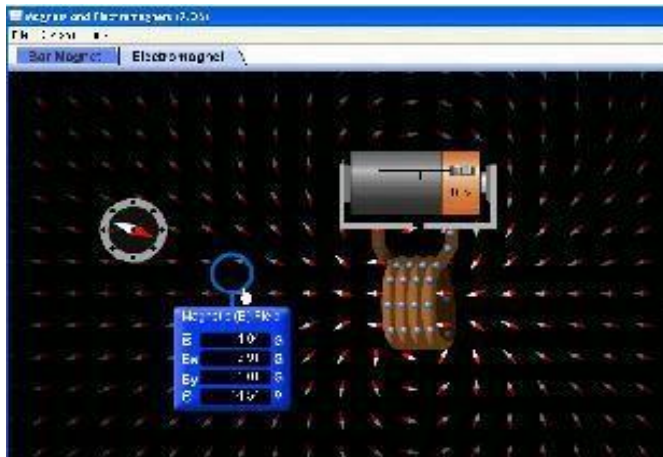
§2.5 Մագնիսական մի քանի երևույթների ուսուցումը ժամանակակից տեխնիկական միջոցների կիրառմամբ

Ակնհայտ փաստ է, որ կրթական նոր տեխնոլոգիաների ներդրումը դպրոցական Ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում նպաստում է ուսուցանվող նյութի արդյունավետության, գիտելիքների որակի բարձրացմանը, ինչպես նաև ուսուցման գործընթացը հազեցնում է փոխներգործուն մեթոդներով: Կրթական նոր տեխնոլոգիաների կիրառումը Ֆիզիկայի ուսուցչին հնարավորություն է ընձեռում ուսուցման գործընթացը կազմակերպելու այնպես, որ զարգանան սովորողների մտավոր, ստեղծագործական, հետազոտական ունակություններն ու կարողությունները: Դպրոցական Ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում՝ նոր տեխնոլոգիաների կիրառման շարքում, առանձնահատուկ տեղ են գրավում մուլտիմեդիաները որոնք իրենցից ներկայացնում են ֆիզիկական երևույթի, պրոցեսի համակարգչային մոդելը: Համակարգչային սիմուլյացիաներն ուսուցչին վիրտուալ փորձերի ու ցուցադրումների լայն հնարավորություններ են ընձեռում: Ֆիզլետներն ապահովում են կոնկրետ Ֆիզիկական երևույթի այնպիսի բազմատեսակ ներկայացումներ, ինչպիսին են անիմացիաները, գրաֆիկները, դիագրամները, աղյուսակները:

Այժմ ներկայացնենք ֆիզիկայի «Մագնիսականություն» բաժնի ուսուցման գործընթացում կիրառելի մի քանի կոնկրետ ֆիզլետներ, որոնցից երկուսը (նկ. 13,14) կնպաստեն մագնիսական բևեռներ, մագնիսական սլաք, մագնիսական բևեռների փոխազդեցություն, մագնիսական դաշտ, մագնիսական դաշտի ուժագծեր, ուժագծերի օգնությամբ մագնիսական դաշտի մեծության գնահատում հասկացությունների դյուրընկալմանն ու մտապահմանը, և թույլ կտան ցուցադրել մագնիսի և կողմնացույցի դաշտերի փոխազդեցությունը:



