

**ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ՀԱՅ-ՌՈՒՄԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼ ՍԱՐԱՆ**

ՍԱՐԳՍՅԱՆ ՄԱՐԱՏ ՎՐԵԺԻ

**ՍՈՎՈՐՈՂՆԵՐԻ ԻՄԱՑԱԿԱՆ ՀԵՏԱՔՐՔՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ՉԱՐԳԱՅՈՒՄԸ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ՊԱՏՄԱԿԱՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻ
ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՄԲ**

ԱՏԵՆԱԿՈՍՈՒԹՅՈՒՆ

**ԺԳ.00.02 - «Դասավանդման և դաստիարակության մեթոդիկա»
(ֆիզիկա) մասնագիտության մեջ մանկավարժական
գիտության ոլորտի թեկնածուի գիտական աստիճանի
հայ ցման համար**

**Գիտական ղեկավար՝
ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս, ֆիզմաթ
գիտության ոլորտի դոկտոր, պրոֆեսոր
Է. Մ. Ղազարյան**

Երևան - 2018

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

4

ԳԼՈՒԽԱՌԱՋԻՆ

ՖԻԶԻԿԱՅԻ ՊԱՏՄԱԿԱՆ ՆՅՈՒԹԻ ԴԻԴԱԿՏԻԿԱԿԱՆ ԳՈՐԾԱՌՈՒՅԹՆԵՐԸ

1.1 Պատմական նյութի դրվածքը ֆիզիկայի դպրոցական դասագրքերում, ուսումնամեթոդական ձեռնարկներում և գիտամեթոդական գրականության մեջ 11

1.2 Պատմականության դերն ու նշանակությունը միջնակարգ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացում 18

1.3 Ֆիզիկայի պատմական նյութի կենսագործման ուղիները միջնակարգ հանրակրթական դպրոցում 23

1.4 Ֆիզիկայի պատմական նյութերը որպես սովորողների գիտելիքների համակարգման և ընդհանրացման միջոց 24

1-ին գլխի եզրակացություններ 35

ԳԼՈՒԽԵՐԿՐՈՐԴ

ՖԻԶԻԿԱՅԻ ՊԱՏՄԱԿԱՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ ՈՐՊԵՍ ՍՈՎՈՐՈՂՆԵՐԻ ԻՄԱՑԱԿԱՆ ՀԵՏԱՔՐՔՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՉԱՐԳԱՑՄԱՆ ՄԻՋՈՑ

2.1 Պատմական բովանդակությամբ խնդիրները որպես սովորողների իմացական հետաքրքրությունների զարգացման միջոց 36

2.2 Պատմական գիտափորձերը որպես սովորողների իմացական հետաքրքրությունների զարգացման միջոց 54

2.3	Ֆիզիկայի օրենքների և տեսությունների հայտնագործման	պատմությունը
96		
2.4	Հիմնարար ֆիզիկական հաստատունների ստեղծման	պատմությունը
103		
2-րդ	գլխի	եզրակացություններ
125		

ԳԼՈՒԽԵՐՐՈՐԴ

ՄԱՆԿԱՎԱՐԺԱԿԱՆ ԳԻՏԱՓՈՐՁԻ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒՄ ԵՎ ԴՐԱ ԱՆՑԿԱՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱՆ

3.1	Մանկավարժական գիտափորձի կազմակերպման մեթոդիկան	127
3.2	Պատմական բովանդակությամբ ինքնուրույն աշխատանքների (ռեֆերատ) հանձնարարման և ստուգման	մեթոդիկան
140		
3.3	Ստուգողական գիտափորձի անցկացման մեթոդիկան և դրա արդյունքները	
142		
3-րդ	գլխի	եզրակացություններ
150		

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ	152
ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ	153

ՆԵՐԱՃՈՒԹՅՈՒՆ

Հետազոտության արդիականությունը.

«Ֆիզիկա» գիտությունը նշանակալի դեր ունի յուրաքանչյուր հասարակության քաղաքակրթության զարգացման և գիտատեխնիկական առաջընթացի գործում: Ֆիզիկայում կատարվող հայտնագործությունները ոչ միայն հարստացնում և զարգացնում են մեր գիտելիքները բնության մասին, այլև շատ հաճախ իրենց են հանդիսանում հարակից այլ գիտությունների զարգացման գործում: Այսպես, օրինակ՝ քվանտային տեսության հայտնագործումը թույլ տվեց քիմիկոսներին ըմբռնել նյութերի քիմիական կառուցվածքի և քիմիական ռեակցիաների վերաբերյալ կուտակված փորձառական փաստերի ողջ բնույթն ու բազմազանությունը: Պինդ մարմիններում ալիքների տարածման օրենքներից են օգտվում երկրաբանները երկրի ընդերքը հետազոտելիս, ինչի շնորհիվ էլ երկրաբանական գիտություններում մշակվել են երկրաշարժաբանության մեթոդները:

Հսկայական է ֆիզիկայի ազդեցությունը հասարակության արտադրական ուժերի զարգացման վրա: Ժամանակակից տեխնիկայի մի շարք բնագավառներ՝ էլեկտրոնիկա, ավտոմատիկա, միջուկային տեխնիկա, հրթիռաչինություն, ռադիոտեխնիկա, ավտոմոբիլաչինություն և այլն, այնքան սերտորեն են կապված ֆիզիկային, որ կարելի է ասել, հանդիսանում են նրա մի մասը: Միաժամանակ, գիտության և տեխնիկայի «ավանդական» բնագավառներում նոր ֆիզիկական գաղափարների կիրառումը հաճախ բերում է որոշ խնդիրների սկզբունքորեն նոր լուծումների: Այս ամենը ծառայում է մարդկության կենսամակարդակի բարձրացմանը [57, էջ 4]:

Մասնագիտական ինչպիսի գործունեություն էլ ծավալի մարդը, ֆիզիկայից ստացված գիտելիքները նրան պիտանի են լինելու ինչպես կենցաղային բազմաբնույթ խնդիրներ լուծելու, այնպես էլ բնության երևույթների վերաբերյալ ընդհանուր պատկերացում կազմելու համար: Ֆիզիկայի ուսումնասիրությունը մարդկությանը առավելագույնս հնարավորություն է ընձեռում

ծգտել դեպի իմացություն, որոնք և գտնել դեպի կատարելություն հասնող նոր ուղիներ, ինչը մեծագույն բավարարվածություն է պատճառում կյանքում:

Հասարակության առջև ծառացած մի շարք հիմնախնդիրների լուծման համար չափազանց կարևոր է «Ֆիզիկա» ուսումնական առարկայի արդյունավետ ուսուցումը միջնակարգ հանրակրթական դպրոցում, որն անհնար է առանց ֆիզիկայի պատմական նյութերի օգտագործման:

Ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում պատմական նյութերը կարելի է օգտագործել և՛ որպես գիտելիքների աղբյուր, և՛ որպես ուսուցման մեթոդ, և՛ որպես սովորողների իմացական հետաքրքրությունների զարգացման միջոց:

Ֆիզիկայի պատմության վերաբերյալ կան բազմաթիվ աշխատանքներ: Դրանց վերաբերյալ զգալի աշխատանքներ են կատարվել այնպիսի հայտնի գիտնականների կողմից, ինչպիսիք են Մ. Լաուեն, Բ. Սպասկին, Ա. Այնշտայնը, Լ. Ինֆելդը, Լ. դը Բրոյլը, Դյագիլևը, Կուդրյավցևը, Մ. Լյոցցին, Վ. Մոշչանսկին, Ե. Սավելովան, Յ. Լիպսոնը, Ջ. Տրիգգը, Վ. Լեբեդևը և այլք ([16], [17], [96], [98], [109], [110] և այլն): Չգալի աշխատանքներ են կատարվել նաև հայ մանկավարժագետ-մեթոդիստների կողմից ի դեմս Է. Ղազարյանի, Ս. Մայիլյանի, Յ. Սարգսյանի, Լ. Գրիգորյանի, Գ. Պետրոսյանի և այլոց ([13], [25], [36], [37], [38], [39], [46]):

Ֆիզիկայի պատմության վերաբերյալ եղած աշխատանքներում առայսօր չկա մի հետազոտություն, որտեղ ֆիզիկայի պատմական նյութերն օգտագործվեն որպես սովորողների իմացական հետաքրքրությունների զարգացման միջոց:

Ֆիզիկայի պատմական նյութերը ուսումնական նյութի բաղկացուցիչ մասն են հանդիսանում, որոնք չափազանց կարևոր են ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում: Դրանք զարգացնում են սովորողների աշխարհընկալումը, խթանում են ճանաչողական հետաքրքրությունների զարգացմանը և, վերջին հաշվով, նպաստում են ֆիզիկայի ուսուցման արդյունավետության բարձրացմանը:

Կրթության հումանիտարացման արդի ժամանակաշրջանում ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում պատմական նյութերի

օգտագործման անհրաժեշտությունն է՝ ավելի է մեծանում՝ հանրակրթության ոլորտում պահանջելով պատմականության հիմնախնդրի նոր լուծումներ:

Սույն աշխատանքում մենք մեր առջև խնդիր ենք դրել ցույց տալ, որ ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում գիտության պատմությունը հանդիսանում է ժամանակակից մեթոդական համակարգի անքակտելի մասը, առանց որի հնարավոր չէ ճիշտ իրականացնել ֆիզիկայի ուսուցումը միջնակարգ հանրակրթական դպրոցում: Այս ամենով է պայմանավորված հետազոտության թեմայի արդիականությունը:

Հետազոտության օբյեկտը հիմնական և ավագ դպրոցում ֆիզիկայի արդյունավետ ուսուցման համակարգն է:

Հետազոտության առարկան ֆիզիկայի պատմական նյութերի միջոցով սովորողների իմացական հետաքրքրությունների զարգացման գործընթացն է:

Հետազոտության նպատակն է մշակել արդյունավետ մեթոդիկա, որը հնարավորություն կընձեռի ուսուցման գործընթացում ֆիզիկայի պատմական նյութերի օգնությամբ զարգացնել սովորողների իմացական հետաքրքրությունները:

Հետազոտության վարկածը.

Եթե՝

ա) ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում բացի պատմական փաստերից ընդգրկվեն նաև պատմական բովանդակությամբ խնդիրներ,

բ) մեծ տեղ տրվի հետաքրքրաշարժ պատմական նյութերին,

գ) մշակվեն ֆիզիկայի պատմությանը վերաբերող աշխատանքների (ռեֆերատներ, պատմական բովանդակությամբ խնդիրներ և փորձեր) ընտրման, կատարման, հանձնարարման և ստուգման կոնկրետ ուղիներ,

ապա՝

հնարավորություն կընձեռվի ոչ միայն զարգացնել ու սովորողների իմացական հետաքրքրությունները, այլև վերլուծական կարողությունները, որոնք իրենց հերթին կնպաստեն ֆիզիկայի ուսուցման արդյունավետության բարձրացմանը:

Հետազոտության վարկածից բխում են նրահետևյալ խնդիրները.

1. Ուսումնասիրել հետազոտության թեմայի հետ առնչվող գիտամեթոդական գրականության ունենը:
2. Կազմակերպել ֆիզիկայի պատմությանը վերաբերող արտադասային պարապմունքներ և նրանցում ընդգրկել ոչ միայն պատմական փաստերի ու տեղեկությունների, այլ նաև հայտնի պատմական փորձերի ու գիտափորձերի ուսումնասիրություններ, ինչպես նաև պատմական բովանդակության մեր խնդիրներ:

Հետազոտության ընթացքում կիրառվել են հետևյալ մեթոդները.

1. Հետազոտության թեմայի վերաբերյալ գիտամեթոդական գրականության ուսումնասիրում:
2. Թափրովի միջնակարգ դպրոցում հեղինակի կողմից բաց դասի կազմակերպում «Պատմություն բնության հիմնարար օրենքներից մեկի հայտնագործման մասին» (Էներգիայի պահպանման և փոխակերպման օրենքը) թեմայով:
3. Մանկավարժական գիտափորձի կազմակերպում և անցկացում:
4. Հետազոտության արդյունքների փորձարկում:

Հետազոտության գիտական նորոշյալ հետևյալն է.

1. Մշակվել է պատմական բովանդակության մեր խնդիրների համակարգ:
2. Բացի եղած պատմական փաստերից ավելացվել են նաև պատմական բովանդակության մեր շարք հայտնի փորձերի մասին տեղեկություններ:
3. Մշակվել է ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում պատմական նյութերի ճիշտ օգտագործմանը ներկայացվող պահանջները:
4. Մշակվել է պատմական բովանդակության մեր ինքնուրույն աշխատանքների (ռեֆերատներ) հանձնարարման և ստուգման մեթոդիկա:

Հետազոտության տեսական նշանակությունը.

Հիմնավորված է ուսուցման գործընթացում պատմական նյութերի պարբերաբար և նպատակային օգտագործման անհրաժեշտությունը: Հեղինակի կողմից մշակված պատմական փաստերը, պատմական բովանդակության մեր խնդիրներն ու փորձերը

կարող են համալրել ֆիզիկայի ուսուցման տեսության և մեթոդիկայի այն բաժինները, որոնք նվիրված են հանրակրթական դպրոցում ֆիզիկայի ուսուցման մեթոդներին, միջոցներին և նպատակներին:

Յետագոտլթյան գործնական նշանակությունը.

Յեղիական կողմից մշակված պատմական տեղեկությունները կարող են կիրառվել ոչ միայն հիմնական և ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացում, այլ նաև մանկավարժական բուհերում «ֆիզիկայի ուսուցման տեսություն և մեթոդիկա» առարկայի ուսուցման ժամանակ:

Պատասխանող աներկայացվում են հետևյալ դրույթները.

1. Ֆիզիկայի դպրոցական դասագրքերում ավելի շատ ներառել պատմական տեղեկություններ՝ ընդգրկելով պատմական բովանդակությամբ խնդիրներ ու պատմական փորձերի մասին տեղեկություններ, որոնց դիտարկումը կնպաստի սովորողների իմացական հետաքրքրությունների զարգացմանը:
2. Ուսուցման գործընթացում ֆիզիկայի պատմական նյութերը կարող են խթան հանդիսանալ սովորողների մոտ ուսուցման մոտիվների ձևավորման և նրանց իմացական հետաքրքրությունների զարգացման գործընթացում:
3. Սովորողներին ինքնուրույն աշխատանքի մեջ կարելի է ներգրավել առաջարկելով լուծել պատմական տարբեր դարաշրջաններում ապրած գիտնականների կողմից առաջադրված հետաքրքրաշարժ խնդիրներ, հանձնարարել գրել տարբեր գիտնականների կյանքի և ստեղծագործության մասին ռեֆերատներ, դիտել համակարգչային շնորհանդեսներ, գիտահանրամատչելի ֆիլմեր, ինչպես նաև ֆիլմեր՝ նվիրված ականավոր գիտնականների կյանքին ու ստեղծագործությանը:
4. Պատմական նյութերի արդյունավետ օգտագործման հիմնական դերը պատկանում է ուսուցչին: Նա է որոշում դրանց բովանդակությունը և մշակում դրանց ուսուցման մեթոդիկան:

Յետագոտլթյան արժանահավատությունը հիմնավորվում է.

ա) Հետազոտության ընթացքի և արդյունքների մասին հանրապետական և բուհական գիտաժողովներում քննարկումներով:

բ) Մանկավարժական գիտափորձի դրական արդյունքներով:

գ) Հետազոտության հիմնական դրույթները մայրաքաղաքի և մարզային մի շարք դպրոցներում ներդրամաբ և դրանց մասին ֆիզիկայի ու սուցիչների տված դրական կարծիքներով:

Հետազոտության արդյունքների փորձաքննության ու նր.

Հետազոտության ընթացքի և արդյունքների մասին զեկուցվել և քննարկվել են.

- ՀՊՄՀ-ի Խ. Աբովյանի ծննդյան 200-ամյակին նվիրված պրոֆեսորադասախոսական անձնակազմի, ասպիրանտների, հայցորդների և գիտաշխատողների 54-րդ գիտաժողովում (2009 թ.):
- ԵՊՀ-ին առընթեր Ա. Շահինյանի անվան ֆիզմաթ հատուկ դպրոցում կազմակերպվող ֆիզիկայի ու սուցիչների ամենամյա գիտամեթոդական համաժողովում (2012թ.):
- ԵՊՀ-ում պարբերաբար կազմակերպվող «Բնագիտությանը 21-րդ դարում. ուսուցման հիմնախնդիրներ և լուծումներ» համահայկական կրթական գիտաժողովներում (2009, 2012, 2014 թթ.):

Հետազոտության հիմնական աղբյուրները.

1. Հետազոտության ընթացքում ուսումնասիրվել են հայ և արտասահմանցի դիդակտների աշխատանքները, մասնավորապես՝ Ա. Ա. Բալյանի, Մ.Մ. Մանուկյանի, Ս. Պ. Մանուկյանի, Յու. Կ. Բաբանսկու, Լ. Վ. Չանկովի, Թ. Նովացկու, Վ. Օկոնի, Յա. Սկալկովայի և այլոց ձեռնարկները:
2. Ուսումնասիրվել են ֆիզիկայի անվանի դիդակտներ Ա. Ի. Բուգանի, Վ. Գ. Ռազումովսկու, Ա. Վ. Ուսովայի, Ս. Ե. Կամենեցկու և ուրիշների աշխատանքները:
3. Հետազոտվել են հայ մեթոդիստներ Ս. Ս. Մայիլյանի, Լ. Պ. Գրիգորյանի, Գ. Պ. Պետրոսյանի ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում պատմական նյութերի օգտագործմանը նվիրված աշխատանքները:

4. Պատմական բովանդակությամբ խնդիրները ընտրելիս օգտվել ենք Պ. Ճատուրյանի, Կ. Աթայանի, Ս. Մայիլյանի, Յ. Սարգսյանի, Լ. Պետրոսյանի և այլոց աշխատանքներից:

5. Մանկավարժական գիտափորձ կազմակերպելուց և անցկացնելուց առաջ ուսումնասիրել ենք Մ. Ի. Գրաբարի և Կ. Ա. Կրասնոսկայայի, Ջ. Գլասսի և Ջ. Ստենլիի, Ա. Ա. Կիվերյազի, Ա. Վ. Աբրահամյանի աշխատանքները:

Մեր կողմից շուրջ հինգ տարվա տևողությամբ տվյալ հետազոտությունը պայմանականորեն կարելի է բաժանել երեք փուլերի:

Առաջին փուլում (2010-2011 թթ.) հեղինակը ճշտել է հետազոտության թեման, ուսումնասիրել է ընտրված թեմայի վերաբերյալ գիտամեթոդական գրականություն:

Երկրորդ փուլում (2011-2012 թթ.) հեղինակը ուղիներ է մշակել պատմական նյութերի օգտագործմամբ ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացի արդյունավետ կազմակերպման համար: Արդյունքում ճշտվել են հետազոտության վարկածը և խնդիրները:

Երրորդ փուլում (2012-2014 թթ.) որպես Արմավիրի մարզի Թաիրովի միջնակարգ դպրոցի և Երևանի Գ. Էմինի անվան թիվ 182 ավագ դպրոցի ուսուցիչ, հեղինակը մանկավարժական գիտափորձ է անցկացրել նշված դպրոցներում և հաստատել է իր հետազոտության վարկածի իրավացիությունը: Այս փուլում հետազոտության հիմնական դրույթները ներդրվել են Երևանի և մարզային մի քանի դպրոցներում:

Գրականության ցանկում ընդգրկված են հեղինակի հրատարակած 10 աշխատանքները [37, 38, 39, 40, 47, 50, 51, 52, 53, 55]:

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, երեք գլուխներից, եզրակացություններից և գրականության ցանկից: Ատենախոսության ընդհանուր ծավալը 162 համակարգչային էջ է: Աշխատանքը պարունակում է 26 նկար, 2 տրամագիր և 9 աղյուսակ:

ԳԼՈՒԽԱՌԱՋԻՆ
ՖԻԶԻԿԱՅԻ ՊԱՏՄԱԿԱՆ ՆՅՈՒԹԻ ԴԻԴԱԿՏԻԿԱԿԱՆ
ԳՈՐԾԱՌՈՒ ՅԹՆԵՐԸ

1.1 Պատմական նյութի դրվածքը ֆիզիկայի դպրոցական
դասագրքերում, ուսումնամեթոդական ձեռնարկներում և
գիտամեթոդական գրականությունում մեջ

Հայաստանի Հանրապետության կրթության, մասնավորապես՝ հանրակրթության համակարգում կատարված բարեփոխումների արդյունքում վերանայվել են կրթական ծրագրերը, չափորոշիչներն ու հայեցակարգերը, լրամշակվել և վերահրատակվել են դասագրքերը, ինչի շնորհիվ ֆիզիկայի դասագրքերում ավելացվել են մի շարք նոր թեմաներ, իսկ եղածներն էլ համալրվել են ֆիզիկայի զարգացման ներկա ժամանակաշրջանին համահունչ ինչպես գիտական, այնպես էլ պատմական նոր փաստերով, որոնք կարող են նպաստել ինչպես աշակերտների կրթադաստիարակչական գործընթացի բարելավմանը, այնպես էլ նրանց հետագա մասնագիտական կարողությունների ձևավորմանը: Այս ամենը հնարավորություն է ընձեռում զարգացնել ինչպես սովորողների աշխարհընկալումը, ճանաչողական հետաքրքրություններն ու գիտական աշխարհայացքը, այնպես էլ նպաստում է «ֆիզիկա» ուսումնական առարկայի ուսուցման արդյունավետության բարձրացմանը:

Ֆիզիկայի դպրոցական դասագրքերում ([28], [29], [30], [31], [32], [33]) ավելացված թեմաների քանակը շատ է, ինչն էլ իր հերթին պահանջում է դասընթացի՝ պատմական նոր նյութերով համալրում: Սակայն պատմական նյութն ընտրելիս պետք է առաջնորդվել առաջին հերթին դիդակտիկական նկատառումներով: Անհրաժեշտ է ընտրել այնպիսի նյութ, որն առավելագույն չափով է համապատասխանում ֆիզիկայի ժամանակակից կրթական ու դաստիարակչական խնդիրներին:

Ակնհայտ է, որ ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացի բովանդակության մեջ ներառվող պատմական հարցերը պետք է

կապված լինեն ուսումնական ծրագրի հետ և մատչելի լինեն սովորողներին, այլապես դրանց ոչ համակարգված օգտագործումն աշակերտների մոտ կառաջացնի լրացուցիչ ծանրաբեռնվածություն, անվստահություն և սեփական գիտելիքների հարցում, ինչն էլ կհանգեցնի դասընթացի ձախողմանը:

Ասվածը լուսաբանենք մի քանի օրինակներով: Ս. Վ. Գրոմովի և Ն. Ա. Ռոդինայի հեղինակած «Ֆիզիկա-8» դասագրքում [14, էջ 6] «Կինեմատիկա» բաժինն ուսումնասիրելիս մեխանիկական շարժման վերաբերյալ որպես պատմական տեղեկություն գետեղված է Յին Յունաստանի մեծագույն մտածող, հռչակավոր Էլեական փիլիսոփայական դպրոցի հիմնադիր Չենոն Էլեացու «Մարգարաշտ» ապրիան (պարադոքս): Թեպետ սովորողները 7-րդ դասարանի դասընթացից ծանոթ են մարմնի շարժման արագության, շարժման և դադարի հարաբերականության գաղափարներին, այնուամենայնիվ, մեր կարծիքով, այդ նյութը նպատակահարմար չէ 8-րդ դասարանի դասընթացում կիրառելու համար, քանի որ նրանք ծանոթ չեն *հարաբերական արագության* գաղափարին:

Այժմ դիտարկենք մեկ այլ օրինակ, այս անգամ ավագ դպրոցի դասընթացից:

Տարբեր դպրոցական դասագրքերում ([11], [21], [44] և այլն) և ուսումնամեթոդական ձեռնարկներում (օրինակ՝ [15], [97]) «Էլեկտրական դաշտ» թեմայի ուսումնասիրությունը սկսվում է մերձազդեցության և հեռազդեցության տեսությունների մասին սովորողներին նախնական տեղեկություններ տալով, այնուհետև ասվում է, որ Էլեկտրական դաշտի գաղափարն առաջինը հղացել է անգլիացի նշանավոր գիտնական Մայքլ Ֆարադեյը: Դաշտի կառուցվածքը տրվում է «լիցք-Էլեկտրական դաշտ-լիցք» սխեմայով, այնուհետև տրվում են դաշտի կարևորագույն հատկությունները: Դրանից հետո արդեն տրվում է Էլեկտրական դաշտի լարվածության գաղափարը: Այսպիսով, նախքան «Էլեկտրական դաշտ» հասկացությանը ծանոթանալը, սկզբում աշակերտները համառոտակի ծանոթանում են մերձազդեցության և հեռազդեցության հայեցակարգերին, այնուհետև անցում է կատարվում դաշտի սահմանմանը: Որպեսզի աշակերտներն ավելի լավ ըմբռնեն դաշտի իրական գոյության

փաստը, մեր կարծիքով, անհրաժեշտ է վերոհիշյալ թեման ուսուցանելիս ավելի շատ օգտագործել պատմական նյութեր: Նշենք, որ Նախկինում գործածվող հայկական և ռուսական մի շարք դասագրքերում էլեկտրական դաշտին վերաբերող պատմական նյութերին հեղինակներն անդրադարձել են շատ մակերեսորեն, իսկ, օրինակ, եվրոպական դասագրքերում իսպառ բացակայում են պատմական նյութերը (տե՛ս, օրինակ՝ [136], [137], [138]): Այժմ ավելի մանրամասն քննարկենք դպրոցական դասագրքերում և ուսումնամեթոդական ձեռնարկներում այս թեմային առնչվող պատմական նյութերի շարադրման ընթացքը, մեթոդիկան և ներկայացնենք մեր մոտեցումները՝ այս թեմայի ուսուցման արդյունավետության բարձրացման համար: Նախկին դպրոցական դասագրքերում ([11], [44] և այլն) «Էլեկտրական դաշտ» թեման ուսումնասիրելիս նախ համառոտ ակնարկ է տրվում մերձազդեցության և հեռազդեցության տեսություններին վերաբերյալ, այնուհետև խոսվում է էլեկտրական դաշտի մասին, տրվում նրա հիմնական հատկությունները:

Ներկայումս գործածվող դասագրքում [32] բացի հեռազդեցության և մերձազդեցության հայեցակարգերի ներկայացումից, պատշաճ կերպով տրվում է էլեկտրամագնիսական փոխազդեցության սխեման նախ «լիցքավորված մասնիկ-Էլեկտրամագնիսական դաշտ-լիցքավորված մասնիկ» ընդհանուր տեսքով, այնուհետև՝ «լիցքավորված մասնիկ-Էլեկտրական դաշտ-լիցքավորված մասնիկ» մասնավոր տեսքով: Առաջին սխեման պետք է հասկանալ այսպես՝ յուրաքանչյուր լիցքավորված մասնիկ իր էլեկտրամագնիսական դաշտով ազդում է մյուս լիցքավորված մասնիկների վրա:

Դպրոցական դասընթացից հայտնի է, որ անշարժ լիցքերի (կամ անշարժ լիցքավորված մասնիկների) փոխազդեցության ուսումնասիրության առաջին փուլը սկսվում է 9-րդ դասարանի դասընթացից, իսկ 2-րդ փուլը՝ 11-րդ դասարանի դասընթացից: Թե՛ 9-րդ, թե՛ 11-րդ դասարաններում, երբ առաջին անգամ տրվում է դաշտի գաղափարի մասին պատկերացում, ուսուցիչը հնարավորություն է չունի մանրամասնելու «դաշտ» հասկացությունը: Այդ իսկ

պատճառով, որպեսզի ուսուցիչը կարողանա սովորողներին հասու դարձնել «դաշտ» հասկացության ուսումնասիրության անհրաժեշտությունը, նախևառաջ նպատակահարմար է խորամուխ լինել դաշտի գաղափարի պատմական ակունքներում՝ մերձագդեցության և հեռագդեցության հայեցակարգերի վերաբերյալ պատմական տեղեկություններ հաղորդելով, որից հետո հակիրճ հաղորդել մաքսվելի տեսության շնորհիվ մերձագդեցության հայեցակարգի հաղթանակի մասին:

Դաշտի գաղափարի հաստատման տեսական և փորձնական փաստերն առավել մանրակրկիտ հնարավոր է ուսումնասիրել միայն 11-րդ դասարանի «Էլեկտրամագնիսականություն» բաժնում (դաշտի գաղափարի մասին մանրամասն պատմական տեղեկություններն արծարծված են սույն ատենախոսության I գլխի 1.4 ենթագլխում):

Այսպիսով, դաշտի գաղափարի վերաբերյալ պատմական տեղեկությունները կարելի է հաղորդել երկու ճանապարհով՝ Էլեկտրադինամիկայի ուսումնասիրության առաջին փուլում (9-րդ դասարան) և Էլեկտրադինամիկայի ուսումնասիրության երկրորդ փուլում (11-րդ դասարան): 1-ին փուլում տրվող պատմական ակնարկները կատարում են *Նոր գիտելիքների հիմնավորման ֆունկցիոնալ դեր*, իսկ 2-րդ փուլում տրվողները՝ *գիտելիքների ընդհանրացման ֆունկցիոնալ դեր* [102, էջ 161]:

Այժմ տեսնենք, թե ինչպիսի վերլուծություններ են կատարել ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում պատմականության հիմնահարցի վերաբերյալ *ռուս* մեթոդիստները:

Ճեստակովան և Օսպենսիկովան իրավամբ պնդում են, որ ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում գիտության պատմության հարցերի դիտարկումն ունի երկու կարևորագույն գործառույթ՝ *կրթական և զարգացնող-դաստիարակչական*: Ըստ նրանց, *կրթական* գործառույթներից են հանդիսանում՝

1. սովորողների գիտելիքների հարստացումն ու ընդհանրացումը ֆիզիկայից,
2. կայուն և խորը գիտելիքների հաղորդում. ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում գիտության պատմության էջերի համակողմանի շարադրումն առավել արդյունավետ կլինի, եթե

ուսումնասիրվող ֆիզիկական հասկացության (տեսություն, փաստ, օրենք) ամբողջական ըմբռնման համար պահանջվի պատմական նյութերի խորը վերլուծություն,

3. ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում հնարավորինս շատ «հումանիտարացնել» սովորողներին հաղորդվող գիտելիքները՝ մեջբերելով տարբեր դարաշրջաններում գիտության և տեխնիկայի զարգացման պատմությունից դրվագներ:

Զարգացնող և դաստիարակչական գործառույթներից են՝

- 1) սովորողների գիտական աշխարհայացքը և բնագիտական մտածողությունը,
- 2) ֆիզիկայի ուսուցման ժամանակ սովորողների իմացական հետաքրքրությունների զարգացումը,
- 3) մարդասիրական իդեալները և մարդասիրական մտածողությունը [107, էջ 8]:

Ընդհանուր առմամբ համաձայնելով վերոհիշյալ հեղինակների հետ, հարկ ենք

համարում ընգծել, որ թեպետ ուսուցման գործընթացում պատմական նյութերից պետք է օգտվել որքան կարելի է շատ, սակայն ֆիզիկայի պատմական նյութերի ամբողջական և խորը վերլուծություն կատարելը դասի ժամանակ ո՛չ նպատակահարմար է և ո՛չ էլ արդյունավետ: Մենք պնդում ենք, որ ֆիզիկայի դասերին (ինչպես նաև արտադասային պարապմունքների ժամանակ) պատմական դրվագներ ընտրելիս ուսուցիչն ամենից առաջ պետք է առաջնորդվի դիդակտիկական նկատառումներով: Նախ՝ պետք է ընտրել այնպիսի նյութ, որն առավելագույնս է համապատասխանում ուսումնական ծրագրին և որը լրացուցիչ ծանրաբեռնվածություն չի առաջացնի սովորողների մոտ: Ապա՝ եթե դասագործընթացում օգտագործվող պատմական նյութերը ենթարկվեն մանրագնին վերլուծության, ապա դրանք կգբաղեցնեն կա՛մ դասին հատկացվող ակադեմիական ողջ ժամանակը կամ էլ, լավագույն դեպքում, դասի զգալի (գերակշիռ) մասը, ինչը կարող է անցանկալի հետևանքներ թողնել սովորողների ընկալունակության, հետևաբար, նաև՝ դասի արդյունավետության վրա:

Ֆիզիկայի պատմության վերաբերյալ գրված մի շարք *նուսումնական և ուսումնամեթոդական ձեռնարկներից* առավել հայտնի են Ա. Ի. Աբրամովի, Պ. Ս. Կուդրյավցևի, Բ. Ի. Սպասկու, Մ. Լյոցիի, Վ. Ա. Իլյինի, Յ. Մ. Գոլիների, Ս. Ռ. Ֆիլոնովիչի, Ֆ. Մ. Դյագիլևի, Յա. Գ. Դորֆմանի, Ա. Տ. Գրիգորյանի, Լ. Պ. Գրիգորյանի, Օ. Օ. Տրուբաչևի, Կ. Ն. Անդրեասկու, Մ. Ա. Գորյանի, Բ. Պ. Նևգորովի, Գ. Մ. Իդլիսի, Վ. Ա. Մոլոտկովի, Վ. Բ. Դիվակի, Օ. Ֆ. Կաբարդինի և այլոց աշխատանքները:

Վերոնշյալ ձեռնարկներում և գրքերում լուսաբանված են ֆիզիկայի զարգացման վերաբերյալ բոլոր պատմական իրադարձությունները, ֆիզիկայի առավել նշանակալի հայտնագործությունների և հասկացությունների ծագման ու զարգացման պատմությունը: Այդ աշխատանքների մի քանի գլուխներ ամբողջովին նվիրված են տեսական և փորձարարական ֆիզիկայում կատարված դարակազմիկ աշխատանքների լուսաբանմանը՝ իրենց պատմական զարգացման պարբերաբաններով:

Այդպիսի ձեռնարկներից օգտվելով՝ կարելի է սովորողներին հաղորդել հենքային (բազային) և լրացուցիչ (արտածրագրային) գիտելիքներ ֆիզիկայի պատմությանից՝ սկսած հնագույն ժամանակներից մինչև մեր օրերը:

Գիտության պատմությունն անխզելիորեն կապված է ֆիզիկայի ուսուցման մեթոդիկայի հետ. նրա առաջնային նպատակն է կուտակել այնպիսի փաստեր, որոնց հետևողական շարադրանքը կնպաստի ուսուցման գործընթացում սովորողների մոտ ձևավորել և զարգացնել աշխարհի ֆիզիկական պատկերի մասին ամբողջական պատկերացում: Բավականին շատ պատմական նյութեր կան զետեղված և՛ հայկական, և՛ ռուսական դպրոցական ֆիզիկայի դասագրքերում ([11], [14], [20], [21], [28], [29], [30], [31], [32], [33] և այլն):

Պատմականության մասով միջնակարգ հանրակրթական դպրոցների *դասագրքերի վերլուծությունը* ցույց է տվել, որ պատմական տեղեկությունները կրում են սոսկ հպանցիկ բնույթ՝ գիտնականների կենսագրությունից կարճ տեղեկություններ, որևէ տեսական և (կամ) փորձարարական աշխատանքի մասին հակիրճ պատմական տեղեկություն:

Մեր կատարած հետազոտությունները ցույց են տվել, որ ֆիզիկայի պատմական նյութերի գերակշիռ մասը գետեղված է ուսումնական և ուսումնամեթոդական ձեռնարկներում ([13], [84], [85], [86], [87], [88], [89], [94], [97]), որոնք հիմնականում նախատեսված են արտադասային պարապմունքների և ուսուցիչների ինքնակրթության համար: Մեր համոզմամբ, պատմական նյութերը պետք է պարբերաբար (հնարավորության դեպքում՝ յուրաքանչյուր դասին) կիրառել ֆիզիկայի ուսուցման ժամանակ: Նմանատիպ կարծիք են հայտնել նաև իրենց աշխատանքներում այնպիսի նշանավոր մեթոդիստներ, ինչպիսիք են Ուսովան, Չնամենսկին, Սոկոլովը, Իլյինը, Սավելովան, Գոլինը, Պոլրիշևան, Շարոնովը, Իսանը և այլոք:

Պատմականության թեմայով կան նաև *պաշտպանված ատենախոսություններ* ([61], [78], [84], [89], [106], [108], [109], [116] և այլն):

Մ. Ա. Չերվոննին իր ատենախոսության մեջ [132] պնդում է, որ ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում «պատմականության սկզբունք»-ի տակ պետք է հասկանալ պատմական նյութերի ներկայացման այնպիսի մեթոդաբանական մոտեցում, որը որոշում է ուսուցման ուղղվածությունը սովորողների գիտելիքների համակարգման գործընթացում և որը կոչված է աճող սերնդին դաստիարակել որպես մարդասիրական մտածողությամբ անձնավորություն: Լիովին համաձայնով հեղինակի հետ՝ ավելացնենք միայն, որ պատմականության սկզբունքը որպես մեթոդական մոտեցում կարող է զարգացնել նաև սովորողների ճանաչողական հետաքրքրությունները: Գ. Ռ. Նիկիտինը [106] գտնում է, որ դարոցականներին հիմնարար գիտելիքներ կարելի է տալ պատմական գիտափորձերի միջոցով, իսկ Ն. Վ. Կիրյուխինան՝ պատմական բովանդակությամբ խնդիրների միջոցով [89]: Ժ. Ս. Դրևիչն իր ատենախոսության մեջ [78], որը նվիրված է մանկավարժական բուհերում «Ֆիզիկայի պատմություն» առարկայի դասավանդմանը, գտնում է, որ գիտության պատմությանը նվիրված նյութերն առավել արդյունավետ կդարձնեն ֆիզիկայի դասավանդումը, եթե որպես դասավանդման միջոց օգտագործվեն տեղեկատվական տեխնոլոգիաները: Համանման կարծիք են հայտնել նաև իրենց

գիտամեթոդական հոդվածներում Ե. Ս. Ռեմիզովան, Ե. Ս. Շեստակովան, Ե. Վ. Օսպեննիկովան և այլք ([105], [111]):

Այսպիսով, գիտա- և ուսումնամեթոդական գրականության վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ վերոնշյալ հեղինակների կողմից կատարված աշխատանքները հանդիսանում են ֆիզիկայի պատմական նյութերի՝ որպես ուսուցման արդյունավետության բարձրացման միջոց, միայն առանձին դետալներ, որոնք փոխադարձաբար լրացնում են մեկը մյուսին, ինչն էլ իր հերթին վկայում է, որ առայսօր չկամի այնպիսի հետազոտություն, որտեղ պատմական փաստերն ու իրադարձությունները, պատմական բովանդակությամբ խնդիրներն ու փորձերը դիտարկվեն որպես մեկ միասնական ամբողջություն, ինչն էլ հնարավորություն կտա ուսուցչին մեթոդապես ավելի կատարյալ կազմակերպել դասը:

1.2 Պատմականության դերն ու նշանակությունը միջնակարգ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացում

Բազմաթիվ ֆիզիկոս-գիտնականներ իրենց «հիմնական աշխատանքին» զուգահեռ ջանք չեն խնայել ստեղծելու այնպիսի աշխատանքներ, որոնք նվիրված են ոչ միայն որևէ ֆիզիկական գաղափարի կամ օրենքի ծագման ու հայտնագործման պատմությանը, այլև դրանք ստեղծողների կենսագրությանը: Այսպես, Ջեմս Կլերկ Մաքսվելն (1831-1879) իր կարճատև կյանքի ընթացքում բավականին երկար տարիներ զբաղվել է Կավենդիշի թղթապանակների ուսումնասիրությամբ: Սերգեյ Վավիլովը հրաշալի գիրք է գրել Նյուտոնի մասին: Մաքս ֆոն Լաուեն, Լուի դը Բրոյլը և Ալբերտ Այնշտայնը մեզ են թողել հետաքրքիր աշխատանքներ՝ նվիրված ֆիզիկայի էվոլյուցիային և պատմությանը: Այս ամենի բացատրությունը հստակ ու հակիրճ տվել է հենց ինքը՝ հանճարեղ Մաքսվելը. «Գիտությունը մեզ հրապուրում է այն ժամանակ, երբ մենք հետաքրքրված մեծ հետազոտողների կյանքով, սկսում ենք հետևել նրանց հայտնագործությունների զարգացման պատմությանը» [47, էջ 11]:

Ուսումնասիրելով Բ. Ի. Սպասկու, Վ. Ն. Մոշչանսկու, Ե. Վ. Սավելովայի և այլ հայտնի ֆիզիկայի մեթոդիստների աշխատանքները, առավել ակնհայտ է դառնում ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում պատմական նյութերի պարբերաբար օգտագործման անհրաժեշտությունը: Սակայն վերջին տարիների հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ այսօր հանրակրթական դպրոցներում ուսուցիչները կա՛մ բավարար չափով ժամանակ չեն հատկացնում ֆիզիկայի պատմության դրվագներին, կա՛մ ընդհանրապես անտեսում են դրանք:

Շատ ուսուցիչներ դժգոհում են, որ իրենք հնարավորություն չունեն աշակերտների հետ խոսել ֆիզիկայի այս կամ այն հայտնագործության պատմության շուրջ գուտ այն պատճառով, որ առանց այդ էլ ֆիզիկային հատկացված ժամաքանակը քիչ է:

Մի կողմից՝ դա, կարծես, ճիշտ է: Սակայն, մեր մանկավարժական խնդիրը չի սահմանափակվում աշակերտներին ֆիզիկա գիտությունից միայն որոշակի գիտելիքների պաշար հաղորդելով: Ակնհայտ է, որ տեղեկատվական տեխնոլոգիաների զարգացման արդի ժամանակաշրջանում ուսուցիչը «զրկվել է» գիտության հիմունքների գիտելիքները տարածողի միակ հեղինակավոր աղբյուրը լինելուց, իսկ հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ շատ աշակերտներ կա՛մ չեն ցանկանում սովորել ֆիզիկա՝ պատճառաբանելով ծրագրի բարդությունը, կա՛մ չեն տեսնում ֆիզիկասովորելու անհրաժեշտությունը:

Բայց այստեղ պատճառը չպետք է որոնել միայն ֆիզիկայի ժամաքանակի քչության մեջ: Որպեսզի սովորողները հետաքրքրվեն ֆիզիկայով, անհրաժեշտ է զարգացնել նրանց ճանաչողական հետաքրքրությունը: Իսկ դրան հասնելու ճանապարհներից մեկը երեխաներին դրական հույզեր հաղորդելն է: Օրինակ, որոշ իմաստով, դրական հույզ է համարվում զարմանքը: Դպրոցական ֆիզիկայի գործող ծրագրում շատ կան զարմանք հարուցող նմանատիպ օրինակներ: Նշենք դրանցից մի քանիսը.

- հեղուկի հիդրոստատիկ ճնշումն անոթի հատակին կախված չէ ո՛չ անոթի ձևից, ո՛չ էլ անոթում ջրի զանգվածից,

- վակուումում բոլոր մարմիններն ընկնում են միևնույն արագացումով՝ անկախ զանգվածից,
- լույսի բնույթի երկակիությունը,
- «Երկվորյակների պարադոքսը» և այլն:

Յուրաքանչյուր գիտական հայտնագործության հիմքում առկա է հետաքրքրասիրությունն ու զարմանալու զգացողությունը: Յետևաբար, բացի գուտ առարկայական գիտելիքներ հաղորդելուց, ուսուցիչը պետք է սովորեցնի երեխաներին զարմանալ, ձևավորի ամենօրյա կյանքում դիտվող պարզ ու հասարակ երևույթների ոչ ակնհայտ լինելը բացահայտելու կարողություններ և հմտություններ:

«Երբ կատարվում է որևէ հայտնագործություն՝ աշխարհը վերափոխվում է», - գրել է հայտնի փիլիսոփա Մ. Մամարդաշվիլին: Եվ կարևոր է, թե ով է կատարել այդ հայտնագործությունը՝ հռչակավոր գիտնական, թե՞ փոքրիկ երեխա: Եվ ոչ էլ կարևոր է, թե ինչպիսի հայտնագործություն է դա. մե՞ծ, թե՞ փոքր: Կարևորն այն է, որ մենք ժառանգում ենք հոգևոր հարստություն, շնորհիվ որի կարողանում ենք հասկանալ մեզ շրջապատող աշխարհում տեղի ունեցող երևույթների բնույթն ու օրինաչափությունները:

Երբ տեսնում ես, թե ինչպիսի համառությամբ ու համբերատարությամբ է Ֆարադեյը կատարել իր հազարավոր փորձերը ֆիզիկայի և քիմիայի բնագավառում, ինչպիսի սադրանքների է ենթարկվել նշանավոր Ռենտգենը՝ մերժելով Վիլհելմ 2-րդ կայսերն իր հայտնագործած ճառագայթները ռազմական նպատակով օգտագործելու համար, ինչպիսի սուղ պայմաններում են Կյուրի ամուսինները հետազոտել ճառագայթաակտիվության երևույթը, ինչի պատճառով էլ Մարի Կյուրին տարիներ անց մահացել է ճառագայթային հիվանդությունից, ակամայից համակվում ես երախտագիտության զգացումով և արդեն այլ աչքերով ես նայում այն ամենին, ինչի մասին խոսում ես աշակերտների հետ դասի ընթացքում: Եվ աշակերտներն էլ, կարծես դառնալով տվյալ ժամանակաշրջանում ապրած այդ նշանավոր մարդկանց ժամանակակիցը, ցանկանում են գնալ դատողությունների այն հունով, ինչ որ նրանք:

Վերևում մենք խոսեցինք ֆիզիկայի դասավանդման գործընթացում պատմական տեղեկությունների հաղորդմանը «խոչընդոտող» մի դժվարության մասին. այն էր՝ ֆիզիկային հատկացված ժամաքանակի քչությունը: Սակայն, մեր կարծիքով, ներկա դրությամբ ուշադրությունը պետք է կենտրոնացնել պատմական տեղեկությունների անկողմնակալ և աղեկվառ հաղորդելուն: Բանն այն է, որ խորհրդային ժամանակաշրջանում գրված դասագրքերում առաջնորդվում էին որոշակի կարծրատիպերով, և հեղինակներն ազատ չէին այս կամ այն գիտնականի անունը, նույնիսկ՝ նրա կատարած հայտնագործության մասին տեղեկությունները հաղորդելու աշակերտներին: Օրինակ՝ խորհրդային Միությունում մինչև 1960-ականների կեսերը Գրեգոր Մենդելիև Նորբերտ Վիների անուններն անհայտ էին խորհրդային մարդկանց մեծագույն մասին, իսկ նրանց ստեղծած գիտությունները՝ գենետիկան և կիբեռնետիկան, համարվում էին կեղծ, բուրժուական գիտություններ:

Բերենք այլ օրինակ, այս անգամ ֆիզիկայից: Ավագ դպրոցում «Ֆոտոէֆեկտ, ֆոտոէֆեկտի օրենքները» թեման ուսուցանելիս որոշ ուսուցիչներ երբեմն ասում էին, որ ֆոտոէֆեկտի երևույթը հայտնագործվել է Ստոլետովի կողմից: Այն, որ Ստոլետովն ուսումնասիրել է ֆոտոէֆեկտի երևույթը, հայտնաբերել է նրա փորձառական օրենքներից մեկը՝ անվիճելի փաստ է: Սակայն չպետք է մոռանալ մի կարևոր հանգամանք. Ստոլետովի ապրած ժամանակաշրջանում դեռևս հայտնագործված չէր էլեկտրոնը, և նույնիսկ ինքը՝ Ստոլետովը, չէր օգտագործում «ֆոտոէֆեկտ» բառը, որը գիտության մեջ մտավ ավելի ուշ: Միայն հետագայում Լենարդը և Թոմսոնը, էլեկտրական և մագնիսական դաշտերում չափելով մետաղի մակերևույթից պոկված մասնիկների տեսակարար լիցքը, համոզվեցին, որ դրանք էլեկտրոններ են:

Ֆոտոէֆեկտի երևույթն ուսումնասիրել են մի շարք ֆիզիկոսներ (Ֆ. Լենարդ, Ա. Ստոլետով, Վ. Յալվաքս, Ա. Այնշտայն, Ա. Ռիզզի), սակայն փորձնականորեն առաջին անգամ այն պատահաբար հայտնագործել է Յան Նրիխ Յերցը (1857-1894) 1887 թ., երբ կատարում էր

Էլեկտրամագնիսական ալիքների գոյությունը հաստատող իր նշանավոր փորձը:

Հերցը նկատել է, որ իր տատանակուժ պարպումն ավելի հեշտ է կատարվում, երբ կայծային միջակայք կազմող գնդիկները լուսավորվում են անդրամանուշակագույն ճառագայթներով, իսկ գերմանացի փորձարար-ֆիզիկոս Հալվաքսը (1859-1922) պարզել է, որ լույսի ազդեցությամբ մետաղը լիցքավորվում է դրական լիցքերով:

Ֆոտոէֆեկտի երևույթի հայտնագործման մեջ նշանակալի ավանդ ունի գերմանացի ֆիզիկոս, Նոբելյան մրցանակի դափնեկիր Ֆիլիպ ֆոն Լենարդը (1862-1947): 1899 թ. նա հաստատել է, որ ֆոտոհոսանքը պայմանավորված է լույսի ազդեցությամբ մետաղի մակերևույթից թռչող Էլեկտրոններով: Ֆոտոհոսանք էր առաջանում նաև այն դեպքում, երբ Էլեկտրոդների միջև բացակայում էր Էլեկտրական լարումը: Այդ փաստը վկայում էր այն մասին, որ լույսը ոչ միայն Էլեկտրոնը պրկում է մետաղի մակերևույթից, այլև նրան հաղորդում է որոշակի կինետիկ էներգիա: 1902 թ. Լենարդին հաջողվել է կասեցնող պոտենցիալի մեթոդով չափել բացասական Էլեկտրոդից (կաթոդ) արձակվող Էլեկտրոնների էներգիան և հաստատել նրա կախումը ընկնող լույսի հաճախությունից: Հնարամտորեն նա կարողացել է հաստատել նաև ֆոտոհոսանքի ուժի կախումը լույսի ուժգնությունից: Փորձնական փաստերից բխում են ֆոտոէֆեկտի օրենքները.