Նկ. 13

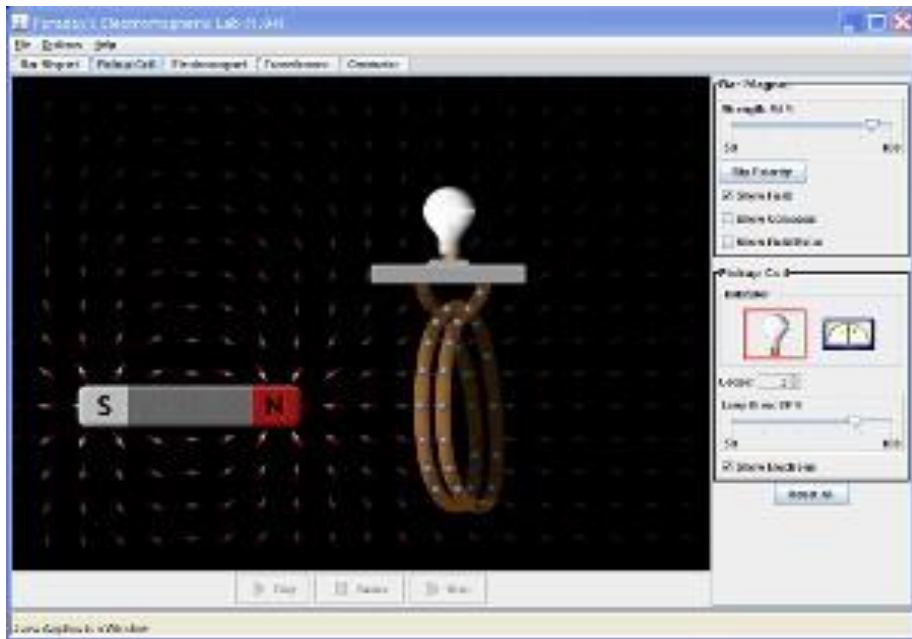


Նկ. 14

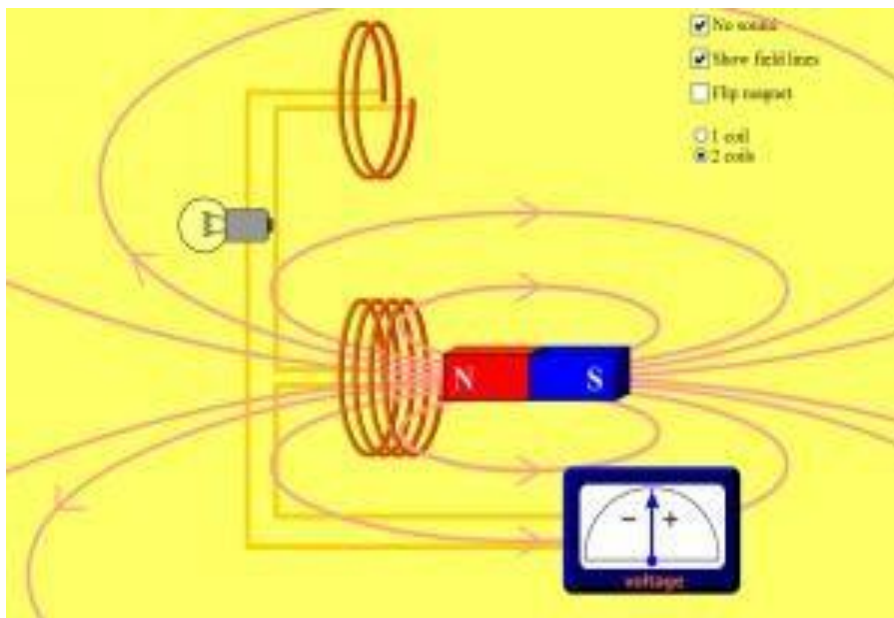
Մյուս երկուսը (նկ. 15,16) թույլ են տալիս կատարել հետևյալ եզրահանգումները՝

- ✓ որքան արագ է շարժվում մագնիսը կամ կոճը, այնքան ուժեղ է մակաձված հոսանքը,
- ✓ փակ կոնտուրում հոսանք է մակաձվում, երբ փոխվում է նրա մեջ թափանցող մագնիսական ինդուկցիայի գծերի թիվը,
- ✓ մակաձման էլՇՈՒ-ն ուղիղ համեմատական է հոսքի փոփոխության արագությանը,
- ✓ մակաձման էլՇՈՒ-ն ուղիղ համեմատական է փատույթի գալարների թվին:

Դատելով վերոհիշյալ ֆիզլետների ընձեռած հնարավորություններից, կարելի է ենթադրել, որ նրանց կիրառումը, ֆիզիկայի «Մագնիսականություն» բաժնի ուսուցման գործընթացում, կարող է նպաստել ուսուցման արդյունավետության բարձրացմանը:



Նկ. 15



Նկ. 16

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ

Իրականացված հետազոտությունները և փորձարարական արդյունքների վերլուծությունը թույլ են տալիս կատարելու հետևյալ հիմնական եզրակացությունները.