1. Լույսի ազդեցությամբ արձակված Էլեկտրոնների քանակը (ֆոտոհոսանքի ուժը) համեմատական է լույսի ուժգնությանը:
2. Էլեկտրոնների առավելագույն կինետիկ էներգիան անկախ է լույսի ուժգնությունից և կախված է միայն ընկնող լույսի հաճախությունից:
3. Յուրաքանչյուր մետաղի համար գոյություն ունի ընկնող լույսի որոշակի շեմային հաճախություն, որից փոքր հաճախություն ունեցող լույսը այդ մետաղից Էլեկտրոններ չի պրկում:
4. Ֆոտոէֆեկտը զուրկ է իներցիայից. մետաղից Էլեկտրոնները պրկվում են այն լուսավորելու հետմիաժամանակ:

Նշենք, որ Խորհրդային Միության ժամանակաշրջանում ֆիզիկայի դասագրքերում Լենարդի անունը չի գրվել՝ նրա ֆաշիստական հայացքների պատճառով:

Վերլուծելով ֆոտոէֆեկտի օրենքները՝ Այնշտայնը ցույց է տվել, որ դրանք միասնական տեսանկյունով հեշտությամբ կարելի է բացատրել քվանտային վարկածի օգնությամբ: Օգտվելով Էներգիայի պահպանման օրենքից՝ նա ցույց է տվել, որ ֆոտոէֆեկտի դեպքում մետաղի մակերևույթին ընկնող ֆոտոնի Էներգիայի մի մասը ծախսվում է մետաղից էլեկտրոնը արկելու վրա, իսկ մյուս մասը՝ արկված էլեկտրոնին կինետիկ Էներգիա հաղորդելու վրա:

1911 թ. ամերիկացի ֆիզիկոս Ռոբերտ Միլիկենը (1868-1953) կատարել է մի շարք փորձեր ֆոտոէֆեկտի համար Այնշտայնի հավասարումը ստուգելու նպատակով: Հետաքրքիր է նշել, որ նա այդ քայլին գնացել է Այնշտայնի «հեքիաթային» տեսությանը մեկընդմիջ տվերը դնելու մտադրությամբ: Սակայն, շուրջ 10 տարի տևած փորձերը միանշանակ ձևով հաստատել են Այնշտայնի տեսության ճշմարտացիությունը: 1923 թ. Ռ. Միլիկենին շնորհվել է Նոբելյան մրցանակ:

Այսպիսով, բերված օրինակը վկայում է այն մասին, որ ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում պատմական նյութերի օգտագործումը ոչ միայն խթանում է սովորողների իմացական հետաքրքրությունների զարգացմանը, այլև օգնում է աշակերտներին՝ տեսնելու ֆիզիկայի ողջ գեղեցկությունը:

1.3 Ֆիզիկայի պատմական նյութի կենսագործման ուղիները

միջնակարգ հանրակրթական դարոցում

«Պատմական նյութ» ասելով՝ մենք պայմանականորեն հասկանում ենք ֆիզիկայի պատմության այն էջերը, որոնք անմիջականորեն առնչվում են ուսուցվող թեմաների հետ: Ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում գիտության պատմությանն առնչվող հարցերի դիտարկումը լայն հնարավորություններ է ընձեռում ֆիզիկայի դասընթացի գիտական մակարդակի բարձրացման, սովորողներին մեթոդաբանական գիտելիքներով զինելու, նրանց գիտական աշխարհայացքի ձևավորման, իմացական հետաքրքրությունների

զարգացման և, վերջին հաշվով, ֆիզիկայի ուսուցման արդյունավետության բարձրացման համար: Պատմական նյութը թույլ է տալիս ֆիզիկան ներկայացնել նրա զարգացման շրջափուլերով և պատկերացում կազմել նրա ներքին օրինաչափության ներքին մասին: Դրա հետ մեկտեղ դասընթացի բովանդակության մեջ գիտելիքների գիտական համակարգը ուսումնականի փոխակերպելու ժամանակ ուսուցիչները հաճախ դիմում են տարբեր հնարների, այդ թվում գիտության պատմության և մեթոդաբանության տարրերի օգտագործմանը: Այդուհանդերձ, ֆիզիկայի ուսուցման պրակտիկայում այդ հնարներն օգտագործվում են ոչ սիստեմատիկ և տարերային ձևով: Ահա, թե ինչ է գրում այդ մասին ռուս հոգեբան Ն. Գ. Մորոզովան. «Որոշ անփորձ ուսուցիչներ, ցանկանալով հետաքրքրություն ն առաջացնել դասի նկատմամբ, գնում են տրորված ճանապարհով՝ գիտնականների կյանքից զվարճալի դեպքեր պատմելով, որոնք չեն վերաբերում ուսումնասիրվող հիմնահարցի էությանը: Լսելը հետաքրքիր է, սակայն գիտական հարցի նկատմամբ հետաքրքրություն չի առաջացնում» [47, էջ 11]: Եթե խոսքը գիտական հարցի շուրջ չէ և պատմվում է ուսումնասիրվող հարցի հետ չառնչվող դեպքերի մասին, ապա պարզ է, որ այդ գիտական հարցի նկատմամբ հետաքրքրություն չի առաջանա: Սակայն միանգամայն սխալ կլինի եզրակացնել, որ դասի ընթացքում դիտարկված երևույթի նկատմամբ չի կարելի հետաքրքրություն առաջացնել՝ գիտնականների կյանքից տվյալ երևույթի հետ առնչվող դրվագներ մեջբերելով:

Պատմական նյութի ընտրության ժամանակ ամենից առաջ պետք է առաջնորդվել դիդակտիկական նկատառումներով: Անհրաժեշտ է ընտրել այնպիսի նյութ, որն առավել ագույնս է համապատասխանում հանրակրթական դպրոցում ֆիզիկայի ուսուցման ժամանակակից կրթական և դաստիարակչական հիմնախնդիրներին: Այդ տեսանկյունով գերազանցապես կարևորվում են պատմական նյութի ճանաչողական, աշխարհայացքային և հումանիտար գործառնությունները, որոնք ուսուցման գործընթացում կենսագործվում են որպես մեկ միասնական համալիր:

Ֆիզիկայի պատմությունը հանդիսանում է նաև ֆիզիկայի ուսուցման մեթոդիկայի կատարելագործման, նոր մանկավարժական գաղափարներով, մոտեցումներով ու լուծումներով այն հարստացնելու կարևորագույն աղբյուրներից մեկը:

Ակնհայտ է, որ ֆիզիկայի դասընթացի բովանդակության մեջ ներառվող պատմական հարցերը պետք է կապված լինեն ուսումնական ծրագրի հետ և մատչելի լինեն սովորողներին: Դրա հետ միասին ուսուցիչները պետք է հստակ պատկերացում ունենան պատմական նյութի ընտրության և կիրառման կոնկրետ չափորոշիչների մասին:

Ուսուցման գործընթացում պատմական տեղեկությունների գլխավոր նպատակը ֆիզիկայի հիմնական գաղափարների և հասկացությունների զարգացման ցուցադրումն է: Առավել կարևոր են հարաբերականության, պահպանման, ատոմիզմի, համապատասխանության, լրացումայնության, մերձագդեցության և ֆիզիկայի զարգացման գործընթացի հիմնական բովանդակությունը կազմող այլ սկզբունքների դիտարկումները: Սովորողները պետք է բավարար պատկերացում կազմեն ոչ միայն առանձին երևույթների և օրենքների հայտնագործման, այլ և ֆիզիկայում պարբերաբար ծագած ճգնաժամերի և դրանց հաղթահարման ուղիների մասին, տեղյակ լինեն նոր փաստերի ազդեցությամբ նախկինում ձևավորված առանձին հասկացություններից և պատկերացումներից հրաժարվելու դեպքերին:

Օրինակ՝ խոսելով հարաբերականության հատուկ տեսության ստեղծման մասին, պետք է ոչ թե ուղղակի և անմիջականորեն հաղորդել այն ելակետային կանխադրույթները (պոստուլատները), որոնք Այնշտայնի կողմից դրվել են նրա հիմքում, այլ բացահայտել այն նախադրյալները, որոնք ծառացել էին Էլեկտրադինամիկայի զարգացման հետևանքով և հանգել էին տարածության և ժամանակի մասին եղած պատկերացումների վերանայմանը: Էլեկտրադինամիկայի և Նյուտոնի մեխանիկայի միջև ծագած հակասությունը փորձեցին հաղթահարել հոլանդացի տեսաբան-ֆիզիկոս Յենսդրիկ Լորենցը (1853-1928), գերմանացի ֆիզիկոսներ Յայնրիխ Յերցը (1857-1894) և Ալբերտ Այնշտայնը (1879-1955):

Փորձերը հերքեցին Լորենցի և Յերոքի տեսակետները: Այբերտ Այնշտայնը, հարաբերականության սկզբունքը և Մաքսվելի էլեկտրադինամիկայի օրենքները պահպանելու նպատակով, հրաժարվեց ժամանակի և տարածության դասական պատկերացումներից, ցույց տվեց հարաբերականության սկզբունքի համապարփակությունը: Լորենցն ու ֆրանսիացի մաթեմատիկոս և ֆիզիկոս Անրի Պուանկարեն (1854-1912) չէին նկատել կոորդինատի և ժամանակի նոր ձևափոխություններում ժամանակի և տարածության իրական հատկությունները, իսկ Այնշտայնը տեսել էր դա:

Գիտության պատմության էջերի օգտագործումը ոչ միայն զարգացնում է սովորողների հետաքրքրությունները, այլև թույլ է տալիս նրանց զերծ մնալ ոչ ճիշտ պատկերացումներից:

Համադրելով Յին Հունաստանի մեծագույն փիլիսոփա Արիստոտելի և իտալացի նշանավոր գիտնական Գալիլեյի հայացքները՝ մենք սովորողներին տեղեկացնում ենք, որ դարեր շարունակ գիտության մեջ իշխել է Արիստոտելի այն սխալ տեսակետը, որ ծանր մարմիններն անկում են կատարում ավելի արագ, քան թեթևները, և որ շարժման պատճառն ու ժն է: Գալիլեյն առաջինն էր, ով հերքեց Արիստոտելի ոչ ճիշտ հայացքները:

Խոսելով ջերմածնի և եթերի վերաբերյալ գաղափարների առաջացման և վերացման մասին՝ մենք սովորողներին ցույց ենք տալիս, որ գիտության զարգացումը միշտ է, որ ընթացել է հարթ և դյուրին ճանապարհով:

Այսպիսով, ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում պատմական նյութի օգտագործումը ոչ միայն զարգացնում է սովորողների հետաքրքրությունները, այլև նաև բարձրացնում է նրանց գիտելիքների որակը:

1.4 Ֆիզիկայի պատմական նյութերը որպես սովորողների գիտելիքների համակարգման և ընդհանրացման միջոց

Դպրոցականները, ուսումնասիրելով ֆիզիկայի հիմունքները, ստանում են բազմաթիվ տեղեկություններ հիմնարար ֆիզիկական հասկացությունների, գաղափարների և օրենքների վերաբերյալ:

Այդպիսի հիմնարար գաղափարների թվին են պատկանում ատոմիզմի, հարաբերականության, մերձագդեցության սկզբունքները, ալիք-մասնիկ երկվության գաղափարը և այլն: Սակայն փորձը ցույց է տվել, որ եթե հարցնենք որևէ շրջանավարտի, թե, օրինակ, ինչ գիտի նա դաշտի մասին կամ ինչ է հասկանում զանգված ասելով ընդհանրապես, ապա նույնիսկ գերազանց առաջադիմությամբ ցուցաբերած շրջանավարտը կհայտնվի դժվարին կացության մեջ: Մի քանի հուշող հարցերից հետո նա սովորաբար կասի, որ ինքն այդ մասին գիտեր, ավելին՝ նույնիսկ լավ գիտեր, սակայն մտքովն անգամ չէր անցել խոսել այդ մասին: Ուսումնասիրությամբ ունենալը ցույց է տվել, որ նմանօրինակ հարցերին պատասխանելու համար սովորողների մոտ բացակայում է ոչ թե կոնկրետ բովանդակային գիտելիքների առկայությունը, այլ դրանք համակարգվելու և ընդհանրացնելու գործունե: Դրա պատճառն այն է, որ ուսուցիչները ոչ միշտ են սովորողների մոտ զարգացնում ֆիզիկայից ստացած գիտելիքների կառուցվածքն ըմբռնելու կարողություններ: Աշակերտները հաճախ են հասկանում, օրինակ, թե ինչ է նշանակում տեսական հետազոտություն և տեսության հիմնավորում, ինչ է փաստը և ինչը կարող է հանդիսանալ որպես տվյալ փաստի բացատրություն:

Ուսումնական նյութի համակարգվածությամբ ու ընդհանրացումը կարելի կլինի համարել հաջողված, եթե բավարարվեն հետևյալ երկու *մանկավարժագիտական պահանջները*: **Առաջին**ն այն է, որ ընդհանրացումը պետք է կատարվի հիմնարար գիտական գաղափարների հիման վրա՝ համակարգվածության գործոնի առկայությամբ: **Երկրորդ** պահանջն այն է, որ ընդհանրացումը, քանի որ այն կապված է ուսումնասիրվող նյութի կրկնության հետ, պետք է անպայման իր մեջ նորոգ թաքրունակի [102]:

Ակնհայտ է, որ ֆիզիկայի դասընթացի վերջում աշխարհի ֆիզիկական պատկերի մասին ընդհանրացնող տեղեկություններն անխտիր պետք է պարունակեն աշխարհի զարգացման վերաբերյալ գիտական տեղեկություններ: Ընդ որում, այդպիսի տեղեկություններ հաղորդելիս անպայման պետք է պահպանել գիտության հաջորդականությունն ու ժառանգորդությունը,

հակառակ դեպքում դրանք կհանդիսանան ոչ թե աշխարհը ճանաչելու և հասկանալու համար կուռ ու ճշգրիտ գիտակարգ, այլև սոսկ միմյանցից անջատ փաստերի «շտեմարան»: Միայն այս դեպքում սովորողներն աշխարհի ֆիզիկական պատկերը կտեսնեն որպես «ֆիզիկա» գիտության օրինաչափ զարգացման արդյունք:

Այսպիսով, ուսումնական նյութի համակարգման և ընդհանրացման հնարավոր ձևերից մեկը հանդիսանում է ժամանակակից ֆիզիկայի մի քանի հիմնարար գաղափարների զարգացման պատմությամբ ունից որոշ տեղեկությամբ ունենալ հաղորդելը:

Պատմական բնույթի ընդհանրացնող տեղեկությամբ ունենալ կարող են հանդիսանալ ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացի այնպիսի թեմաները, ինչպիսիք են՝ «Ատոմիզմի գաղափարի զարգացման պատմությունը», «Էլեկտրական լիցքի ընդհատության գաղափարի զարգացման պատմությունը (Էլեկտրոնի հայտնագործումը)», «Մերձագդեցության (դաշտի) գաղափարի հայտնագործման ու զարգացման պատմությունը», «Դաշտի գաղափարի ծագման (Ֆարադեյ, Մաքսվել) պատմությունը», «Ալիք-մասնիկ երկվության գաղափարի ծագման պատմությունը», «Աշխարհի ֆիզիկական պատկերի զարգացումը»:

Այժմ որպես օրինակ քննության առնենք «Դաշտի գաղափարի ծագումը գիտության մեջ» թեման և տեսնենք, թե ինչպես է Ֆարադեյը հղացել դաշտի գաղափարը, ինչպես է Մաքսվելը զարգացրել Ֆարադեյի գաղափարները՝ ստեղծելով դասական Էլեկտրադինամիկան և հետևենք ֆիզիկայի ասպարեզում այդ երկու կարկառուն դեմքերի դատողությունների ընթացքին:

19-րդ դարի առաջին կեսերին Էլեկտրամագնիսական և լուսային երևույթների ընկալման մեջ առաջացել էր սկզբունքային հակասություն: Յունգի և Ֆրենելի հեղաշրջող փորձերը հանգեցրին լույսի մասնիկային տեսությունից հրաժարմանը, որը գիտության մեջ իշխել էր ավելի քան մեկ դար: Լույսի ալիքային տեսության հաղթանակը օպտիկայում վերահաստատեց մերձագդեցության հայեցակարգը և եթերի գոյության ընդունումը, առանց որի հնարավոր չէր բացատրել տարածության մեջ լուսային ալիքների տարածումը:

Իսկ այդ նույն ժամանակաշրջանում
Էլեկտրամագնիսականության ուսմունքում ճիշտ հակառակ
իրավիճակն էր: Բանն այն էր, որ այն ժամանակվա շատ գիտնականներ
Էլեկտրաստատիկայի հիմնական օրենքի՝ Կուլոնի օրենքի
համանմանությամբ, հեռագդեցության տեսությամբ էին բացատրում
հոսանքակիր հաղորդիչների մագնիսական փոխազդեցությունը և
Էլեկտրամագնիսականության հարցերը շոշափող շատ փորձնական
փաստեր և օրենքներ:

Հեռագդեցության հայեցակարգի դեմ հետևողական պայքարի
առաջամարտիկներից է եղել անգլիացի նշանավոր գիտնական Մայքլ
Ֆարադեյը (1791-1867): Ի տարբերություն իր ժամանակի մի շարք այլ
գիտնականների, ովքեր բավարարվում էին միայն լիցքերի և
հոսանքների միջև տեղի ունեցող արտաքին փոխազդեցությունների
նկարագրությամբ, Ֆարադեյի ուշադրության կենտրոնում է եղել
լիցքերը և հոսանքները շրջապատող միջավայրը: Նա ենթադրել է, որ
տարածության մեջ իրարից որոշ հեռավորությամբ գտնվող լիցքերը
միմյանց հետ փոխազդում են մերձազդեցության սկզբունքով.
փոխազդեցությունները միջավայրում տարածվում են հաղորդաբար
մի կետից մյուսը՝ վերջավոր արագությամբ:

Միջավայրը և նրանում տեղի ունեցող պրոցեսները Ֆարադեյի
համար դարձել են ֆիզիկական հետազոտությունների նոր առարկա:
Այդ գաղափարը եղել է դաշտի պատկերացման մասին առաջին կարևոր
քայլը, որը որոշակիորեն դրել է մի սահման, որով անցում է
կատարվել աշխարհի մեխանիկական պատկերից դեպի նրա
Էլեկտրամագնիսական պատկերը:

Կարող է հարց առաջանալ. ինչպե՞ս է Ֆարադեյն, ի
տարբերություն իր ժամանակակիցների, հանգել մերձազդեցության
հայեցակարգի ըմբռնմանը: Ինչպես արդեն նշել ենք, Ֆարադեյն
առաջին գիտնականն էր, որ խորամուխ է եղել ոչ միայն Էլեկտրական
լիցքերի և հոսանքների փոխազդեցությունների
ուսումնասիրությանը, այլև՝ դրանց շրջապատող միջավայրի
հատկությունների հետազոտմանը: Նա է առաջինը հետազոտել
հաղորդիչներում Էլեկտրաստատիկ մակածման և դիէլեկտրիկների
բևեռացման երևույթները: Նախքան Ֆարադեյը դիէլեկտրիկը

համարվում էր պասիվ գործոն, որը չէր կարող ազդեցություն չունենալ միևնույն հեռավորությամբ լիցքերի փոխազդեցության ուժի վրա: Ֆարադեյը փորձնականորեն ապացուցել է, որ իրարից միևնույն հեռավորության վրա գտնվող լիցքերի փոխազդեցության ուժն ամենամեծն է վակուումում:

Յուրաքանչյուր կոնկրետ միջավայրի համապատասխանում է մի որոշակի հաստատուն դրական մեծություն, որը ցույց է տալիս, թե երկու լիցքերի փոխազդեցության ուժը տվյալ միջավայրում քանի անգամ է փոքր վակուումում նրանց փոխազդեցության ուժից: Այդ մեծությունը կոչվում է միջավայրի դիէլեկտրական թափանցելիություն: Ֆարադեյն իր առջև խնդիր էր դրել հասկանալ, թե ինչո՞ւ են էլեկտրական դաշտի ազդեցությամբ հաղորդիչների և դիէլեկտրիկների մակերևույթներին մակածվում հակառակ նշանի էլեկտրական լիցքեր: Ֆարադեյն ուսումնասիրել է ոչ բևեռային դիէլեկտրիկի վարքն էլեկտրաստատիկ դաշտում: Սովորական պայմաններում ոչ բևեռային մոլեկուլները չենք կարող համարել որպես էլեկտրական երկբևեռ: Սակայն, արտաքին էլեկտրական դաշտի ազդեցությամբ ոչ բևեռային մոլեկուլի դրական և բացասական լիցքավորված տիրույթները դեֆորմանում են և շեղվում միմյանց նկատմամբ՝ մոլեկուլը վերածվում է երկբևեռի: Այս դեպքում նույնպես, ինչպես հաղորդչի դեպքում, դիէլեկտրիկի մակերևույթին մակածվում են էլեկտրական լիցքեր, այլ խոսքով՝ ոչ բևեռային դիէլեկտրիկն էլեկտրական դաշտում նույնպես բևեռանում է:

Ըստ Ֆարադեյի, համանման ձևով է տեղի ունենում նաև մագնիսացումը: Նա հայտնաբերել է նյութերի մագնիսացման երևույթը և պնդել է, որ մագնիսացումը կատարվում է այնպես, ինչպես բևեռացումը, այսինքն՝ փոխանցվում է միջավայրի մի կետից մյուսը:

Մինչև 1820 թվականը Ֆարադեյը զբաղվել է միայն քիմիայի փորձերով: Սակայն, Էրստեդի նշանավոր հայտնագործությունից հետո, շատ գիտնականների նման, Ֆարադեյը փոխել է իր «կոչումը» և սկսել է ինտենսիվ կերպով զբաղվել էլեկտրամագնիսականության փորձերով:

Նշենք, որ բացի Ֆարաբեյից նման փորձեր է կատարել նաև ականավոր քիմիկոս և ֆիզիկոս Յ. Դևին, ով նաև եղել է Ֆարաբեյի ուսուցիչը: Երկար ժամանակ ո՛չ Ֆարաբեյին, ո՛չ էլ Դևին չէր հաջողվում անել մի այնպիսի նշանակալի բան, որն արդեն արված չլիներ Ամպերի կողմից: Արդյունքում Դևին հուսալքվում և հրաժարվում է Էլեկտրականության փորձերից, իսկ Ֆարաբեյը համառորեն շարունակում է իր գիտական պրպտումները: Նա համոզված էր, որ եթե Էլեկտրականությունից ծնվում է մագնիսականություն, ապա պետք է տեղի ունենար նաև հակառակը, այսինքն՝ մագնիսականությունն էլ իր հերթին պետք է ծներ Էլեկտրականություն:

1821 թ. Ֆարաբեյն իր օրագրում գրել է. «Մագնիսականությունը փոխակերպել Էլեկտրականության» [101, էջ 142]: Պատմություն կա այն մասին, որ իբր Ֆարաբեյն իր գրպանում պահելիս է եղել մագնիսի փոքրիկ կտոր, որը նրան անընդհատ պետք է հիշեցներ իր առջև դրված նպատակի մասին:

Ըստ Ֆարաբեյի նախնական ենթադրության՝ մի շղթայում Էլեկտրական հոսանք կարելի է ստանալ մեկ այլ շղթայով անցնող հաստատուն հոսանքի անմիջական ազդեցությամբ կամ մագնիսի միջոցով, որն անշարժ է հաղորդալարի նկատմամբ: Սակայն այդ գաղափարի վրահիմնված նրաբուլոր փորձերն անցել են ապարդյուն:

Եվ ահա, շուրջ տասը տարվա անդուլ աշխատանքից հետո՝ 1831 թ. օգոստոսի 29-ին, նրան ի վերջո հաջողվել է գտնել Էլեկտրական և մագնիսական երևույթների միջև կապը, այն է. փակ հաղորդիչ կոնտուրում առաջանում է Էլեկտրական հոսանք նրանում մագնիսական դաշտի փոփոխության ժամանակ: Դա գիտության մեջ ներկայումս հայտնի Էլեկտրամագնիսական մակածման երևույթն է:

Ցանկալի արդյունքը ստացվել է, երբ ուղիղ հաղորդալարերի փոխարեն Ֆարաբեյն օգտագործել է շատ թվով գալարներ պարունակող կոճեր: Մոտ 60 մ երկարությամբ մեկուսացված պղնձե հաղորդալարերից կազմված և փայտե օղակի վրա փաթաթված նման երկու կոճերից մեկը նա միացրել է զգայուն գալվանաչափին, մյուսը՝ գալվանական մարտկոցին: Հոսանքի աղբյուր պարունակող շղթան միացնելու պահին գալվանաչափի սլաքը շեղվել է մի կողմի

վրա և կրկին վերադարձել նախկին դիրքին՝ չնայած առաջին շղթայում հոսանքի գոյությանը: Հոսանքն անջատելու պահին գալվանաչափի սլաքը նորից է շեղվել, բայց այս անգամ հակառակ ուղղությամբ:

Այստեղից Ֆարադեյը եզրակացրել է, որ երկրորդ շղթայում ծագող հոսանքը, որին նատվել է «մակածման հոսանք» անվանումը, կապված է ոչ թե առաջին շղթայում հոսանքի առկայության, այլ նրա փոփոխության հետ:

Ֆարադեյը հասկացել է, որ առաջին շղթայում հոսանքը միացնելու և անջատելու ժամանակ փոխվում է նրա մագնիսական դաշտը: Իր հետագա փորձերում նա կոճերը փաթաթել է ոչ թե փայտե, այլ երկաթե միջուկի վրա, որն ուժեղացնում էր հոսանքի մագնիսական դաշտը: Առաջին շղթան միացնելիս և անջատելիս երկրորդ շղթայում առաջացել է ավելի մեծ մակածման հոսանք:

Ֆարադեյն ըմբռնել է, որ հոսանքի աղբյուր պարունակող շղթան փակելիս երկաթե միջուկը մագնիսանում է՝ կարծես այդ պահին կոճի մեջ դրսից արագորեն ներս է մտնում հաստատուն մագնիս: Հոսանքն անջատելիս միջուկը մագնիսաթափվում է, որը կարծես, համարժեք է ինի առաջին կոճում «մինչ այդ եղած» հաստատուն մագնիսը նրանից արագ դուրս հանելուն:

Էլեկտրամագնիսական մակածման երևույթն ակնհայտորեն տարբերվում էր միմյանցից որոշ հեռավորությամբ գտնվող երկու մարմինների, անշարժ լիցքերի, հաստատուն մագնիսների կամ հոսանքակիր հաղորդիչների միջև փոխազդեցություններից: Այն նման չէր նաև Էլեկտրաստատիկ և մագնիսաստատիկ մակածման երևույթներին: Նրանում «մարմիններից» մեկի վիճակի փոփոխությունը կարծես թե ուղեկցվում է որոշ իմպուլսների կամ ալիքների հաղորդմամբ մյուս մարմնին:

Հաստատուն մագնիսի օգնությամբ մակածման հոսանքի ստացման փորձը վերլուծելով՝ Ֆարադեյը գրել է. «Դա նշանակում է, որ Էլեկտրական ալիքը ծագում է միայն մագնիսի շարժման ժամանակ և ոչ թե դադարի վիճակում նրան ներհատուկ հատկության շնորհիվ» [101, էջ 143]: Ֆարադեյի կարծիքով՝ մագնիսի կամ հոսանքակիր հաղորդչի շրջապատում մատերիան գտնվում է հատուկ լարված

վիճակում: Այդ վիճակին նա տվել է «Էլ եկտրոտոնիկ» անվանումը, որը նշանակում է Էլ եկտրագրգռված վիճակ: Մագնիսը և հաղորդիչն իրար մոտեցնելիս կամ հեռացնելիս այդ վիճակի փոփոխությունն ուղեկցվում է հաղորդչում Էլ եկտրական հոսանքի ծագմամբ:

Կարևոր է նշել, որ Ֆարադեյից բացի Էլ եկտրամագնիսական մակածման երևույթի խնդրով զբաղվել են ուրիշ գիտնականներ ևս, մասնավորապես՝ Ֆրենելը, Կուլադոնը, Ամպերը և Յենրին: Ավելին՝ Ֆարադեյից առաջ Էլ եկտրամագնիսական մակածման երևույթը հայտնաբերել է Ջ. Յենրին (1797-1878): Սակայն, Յենրին այդ ժամանակ զբաղված է եղել Էլ եկտրամագնիսների պատրաստման գործով և չի հրատարակել ոչ մի աշխատանք Էլ եկտրամագնիսական մակածման երևույթի վերաբերյալ:

Ինչևէ, անկախ նշված հանգամանքներից՝ այդ երևույթի հայտնագործման առաջնայնությունը արդարացիորեն տրվում է Ֆարադեյին, քանի որ նախքան Ֆարադեյը ոչ ոք Էլ եկտրամագնիսական մակածման երևույթի մանրամասն ուսումնասիրություն չի կատարել: Դա ընդունել է նաև Յենրին:

Էլ եկտրամագնիսական մակածման երևույթը պահանջում էր վերանայել հեռավորության վրա մարմինների փոխազդեցության հարցը: Այդ երևույթի հայտնագործումից հետո Ֆարադեյը հանգել է մագնիսական դաշտի փոփոխության ժամանակ «Էլ եկտրականության մակածված ալիքի» առաջացման գաղափարին:

1832թ. Նա Լոնդոնի Թագավորական Ընկերության պահոց է հանձնել մի զմռսված ծրար, որն ըստ կարգի, պետք է բացվեր միայն 100 տարի անց: Ծրարը բացվել է 1938թ.: Նրանում Ֆարադեյը Էլ եկտրամագնիսական փոխազդեցությունները նմանեցրել էր «ալեկոծված ջրային մակերևույթի տատանումներին կամ օդի մասնիկների ձայնային տատանումներին» և համարել է, որ տատանումների տեսությունը կարող է կիրառելի լինել դրանց նկատմամբ: Այդ փաստաթուղթը հաստատել է, որ Էլ եկտրամագնիսական մակածման երևույթի վրա հիմնվելով, դեռևս 1832թ., Ֆարադեյն արտահայտել է Էլ եկտրամագնիսական ալիքների գաղափարը:

Էլ եկտրամագնիսական մակածման երևույթի բացատրման համար կարևոր է եղել մագնիսական ուժագծերի հասկացության

ներմուծումը: Ընդհանուր դեպքում ուժագծերը իրար չհատվող կոր
գծեր են: Մագնիսական դաշտի ուժի մեծություները տարածության
տվյալ տիրույթում համեմատական է ուժագծերի խտությանը:

Սկզբում Ֆարադեյը ուժագծերը համարել է տարածության մեջ
մագնիսական ուժերը դիտողական ձևով պատկերելու միջոց: Հետագա
նոր փորձերն աստիճանաբար նրան հանգեցրել են այն մտքին, որ
էլեկտրական և մագնիսական դաշտերի ուժագծերը իրականում
գոյություն ունեն և ողջ տարածությունը լցված է տարբեր
դաշտերի ուժագծերով:

Ըստ նրա պատկերացման, ուժագծերն ամբողջությամբ լցնում են
երթերը՝ միաժամանակ պահպանելով իրենց անկախ գոյությունը:
Էլեկտրական դաշտի ուժագծերը կապված են լիցքերի հետ:
Նույնանուն լիցքերի դեպքում սեղմված ուժագծերը ձգտում են
ընդարձակվել և տեղի է ունենում լիցքերի վանողություն: Իսկ եթե
լիցքերը տարանուն են, ապա ուժագծերը կրճատվում են կամ
ուղղվում այդ ձևով կատարվում է լիցքերի ձգողությունը:

Նախքան Ֆարադեյը ոչ ոք ուժադաշտին չի վերագրել նյութական
իմաստ և չի ընդունել նրա իրականում գոյություն ունենալու
փաստը: Դաշտը պատկերացվել է որպես վերացական՝ մաթեմատիկական
հասկացություն: Ֆարադեյի մեծությունները նրանում է, որ նա
հրաժարվել է նյութոտության հեռագդեցությունից և դաշտն ընդունել
է որպես իրական ֆիզիկական օբյեկտ:

Ժամանակակից ֆիզիկան հրաժարվել է ուժագծերի ռեալ
գոյության պատկերացումից: Ուժագծերը պարզապես մեզ
հնարավորություն են ընձեռնում դաշտը պատկերել գրաֆիկորեն:
Դրա հետ մեկտեղ անխախտ են մնացել տարբեր ֆիզիկական դաշտերի՝
իրականում գոյություն ունենալու և բոլոր
փոխազդեցությունների մերձազդեցությամբ տեղի ունենալու
Ֆարադեյի արտահայտած գաղափարները:

Թեպետ Ֆարադեյի հետազոտությունները գուտ փորձարարական
բնույթ են ունեցել, այդուհանդերձ էլեկտրադինամիկայի
զարգացման համար կարևոր նշանակություն են ունեցել նաև նրա
տեսական գաղափարները: Հիմնվելով դրանց վրա՝ Ջ. Կ. Մաքսվելը (1831-

1879) կառուցել է Էլեկտրամագնիսական դաշտի դասական տեսությունը:

Նախքան Մաքսվելը, Էլեկտրական և մագնիսական երևույթները նկարագրող մաթեմատիկական բանաձևերը պարունակել են միայն փորձնականորեն որոշված մեծություններ՝ լիցք, հոսանքի ուժ, Էլեկտրական լարում, Էլեկտրական դիմադրություն և այլն: Մաքսվելն իր առջև խնդիր էր դրել դրանք ներկայացնել դաշտը բնութագրող մեծություններով:

«Ֆարադեյյան ուժագծերի մասին» աշխատության մեջ, որը մասերով հրատարակվել է 1855-1856 թթ., Մաքսվելը հաստատուն էլեկտրական և մագնիսական դաշտերի մոդելները կառուցել է հիդրոդինամիկական պատկերացումների հիման վրա: Նա դիտարկել է դիմադրությամբ օժտված միջավայրում առանց իներցիայի շարժվող բացարձակ անսեղմելի մի ինչ-որ երևակայական հեղուկի հոսքի ստացիոնար շարժումը: Հեղուկի շարժումն անվանում են **ստացիոնար**, եթե ժամանակի ընթացքում դիտարկվող տիրույթի կամայական կետում հեղուկի արագությունը մնում է հաստատուն:

Հեղուկի ստացիոնար շարժման ուսումնասիրության համար հարմար է շարժվող ամբողջ հեղուկը մտովի տրոհել այսպես կոչված **հոսանքի խողովակների** և ուսումնասիրել հեղուկի շարժումը այդպիսի խողովակի ներսում: **Հոսանքի խողովակ** են անվանում շարժվող հեղուկից մտովի առանձնացված այն մասը, որը սահմանափակված է հոսանքի գծերով (այն գիծը, որի յուրաքանչյուր կետով տարված շոշափողի երկայնքով է ուղղված ժամանակի դիտարկվող պահին այդ կետով անցնող հեղուկի մասնիկի արագությունը, անվանում են հոսանքի գիծ): Սովորաբար հոսանքի խողովակներն այնպես են ընտրում, որ խողովակի ամեն մի լայնական հատույթի բոլոր կետերում արագություններն անփոփոխ լինեն: Ակնհայտ է, որ հեղուկի մասնիկները երբեք չեն հատում հոսանքի խողովակի կողմնային մակերևույթը, քանի որ մասնիկների արագություններն ուղղված են այդ հոսքագծերի շոշափողների երկայնքով [31, էջ 239-240]:

Ահա այդպիսի երևակայական հեղուկով լցված տարածությունը Մաքսվելը մտովի տրոհել է հոսանքի առանձին խողովակների,

որոնցից յուրաքանչյուրի սկիզբն ու վերջը համապատասխանում են
Էլեկտրական լիցքերին, իսկ իրենք՝ խողովակները՝ ուժագծերին:
Այդ մոդելի միջոցով նա փորձել է բացատրել միջավայրի
Էլեկտրական և մագնիսական հատկությունները:

Դաշտը մեխանիկական մոդելներով ներկայացնելու Մաքսվելի
փորձերն անհաջող անցան, այդ իսկ պատճառով նա հետզհետե
հրաժարվեց նման մոտեցումներից: «Էլեկտրամագնիսական դաշտի
դինամիկ տեսությունը» աշխատանքում, արդեն առանց որևէ կոնկրետ
մոդելի դիտարկման, նա ընդգծել է, որ Էլեկտրամագնիսական
երևույթներն առաջանում են «Էլեկտրական և մագնիսական
վիճակում» գտնվող միջավայրում ընթացող պրոցեսների
արդյունքում: Դրա մեջ ներառված էին արդեն կամայական
միջավայրում Էլեկտրամագնիսական պրոցեսները նկարագրող բոլոր
մեծությունների միջև առնչությունները, որոնք նկարագրվում
էին 20 հավասարումներով: Այդ հավասարումներով կարելի էր
որոշել դաշտի բոլոր կարևոր բնութագրերը տարածության
ցանկացած կետում և ժամանակի ցանկացած պահին, եթե հայտնի էին
հոսանքի խտության վեկտորը և լիցքի խտությունը:

Նշենք, որ Էլեկտրամագնիսական դաշտի տեսությունը
կառուցելով մտային փորձի մոդելների օգնությամբ՝ Մաքսվելը
միաժամանակ առաջինն է հրաժարվել դրանց անպայմանորեն փորձից
բխեցված լինելու պահանջներից:

Դաշտի տեսության կառուցման մեջ Մաքսվելի ներդրած ավանդն
այն է, որ նրա կողմից մաթեմատիկական մեթոդների կիրառումը
բերել է այնպիսի արդյունքների, որոնք հնարավոր չէր ստանալ
միայն փորձնական եղանակով:

1-ին գլխի եզրակացություններ

Առաջին գլխում կատարված հետազոտությունը թույլ է տալիս
հանգել ու հետևյալ *եզրակացություններին*.

1. Գիտա- և ուսումնամեթոդական գրականության
վերլուծությունը թույլ է տվել կրկին համոզվելու, որ

- դպրոցական ֆիզիկայի ու սուղման գործընթացում պատմական
նյութերի հաճախակի կիրառումն արդիական է և պահանջված:
2. Հիմնավորվել է, որ միջնակարգ հանրակրթական դպրոցում
պատմականության
 3. հիմնախնդիրը կարևոր դեր ու նշանակություն ունի ինչպես
սովորողների աշխարհընկալման, այնպես էլ նրանց իմացական
հետաքրքրությունների զարգացման գործընթացում:
 4. Կատարված ուսումնասիրություններն ու
վերլուծությունները մեզ թույլ են տվել
 5. մշակել ուղիներ, որոնց միջոցով կարելի է արդյունավետ
կիրառել ֆիզիկայի պատմական նյութերը՝ դասը դարձնելով
ավելի մատչելի ու դյուրընկալելի
 5. Ցույց ենք տվել և հիմնավորել, որ ֆիզիկայի պատմական
նյութերը սովորողների իմացական հետաքրքրությունների
զարգացման միջոց լինելուց բացի հանդիսանում են նաև
գիտելիքների համակարգման և ընդհանրացման գործոն:

ԳԼՈՒԽԵՐԿՐՈՐԴ
ՖԻԶԻԿԱՅԻ ՊԱՏՄԱԿԱՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ ՈՐՊԵՍ
ՍՈՎՈՐՈՂՆԵՐԻ ԻՄԱՑԱԿԱՆ ՀԵՏԱԲՐՔՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ՉԱՐԳԱՑՄԱՆ ՄԻՋՈՑ

2.1. Պատմական բովանդակությամբ խնդիրները որպես սովորողների իմացական հետաքրքրությունների զարգացման միջոց

Մանկավարժահոգեբանական գրականության մեջ առայսօր չկա «խնդիր» հասկացության կոնկրետ սահմանում: «խնդիր» ասելով հասկացվում է նպատակ, որը ձգտում են իրագործել: Լայն իմաստով, «խնդիր» հասկացությունը կարելի է սահմանել որպես հանձնարարություն, որը պետք է կատարել կամ հարց, որին պետք է պատասխանել՝ օգտագործելով որոշ գիտելիքներ և տրամաբանական հնարքներ [7, էջ 6]:

Սակայն որևէ հանձնարարություն կատարելը կամ, թեկուզ, որևէ հարցի պատասխանելը նույնպես կարելի է դիտել որպես նպատակ, որին հասնելու համար անհրաժեշտ է գտնել միջոցներ: Իսկ եթե բացի նպատակին հասնելու ցանկությունից մեր ուղեղում անմիջապես ծագում է ակնհայտ միջոց, որի օգնությամբ հնարավոր է դառնում նպատակն իրագործել առանց որևէ ջանքի, ապա այդպիսի նպատակն այլևս խնդիր համարելն անիմաստ է [7, էջ 6]: Այսպիսով, *խնդիրը ենթադրում է առաջին հայացքից պարզորոշ երևացող, բայց անմիջապես անհասանելի նպատակին հասնելու համապատասխան միջոցների գիտակցական որոնման անհրաժեշտություն*: Լուծել խնդիրը՝ նշանակում է գտնել այդ միջոցները [7, էջ 6]:

Ֆիզիկական խնդրի վերը բերված սահմանումից հետևում են նրա երկու դասակարգումները: Ըստ բովանդակության ֆիզիկական խնդիրները լինում են՝ *դասական և քվանտային*: Դպրոցական ֆիզիկայի դասընթացում գերակշռող մասն, անշուշտ, դասական խնդիրներն են [7, էջ 9]:

Ընդհանուր առմամբ, ֆիզիկական խնդիրների համար ընդունելի է հետևյալ մոտավոր դասակարգումը՝ հաշվողական, որակական, փորձարարական և ստեղծագործական [7, էջ 9]:

Բացի դասական և քվանտային խնդիրներից, մեր կարծիքով, անհրաժեշտ է առանձնացնել նաև *պատմական* բովանդակությամբ խնդիրները, որոնք իրենց մեջ ներառում են նաև վերոնշյալ դասակարգումները: *Պատմական* բովանդակությամբ խնդիրներն ուսանելի շատ նյութ են պարունակում, ստիպում են խորհել, խորամուխ լինել քննվող ֆիզիկական երևույթի էության մեջ: Այդ իսկ պատճառով նմանօրինակ խնդիրները հնարավորինս շատ պետք է ընդգրկվեն ֆիզիկայի դպրոցական դասագրքերում և ուսումնական ու ուսումնամեթոդական ձեռնարկներում: Վերլուծելով այդպիսի խնդիրները՝ մենք ակամայից դառնում ենք տվյալ ժամանակաշրջանում ապրած գիտնականների ժամանակակիցը, ցանկանում ենք գնալ դատողությունների այն հունով, ինչ որ նրանք: Իսկ դա շատ ուսանելի է աճող սերնդի կրթության և դաստիարակության համար:

Այժմ ծանոթանանք պատմական տարբեր դարաշրջաններում ականավոր ֆիզիկոսների կողմից առաջադրված մի շարք խնդիրների [7, էջ 148-152]:

1. *Արիստոտելի (հույն փլիսոփա, գիտնական, 384-322 մ.թ.ա) խնդիրը:*

«Ջուրը չի թափվում պտտվող ամանից, չի թափվում մինչև անգամ այն դեպքում, երբ ամանը շրջված է, որովհետև պտտվելը խանգարում է թափվելուն», - այսպես է գրել Արիստոտելը: Ինչո՞վ բացատրել այս ուշագրավ փաստը: Պտտման ի՞նչ արագության դեպքում է հնարավոր Արիստոտելի նկարագրածը:

Լուծում: Ամանից ջրի չթափվելուն պայմանն է՝ $\frac{m\omega^2}{R} \geq mg$ (R -ը պտտման շառավիղն է), որից բխում է, որ $\omega \geq \sqrt{Rg}$:

2. *Արքիմեդի (հույն գիտնական, մաթեմատիկոս և մեխանիկոս, 287-212 մ.թ.ա) խնդիրը:*

«Տվե՛ք ինձ հենակետ, և ես կբաժրացնեմ երկիրը», - բռնորեն են ծանոթ հույն նշանավոր գիտնական Արքիմեդի ավանդությունն դարձած այս բացականչությանը:

«Մի անգամ Արքիմեդը, - գրել է Պլուտարքոսը, - նամակով հայտնում է Սիրակուզայի թագավոր Հիերոնին, թե տվյալ ուժով

կարելի է բարձրացնել ամեն մի ծանրությունը. եթե, օրինակ, լիներ մի ուրիշ երկիր, ապանրավրափոխադրվելով կարելի կլիներ տեղից շարժել մեր երկիրը: Իսկապես, կարո՞ղ էր արդյոք Արքիմեդը իր նշած պայմանների առկայություն դեպքում շարժել երկիրը:

Լուծում: Ո՛չ, և ահա թե ինչու: Հայ տնագործելով լծակի կանոնը, Արքիմեդը պարզ գիտակցում էր, որ իրեն հարկավոր է չափազանց շատ երկար բազուկով լծակ, որի օգնությամբ նա կկարողանար իրագործել իր երազանքը: Օգտվելով իր իսկ ստեղծած լծակի հայտնի կանոնից, Արքիմեդը մտածում էր այսպես. սեղմելով լծակի երկար բազուկով ծայրից, կարելի է հեշտությամբ ձեռքի ուժով համակշռել երկրի կշիռը կամ ծանրության ուժը: Բայց Արքիմեդը չգիտեր երկրի զանգվածը: Պարզ հաշվարկները ցույց են տալիս, որ մինչև լծակի կարճ բազուկի ծայրը բարձրանա 1 սմ-ով, մյուս՝ երկար բազուկի ծայրը պետք է գծի մի վիթխարի աղեղ տարածության մեջ 10^{18} կմ երկարությամբ:

Իսկ որքա՞ն ժամանակ կպահանջվի դրա համար: Ընդունենք, որ Արքիմեդը 60 կգ զանգվածով ծանրությունը ընդունակ է եղել բարձրացնել 1 մ բարձրությամբ 1 վ-ում, ապա երկրագունդը շարժելու համար կպահանջվեր նրանից 30 հազար միլիարդ տարի:

Հետևաբար՝ Արքիմեդի խնդիրն իրոք անլուծելի է:

3. Փիլոն Բյուզանդացու (մ.թ.ա 1-ին դար) խնդիրը:

«Մետաղադրամը դրեք մի հարթ ափսեի մեջ, և ցրեք այնքան ջուր, որ մետաղադրամը ծածկվի և առաջարկեք ձեր ընկերոջը, որ մետաղադրամը այնտեղից հանի առանց մատները թրջելու»:

Լուծում: Այս խնդիրն առաջին հայացքից թվում է խրթին ու անլուծելի: Սակայն այն հեշտությամբ լուծվում է, եթե մեր տրամադրության տակ ունենանք բաժակ և թղթի թերթ: Վառենք թուղթը և այն անմիջապես մտցնենք բաժակի մեջ, այնուհետև արագ բաժակը շրջելով դնենք ափսեի մեջ՝ մետաղադրամի կողքին: Թուղթը կայրվի, բաժակը կլցվի ծխով, իսկ հետո բաժակի մեջ կհավաքվի ափսեի միջի ամբողջ ջուրը: Այնուհետև, քիչ սպասելով, որ դրամը չորանա, կարելի է առանց մատները թրջելու այն վերցնել:

Փորձը բացատրվում է մթնոլորտային ճնշմամբ: Այրվող թուղթը տաքացնում է բաժակի միջի օդը, ինչի հետևանքով աճում է դրա

ճնշումը և օդի մի մասը դուրս է գալիս բաժակից: Երբ կրակը հանգչում է, օդը նորից սառնում է, ինչի հետևանքով դրա ճնշումն իջնում է և փոքրանում է բաժակից դուրս գտնվող օդի ճնշումից: Արդյունքում ափսեի ջուրը մղվելով հավաքվում է բաժակի տակ:

4. *Էվկլի իդեսսի (մ.թ.ա 3-րդ դար) առաջադրանքը:*

«Եթե որևէ առարկա դնենք անոթի հատակին և անոթը հեռացնենք աչքից այնքան, որ այդ առարկան տեսանելի չլինի, ապա այն նորից կերևա, եթե անոթը լցնենք ջրով»:

Բացատրել այս հետաքրքիր երևույթը:

Լուծում: Այս երևույթի պատճառը լույսի բեկումն է, որի հետևանքով ջրի մեջ ընկղմված բոլոր մարմինները մեզ երևում են վեր բարձրացված:

Յուրաքանչյուր դեպքում այս խաբուսիկ պատրանքի վրա, մարդիկ երբեմն ընկնում են վտանգավոր իրավիճակների մեջ: Կարևոր է, որ այս բանը լավ հասկանան հատկապես երեխաներն ու կարճահասակ մարդիկ, որոնց համար ջրի խորությունը որոշելու սխալը կարող է ճակատագրական լինել:

5. *Լեոնարդո դա Վինչիի (իտալացի նշանավոր մտածող, արվեստագետ, գիտնական, 1452-1519) խնդիրներից:*

ա) Եթե F ուժը m զանգվածով մարմինը t ժամանակում առաջ է շարժում S հեռավորությամբ, ապա նույն ուժն առաջ կշարժի $\frac{m}{2}$ զանգվածով մարմինը նույն ժամանակում կրկնակի հեռավորությամբ:

բ) Կամ՝ նույն ուժը կշարժի $2m$ զանգվածով մարմինը միևնույն հեռավորությամբ $\frac{t}{2}$ ժամանակում:

գ) Կամ՝ միևնույն ուժը առաջ կշարժի $2m$ զանգվածով մարմինը միևնույն հեռավորությամբ նույն ժամանակում:

դ) Կամ՝ $\frac{F}{2}$ ուժն առաջ կտանի ամբողջ մարմինը $\frac{S}{2}$ հեռավորությամբ նույն ժամանակում:

ե) Ձայնը, հասնելով որևէ առարկայի, անդրադառնում է նույն անկյան տակ, ինչ անկյան տակ որ գնացել է:

զ) Ինչպես ջրի մեջ գցած քարը դառնում է տարբեր շրջանների կենտրոնը և պատճառը, այնպես էլ շրջաններով տարածվում է օդի մեջ ծնված ձայնը:

է) Եթե դու կանգնեցնես քո նավը և խոսափողը ուղղես դեպի ջուրը, իսկ մյուս ծայրը մոտեցնես ականջիդ, ապա կլսես քեզնից մեծ հեռավորության վրա լողացող նավերի ձայնը: Նույն ձևով վարվելով, դու կարող ես լսել երկրագնդի վրա քեզնից շատ հեռու մարդկանց շարժման ձայնը:

Հիմնավորել մեծ գիտնականի այս ուշագրավ պնդումները:

Լուծում: Դժվար չէ հասկանալ, որ ա)-ից մինչև դ) առաջադրանքները լուծելու համար անհրաժեշտ է օգտագործել Նյուտոնի երկրորդ օրենքը և հավասարաչափ փոփոխական շարժման տեղափոխության բանաձևերը: Օգտվելով $F = ma$ և $s = \frac{at^2}{2}$ բանաձևերից, հեշտ է ցույց տալ, որ Լեոնարդո դա Վինչին ճիշտ է ա) և դ) դեպքերում և սխալ վում է բ) և գ) դեպքերում:

ե) Հասկանալի է, որ մեծանուն գիտնականը գիտեր ձայնի անդրադարձման օրենքը:

զ) դա Վինչին հաջողվել է ընդհանուր հատկություններ գտնել ջրային և ձայնային ալիքների մեջ, ինչը լիովին ճիշտ է:

է) Այստեղ դա Վինչին նկարագրում է մի երևույթ, որը վկայում է այն մասին, որ նրան հայտնի է եղել ջրի մեջ ձայնի տարածման արագության մեծ լինելը օդում ձայնի տարածման արագությունից:

6. Գ. Գալիլեյի (1564-1642) խնդիրներից:

«Ո՞վ չգիտի, - գրել է Գալիլեյը, - որ ձին ընկնելով 1-2 մետր բարձրությունից, ոտքերը կջարդի, այնինչ շունը չի տուժում, իսկ կատուն անվնաս է մնում անգամ այն դեպքում, երբ ընկնում է 9-10 մետր բարձրությունից: Ճիշտ նույնպես էլ ճպրուռն անվնաս կմնա աշտարակի գագաթից կամ մրջյունը՝ նույնիսկ Լուսնի մակերևույթից ընկնելիս»:

Հետաքրքիր է, իսկապես, ինչո՞ւ փոքր արարածները համարյա անվնաս են մնում մեծ բարձրություններից ընկնելիս, իսկ խոշորները վնասվում են:

Լուծում: Հայտնի է, որ կենդանու զանգվածն ուղիղ համեմատական է նրա գծային չափերին, իսկ մակերևույթը՝ գծային

չափերի քառակուսուն: Յետևաբար, մարմնի գծային չափերի փոքրացմանը զուգընթաց նրա ծավալն ավելի արագ է նվազում, քան մակերևույթը: Օդում շարժվելիս օդի դիմադրության ուժը կախված է ընկնող մարմնի մակերևույթից: Սա է պատճառը, որ ազատ անկում կատարելիս մանր կենդանիները ենթարկվում են ավելի մեծ դիմադրության, քան խոշորները, քանի որ նրանց միավոր կշռին բաժին ընկնող դիմադրությունն ավելի մեծ է: Բացի դրանից, երբ արգելքին հարվածում է փոքր ծավալով մարմինը, ապա համարյա միաժամանակ դադարեցվում է նրա բոլոր մասերի շարժումը և հարվածի պահին նրանք չեն ճնշում միմյանց վրա: Մեծ չափերով մարմնի անկման դեպքում այդպես չէ: Երբ մարմնի ստորին մասերը հասնում են արգելքին, այդ պահին դեռևս շարժման մեջ են վերին մասերը, որի հետևանքով լրացուցիչ ճնշումներ են առաջանում ստորին մասերի վրա: Արդյունքում առաջանում է կործանարար ազդեցությամբ ցնցում, ինչն էլ հենց վտանգավոր է մեծ կենդանիների համար:

7. *Քրիստիան Յոույգենսի (հոլանդացի ֆիզիկոս, 1629-1695) ճոճանակը:*

1672թ. հոլանդացի ֆիզիկոս Քրիստիան Յոույգենսը որպես երկարության միավոր առաջարկել է վայրկյանային ճոճանակի երկարությունը: Հաշվել այդ ճոճանակի երկարությունը:

Լուծում: Խնդիրը հեշտությամբ լուծվում է մաթեմատիկական ճոճանակի՝ Յոույգենսի անունով կոչվող պարբերության բանաձևով, այսինքն՝

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

որտեղից՝

$$l = \frac{gT^2}{4\pi^2} \approx 0,25 \text{ մ}:$$

8. *Բլեզ Պասկալի (ֆրանսիացի մաթեմատիկոս և ֆիզիկոս, 1623-1662) ծանրաչափը:*

Առաջին ջրային ծանրաչափը պատրաստել է ֆրանսիացի մաթեմատիկոս և ֆիզիկոս Բլեզ Պասկալը և այն ցուցադրել է 1646 թ. Ռուանում:

Հաշվել, թե ինչպիսի՞ն է ջրի մակարդակի բարձրությունը Պասկալի ծանրաչափում:

Լուծում: Օգտվենք հեղուկի հիդրոստատիկ ճնշման $P = \rho gh$ բանաձևից՝

$$h = \frac{P}{\rho g} = 10,3 \text{ մ}:$$

9. *Մ. Վ. Լոմոնոսովի (1711-1765) խնդիրները:*

Մազական խողովակում ջուրը բարձրացել է 26 գիծ: Գտնել այդ խողովակի տրամագիծը, ընդունելով, որ 1 գիծը հավասար է 2,56 մմ:

Լուծում: Օգտվենք մազական խողովակում հեղուկի մակարդակի որոշման համար ժյուրենի հայտնի բանաձևից՝

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r},$$

որտեղից՝

$$r = \frac{2\sigma}{\rho g h} = 0,22 \text{ մմ}, \quad 2r = 0,44 \text{ մմ}:$$

10. *Գեորգ Ռիխմանի (1711-1753) խնդիրը:*

Խառնել են m_1 զանգվածով և t_1 ջերմաստիճանի ջուրը m_2 զանգվածով t_2 ջերմաստիճանի ջրին: Որոշել ստացված խառնուրդի ջերմաստիճանը:

Լուծում: Օգտվենք ջերմային հաշվեկշռի հավասարումից՝

$$c_1 m_1 (\Theta - t_1) = c_2 m_2 (t_2 - \Theta):$$

Ընդունելով $t_1 < \Theta < t_2$ և $c_1 = c_2$ և լուծելով Θ -ի նկատմամբ, կստանանք՝

$$\Theta = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2}:$$

11. *Ռոբերտ Բոյլի (1627-1691) խնդիրները:*

Անգլիացի ֆիզիկոս Ռոբերտ Բոյլն առաջարկել և լուծել է հետևյալ խնդիրները.

ա) երբ դարբինը կռում է մեխը կամ որևէ մետաղյա առարկա, մետաղը տաքանում է: Ինչո՞ւ:

բ) Ինչո՞վ բացատրել, որ մեխը փայտի մեջ խփելիս նրա գլխիկը միայն մոլորճի մեծ քանակությամբ հարվածներից է մի քիչ

տաքանում: Բայց երբ մեխն արդեն խփված է, ապա բավական է մուրճի մի քանի հարված, որ գլխիկն ուժեղ տաքանա:

Լուծում: ա) Համաձայն էներգիայի պահպանման օրենքի մետաղի մեխանիկական էներգիան փոխակերպվում է նրաներքին էներգիայի:

բ) Դարձյալ էներգիայի պահպանման օրենքի համաձայն՝ մարմնի էներգիայի մի մասը, այն էլ չնչին մասն է ծախսվում մեխի գլխիկի տաքացման վրա, երբ մեխը դեռևս շարժվում է փայտի մեջ: Սա նշանակում է, որ էներգիայի մեծ մասը ծախսվում է մեխի շարժման վրա: Իսկ երբ մեխն այլևս չի շարժվում, մուրճի հարվածների էներգիան ամբողջությամբ ծախսվում է նրա գլխիկի տաքացման վրա:

12. Յուլյ գենսի երկրորդ խնդիրը:

Եթե անկշիռ և չձգվող թելից կապված գունդը պտտենք ուղղաձիգ հարթության մեջ, ապա թելն անպայման պետք է դիմանամի ուժի, որն առնվազն պետք է հավասար լինի այդ գնդի ծանրության ուժի վեցապատիկին: Ճի՞շտ է արդյոք Յուլյ գենսի այս հետաքրքիր պնդումը: Պատասխանը հիմնավորել համապատասխան հաշվարկներով:

Լուծում: Գնդի վրա ցանկացած դիրքում ազդում են mg ծանրության ուժը և թելի ձգման T ուժը: Թելի ձգման ուժը կլինի առավելագույն օղակի ստորին դիրքում: Գրենք Նյուտոնի երկրորդ օրենքը գնդի համար, երբ այն անցնում է այդ ստորին դիրքով՝

$$ma_n = T_2 - mg, \quad (1)$$

որտեղ

$$a_n = \frac{v_2^2}{l} - g \quad (2)$$

կենտրոնաձիգ արագացումն է, l -ը՝ թելի երկարությունը, իսկ v_2 -ը՝ գնդի արագությունն այդ ստորին դիրքում:

Թելը պետք է միշտ ձգված լինի՝ ընդհուպ մինչև վերին դիրքը: Այդ վերին դիրքում գնդիկի v_1 արագությունը պետք է լինի այնպիսին, որ նրան կենտրոնաձիգ արագացում հաղորդվի միայն ծանրության ուժով, ինչը նշանակում է, որ վերին դիրքում նվազագույն արագությունը՝ $v_1 = \sqrt{gl}$:

Գրելով էներգիայի պահպանման օրենքը, երբ գնդիկը վերին դիրքում է, կունենանք՝

$$\frac{mv_1^2}{2} + mg \cdot 2l = \frac{mv_2^2}{2}, \quad (3)$$

որտեղից՝ $v_2^2 = v_1^2 + 4gl = 5gl$: Յետևաբար, (1) և (2) հավասարումներից կստանանք, որ առավելագույն ուժը՝

$$T_2 = m \left(\frac{v_2^2}{l} + g \right) = m \left(\frac{5gl}{l} + g \right) = 6mg:$$

Հյույ գենսն իրավացի է:

13. Դ. Մենդել Ենի (1834-1907) խնդիրը:

«Ինչո՞վ բացատրել, որ կրիտիկական ջերմաստիճանում հեղուկների մակերևութային լարվածությունը և շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունը դառնում են զրո»:

Լուծում: Կրիտիկական ջերմաստիճանում վերանում են հեղուկի և նրա հալեցած գոլորշու ֆիզիկական հատկությունների տարբերությունները: Ջրի կրիտիկական ջերմաստիճանը 375°C է, և այդ ջերմաստիճանում ջուրը չունի մակերևութային թաղանթ, հետևաբար չկան նաև մակերևութային լարվածության ուժեր: Նույն պատճառով նաև շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունը հավասարվում է զրոյի: Իրոք, քանի որ կրիտիկական ջերմաստիճանում վերանում է ջրի և գոլորշու տարբերությունը, ուստի զրոյի է հավասարվում նաև շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունը:

14. Թ. Էդիսոնի (1847-1931) խնդիրը:

Ամերիկացի մեծ գյուտարար Թոմաս Էդիսոնն առաջարկել է հետևյալ խնդիրը. «Պատկերացրեք, որ դուք գտնվում եք Խաղաղ օվկիանոսի արևադարձային կղզիներից մեկում: Չունենք ոչ մի գործիք: Ինչպե՞ս կարող եք տեղաշարժել 3 տոննա զանգվածով 30 մ երկարությամբ և 4,5 մ բարձրությամբ գրանիտե սալը»:

Լուծում: Թվում է, թե առաջարկված խնդիրն անլուծելի է: Բայց պարզ մաթեմատիկական հաշվարկները ցույց են տալիս նրա լուծման անսպասելի, բայց դյուրին լուծման ուղին: Հաշվենք գրանիտե սալի հաստությունը: Դրա համար օգտվենք հետևյալ բանաձևից.

$$m = \rho abc,$$

որտեղ m -ը սալի զանգվածն է, ρ -ն՝ խտությունը, a, b, c -ն՝ համապատասխանաբար սալի երկարությունը, բարձրությունը և հաստությունը: Այստեղից՝

$$c = \frac{m}{\rho ab}:$$

Տեղադրելով խնդրում բերված և աղյուսակից վերցրած մեծությունների արժեքները՝ ստանում ենք.

$$c \approx 8,5 \text{ մմ}:$$

Նման սալը տեղաշարժելու համար, թեպետ նրա վիթխարի լինելուն, հարկավոր է նրա ծանրության կենտրոնից հնարավոր բարձր կետում ուժեղ թափով հարվածել սալին, և այն հեշտությամբ կշրջվի հակառակ կողմը: Ահա սա է հենց մեծ գյուտարարի խնդրի սրամիտլուծումը:

15. Ա. Ամպերի (1775-1836) փորձը:

1820 թ. \$րանսիացի մեծ ֆիզիկոս Անդրե Մարի Ամպերը Փարիզի Ակադեմիայի նիստում առաջինն է զեկուցել իր կողմից փորձով հաստատված նոր երևույթի՝ 2 զուգահեռ և շրջանաձև հոսանքների փոխազդեցության վերաբերյալ: Երբ նաավարտում է իր զեկուցումն այդ մասին, նրա գործընկերներից մեկը հարցնում է. «Իսկ ի՞նչ նոր բան կա Ձեր փորձերում: Ինքնին հասկանալի է, որ եթե 2 հոսանքներ ազդում են մագնիսական սլաքի վրա, ապա նրանք կազդեն նաև մեկը մյուսի վրա»: Ապացուցել, որ այդ հարցադրումը սխալ է:

Լուծում: Մագնիսական սլաքի վրա էլեկտրական հոսանքի ազդեցությունից չի կարելի եզրակացնել, որ այս հոսանքները կազդեն միմյանց վրա: Իրոք, երկաթի կտորն ազդեցություն է գործում մագնիսական սլաքի վրա, սակայն, երկու երկաթի կտորների միջև մագնիսական փոխազդեցություն չկա:

16. Յ. Յերցի (1857-1894) փորձը:

1887 թ. գերմանացի մեծ ֆիզիկոս Յայնրիխ Յերցը փորձնական ճանապարհով ստացավ Ջ. Մաքսվելի տեսականորեն կանխագուշակած էլեկտրամագնիսական ալիքները: Դիտելով կանգուն ալիքները տատանակի և ցիկլե էկրանի միջև՝ Յերցը հաշվարկեց էլեկտրամագնիսական ալիքների արագությունը: Որքա՞ն էր այդ արագությունը, եթե Յերցի փորձում տատանակի տատանումների

պարբերությունը $1,95 \cdot 10^{-8}$ վ էր, իսկ ռեզոնատորի՝ առավելագույն ինտենսիվության կայծեր դիտվել են եկրանից 3 մ և 6 մ հեռավորությունների վրա: Համեմատել այդ արդյունքները Մաքսվելի կանխատեսած արագության արժեքի հետ:

Լուծում:
$$c = \frac{\lambda}{T} = \frac{2(S_2 - S_1)}{T} \approx 3,08 \cdot 10^8 \text{ մ/վ}:$$

17. Ա. Ստոլ Ետտվի (1839-1896) փորձը:

1888թ. ռուս ֆիզիկոս Ալեքսանդր Ստոլ Ետտվը փորձնական փաստերի հիման վրա ձևակերպել է ֆոտոէֆեկտի մի քանի օրինաչափություններ: Իր փորձերից մեկի հիման վրա նա գրել է. «Պարպող ազդեցությունն ունեն այն լուսային ճառագայթները, որոնց ալիքի երկարությունը հավասար է $295 \cdot 10^{-9}$ մմ և ավելի փոքր»: Ի՞նչ մետաղից էր այն էլեկտրոդը, որով իր փորձն է կատարել Ստոլ Ետտվը:

Լուծում: Համաձայն սահմանման՝ էլքի աշխատանքը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$A_{\text{էլ}} = h \frac{c}{\lambda_{\text{max}}},$$

որտեղ h -ը Պլանկի հաստատունն է, c -ն՝ լույսի արագությունը, իսկ λ_{max} -ը՝ լույսի ալիքի այն սահմանային երկարությունը, որի դեպքում տեղի է ունենում ֆոտոէֆեկտը:

Տեղադրելով մեծությունների թվային արժեքները՝ կստանանք.

$$A_{\text{էլ}} \approx 4,4 \text{ էվ}:$$

Էլքի աշխատանքի այս արժեքը համապատասխանում է արծաթին: Այսպիսով, Ստոլ Ետտվի վերոհիշյալ փորձում որպես կաթոդ ծառայել է արծաթե թիթեղը:

18. Օտտո Շտեռնի (1888-1969) փորձը:

1920թ. գերմանացի ֆիզիկոս Օտտո Շտեռնը փորձնական ճանապարհով չափեց մոլեկուլների արագությունը: Դրանով վերջնականապես հաստատվեց մոլեկուլային-կինետիկ տեսությունը:

Իր փորձերից մեկում գլանների շառավիղները համապատասխանաբար եղել են 10 մմ և 110 մմ և դրանք պտտվել են 1200

պտր արագությամբ: Արծաթի շերտի առավելագույն կոնցենտրացիա ունեցող տեղամասերի հեռավորությունը հավասար է եղել 6,5 մմ: Այս տվյալներով հաշվել արծաթի մոլեկուլների միջին արագությունը: Յամեմատել ստացված արդյունքն այն արագության հետ, երբ արծաթի թելի ջերմաստիճանը 900°C է:

Լուծում: Ինչպես հայտնի է, մոլեկուլի միջին արագությունը Շտեռնի փորձում որոշվում է

$$\bar{v} = \frac{\omega r_2 (r_2 - r_1)}{s}$$

բանաձևով, որտեղ r_1 -ը և r_2 -ը գլանների շառավիղներն են, s -ը՝ տեղաշարժը, ω -ն՝ անկյունային արագությունը: Տեղադրելով թվային արժեքները և կատարելով հաշվումները՝ կստանանք.

$$\bar{v} \approx 386 \text{ մ/վ:}$$

Տվյալ ջերմաստիճանում արծաթի մոլեկուլների միջին քառակուսային արագությունը որոշվում է

$$\bar{v} = \sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3kT}{m_b}}$$

բանաձևով (m_b -ն մոլեկուլի զանգվածն է), որտեղից՝ $\bar{v} \approx 550 \text{ մ/վ:}$

Փորձով և տեսականորեն ստացված արագությունների այս տարբերությունը բացատրվում է նրանով, որ Շտեռնի փորձերում որոշվել է մոլեկուլների ամենահավանական արագությունը, այլ ոչ թե միջին քառակուսայինը:

19. Ա. Այնշտայնի (1879-1955) խնդիրը:

20-րդ դարի ֆիզիկայի ռազմավարական բերտ Այնշտայնն առաջարկել է այսպիսի արտաքուստ պարզ, բայց խորիմաստ խնդիր. «Բաժակի մեջ՝ հատակի մոտ լողում են թեյի մասնիկները: Բացատրել, թե ինչո՞ւ են թեյի մասնիկները թեյը խառնելու ժամանակ հեռանում դեպի պատերը, բայց հավաքվում են բաժակի կենտրոնում, երբ դադարեցնում ենք խառնելը»: Իսկապես, ինչո՞ւ է պայմանավորված այս ուշագրավ երևույթը:

Լուծում: Երբ բաժակի մեջ լցրած թեյը սկսում ենք խառնել, ապա նրա մակարդակը պատերի մոտ ավելի բարձր է լինում, քան կենտրոնում, ինչի արդյունքում կենտրոնից դեպի պատերը գնալիս հիդրոստատիկ ճնշումը հատակին աճում է: Երբ գդալը հանում ենք

բաժակից, ապա ճնշումները հատակի բոլոր մասերում աստիճանաբար սկսում են հավասարվել: Դա հանգեցնում է այն բանին, որ առաջանում է հոսանք՝ ուղղված պատերից դեպի բաժակի հատակի կենտրոնը: Այդ հոսանքն էլ հենց թեյի մասնիկները հավաքում է բաժակի հատակի կենտրոնում:

20. Դ. Ֆեյնմանի խնդիրը:

Ամերիկացի նշանավոր ֆիզիկոս, Նոբելյան մրցանակի դափնեկիր Ռիչարդ Ֆեյնմանն ունի այսպիսի հետաքրքիր միտք. «Ամեն ինչ կազմված է մանրագույն մասնիկներից՝ ատոմներից, որոնք գտնվում են անընդհատ շարժման մեջ, ձգվում են փոքր հեռավորություների վրա, բայց վանվում են, եթե նրանցից մեկն ամուր սեղմվում է մյուսին»:

«Միայն այս արտահայտության մեջ, շարունակում է Ֆեյնմանը, պարունակվում է աշխարհի մասին անհավատալի մեծ քանակությամբ տեղեկատվություն. պետք է միայն գործադրել մի քիչ երևակայություն և դատողություն»:

Ֆիզիկական ո՞ր կարևորագույն տեսության մասին է ակնարկում Ֆեյնմանը:

Լուծում: Դժվար չէ կռահել, որ խոսքը վերաբերում է մոլեկուլային-կինետիկ տեսությանը, որը հանգում է հետևյալ 3 հիմնադրույթներին. նյութը կազմված է մանրագույն մասնիկներից, այդ մասնիկները շարժվում են քառսայնորեն և, վերջապես, մասնիկները փոխազդում են:

21. Ֆիզոյի (1819-1896) փորձը:

Լուսային փունջն անցնում է պտտվող ատամնանիվի ատամների նեղ արանքով (ատամների թիվը՝ $N=720$), անդրադառնում է նրանից $l=8,7$ կմ հեռավորության վրա տեղադրված հայելուց և հասնում է դիտակետին՝ կրկին անցնելով նույն ճանապարհը: Անիվի պտտման ի՞նչ նվազագույն հաճախության դեպքում անդրադարձած լույսն անտեսանելի կլինի դիտողի համար:

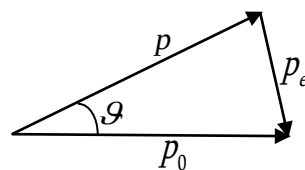
Լուծում: Անդրադարձած լույսն անտեսանելի կլինի դիտողի համար այն դեպքում, եթե $t = \frac{2l}{c}$ ժամանակում (երբ լույսը հասնում է հայելուն, անդրադառնում է նրանից և կրկին հասնում է անիվին)

անիվը պտտվի այնպիսի փանկյունով, որ անդրադարձած լույսի ճանապարհին հայտնվի ոչ թե ճեղքը, այլ անիվի անթափանց մասը: Փանկյան հնարավոր արժեքներից նվազագույնը՝ $\varphi_{\min} = \frac{\pi}{N}$: Յետևաբար՝

$$n = \frac{\varphi_{\min}}{2\pi t} = \frac{c}{4Nl} = 12 \text{ վ}^{-1}:$$

22. Ա. Կոմպտոնի (1892-1962) խնդիրը:

Նյութի հետ փոխազդեցության ժամանակ λ ալիքի երկարությամբ ռենտգենյան ճառագայթումը ցրվում է: Ճառագայթված ալիքի երկարությունը տարածման ուղղությունից շեղվում է θ անկյունով և աճում է $\Delta\lambda$ -ով: Արտահայտել $\Delta\lambda$ մեծությունը θ անկյունով՝ ցրումը դիտարկելով որպես ռենտգենյան ֆոտոնների՝ անշարժ ազատ էլեկտրոններին բախվելու արդյունք: Յաշվի առնել, որ նման բախումների ժամանակ էլեկտրոնները ձեռք են բերում լույսի արագության հետ համեմատելի արագություններ:



Նկ. 2.2-1

Լուծում: Օգտվենք էներգիայի և իմպուլսի պահպանման օրենքներից. $mc^2 + W_0 = W + W_e$ և $p_0 = p + p_e$: Այստեղ p_0 -ն և p -ն ֆոտոնի սկզբնական և վերջնական իմպուլսներն են, p_e -ն էլեկտրոնին փոխանցված իմպուլսը: $W_0 = \frac{hc}{\lambda}$ և $W = \frac{hc}{\lambda + \Delta\lambda}$ -ն ֆոտոնի էներգիաներն են մինչև հարվածը և հարվածից հետո, $W = c\sqrt{m^2c^2 + p_e^2}$ էլեկտրոնի վերջնական էներգիան է, mc^2 -ն՝ դադարի էներգիան:

Օգտվելով կոսինուսների թեորեմից՝ կստանանք. $p_e^2 = p_0^2 + p^2 - 2p_0p\cos\theta$ (Նկ. 2.2-1): Այս արդյունքը տեղադրելով էներգիայի պահպանման օրենքի արտահայտության մեջ և հաշվի առնելով, որ $p_0 = \frac{h}{\lambda}$, $p = \frac{h}{\lambda + \Delta\lambda}$, կստանանք, որ $\Delta\lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta) = \frac{2h}{mc}\sin^2\frac{\theta}{2}$: Յետաքրքիր է, որ $\Delta\lambda$ -ի արժեքը կախված չէ ընկնող ռենտգենյան ճառագայթման ալիքի երկարությունից:

23. Մթնոլորտային ճնշման չափման Տորիչելիի (1608-1647) փորձը:

Սովորողներին քաջ հայտնի է մթնոլորտային ճնշման չափման Տորիչելիի փորձը: Կիաջողվե՞ր արդյոք նրան կատարել այդ փորձը և ստանալ նման արդյունք, եթե սնդիկով լցված բարոմետրական խողովակն իջեցվեր ջրով լցված ամանի մեջ:

Լուծում: Փորձն այդ դեպքում որևէ արդյունք չէր տա: Ճիշտ է, բարոմետրական խողովակը կապահպաներ իր ուղղաձիգ վիճակը, և սնդիկը նրա մեջ կգտնվեր հավասարակշռված վիճակում, սակայն այդ հավասարակշռությունը կլիներ անկայուն, քանի որ «սնդիկ-ջուր» համակարգի ծանրության կենտրոնը չէր գրավի հնարավոր ամենացածր դիրք: Այդ իսկ պատճառով սնդիկը կթափվեր բարոմետրական խողովակից, իսկ ջուրը կլցվեր նրա մեջ:

24. Նշանավոր ֆիզիկոս Մ. Ֆարադեյը (1791-1867) 1831թ. հայտնագործեց էլեկտրամագնիսական մակածման օրենքը:

Ֆարադեյը երկար ժամանակ զբաղվել է այդ հիմնախնդրով՝ նախապես զգալով էլեկտրականության ու մագնիսականության՝ դեռևս անհայտ կապը: Միաժամանակ, նրանից անկախ այդ ուղղությամբ աշխատել է շվեդ արհեստագիտ ֆիզիկոս *Կռլ ադոնը*: Նրա փորձի էությունը հետևյալն էր. կոճի ծայրերը միացված էին գալվանաչափին, որը, մագնիսի անմիջական ազդեցությունից զերծ պահելու համար, տեղափոխած էր հարևան սենյակ: Կռլ ադոնը մագնիսը մտցնում էր կոճի մեջ և գնում մյուս սենյակ՝ սպասվող արդյունքը դիտելու համար, որն այդպես էլ նա չտեսավ: Ո՞րն էր նրա «ճակատագրական սխալը»:

Լուծում: Մինչև հարևան սենյակը հասնելը մակածման հոսանքն արդեն վերանում էր, և գալվանոմետրի սլաքն անշարժանում էր: Նա կամ պետք է օգնական ունենար, կամ էլ փորձը կատարեր՝ իրար մոտ դասավորելով անհրաժեշտ սարքերը:

25. Ա. Պոպովի (1859-1906) փորձը:

Վերցրեք 80մմ X 150մմ չափսի ալյումինե կամ ցինկե թիթեղ և դրեք այն սեղանին: Այդ թիթեղի վրա դրեք փայլարից բարակ թիթեղ: Այնուհետև արույրի թիթեղը (25մմ X 100մմ) ծռեք և տվեք աղեղի տեսք, այն տաքացրեք գազայրոցով կամ սպիրտայրոցով ու դրեք

փայլարի թիթեղի վրա: Արույրի թիթեղը կսկսի տատանվել: Փորձեք բացատրել այդ երևույթը:

Լուծում: Տաքացած աղեղից փայլարն ընդարձակվում է, և փոփոխվում է նաև նրա հաստությունը, որն էլ առաջացնում է արույրի թիթեղի հավասարակշռության խախտում, ինչի հետևանքով էլ, ի վերջո, առաջանում է ինքնատիպ «ջերմային շարժիչ»:

26. Իր աշխատանքներից մեկում Մ. Լոմոնոսովը փորձերից մեկին տալիս է այսպիսի բացատրություն. «Սիֆոնի տեսք տված թերթային կապարի միջով, որի մի ծայրը խորասուզված է սնդիկի մեջ, սնդիկն անոթից հեռանում է 24 ժամում»:

Փորձեք կռահել և բացատրել տրված փորձը:

Լուծում: Հայտնի է, որ սնդիկը լավ թրջում է մաքուր կապարը: Իրար հետ կիպ դրված կապարի թիթեղներն առաջացնում են բարակ մազական անցքեր, որոնցով սնդիկը վեր է բարձրանում:

27. Ակադեմիկոս Է. Լենցը (1804-1865) հոսանքի ջերմային ազդեցությունների վերաբերյալ կատարված փորձերում որպես հոսանքի ուժի միավոր ընտրել է այն հոսանքի ուժը, որն անցնելով թթվային ջրով մեկ ժամում անջատել է 760 մմ ս.ս. ճնշման և 0°C ջերմաստիճանի $41,16\text{ սմ}^3$ «շառաչող գազ»:

Փորձեք ամպերներով արտահայտել Լենցի կողմից մտցված հոսանքի ուժի միավորը: Թթվածնի խտությունը 760 մմ սնդ. սյունի դեպքում $\rho = 0,00143\text{ գ/սմ}^3$:

Լուծում: Էլեկտրոլիզի օրենքից հետևում է, որ $m = \frac{1}{F} \frac{M}{n} It$, որտեղ F -ը Ֆարադեյի հաստատունն է, M -ը՝ հոսանքի ուժը, t -ն՝ ժամանակը, M -ը՝ մոլային զանգվածը, n -ը՝ արժեքականությունը:

Ավոգադրոյի օրենքի համաձայն՝ Էլեկտրոլիզի ժամանակ անջատված թթվածնի ծավալը, երբ ճնշումը 760 մմ սնդ. սյուն է, կկազմի «շառաչող գազի» ծավալի $1/3$ -ը՝

$V = 13,72\text{ սմ}^3$, հետևաբար՝ անջատված թթվածնի զանգվածը՝ $m = \rho V = 0,0196\text{ գ}$, ուրեմն՝ $I = \frac{mFn}{tM} = 0,065\text{ Ա}$:

28. Մի անգամ ակադեմիկոս Լենցն իր առջև դնում է հետևյալ խնդիրը.