1. Մշակվել են մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի և Ամպերի ուժի, ինչպես նաև երկրի մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի հորիզոնական բաղադրիչի մոդուլի հաշվման նոր եղանակներ, մեր կողմից պատրաստված ու փորձարկված մեկ գործող մոդելի և երկու ինքնաշեն սարքերի հիման վրա:
2. Ֆիզիկայի «Մագնիսականություն» բաժնի ուսուցումը բարձր արդյունավետությամբ կարելի է կազմակերպել, եթե ֆիզիկայի ուսուցիչը օգտվի մեր կողմից առաջարկված ինքնաշեն սարքերից և ցուցադրական փորձերից, քանզի դրանք ավելի ցայտուն են դարձնում էլեկտրական հոսանքի մի շարք հիմնական հատկություններ, մասնավորապես մագնիսական ազդեցությունը:
3. Մեր կողմից պատրաստված և փորձարկված նյութական մոդելները ֆիզիկայի դասավանդման գործընթացում կիրառելու դեպքում ուսուցչին հնարավորություն է ընձեռվում հասնել թեմայի խորը յուրացմանը և հանդիսանում են այդ թեմայի խորոցված ուսուցման արդյունավետության բարձրադեման լավագույն միջոց, եթե դրանք մեթոդապես ճիշտ են մշակված և դիդակտիկ առումով նպատակային օգտագործված:
4. «Մագնիսականություն» բաժնի ուսուցումը մեր կողմից առաջարկված հաջորդականությամբ հաղորդվելու դեպքում, ավելի դյուրամարս է դարձնում այդ թեմայի յուրացումը:
5. Մուլտիմեդիային միջոցների կիրառումը ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում ուսուցչին վիրտուալ փորձերի և ցուցադրումների լայն հնարավորություններ է ընձեռում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Կ. Ս. Ադամյան: Արդի պայմաններում ֆիզիկայի դասավանդման որոշ հիմնախնդիրները, Բնագետ, «Բնագիտությունը 21-րդ դարում. ուսուցման հիմնախնդիրներ և լուծումներ», կրթական գիտաժողովի նյութեր 2012, էջ 81-82:
2. Ռ. Ս. Ավագյան, Հ. Ս. Կարայան, Լ. Ս. Ասլանյան: Կրթական համակարգի բնույթն ու բնական գիտությունները դարոցում, Բնագետ, «Բնագիտությունը 21-րդ դարում, ուսուցման հիմնախնդիրներ և լուծումներ»: Կրթական գիտաժողովի նյութեր 2012, էջ 122-124:
3. "Магнитодинамическое генерирование электроэнергии" под ред. Р. Кулеба. Изд. "Мир", Москва 1966г.
4. Карцев, В.П. Магнит за три тысячелетия / В.П. Карцев. - М.: Знание, 1986г. – 230с.
5. Кабардин, О.Ф. Физика: Справ. Материалы: Учеб. Пособие для учащихся. / О.Ф. Кабардин.
- 3-е изд. - М.: Просвещение, 1991. – 367с.: ил.
6. Дягилев, Ф.М. Из истории физики и жизни ее творцов: учебное пособие для вузов / Ф.М. Дягилев. - М.: Просвещение, 1986г. – 280 с.
7. Симоненко, О.Д. Электротехническая наука в первой половине XX века. / О.Д. Симоненко. - М.: Знание, 1988г. – 325с.
8. Современная радиоэлектроника (50—80-е гг.) / В.П. Борисов [и др.] ; под ред. В.П. Борисова, В.М. Родионова. - М.: Омега-Л, 1993. – 340 с.
9. Холодов, Ю.А. Человек в магнитной паутине: / Ю.А. Холодов.-М.: Знание, 1972 г.- 173с.
10. А. В. Ланин, «История исследования магнита и явления магнетизма», Иркутск 2009.
11. Электромагнитные динамометры//Наука и техника. - 2008. - №5. - с.25-27
12. Н. М. Шахмаев, С. Н. Шахмаев, Д.Ш. Шодиев, «физика 11», "Просвещение", М. 1991. с. 44- 59, 79-84 . Под редакцией А.С. Ахматова «физика» часть II, Изд-во "Наука", М. 1974 с.191-203.