«/ Երկարության և որոշակի տրամագծով լարի շիկացման համար անհրաժեշտ է Էլեկտրական շղթա՝ բաղկացած n գալվանական

տարրերից: Ինչքան նմանատիպ տարրեր են պետք նույն տրամագծով, սակայն kl երկարությամբ հաղորդալարերի շիկացման համար: Երկու դեպքում էլ տարրերը միացված են հաղորդալար»:

Լուծում: Ենթադրենք, թե մի և արի ներքին դիմադրությունը r է, ել շուն՝ ε_0 , իսկ հաղորդալարի միավոր երկարության դիմադրությունը՝ R_1 : Այդ հաղորդալարը շղթայի մեջ մտնելիս, նրանով անցնող հոսանքի ուժը կլինի՝

$$I_1 = \frac{n\varepsilon_0}{nr + lR_1}:$$

Հաղորդալարում յուրաքանչյուր վայրկյանում կանչատվի $Q = I_1^2 l R_1 = \frac{n^2 \varepsilon_0^2}{(nr + lR_1)^2} R_1 l$ ջերմաքանակ, իսկ հաղորդալարի միավոր

երկարության վրա՝ $Q_1 = \frac{Q}{l} = \frac{n^2 \varepsilon_0^2}{(nr + lR_1)^2} R_1$ ջերմաքանակ: kl երկարության

հաղորդալարը շղթայի մեջ մտնելիս, x տարրի կողմից հաղորդալարի երկարության միավորի վրա կանչատվի $Q_2 = \frac{x^2 \varepsilon_0^2}{(xr + klR_1)^2} R_1$

ջերմաքանակ: Երկու հաղորդալարերի միևնույն շիկացման դեպքում կունենանք՝ $\frac{n^2 \varepsilon_0^2}{(nr + lR_1)^2} = \frac{x^2 \varepsilon_0^2}{(xr + klR_1)^2}$, որտեղից՝ $x = kn$:

29. Ա. Ստուլ Ետովի (1839-1896) փորձը:

1888թ. ռուս ֆիզիկոս Ալեքսանդր Ստուլ Ետովը փորձով հետազոտել է ճերմի կողմից հայտնագործված ֆոտոէֆեկտի ինտենսիվության կախումը լուսային ալիքի երկարությունից: Ընդ որում, նրան զարմացրել է այն փաստը, որ թույլ անդրամանուշակագույն ճառագայթումն առաջացնում է ավելի մեծ էֆեկտ, քան տեսանելի լույսի ավելի հզոր օպտիկական ճառագայթումը: Ինչո՞ւ այդ փաստը գրավեց գիտնականի ուշադրությունը: Փորձերի ինչպիսի՞ արդյունք կարելի էր սպասել տվյալ դեպքում, ելնելով լույսի ալիքային տեսությունից:

Լուծում: Քանի որ էլեկտրոններն օժտված են դադարի զանգվածով, ապա, համաձայն ալիքային տեսության, նրանք պետք է

ավելի ուժեղ ազդվեն ցածր հաճախության լուսային հոսքից և թույլ՝ ավելի բարձր հաճախության ալիքներից (նման այն բանին, ինչպես պատուհանի ապակին ավելի մեծ ազդեցության է ենթարկվում ձայնային հաճախության մեխանիկական ալիքներից, բայց մնում է անշարժ գերձայնային հաճախության ալիքների ներգործությունից):

2.2 Պատմական գիտախորժերը որպես սովորողների իմացական հետաքրքրությունների զարգացման միջոց

*...Ուղղակի երեխաները սիրում են
կտարել որոշակի գործողություններ
և դիտել, թե ինչ է ստացվում: Բայց
այդ հետաքրքրասիրությունից պետք
է օգտվել՝ ուղղորդելով այն
արժեքավոր արդյունքի հասցնող
ճանապարհով, հակառակ դեպքում
ծուռում մոռ կգնա*

Ջ. Դյուի

Ֆիզիկական փորձարարական գիտությունն է, որի հիմունքների ուսուցումը միջնակարգ հանրակրթական դպրոցում պահանջում է ուսումնական փորձերի պարտադիր կատարում: «Ֆիզիկա» գիտության մեջ փորձն իր ուրույն տեղը միանգամից չի զբաղեցրել: Դեռևս 13-րդ դարում անգլիացի նշանավոր գիտնական Ռոջեր Բեկոնը պայքարում էր քարացած, «կավճային ֆիզիկայի» դոգմատիկ մոտեցումների դեմ և բնության երևույթները փորձնականորեն ուսումնասիրելու կոչ էր անում:

Փորձարարական մեթոդի համար պայքարել է նաև Վերածննդի դարաշրջանի նշանավոր գիտնական, մտածող, արվեստագետ և հանրագետ Լեոնարդո դա Վինչին (1452-1519): Ֆիզիկայում փորձարարական մեթոդը վերջնականապես հաստատվել է իտալացի խոշոր մաթեմատիկոս և ֆիզիկոս Գալիլեո Գալիլեյի (1564-1642) կողմից: Նա համարվում է փորձարարական մեթոդի հայրը:

Փորձը մեծ կարևորություն ունի ինչպես «Ֆիզիկա» գիտության զարգացման համար, այնպես էլ միջնակարգ հանրակրթական դպրոցում ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում: Այդ կարևորությունն իր ժամանակին զգացել է հռչակավոր ֆիզիկոս Ալբերտ Այնշտայնը (1879-1955). «Ֆիզիկայի ուսուցման առաջին աստիճանում պետք է հանել բոլորը, բացի դիտողական հետաքրքրությունն առաջացնող նյութից: Գեղեցիկ փորձն ինքնին շատ ավելի արժեքավոր է, քան 30 բանաձևերը, որոնք ստացվում են վերացական դատողությունների թորանոթում» [47, էջ 69]:

Մեթոդական գրականության մեջ կան ֆիզիկայի ուսումնական փորձերի դասակարգման շատ հայտանիշներ ([47], [50], [129], [68]):

Մենք կնշենք դրանցից մի քանիսը, որոնք առավել ազդեցիկ են առնչվում տվյալ ատենախոսությանը.

- 1) ըստ բովանդակության, ըստ ֆիզիկայի առանձին բաժինների,
- 2) ըստ նրանց դասակարգման մեթոդների և արդյունքների մշակման (որակական և հաշվողական),
- 3) ըստ սովորողների ինքնուրույնության աստիճանի (վարժողական, ստուգողական, էվրիստիկական և ստեղծագործական),
- 4) ըստ դիդակտիկական նպատակների (նոր նյութի ուսումնասիրման, գիտելիքների կրկնության և ամրապնդման, գործնական կարողությունների ձևավորման և զարգացման) [47, էջ 70]:

Սովորողներին ֆիզիկայի մեթոդաբանական գիտելիքներով զինելու համար չափազանց կարևոր է պատմական նյութերի օգտագործումն ուսումնական գործընթացում: «Պատմական նյութի» տակ պետք է հասկանալ ինչպես նշանավոր գիտնականների կյանքից որոշ պատմական դրվագների ներկայացումը, այնպես էլ պատմական բովանդակությամբ խնդիրներն ու պատմական փորձերի մասին տեղեկությունները: Պատմական բովանդակությամբ խնդիրների վերաբերյալ հարցերն արծարծվել են այս աշխատանքի նախորդ ենթագլխում: Այստեղ մենք մանրամասն կքննարկենք պատմական գիտափորձերին առնչվող հարցերը: Նշենք, որ ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում պատմական փորձերն իրենց մեջ ամփոփում են

ուսումնական փորձերի դասակարգման վերոնշյալ չորս հայտանիշները, ինչն էլ ուսուցչին հնարավորություն է տալիս հաջողությամբ լուծելու աճող սերնդի կրթության և դաստիարակության՝ իր առջև դրված մանկավարժական խնդիրը:

Ըստ ռուս հայտնի ֆիզիկայի մեթոդիստ Գ. Մ. Գոլիսի [50, էջ 253], ըստ իրենց ունեցած դերի և ֆիզիկայի զարգացման համար ունեցած նշանակության պատմական գիտափորձերը կարելի է դասակարգել հետևյալ խմբերով.

1. Փորձեր, որոնց շնորհիվ ֆիզիկայում ծագել են նոր բաժիններ և հետազոտական ուղղություններ: Դրանցից են Յ. Էրստեդի փորձը էլեկտրական հոսանքի մագնիսական ազդեցության վերաբերյալ, Ա. Բեկերելի փորձերը ճառագայթաակտիվության վերաբերյալ, Մ. Ֆարադեյի էլեկտրամագնիսական մակածման, Է. Ռեզերֆորդի α -մասնիկների ցրման փորձերը:
2. Փորձեր, որոնցով հայտնաբերվել են առանձին ֆիզիկական երևույթներ: Դրանցից են Ի. Նյուտոնի փորձերը լույսի դիսպերսիայի վերաբերյալ, Յ. Յերոցի փորձերը ֆոտոէֆեկտի վերաբերյալ, Վ. Կաուֆմանի փորձերը արագությունից էլեկտրոնի զանգվածի կախման վերաբերյալ և այլն:
3. Փորձեր, որոնք թույլ են տվել բացահայտել հայտնի երևույթների հատկությունները և օրինաչափությունները: Դրանցից են Գ. Գալիլեյի փորձերն ազատանկման վերաբերյալ, Մ. Ֆարադեյի փորձերը էլեկտրոլիզի վերաբերյալ, Ա. Ստուլետովի փորձերը ֆոտոէֆեկտի օրենքների հաստատման վերաբերյալ և այլն:
4. Փորձեր, որոնցով հաստատվել են տեսություններից բխող հետևությունների իսկությունը (Ժ. Պեռենի փորձերը բրոունյան շարժման վերաբերյալ, Օ. Շտեռնի փորձը մոլեկուլների՝ ըստ արագությունների մաքսվելյան բաշխման ստուգման վերաբերյալ և այլն):
5. Որոշիչ փորձեր, որոնցով վերջնական ձևով հաստատվել կամ հերքվել են այս կամ այն պատկերացումները և տեսական վարկածները: Դրանցից են Բ. Ռումֆորդի ջերմածնի գոյությունը հերքող փորձերը, Ջ. Ջ. Թոմսոնի փորձերը, որոնք հանգեցրել են

Էլ Եկտրոնի հայ տնագործմանը, Եթերի նկատմամբ Երկրագնդի շարժումը հայ տնաբերելու Ա. Մայքելսոնի և Է. Մոռլիի փորձերը և այլն:

6. Փորձեր, որոնցով որոշվել են ֆիզիկական մեծությունների և հաստատունների ճշգրիտ արժեքները (Ա. Մայքելսոնի լույսի արագության չափման, Յ. Կալենդիշի տիեզերական ձգողության հաստատունի որոշման, Ռ. Միլիկենի Էլ Եկտրոնի լիցքի որոշման փորձերը և այլն):

7. Փորձեր և սարքեր, որոնք դրվել են նոր հետազոտական մեթոդների ստեղծման հիմքում (Վիլսոնի խցիկ, մասս-սպեկտրաչափ, տարրական մասնիկների արագացուցիչներ և այլն):

Այս տիպի դասակարգումն ուսուցչին հնարավորություն է ընձեռում սովորողներին զերծ պահելու բոլոր փորձերին ու չափումներին նույն դերն ու նշանակությունը վերագրելու սխալից և օգնում է հասկանալ այնպիսի խնդիրների առանձնահատկությունները, որոնք ֆիզիկայում լուծվում են գիտափորձի օգնությամբ:

Այժմ ավելի մանրամասն քննարկենք պատմական գիտափորձերի դասակարգման վերոնշյալ խմբավորումը՝ ծանոթանալով մի քանի դարակազմիկ գիտափորձերի պատմությանը: Ստորև ներկայացվող դրվագները գրելիս մենք օգտվել ենք մի շարք հայտնի աղբյուրներից [13, 17, 99, 101, և այլն]:

2.2.1 ԷԼ ԵԿՏՐԱԿԱՆ ՀՈՍԱՆՔԻ ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԱՇԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ:

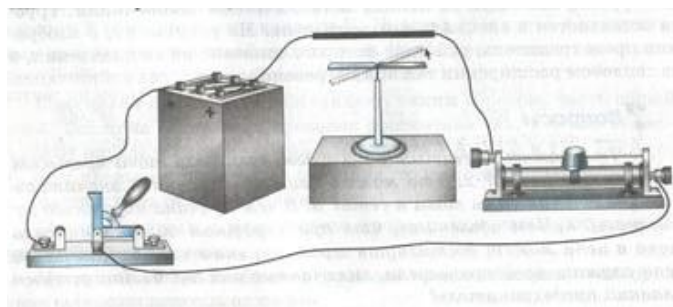
3. Բ. ԷՐՍՏԵՂ

1808թ. ֆրանսիական նավահանգիստներից մեկից նավարկում է կայծակից շանթահար եղած մի կիսափաթիտուլ ռազմական, որի վրա գտնվող հանձնաժողովի կազմում է լինում ֆրանսիացի ականավոր գիտնական *Ֆրանսուա Արագոն*, ով 23 տարի անընդմեջ եղել է Փարիզի գիտությունների ակադեմիայի ակադեմիկոս: Հանկարծ Արագոյի ուշադրությունը գրավում է այն փաստը, որ կայծակի ժամանակ մագնիսանում են նավում գտնվող բոլոր կողմնացույցների սլաքները: Այս ուշագրավ փաստը մեծ գիտնականին մտորումների

տեղիք է տալիս և նա հասկանում է, որ էլեկտրական և մագնիսական երևույթները փոխկապակցված են միմյանց հետ: Սակայն նա այդ խնդրով հիմնովին չի զբաղվում, քանի որ այդ ժամանակ կայծակի էլեկտրական բնույթը ոչ այնքան վաղուց էր հայտնաբերվել ամերիկացի բնագետ Բենջամին Ֆրանկլինի (1706-1790) կողմից և պահանջում էր նորանոր փորձնական փաստերի կուտակում:

Ուղիղ փորձով էլեկտրականության և մագնիսականության կապը հաստատել է դանիացի ֆիզիկոս *Հանս Քրիստիան Էրստեդը* (1777-1851):

Էրստեդը ծնվել է 1777թ. Ռուդկեբինգ քաղաքում՝ դեղագործի ընտանիքում: Հոր անմիջական ազդեցությամբ Էրստեդն ինքն էլ շուտով հրապուրվում է դեղագործի մասնագիտությամբ՝ 16 տարեկանում ընդունվելով Կոպենհագենի համալսարանի բժշկագիտության ֆակուլտետ: Ֆիզիկայի նկատմամբ նրա հետաքրքրությունների շրջանակը մեծանում է 1801-1803 թթ.՝ Գերմանիայում, Ֆրանսիայում և Հոլանդիայում շրջագայելու ժամանակ: 1806 թ. Էրստեդը դարձել է ֆիզիկայի պրոֆեսոր և իրեն նվիրել է բնության տարբեր երևույթների միջև կապերի ուսումնասիրությանը: 1813 թ. լույս է տեսել նրա «Հետազոտություններ էլեկտրական և քիմիական կապերի նույնության մասին» աշխատանքը [13, էջ 160]: Նախքան էլեկտրականության և մագնիսականության կապը հաստատող իր նշանավոր փորձը, Էրստեդն իր օրագրում գրել է. «Արդյո՞ք էլեկտրական հոսանքը որևէ կերպ չի ազդում իր մոտ գտնվող մագնիսի վրա» [96, էջ 137]: Սակայն երկար ժամանակ նրան չէր հաջողվում փորձով ստուգել իր այդ «մարգարեական հայտնությունը»:



Նկ. 2.2.1-1. Էրստեդի փորձի սարքավորումը:

Իր դարակազմիկ հայ տնագործությունն Էրստեդն արել է 1820 թ. փետրվարի 15-ին:

Պատմում են, որ իբր, մի դասախոսության ժամանակ, երբ Էրստեդն ուսանողներին ցուցադրելիս է եղել հոսանքի ջերմային ազդեցությունը, փորձասեղանին պատահականորեն դրված կողմնացույցի սլաքը շեղվել և պտտվել է, երբ հաղորդալարով հոսանք է բաց թողնվել (նկ. 2.2.1-1): Այս երևույթը չի վրիպել ներկա գտնվող մի ուշիմ ուսանողի աչքից, ինչի մասին նա անմիջապես հայտնել է իր պրոֆեսորին՝ Էրստեդին: Ահա այսպես պատահականորեն է հայտնաբերվել էլեկտրականության և մագնիսականության միջև անմիջական կապը փաստող երևույթը, որը երկար տարիներ համառորեն փնտրում էր Էրստեդը: Իր կատարած փորձի մասին 1820թ. հունիսի 21-ին նա հրատարակել է մի փոքրիկ հաղորդագրություն «Փորձեր, որոնք վերաբերում են մագնիսական սլաքի վրա էլեկտրական կոնֆլիկտի ազդեցությանը» վերնագրով [13, էջ 160]:

Ինչպես տեսնում ենք, Էրստեդը հաղորդալարում կատարվող պրոցեսն անվանել է ոչ թե հոսանք, այլ կոնֆլիկտ, որի արդյունքում դիտվում է հաղորդչի տաքացում: Սակայն, կարևորն այն է, որ էլեկտրական կոնֆլիկտը չի սահմանափակվում սոսկ հաղորդչի տաքացնելով և ունի «ակտիվության լայն ոլորտ»: Այն «հաղորդչի շուրջն առաջացնում է մրրիկ», որը հայտնաբերվում է մագնիսական սլաքի օգնությամբ՝ հաղորդալարից որոշ հեռավորությամբ: Դա փաստում է այն մասին, որ էլեկտրական հոսանքն ուղեկցվում է շրջապատող միջավայրի հատկությունների փոփոխություններով, այսինքն՝ ժամանակակից լեզվով ասած հոսանքն իր շուրջը ստեղծում է մագնիսական դաշտ:

Էրստեդի փորձը ցնցել է ողջ գիտական հանրությանը և առաջացրել է նոր գաղափարների և նոր հետազոտությունների ալիք: Իր «Էլեկտրադինամիկայում» Ամպերը գրել է. «Դանիացի պրոֆեսորն իր մեծ հայտնագործությամբ ֆիզիկոսների համար բացել է հետազոտությունների նոր ուղի: Այդ հետազոտությունները չեն մնացել անպտուղ, դրանք բերել են նոր փաստերի հայտնաբերմանը,

որոնք արժանի են բոլոր նրանց ուշադրությանը, ովքեր հետաքրքրվում են գիտության առաջընթացով» [13, էջ 161]:

Թեպետ իր պարզությանը, Էրստեդի փորձը հիմք է ծառայել էլ եկտրամագնիսական դաշտի գաղափարի առաջադրման, մերձագդեցության հայեցակարգի մշակման և աշխարհի մեխանիկական պատկերից նրա էլեկտրամագնիսական պատկերին անցնելու համար: Հենց դրանում էլ կայանում է Էրստեդի հայտնագործության պատմական նշանակությունը:

2.2.2 ՃԱՌԱԳԱՅԻՆԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ԿԵՐԱՔԵՐՅԱԼ Ա ԲԵԿԵՐԵԼԻ ՓՈՐՁԵՐԸ

1895թ. նոյեմբերի 8-ին գերմանացի ֆիզիկոս *Վ. Ռենտգենը* (1845-1923) գազապարպումային խողովակում կաթոդային ճառագայթների ուսումնասիրության ժամանակ պարզեց, որ խողովակում գազի ցածր ճնշման և էլեկտրոդների միջև բարձր լարման պայմաններում կաթոդի (բացասական էլեկտրոդի) դիմաց ապակյա խողովակի պատին նշմարվում է կանաչավուն երանգի առկայ ծովում՝ լյումինեսցենցիա: Այդ նոր ճառագայթներն օժտված էին մեծ թափանցող ունակությամբ և ունեին օդն իոնացնող հատկություն: Այդ ճառագայթները Ռենտգենն անվանեց *X-ճառագայթներ*: Հետագայում դրանք կոչվեցին իրենց իսկ հայտնագործողի անվամբ՝ *ռենտգենյան ճառագայթներ*: Ռենտգենյան ճառագայթների հայտնագործումը հիմք է հանդիսացել մի շարք փորձարարական հետազոտությունների: Այդպիսի հետազոտությունների դասին է պատկանում ճառագայթաակտիվության երևույթի հայտնագործումը:

1896 թ. հունվարի 20-ին Փարիզի գիտությունների ակադեմիայում *Անրի Պուանկարեն* իր զեկույցում ասել է, որ *ռենտգենյան ճառագայթումն* առաջանում է նյութի ֆոսֆորեսցենցիայի ժամանակ՝ անկախ կաթոդային ճառագայթների առկայությունից: Նիստին ներկա այդ ժամանակվա լյումինեսցենցիայի խոշոր մասնագետներից մեկը՝ *Անտուան Անրի Բեկերելը* (1852-1908), լսելով այդ մասին, նույն օրն անցել է այդ վարկածի ստուգմանը: Նրա կատարած փորձը շատ պարզ էր: Ըստ Բեկերելի, եթե որևէ աղբյուրից լուսավորված նյութի

հետճառագայթումն ուղեկցվի ռենտգենյան ճառագայթների արձակմամբ, ապա հաստ թղթով փաթաթված փորձանմուշի պատկերը պետք է երևա ֆոտոթիթեղի վրա: Բեկերեյն իր դարակազմիկ փորձն արել է ուրանի աղերով: Արևի ճառագայթներով լուսավորելով ուրանի աղեր պարունակող հանքանյութի կտորը, առաջին իսկ փորձից ստացել է դրական արդյունք: Ամբողջովին համոզված լինելով, որ դա պայմանավորված է ռենտգենյան ճառագայթներով՝ Բեկերեյն այդ մասին 1896 թ. փետրվարի 24-ին զեկուլցել է Փարիզի ակադեմիայում: Սակայն պատմությունը երբեմն մատուցում է անսպասելի անակնկալներ. իր փորձնական տվյալների իսկությամբ ավելի համոզվելու նպատակով Բեկերեյն իր փորձերը կրկնում է բազմիցս և տարբեր նյութերով: Նույն թվականի փետրվարի 26-ին, սովորականի պես, ֆոտոթիթեղը փաթաթելով սև թղթի մեջ և նրավրա դնելով ուրանի հանքանյութի կտորը, նա չի կարողացել կատարել հերթական փորձն անբարենպաստ եղանակի պատճառով: Մարտի 1-ին արդեն եղանակը թույլ էր տալիս շարունակել փորձերը, բայց գիտնականը որոշել էր նախօրոք հայտածել մի քանի օր դարակում մնացած ֆոտոթիթեղը: Նաշատ էր զարմացել՝ թիթեղի վրա տեսնելով փորձանմուշի հստակ ուրվագիծը: Այստեղից Բեկերեյն ընթադրել է, որ ուրանի աղերը ինքնուրույն ձևով ինչ-որ ճառագայթներ են արձակում՝ առանց կողմնակի լուսատու աղբյուրից լուսավորման:

Հաջորդ փորձերն արդեն կատարելով լրիվ մութ սենյակում՝ նա ստացել է նույն արդյունքը: Այդ մասին նա զեկուլցել է Փարիզի ակադեմիայում 1896 թ. մարտի 2-ին:

Արդեն կասկածից վեր էր, որ Բեկերեյնը հայտնագործել էր մինչ այդ անհայտ ճառագայթման նոր տեսակ, որը ռենտգենյան ճառագայթների նման օժտված է մեծ թափանցող ունակությամբ, սակայն, բնույթով էապես տարբերվում է դրանցից:

Ֆիզիկոսների առջև խնդիր դրվեց պարզելու Բեկերեյի հայտնագործած ճառագայթների բնույթը:

2.2.3 ՀԵՏԱՉՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԱՏՈՍԻ ԿԱՌՈՒՅՎԱԾՔԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ:

ՌԵԶԵՐՖՈՐԴԻ α – ՄԱՍՆԻԿՆԵՐԻ ՑՐՄԱՆ ՓՈՐՁԵՐԸ

Միջնադարյան ալքիմիկոսների կատարած փորձերը հաստատում էին, որ նյութը կազմված է մանրագույն մասնիկներից՝ ատոմներից, որոնք չունեն ներքին կառուցվածք, այսինքն՝ ատոմը հանդիսանում է նյութի փոքրագույն տարրը, որն այլևս անբաժանելի է (Դեմոկրիտ): Սակայն այսպիսի մոտեցումը ֆիզիկոսներին կանգնեցնում էր փակուղու առջև. անպատասխան էր մնում այն հարցը, թե ինչպես է տեղի ունենում մարմինների լիցքավորումը շփման միջոցով կամ՝ լիցքերն ինչ ձևով են մտնում նյութի կազմության մեջ:

Մաքսվելի տեսությունից և Յերրի կատարած փորձերից հայտնի դարձավ, որ բնության մեջ գոյություն ունեն էլեկտրամագնիսական ալիքներ, որոնք առաջանում են էլեկտրական լիցքերի արագացումով շարժման դեպքում: Բացի այդ, տարբեր քիմիական տարրերի ճառագայթման սպեկտրների ուսումնասիրությունները ցույց տվեցին, որ լույսի ճառագայթումը կապված է ատոմների հետ: Այսպիսով, պարզվեց, որ էլեկտրական լիցքերը մտնում են նյութի ատոմների կազմության մեջ և ունակ են շարժվել ու:

19-րդ դարի վերջին կաթոդային ճառագայթների, ինչպես նաև ֆոտոէֆեկտի և ջերմաէլեկտրոնային առաքման երևույթների ուսումնասիրության արդյունքում հայտնագործվեց բացասական լիցք կրող մասնիկը՝ էլեկտրոնը: Չափումները ցույց տվեցին, որ էլեկտրոնի զանգվածը մոտ 1840 անգամ փոքր է բնության մեջ հայտնի ամենաթեթև քիմիական տարրի՝ ջրածնի զանգվածից: Ատոմները սովորական վիճակում էլեկտրաչեզոք են, հետևաբար բացասական լիցքի հետ մեկտեղ դրանք պետք է պարունակեն նաև հավասար քանակով դրական լիցք:

Այս և նման այլ փաստերի հիման վրա 1903 թ. անգլիացի ֆիզիկոս *Ջ. Ջ. Թոմսոնը* ստեղծեց ատոմի առաջին մոդելը:

Կարևոր է նշել, որ նախքան Թոմսոնը ատոմի մոդելներ են առաջարկել ֆրանսիացի ֆիզիկոս *Ժան Պեռենը*, գերմանացի ֆիզիկոս *Ֆիլիպ Ֆոն Լենարդը* և ճապոնացի ֆիզիկոս *Յանտարո Նագաոկան*: *Պեռենի* առաջարկած մոդելը որոշ չափով նման է եղել Ռեզերֆորդի ատոմի մոդելին, այն կոչվել է ատոմի «միջուկամուկորակային

մոդել»: Համաձայն այդ մոդելի միջուկի շուրջն էլեկտրոնները պտտվում են որոշակի ուղեծրերով և լուսային ալիքների հաճախությանը համապատասխանող արագությանն ենթարկվում: Ատոմի դրական լիցքավորված միջուկի վերաբերյալ 1902 թ. հպանցիկ կարծիք է հայտնել Նաև լորդ Կելվինը:

Ատոմի մոդելի հաջորդ վարկածն առաջ է քաշել *Ֆիլիպ Ֆոն Լենարդը* (1862-1947) 1903 թ.: Նաիր վարկածն առաջադրել է հիմնվելով կաթոդային ճառագայթներով կատարած հետազոտությունների արդյունքների վրա: Լենարդը ենթադրել է, որ «տարբեր նյութերի ատոմները բաղկացած են տարբեր թվով նույն բևեռային բաղադրիչներից» [118, էջ 71]: Կաթոդային ճառագայթներ բաց թողնելով գրեթե ամբողջովին թափանցիկ նրբաթիթեղի վրա, նա ենթադրել է, որ այդ բաղադրիչներն ունեն շատ փոքր զծային չափեր (10^{-12} սմ), որոնք անհամեմատ փոքր են ատոմի չափերից (10^{-8} սմ): Այնուհետև նա ասել է, որ ատոմի կազմության մեջ մտնող այդ բաղադրիչները բացարձակ արժեքով ունեն էլեկտրոնի լիցքին հավասար լիցք, այսինքն լիցքավորված են դրականապես, իսկ դրանց զանգվածը զգալիորեն մեծ է էլեկտրոնի զանգվածից: Սակայն նա չի փորձել ուսումնասիրել ատոմի իր մոդելի դինամիկան, ինչի պատճառով էլ ֆիզիկոսների շրջանում լուրջ հետաքրքրություն չի առաջացել Լենարդի մոդելի վերաբերյալ:

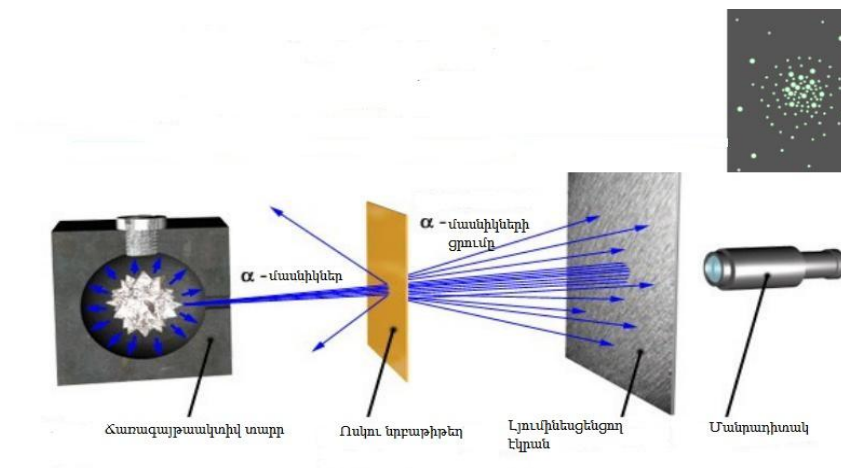
Ատոմի մոդելի վարկած է առաջադրել նաև ճապոնացի ֆիզիկոս *Հանտարո Նագաուկան* (1865-1950): Ճապոնական ֆիզիկամաթեմատիկական Ընկերության նիստում նրա կարդացած զեկուցումը ամբողջական ծավալով տպագրվել է այդ Ընկերության «Աշխատանքներում», բայց հոդվածի «ընդլայնված ամփոփագիրը» լույս է տեսել 1904 թ. սկզբներին անգլիական «Nature» ամսագրում: Նագաուկայի գաղափարի էությունն այն էր, որ նա ատոմը ներկայացրել էր որպես դրական լիցքով լիցքավորված զանգվածեղ գունդ, որի շրջակայքում որոշակի հեռավորությամբ դասավորված են էլեկտրոնները: Նրա մոդելը հիշեցնում էր Սատուրնի համակարգը, որում մոլորակի դերը կատարում է դրական լիցքավորված գնդիկը, իսկ օղակների դերը՝ էլեկտրոնները, որոնք գտնվում են գնդիկի հետ նույն հարթության մեջ: Նշենք, որ Սատուրնի օղակի առաջին

հետազոտողներից էր Ջ. Կ. Մաքսվելը: Մաքսվելի վերլուծությունը ցույց է տվել, որ Սատուրնի օղակը բաղկացած է գազից, որի մասնիկները բացի քառասային շարժում կատարելուց շրջանային ուղեծրով պտտվում են մոլորակի շուրջը: Նագաոկան հայտնաբերել է, որ միջէլեկտրոնային վանողությունը մաքսվելյան վերլուծության արդյունքը չի փոխում: Այնուհետև նա ենթադրել է, որ իրենց հավասարակշռության դիրքերի շուրջն էլեկտրոնների փոքր տատանումներն առաջ են բերում օպտիկական ճառագայթում, և ստացել որակական, մասամբ նաև քանակական կապ դիտարկվող ճառագայթման սպեկտրների համար: Նագաոկան ենթադրել է նաև, որ բավական ուժեղ «ցնցումները» կարող են ճեղքել ատոմը, ինչի շնորհիվ էլեկտրոնները թռչում են β -մասնիկների տեսքով և ատոմը վերածվում է դրական լիցքավորված α -մասնիկի: Այս մոդելն անմիջապես քննադատվել է, քանի որ եթե ատոմը սովորական վիճակում էլեկտրաչեզոք է, ապա այն պետք է շատ անկայուն լինի: Այս քննադատություններին Նագաոկան հակադարձել է. իր ստեղծած ատոմի մոդելը չպետք է ունենաներ քիմիական կառուցվածք, և հետևաբար, կարող է և էլեկտրաչեզոք չլինել: Սակայն նա հաշվի չէր առել այն էֆեկտները, որոնք կարող են սպասվել մնացած էլեկտրոնների առկայությամբ: Նրա մոդելը նույնպես զարգացում չապրեց և չընդունվեց գիտական հանրության կողմից:

Այսպիսով, ատոմի կառուցվածքի մասին արված բոլոր դատողությունները մինչև 1911թ. մնացել են որպես խելոք վարկածներ:

Ատոմի կառուցվածքի վերաբերյալ մանրակրկիտ փորձեր է կատարել անգլիացի ֆիզիկոս *Էռնեստ Ռեզերֆորդը* (1871-1937) Մանչեստրում: Նա դիտարկել է α -մասնիկների գուգահեռ փնջի անցումը ոսկու և այլ մետաղների նրբաթիթեղի միջով: Այդ փորձերը շատ նուրբ ու դժվար փորձեր էին, որոնք կատարվում էին մութ փորձասենյակում: Ռեզերֆորդն իր աշակերտների հետ խոշորացույցով դիտում և գրանցում էր ցինկի սուլֆիդով պատված էկրանի վրա ընկնող α -մասնիկների առաջացրած թույլ առկայծումները: Ռեզերֆորդի աշխատակիցներ *Յանս Գայգերը* (1882-1945) և *Էռնեստ Մարսդենը* (1889-1970) նախապես հաշվել էին միավոր

Ժամանակում արձակվող α -մասնիկների քանակը: Այդ տաղտկալի և հոգնեցուցիչ աշխատանքը թեթևացնելու նպատակով Գայգերը եւ Ռեզերֆորդը 1908թ. պատրաստել են առանձին լիցքակիրների գրանցող սարք, որը հետագայում կոչվեց Գայգերի հաշվիչ (նկ. 2.2.3-1):



Նկ. 2.2.3-1. Ռեզերֆորդի փորձի սխեման:

Փորձերը հաստատել են, որ α -մասնիկները հիմնականում անարգել անցնում են նրբաթիթեղի միջով: Դրանց միայն չնչին մասն է (մոտավորապես 10000 մասնիկներից մեկը) շեղվում իր սկզբնական դիրքից 90° և ավելի մեծ անկյուններով: Այդ արտառոց փաստն իսկական խուճապե առաջացրել փորձարարների մոտ:

Վերստին կրկնելով փորձերը, Ռեզերֆորդն արդեն լիովին համոզվել է, որ ստացած արդյունքը պատահական չէր և չէր կարող սխալ լինել: Տարիներ անց նա նշել է. «Դա, թերևս, եղել է ամենից անհավանական իրադարձությունը, որին ես երբևէ հանդիպել եմ իմ կյանքում: Դա այնքան անսպասելի էր, որքան եթե դուք 15 դյույմանոց արկով կրակեիք ծխախոտի թղթի վրա, և արկը ետ վերադառնար և խոցեր ձեզ» [13, էջ 246]:

1911թ. Ռեզերֆորդը տեսական հաշվարկներով հաստատել է, որ α -մասնիկները մեծ շեղումներ են ունենում այն դեպքում, երբ շատ են մոտենում ատոմում գտնվող մեծ զանգված և դրական լիցք ունեցող ինչ-որ կենտրոնների, որոնց չափերն անհամեմատ փոքր են ատոմի չափերից: Դա նշանակում է, որ ատոմն իր կառուցվածքով նման

Ե Արեգակնային համակարգությանը. այն կազմված է դրականապես լիցքավորված միջուկից և նրա շուրջը պտտվող էլեկտրոններից:

Վերլուծելով տարբեր նյութերից պատրաստված նրբաթիթեղներով կատարած իր փորձերի արդյունքները, Ռեզերֆորդը ստացել է բանաձև, որը կապ է հաստատում որոշակի անկյան տակ շեղված α -մասնիկների թվի և տվյալ նյութի ատոմի միջուկի լիցքի միջև: Նա հաստատել է նաև, որ միջուկի լիցքը համեմատական է տարրի ատոմական կշռին: Ռեզերֆորդի այդ տեսական եզրակացությունը փորձնականորեն ապացուցել է նրա աշակերտ *Յենրի Սոզլի* (1887-1915):

1913 թ. Ֆ. Սոդդին և Կ. Ֆայանսը պարզել են, որ α -տրոհման ժամանակ միջուկի կարգաթիվը փոքրանում է 2-ով, իսկ β -տրոհման դեպքում՝ մեծանում է 1 միավորով: Սոդդին հանգել է ատոմի միջուկի իզոտոպների գաղափարին:

Թեպետ Ռեզերֆորդը մշակել էր ատոմի միջուկային մոդելը, սակայն ինքն առաջինն է ըմբռնել դրա մոտավոր բնույթը: Այդ մոդելի թույլ կողմն այն էր, որ դրանով անհնար էր բացատրել ատոմների կայունությունը:

Ինքնին հասկանալի է, որ միջուկի վրա չընկնելու համար էլեկտրոնները պետք է մեծ արագությամբ պտտվեն միջուկի շուրջը: Սակայն այս մոդելը խիստ հակասության մեջ էր մտնում դասական էլեկտրադինամիկայի հետ: Բանն այն է, որ համաձայն դասական էլեկտրադինամիկայի, միջուկի շուրջը պտտվող էլեկտրոնները, շարժվելով արագացումով, պետք է ճառագայթեն: Արդյունքում կորցնելով իրենց էներգիան՝ կարճ ժամանակ անց, նրանք կընկնեն միջուկի վրա, և ատոմը կդադարեր գոյություն ունենալուց: Դրա հետ մեկտեղ ատոմը պետք է արձակեր անընդհատ սպեկտր: Իրականում չի դիտվում ո՛չ մեկը, ո՛չ մյուսը: Ռեզերֆորդն առաջիններից էր, ով համոզված էր, որ դեռևս կգա ժամանակ, երբ կլուծվի ատոմի կառուցվածքի խնդիրը:

2.2.4 Ի. ՆՅՈՒՏՈՆԻ ՓՈՐՁԵՐԸ ԼՈՒՅՍԻ ԴԻՍԴԵՐՍԻԱՅԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

Այն, որ առարկաները վեցանկյուն արիզմայի ձև ունեցող բնական միաբյուրեղներում երևում են ծիածնագույն եզրերով,

հայ տնի է եղել դեռևս մ.թ. 1-ին դարում: 14-րդ դարում գերմանացի գիտնական *Թեոդորիկը* ջրով լցված գնդաձև անոթներով կատարած փորձերով զարգացրել է ծիածանի տեսությանը՝ առաջինը հաշվի առնելով լույսի անդրադարձումը ոլորտի ներքին մակերևույթից: Հետագայում տարբեր ժամանակներում և տարբեր գիտնականների կողմից բազմիցս կրկնվել են նրա փորձերը:

Ծիածանի գիտական բացատրությունը վերագրվում է ֆրանսիացի գիտնական և փիլիսոփա *Ռենե Դեկարտին* (1596-1650), ով զարգացրել է իտալացի վանական *Մարկոս Դոմինիսի* գաղափարը: Դեկարտը ծիածանի առաջացումը բացատրել է լույսի անդրադարձմամբ և բեկմամբ՝ շրջանցելով գույների հարցը, քանի որ այդ ժամանակ դեռևս հայտնագործված չէր լույսի դիսպերսիայի երևույթը:

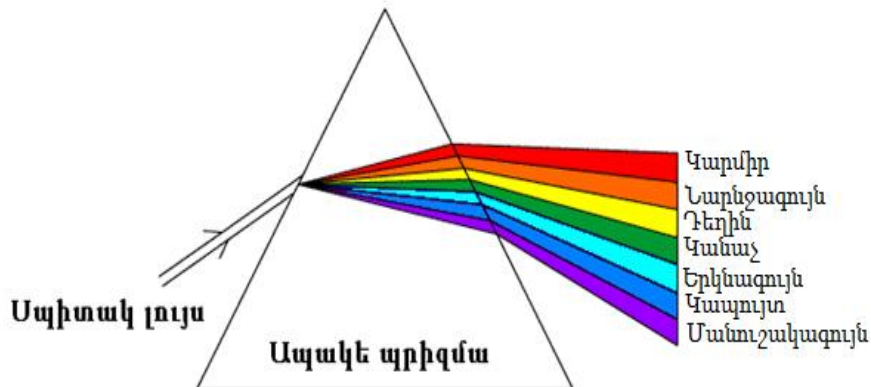
Լուսային ճառագայթների սպեկտրների ստացման առաջին փորձերը ապակե եռանկյունն պրիզմայի միջոցով կատարել են անգլիացի *Թոմաս Չարիոտը* (1560-1621) և չեխ *Մարկո Մարցին* (1595-1667): Մարցին հաստատել է, որ լույսի ճառագայթի տարալուծումը սպեկտրի, պրիզմայում տարբեր գույնի ճառագայթների տարբեր չափով բեկումն է:

Այս ամենով հանդերձ՝ նախքան Նյուտոնը չի կատարվել լույսի ճառագայթի՝ սպեկտրի տարալուծման երևույթի վերաբերյալ և ոչ մի լուրջ հետազոտություն:

Լուսային ճառագայթի տարալուծման լուրջ փորձեր կատարել է անգլիացի հանճարեղ ֆիզիկոս և մաթեմատիկոս *Իսահակ Նյուտոնը* (1642-1727): Նա 1665-1666 թթ. Վոլլսթորփում գտնվելու ժամանակ հիմնովին զբաղվել է լույսի տարալուծման ուսումնասիրությամբ:

Իր նախորդների նման, սպեկտրի առաջացումը Նյուտոնը նույնպես բացատրել է լույսի բեկումով: Փոփոխելով փորձի պայմանները (պրիզմաների դիրքը միմյանց նկատմամբ)՝ նա ապացուցել է, որ գունավոր սպեկտրի առաջացման պատճառը արեգակնային «սպիտակ» լույսի բարդ կազմությունն է. այն իր մեջ պարաստի ձևով պարունակում է սպեկտրում դիտվող բոլոր գույնի ճառագայթները: Փորձի արդյունքը հիմնավորելու համար նա օգտագործել է երկրորդ պրիզման: Նրա վրա գցելով առաջին

պրիզմայով ստացված սպեկտրից որևէ գույնի ճառագայթ՝ նա պարզել է, որ երկրորդ պրիզմայում այն բեկվում է առանց տարրալուծման (նկ. 2.2.4-1):



Նկ. 2.2.4-1. Նյուտոնի փորձի վերաբերյալ :

Այստեղից Նյուտոնը եզրակացրել է, որ սպեկտրի մեներանգ ճառագայթներից յուրաքանչյուրը պարզ լույս է: Այնուհետև սպեկտրի տարրալուծված գույնավոր ճառագայթները հավաքող ոսպնյակով հավաքելով էկրանի միևնույն կետում՝ Նյուտոնը տեսել է, որ նորից ստացվում է «սպիտակ» լույս: Այդպիսով Նյուտոնը համոզվել է, որ բնական լույսն իրենից ներկայացնում է տարբեր գույնի ճառագայթների համախումբ:

Պրիզմայի վրա ընկնող բնական լույսի բոլոր ճառագայթների համար ճառագայթների անկման և պրիզմայի բեկող անկյուններն իրար հավասար են, հետևաբար՝ տարբեր գույնի ճառագայթների շեղման անկյունների տարբերությունը պայմանավորված է միայն այդ ճառագայթների համար պրիզմայի բեկման ցուցչի տարբեր արժեքներով: Այսպիսով՝ պրիզմայի նյութի բեկման ցուցչի արժեքը կախված է պրիզմայով անցնող լույսի գույնից՝ նրա հաճախությունից: Միջավայրի բեկման ցուցչի կախումը լույսի հաճախությունից կոչվում է *լույսի դիսպերսիա*:

Պրիզմայում լույսի տարրալուծման փորձերի արդյունքները Նյուտոնը դրել է գույների տեսության հիմքում: Նա հաստատել է, որ մարմինների գույնը պայմանավորված է այն ճառագայթների գույնով, որոնք անդրադառնում են մարմնից: Օրինակ՝ խոտը կանաչ է, քանի որ խոտից անդրադառնում է միայն կանաչ գույնի

ճառագայթը, իսկ մնացած գույները կլանվում են խոտի կողմից: Սև մարմինները կլանում են բոլոր գույնի ճառագայթները, իսկ սպիտակներն անդրադարձնում:

Մինչև Նյուտոնը գիտության մեջ գույների վերաբերյալ եղել է այլ պատկերացում, որը կապված է Արիստոտելի անվան հետ: Համաձայն այդ պատկերացման՝ գույներն առաջանում են լույսի և մթության տարբեր չափերով միախառնման արդյունքում: Հիմնական (պարզ) լույս համարելով Արեգակի սպիտակ լույսը՝ Արիստոտելը պնդել է, որ, օրինակ, կարմիր գույնն առաջանում է, երբ Արեգակի լույսին խառնվում է քիչ քանակով մթություն, իսկ մանուշակագույնը՝ շատ քանակով մթության հետ բնական լույսի միախառնման արդյունք է:

Հարիոտը և Մարցին ընդունել են այդ տեսակետը՝ համարելով, որ այն հաստատվում է փորձով: Նրանց կարծիքով՝ արիզմայում տարբեր անկյուններով բեկվող ճառագայթներն անցնում են տարբեր ճանապարհներ՝ տարբեր չափով պահպանելով իրենց նախնական «սպիտակությունը»: Փոքր անկյամբ բեկվող ճառագայթը արիզմայում անցնում է ավելի կարճ ճանապարհ և, խառնվելով ավելի քիչ մթությանը, արիզմայից դուրս է գալիս կարմիր գունավորումով: Համանման ձևով, ամենամեծ չափով շեղվող մանուշակագույն ճառագայթը արիզմայում անցնում է ամենաերկար ճանապարհը, հետևաբար՝ նրան խառնվում է մեծ չափով մթություն:

Ինչպես տեսանք, սպեկտրի առաջացումը Նյուտոնը բացատրել է միանգամայն այլ մոտեցմամբ՝ ենթադրելով, որ բնական լույսը բաղկացած է տարբեր գույնի մեներանգ ճառագայթներից, որոնք լիովին դիտվում են բեկման և անդրադարձման բոլոր դեպքերում:

1672թ. փետրվարին լույսի բնույթի և գույների մասին իր տեսությունը Նյուտոնը ներկայացրել է Լոնդոնի թագավորական ընկերությանը: Այն դարձել է բուռն վեճերի և տարածայնությունների առարկա: Նյուտոնի գլխավոր ընդդիմախոսն ու հակառակորդը եղել է նշանավոր գիտնական *Ռոբերտ Հուկը* (1635-1703), ով այդ ժամանակ զբաղեցնում էր ԼԹԸ գլխավոր փորձարարի պաշտոնը: Այն, որ «սպիտակ» լույսն իր մեջ պարունակում է գունավոր ճառագայթներ, Հուկը համարել է

նույն քան անհեթեթ, որքան եթե ասեին, թե երաժշտական գործիքն իր մեջ պատրաստի ձևով պարունակում է ձայն: Սակայն, չունենալով բավարար փաստարկներ, Յուկը չի կարողացել լիովին մերժել Նյուտոնի եզրակացությունները:

Կարևոր է նշել, որ Նյուտոնը միշտ ներքաշված է եղել այդպիսի վեճերի մեջ: Դա բացատրվում է նրանով, որ նրա կատարած հետազոտությունները նվիրված են եղել իր ժամանակի ամենահրատապ խնդիրներին: Այդ հետազոտություններից շատերն անհասկանալի էին այն ժամանակվա շատ գիտնականների համար, այդ իսկ պատճառով ոմանք նրան ընդունում էին որպես հանճար, ոմանք՝ սովորական գիտնական, ոմանք էլ՝ անհասկանալի անձնավորություն:

Միայն հետագայում շատ ու շատ նշանավոր գիտնականների քրտնաջան աշխատանքների շնորհիվ է լիարժեք գնահատվել Նյուտոնի կատարած վիթխարի աշխատանքների նշանակությունը:

2.2.5 9. ԳԱԼԻԼԵՅԻ ՓՈՐՁԵՐՆ ԱՉՍՏ ԱՆԿՄԱՆ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