13. Под редакцией А.С. Ахматова «физика» часть II, Изд-во "Наука", М. 1974 с.191-203.
14. «Физика-10» под редакцией А.А. Пинского Москва "Просвещение" 1995 с. 274-292.
15. Ռ. Գաբրիելյան, Գ. Մելիքյան, Ա.Չիրակոսյան «Ֆիզիկա-10», Երևան «Լույս», 2005, էջ 91- 121.
16. Է. Մ.Ղազարյան, Ա. Չիրակոսյան և ուրիշներ, «Ֆիզիկա-11», Երևան, Էդիթ պրինտ 2010 էջ 258-302.
17. Ս.Վ. Գրոմով, Ն.Ա. Ռոդինա, «Ֆիզիկա-9», Երևան 2009, էջ 58-67:
18. Է.Մ.Ղազարյան, Ա.Չիրակոսյան և ուրիշներ, «Ֆիզիկա և աստղագիտություն-9», Էդիթ պրինտ, Երևան 2009, էջ 75-86:
19. О.Ф. Кабардин, физика, Москва, „Просвещение” 1985 с. 156-170.
20. О.Ф. Кабардин, С. И. Кабардина, Н. И. Шефер «Факультативный курс физики» Изд-во "Просвещение", Москва 1986, с.212-216.
21. Հ.Ռ. Դրմեյան, Բ.Ժ. Պողոսյան, «Գիտության և կրթության ինտեգրման մի օրինակի մասին»: Հանրապետական գիտաժողովի նյութեր, Վանաձոր 2010, էջ 346-351:
22. В.А.Штофф, Оролимодели в физике. “Вопросы философии” 1958, N12, .192с.
23. Հ. Ռ. Դրմեյան, Բ. Ժ. Պողոսյան, Վ. Յ. Դրմեյան, «Բնագետ» (հատուկ թողարկում), «Բնագիտական կրթությունը 21-րդ դարում», գիտ. նյութ, 2009, էջ 47-49:
24. А. Г. Куликовский, Г. А. Любимов “Магнитная гидродинамика”. Госиздат., физико-математической литературы. Москва, 1962г.
25. Г. Мирдель “Электрофизика”, Изд-во “Мир”, 1972г
26. Հ. Ռ. Դրմեյան, Ա.Հ. Մելքոնյան «Նյութական մոդելի կիրառումը որպես ֆիզիկայի խորացված ուսուցման արդյունավետության բարձրացման միջոց», Բնագետ, Երևան 2014, էջ 17-19.
27. Հ. Ռ. Դրմեյան «Մազնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի մոդուլի որոշման մի եղանակի մասին»: Հանրապետական գիտաժողովի նյութերի ժողովածու, Վանաձոր 2010, էջ 346-351.
28. Ա.Ա. Պոկրովսկու խմբագրությամբ «Ֆիզիկայի ցուցադրական փորձերը միջնակարգ դպրոցում», մաս II, Երևան 1983, էջ 356-383.
29. Д.С.Шевелкин, Б.В. Рыкунин, Лабораторные работы физике (на самодельных приборах), Москва 1965, с.76-78.
30. Методика преподавания физики в средней школе, Под редакцией С. Е.Каменецкого, Л. А. Ивановой «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1987