Իտալացի նշանավոր գիտնական *Գալիլեո Գալիլեյը* (1564-1642) համարվում է փորձարարական ֆիզիկայի հիմնադիրը: Նրան իրավամբ կոչում են փորձարարական մեթոդի հայր:

Գալիլեյի լուծած առաջին փորձարարական հիմնախնդիրը եղել է մարմինների ազատ անկումը: Նախքան Գալիլեյը ողջ աշխարհում, գրեթե 2300 տարի իշխել է Արիստոտելի գաղափարը:

Ելնելով առօրյա դիտումներից՝ Արիստոտելը պնդել է, որ ծանր մարմիններն օդում ցած են ընկնում իրենց կշիռներին համեմատական արագություններով, այսինքն՝ ծանր մարմիններն ավելի մեծ արագությամբ են գետնին ընկնում, քան՝ թեթևները:

Գալիլեյը գիտնականին հարիր նուրբ հոտառությամբ ըմբռնել է, որ Արիստոտելը մարմինների ծանրությունն ու թեթևությունը սխալ մամբ համարել է դրանց բնատուր հատկություն՝ դիտելով մարմինների շարժումը միջավայրում: Նա եզրակացրել է, որ միջավայրը կարող է էական ազդեցություն ունենալ մարմինների շարժման վրա: Օրինակ՝ օդում փայտն ընկնելիս իրեն դրսևորում է

որպես ծանր մարմին, իսկ ջրում լողում է դեպի վեր՝ այս դեպքում իրեն դրսևորելով որպես թեթև մարմին: Սակայն, միանգամայն սխալ կլինի կարծել, որ խիտ միջավայրում մարմինները շարժվում են միշտ փոքր արագությամբ, քան նոսր միջավայրում: Օրինակ՝ թեթև փուչիկը ջրից դուրս է մղվում զգալիորեն մեծ արագությամբ, մինչդեռ օդում ընկնում է դանդաղ:

Նշված պարզ օրինակները ցույց են տալիս, որ Արիստոտելի հայեցակարգում միջավայրի անտեսումը բացառվում է: Այդ պատճառով այն փաստը, որ օդում քարն ավելի արագ է ցած ընկնում, քան ասենք՝ թղթի թերթը, հաստատում է Արիստոտելի հայեցակարգի ճշմարտացիությունը:

Գալիլեյն ըմբռնել է, որ օդում մարմինների ազատ անկումը բարդ շարժում է, որը պայմանավորված է դատարկության մեջ (վակուումում) մարմինների ազատ անկմամբ և միջավայրում դրանց շարժմամբ:

Միայն ծանրության ուժի ազդեցությամբ մարմնի շարժումն ուսումնասիրելու համար անհրաժեշտ է այդ երկու անկախ շարժումներն առանձնացնել իրարից և դիտարկել մարմնի շարժումը վակուումում: Գալիլեյը եզրակացրել է, որ վակուումում մարմիններն ընկնում են միևնույն ձևով (արագացմամբ)՝ անկախ իրենց կշռից:

Գալիլեյի ժամանակներում օդահան արմպերը դեռևս հայտնագործված չէին, հետևաբար իր եզրակացությունը փորձով ապացուցելը գրեթե անհնար էր:

Սակայն Գալիլեյը կարողացել էր հնարամտորեն շրջանցել այդ դժվարությունը՝ փորձելով օդի դիմադրության ուժը հավասարեցնել անկում կատարող մարմինների վրա: Իր դարակազմիկ փորձը նա կատարել է՝ Պիզայի թեք աշտարակից ցած նետելով տարբեր նյութերից պատրաստված, բայց նույն չափերն ունեցող գնդեր: Գալիլեյը տեսել է, որ թեպետ կշիռների զգալի տարբերությանը, գնդերը գետնին են հասել միաժամանակ:

Հետաքրքիր պատմությունն կա այն մասին, որ երբ Պիզայի համալսարանի քսանյոթամյա մաթեմատիկայի դասախոս Գալիլեյը փորձն իրականացնելու նպատակով բարձրացել է Պիզայի թեք

աշտարակի գագաթին, այնտեղ հավաքվել է հոծ բազմություն. մարդկանց թվացել է, որ Գալիլեյն անընդհատ իր գաղափարների շուրջը ծավալվող գիտավեճերից կորցրել է հոգեկան հավասարակշռությունը և փորձում է ինքնասպան լինել:

Բացի Պիզայի աշտարակի գնդիկներով փորձից, Գալիլեյն իր դատողության հիմնավոր լինելը ապացուցել է նաև ճոճանակներով կատարված փորձերով՝ ճոճանակի տատանումները դիտարկելով որպես ծանրության ուժի ազդեցությամբ մարմնի հաջորդական անկումներ և վերելքներ: Գալիլեյը հավասար երկարությամբ թելերից կախել է խցանափայտից և կապարից պատրաստված գնդիկներ, որոնցից մեկը 100 անգամ ծանր էր մյուսից: Փորձը ցույց է տվել, որ երկու ճոճանակներն էլ տատանվում են հավասար պարբերությամբ:

Ազատ անկման օրենքը Գալիլեյն ապացուցել է նաև հնարամիտ մտային փորձով:

Դիցուք՝ ունենք երկու մարմին՝ թեթև և ծանր: Ըստ Արիստոտելի, եթե այդ երկու մարմինները թելով կապենք իրար և բաց թողնենք որոշ բարձրությունից, ապա միասին դրանք կընկնեն ավելի մեծ արագությամբ, քան այդ մարմիններից յուրաքանչյուրն առանձին-առանձին: Բայց չէ՞ որ կապված վիճակում թեթև մարմինը, ձգտելով ընկնել դանդաղորեն, խոչընդոտում է ծանրի շարժումը: Իր հերթին ծանր մարմինը, ձգտելով ավելի արագ ընկնել, արագացնում է թեթևին: Արդյունքում, կապված վիճակում այդ մարմինները պետք է ցած ընկնեն մի արագությամբ, որն ավելի փոքր է ծանր մարմնի արագությունից, բայց ավելի մեծ է, քան թեթևի արագությունը:

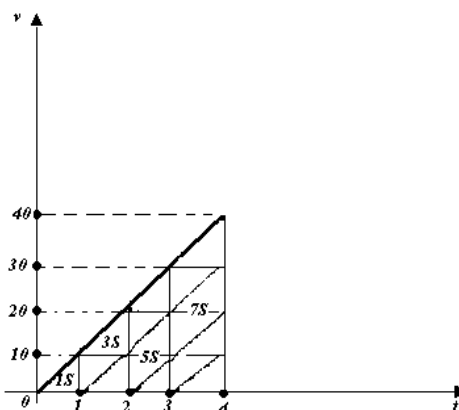
Ստացանք հակասություն. կապված վիճակում ծանր և թեթև մարմինները, կազմելով մեկ ամբողջություն և պետք է ընկնեն ավելի դանդաղ, քան առանձին ընկնում է միայն ծանր մարմինը: Այս հակասությունն էլ վկայում է Գալիլեյի պնդման ճշմարտացիությունը, որ բոլոր մարմիններն էլ միևնույն բարձրությունից ազատորեն ընկնելով, գետնին են հասնում միաժամանակ [29, էջ 22]:

Յետևաբար, ճիշտ է ընդունել, որ բոլոր մարմիններն անկախ իրենց զանգվածից, ազատանկում են կատարում միևնույն ձևով:

Մինչև 1604 թ. Գալիլեյը ենթադրել է, որ մարմինների արագության ունենա՞նք աճում է անցած ճանապարհին համեմատական կարգով ($s \propto v$): Հետագայում նա պարզել է, որ այդ ենթադրությունը սխալ է, քանի որ այդ դեպքում նախապես դադարի վիճակում գտնվող մարմինը միշտ կմնար դադարի վիճակում, այսինքն՝ չէր լինի իներցիայի երևույթը: Գալիլեյն առաջադրել է նոր վարկած, որի համաձայն ազատ անկման ժամանակ արագությունը մեծանում է շարժման ժամանակին համեմատական չափով ($v \propto t$): Այս վարկածը փորձնականորեն ստուգելը շատ դժվար էր, քանի որ տաղանդավոր գիտնականն իր փորձերը կատարում էր ինքնաշեն սարքերով, որոնք չէին ապահովում չափումների ճշտությունը: Օրինակ՝ Գալիլեյը ժամանակը չափում էր «ջրային ժամացույցով»՝ լայն անոթի հատակին արված փոքր անցքից թափված ջրի կշռով կամ իր զարկերակի խփոցներով:

Սակայն այստեղ էլ Գալիլեյին օգնում է գիտնականին հարիր հնարամտությունը: Հմուտ փորձարարն այս անգամ օգտվել է տեսական հնարքից. արագության գրաֆիկի օգնությամբ նա տեսականորեն պարզել է, որ եթե ճիշտ է $v \propto t$ կանխադրույթը, ապա փոփոխվող արագությամբ շարժվող մարմինը որոշ t ժամանակամիջոցում կանցնի նույնքան ճանապարհ, որքան կանցներ հաստատուն $\frac{v_0 + v}{2}$ միջին արագությամբ հավասարաչափ շարժման դեպքում:

Դրանից հետևում էր, որ հավասարաչափ փոփոխական շարժման դեպքում մարմնի անցած ճանապարհը համեմատական է ժամանակի քառակուսուն ($s \propto t^2$):



Նկ. 2.2.5-1. Արագության ժամանակից կախումը:

Գալիլեյը պարզել է նաև, որ առանց սկզբնական արագության հավասարաչափ արագացող շարժման դեպքում իրար հավասար հաջորդական ժամանակամիջոցներում մարմնի անցած ճանապարհները հարաբերում են ինչպես 1:3:5:7... (Նկ. 2.2.5-1): Այս արդյունքը նա ստուգել է փորձով՝ ազատ անկման փոխարեն ուսումնասիրելով մարմինների սահքը թեք հարթության վրա:

Դիսամիկայում թեք հարթության օգտագործումը եղել է նոր մոտեցում: Մինչ այդ այն օգտագործվել է միայն գործնական նպատակով՝ որպես պարզ մեխանիզմ, որը շահում է տալիս ուժի մեջ, իսկ ավելի ուշ՝ մարմինների հավասարակշռության պայմանների ուսումնասիրության նպատակով:

Փորձերը հաստատել են, որ թեք հարթության վրայով մարմինների շարժումը բավարարում է հաստատուն արագացմամբ շարժման հայտանիշներին, ընդ որում արագացման մեծությունը կախված է թեք հարթության բարձրության և երկարության հարաբերությունից:

Գալիլեյը գտել է մի շարք կարևոր առնչություններ, որոնք ժամանակակից տեսքով ներկայացվում են՝ $\frac{a}{g} = \frac{h}{l}$, $v^2 = 2gh$, $a = g \sin \alpha$,

$v = at$, $s = \frac{at^2}{2}$ բանաձևերով [13, էջ 78]:

Այսպիսով՝ Գալիլեյը հաստատել է, որ ազատ անկումը հաստատուն արագացմամբ ուղղագիծ շարժում է:

2.2.6 Մ. ՖԱՐԱԴԵՅԻ ԷԼԵԿՏՐՈԼԻԶԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ ՓՈՐՁԵՐԸ ԵՎ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԼԻՑՔԻ ԸՆԴՀԱՏՈՒԹՅՈՒՆԸ

19-րդ դարի 30-ական թթ. անգլիացի նշանավոր գիտնական Մայքլ Ֆարադեյը (1791-1867) փորձնականորեն սահմանել է երկու օրենք: Ելեկտրոլիզի վերաբերյալ, որոնք այսօր կրում են նրա անունը: Այդ օրենքներն ակամա հանգում էին Էլեկտրական լիցքերի ընդհատության և միջատմային Էլեկտրական փոխազդեցության

ուժերի գաղափարին: Էլեկտրաքիմիական հետազոտությունների արդյունքում Ֆարադեյն ապացուցել է, որ «Էլեկտրական հոսանքի քիմիական ազդեցությունն ուղիղ համեմատական է անցնող Էլեկտրականության բացարձակ քանակին» [13, էջ 213]: Դա նշանակում է, որ Էլեկտրականության կրողները հանդիսանում են ոչ թե ինչ-որ առանձնահատուկ «Էլեկտրականության հեղուկներ», այլ՝ նյութի կազմության մեջ մտնող տարրական մասնիկներ: Ֆարադեյն առաջինն է ներմուծել իոնի հասկացությունը որպես նյութի կազմության մեջ մտնող փոքրագույն մասնիկ, որն Էլեկտրական լիցք է կրում: Ֆարադեյի օրենքները թույլ են տալիս նաև հաշվել նյութերի իոնների նվազագույն լիցքը, որոնց արժեքականությունը հավասար է մեկի (միարժեք տարրեր):

Իրոք, եթե $m = \frac{1}{F} \frac{M}{n} \cdot q$, իսկ միարժեք տարրերի համար $n = 1$, ապա մեկ մոլ նյութի համար ($m = M$) կստանանք՝

$$M = \frac{1}{F} Mq,$$

այսինքն՝ $q = F$, որտեղ F -ը կոչվում է Ֆարադեյի հաստատուն ($F = 96500$ Կլ/մոլ):

Քանի որ մեկ մոլ նյութը պարունակում է Ավոգադրոյի թվով իոններ ու նաև հաշվելով q լիցքը, կարելի է հաշվել մեկ իոնի լիցքը՝

$$e = \frac{F}{N_A} = \frac{9,65 \cdot 10^4}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,60299 \cdot 10^{-19} \text{ Կլ} :$$

Այս եղանակով 1874 թ., Էլեկտրոնի հայտնագործումից 23 տարի առաջ, իռլանդացի ֆիզիկոս *Ջոնսթոն Սթոնիս* որոշել է տարրական լիցքի արժեքը (Սթոնիի աշխատանքը հրապարակվել է 1891 թ.): Սթոնիի պատկերացրած Էլեկտրոնը չէր համարվում նյութի տարրական մասնիկ, այն ընդամենը նվազագույն Էլեկտրականության քանակի անվանումն էր: Բել ֆաստում (Ջյուսիսային Իռլանդիա) կարդացած «Բնության ֆիզիկական միավորների մասին» գեկուցման մեջ նա ասել է. «Վերջապես, բնությունը մեզ տալիս է մեկ, միանգամայն որոշակի Էլեկտրականության քանակ, որն անկախ է դիտարկվող մարմիններից: ...Էլեկտրոնի տի ներսում խզված յուրաքանչյուր

քիմիական կապին բաժին է ընկնում էլեկտրոլիտի միջով անցած էլեկտրականության որոշակի, միշտ միևնույն քանակությունը: Էլեկտրականության այդ քանակին ես կանվանեմ E_1 : Եթե մենք այն ընդունենք որպես էլեկտրականության միավոր, ապա, հավանաբար, մոլեկուլային երևույթների ուսումնասիրության մեջ կկատարենք շատ մեծ քայլ» [13, էջ 255]:

Էլեկտրական լիցքի ընդհատության մասին ավելի վաղուց միտք է արտահայտել նաև գերմանացի ֆիզիկոս *Վիլհելմ Վեբերը*, ով կարծում էր, որ «յուրաքանչյուր կշռային ատոմին կապված է էլեկտրականության ատոմ» [97, էջ 113]:

Թեպետ «Էլեկտրականության ատոմի» գոյությունն անմիջական ձևով բխում էր էլեկտրոլիզի օրենքներից՝ Ջ. Կ. Մաքսվելը լիցքի ընդհատության գաղափարն արժանահավատ չի համարել: Իր «Տրակտատում» նագրել է. «...քիչ հավանական է, որ այն ժամանակ, երբ մենք կճանաչենք էլեկտրոլիզի իսկական բնույթը, մենք կպահպանենք թեկուզ ինչ-որ բան մոլեկուլային լիցքի տեսությունից. այդ ժամանակ մենք ամուր հիմք կունենանք էլեկտրական հոսանքի իսկական տեսությունը ստեղծելու և այդ պատկերացումներից ազատվելու համար [86]:

Էլեկտրական լիցքի գաղափարի ջատագովներից է եղել նաև Դ. Դելմոնդը: 1881 թ. ԼԹԸ-ում Ֆարադեյի 90-ամյակին նվիրված իր ճառում նա նշել է. «Եթե մենք ընդունում ենք քիմիական ատոմների գոյությունը, ապա հարկադրված ենք դրանից եզրակացնել, որ էլեկտրականությունը նույնպես, ինչպես դրականը, այնպես էլ բացասականը, բաժանվում է որոշակի տարրական քանակների, որոնք խաղում են էլեկտրականության ատոմների դեր» [13, էջ 256]:

Այսպիսով, էլեկտրոլիզի ուսումնասիրությունն առաջադրեց մի վարկած, համաձայն որի էլեկտրականության քանակը բաժանելի է և կապված է նյութի մասնիկների հետ: Այդ վարկածն ուղիղ փորձով չհաստատվեց: Դետագայում այն ապացուցվեց գազերի հաղորդականությունն ուսումնասիրելիս:

2.2.7 Ա ՍՏՈՒԵՏՈՎԻ ՓՈՐՁԵՐԸ ՖՈՏՈԷԼԵԿՏԻ ԴԱՍՏԱՏՄԱՆ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

1888 թ. ամռանը ռուս մեծ ֆիզիկոս-փորձարար, Մոսկվայի համալսարանի պրոֆեսոր *Ալեքսանդր Ստոլետովն* (1839-1896) ուսումնասիրելով ֆոտոէլեկտի երևույթը պարզել է նրա բնույթն ու օրինաչափությունները: Ֆոտոէլեկտի երևույթը ոչ միայն էապես ազդել է գիտության ու տեխնիկայի զարգացման վրա, այլև խթան է հանդիսացել բազմաթիվ գիտական հայտնագործությունների և գյուտերի համար: Բոլոր հեռուստա- և տեսախցիկները, թվային լուսանկարչական ապարատները, ֆոտոտարերը, ֆոտոռեկեները և շատ այլ սարքեր, որոնք լուսային ազդանշանը փոխակերպում են էլեկտրականի և հակառակը, աշխատում են ֆոտոէլեկտի հիման վրա:

Ֆոտոէլեկտի երևույթն այն է, որ լույսի ազդեցությամբ նյութից էլեկտրոններ են արկվում: Եթե բացասական լիցքավորված էլեկտրացույցին ամրացնենք լավ մաքրված ցինկե թիթեղ և լուսավորենք այն, ապա էլեկտրացույցի թերթիկների շեղման անկյունը կփոքրանա, այսինքն այն կլիցքաթափվի: Իսկ դա նշանակում է, որ լույսի ազդեցությամբ ցինկե թիթեղի մակերևույթից էլեկտրոններ են արկվում և դուրս թռչում: Այժմ, եթե լույսի ճանապարհին դնենք սովորական ապակյա թիթեղ, ապա լիցքի կորուստ տեղի չի ունենա, այսինքն՝ ֆոտոէլեկտ չի դիտվի: Պատճառն այն է, որ սովորական ապակին չի անցկացնում անդրամանուշակագույն ճառագայթներ, իսկ ցինկն անցկացնում է հենց այդ ճառագայթները, այդ իսկ պատճառով ցինկե թիթեղի դեպքում երևույթը դիտվում է: Օրինակ՝ ինչքան էլ պայծառ կարմիր լույս գցենք ցինկե թիթեղի վրա, նրանից էլեկտրոններ չեն արկվի: Այս փաստը չի բացատրվում դասական ֆիզիկայի օրենքներով, քանի որ համաձայն դասական էլեկտրադինամիկայի, մեծ լուսավորության դեպքում լուսային ալիքի էլեկտրական և մագնիսական դաշտերն էլեկտրոնի վրա պետք է ազդեն ավելի մեծ ուժով:

Փորձնական փաստերի հիման վրա Ստոլետովը սահմանեց մի օրենք, որն այժմ կոչվում է *ֆոտոէլեկտի առաջին օրենք*. **մետաղի մակերևույթից մեկ վայրկյանում արկված ֆոտոէլեկտրոնների թիվն ուղիղ համեմատական է ընկնող լույսի հոսքին:** Սրանից ելնելով բնական կլինի ենթադրել, որ հենց լույսն է էլեկտրոններին հաղորդում անհրաժեշտ կինետիկ էներգիա՝

մետաղի մակերևույթից դուրս թռչելու համար: Բայց Ստոկետովը հայտնաբերեց մի բան, որը նրան շատ զարմանալի թվաց. թիթեղը լուսավորելիս ֆոտոէլեկտրոններն անմիջապես լքում էին մետաղի մակերևույթը, այսինքն՝ ֆոտոէֆեկտ դիտվում էր անմիջապես թիթեղը լուսավորելու պահին, լուսավորությունը վերացնելիս անմիջապես դադարում էր ֆոտոէլեկտրոնների «փախուստը»:

Հաջորդ «հանելուկային» օրենքը հայտնաբերել է գերմանացի ֆիզիկոս *Ֆիլիպ Լենարդը*, համաձայն որի *ֆոտոէլեկտրոնների առավելագույն կինետիկ էներգիան կախված չէ լույսի ուժգնությունից, այն կախված է միայն լույսի հաճախությունից (ֆոտոէֆեկտի երկրորդ օրենք):*

Այս երկու օրենքները միասին՝ ֆոտոէֆեկտի ոչ իներցիալ բնույթն ու ֆոտոէլեկտրոնների կինետիկ էներգիայի անկախությունը լույսի ուժգնությունից, ցույց տվեցին, որ ֆոտոէլեկտրոններին՝ մետաղի մակերևույթը լքելու համար անհրաժեշտ էներգիայի աղբյուրը միայն լույսը չէ: Եվ ահա, գերմանացի հանճարեղ տեսաբան-ֆիզիկոս *Մաքս Պլանկը* ենթադրեց, որ ֆոտոէլեկտրոնները էներգիա են ստանում հենց մետաղից, իսկ լույսը ֆոտոէֆեկտի համար սոսկ «մեկնարկային մեխանիզմի» դեր է կատարում, այսինքն՝ որքան մեծ է մետաղի մակերևույթին ընկնող լույսի ուժգնությունը, այնքան մետաղն ավելի շատ էլեկտրոններ է «կրակում» դուրս: Սակայն Պլանկի այս գաղափարը շուտով մոռացվեց և ընդունվեց նրակողմից առաջադրված մեկ այլ վարկած՝ քվանտի վարկածը, համաձայն որի **առմներն էլ եկտրամագնիսական էներգիան ճառագայթում են ոչ թե անընդհատ, այլ ընդհատ (դիսկրետ), որոշակի բաժիններով՝ քվանտներով (լափներեն «քվանտում»՝ քանակ, բաժին բառերից):** Այս ենթադրությունը ֆիզիկայում հայտնի է որպես Պլանկի վարկած:

Պլանկը ենթադրել է, որ քվանտի էներգիան ուղիղ համեմատական է ճառագայթման ν հաճախությանը՝

$$E = h\nu ,$$

որտեղ $h = 6,63 \cdot 10^{34}$ Ջ.վ-ը կոչվում է Պլանկի հաստատուն:

Պլանկի վարկածը բացատրում է միայն ֆոտոէֆեկտի ոչ իներցիալ բնույթը, այն չի բացատրվում լույսի ալիքային տեսությամբ:

Այսպիսով, լույսի ալիքային տեսությունն ի վիճակի չեղավ բացատրել ֆոտոէֆեկտի օրինաչափությունները:

Ֆոտոէֆեկտի տեսական բացատրությունը 1905 թ. տվել է *Ալբերտ Այնշտայնը*՝ հիմնվելով Պլանկի քվանտային վարկածի վրա: Նա ենթադրել է, որ լույսը ոչ միայն արձակվում է, այլև տարածվում է առանձին բաժիններով՝ քվանտներով: Ուրեմն՝ լույսը բաղկացած է մասնիկներից՝ ֆոտոններից. այն ֆոտոնների հոսք է: Էլեկտրոնը, կլանելով ֆոտոն, դուրս է թռչում նյութից: Ուրեմն, որքան ուժեղ է լույսի հոսքը, այնքան շատ քվանտներ են ընկնում մետաղի վրա և այնքան ավելի է մեծանում միավոր ժամանակում մետաղից պոկված էլեկտրոնների թիվը, հետևաբար՝ նաև՝ ֆոտոհոսանքի ուժը: Որքան մեծ է լույսի հաճախությունը, այնքան մեծ է յուրաքանչյուր քվանտի էներգիան և այդքան էլ մեծ էներգիա է կլանում էլեկտրոնը մետաղից դուրս թռչելու համար. էլեկտրոնի առավելագույն կինետիկ էներգիան կախված է լույսի հաճախությունից, բայց ոչ ուժգնությունից (ճառագայթման ինտենսիվությունից): Նույնիսկ մետաղը թույլ լուսային ճառագայթներով լուսավորելիս, եթե քվանտի էներգիան բավարար է մետաղից էլեկտրոն պոկելու համար, ապա էլեկտրոնները, թեպետ քիչ քանակով, դուրս կթռչեն մետաղի մակերևույթից և նրանց արագությունը կախված կլինի ոչ թե լույսի ուժգնությունից, այլ հաճախությունից կամ քվանտի էներգիայից:

Եթե ֆոտոնի *hν* էներգիան մեծ է ելքի աշխատանքից (ելքի աշխատանք է կոչվում այն նվազագույն աշխատանքը, որն անհրաժեշտ է էլեկտրոնը նյութից պոկելու համար), ապա կլանված ֆոտոնի էներգիայի մի մասը ծախսվում է էլեկտրոնը մետաղից պոկելու համար, իսկ մնացած մասի հաշվին էլեկտրոնը ձեռք է բերում կինետիկ էներգիա: Հենվելով այս դատողությունների վրա, Այնշտայնը ստացել է ներկայումս իր անունը կրող հետևյալ հավասարումը՝

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}, \quad (1)$$

որտեղ A -ն էլ քի աշխատանքն է, իսկ $\frac{mv^2}{2}$ -ը՝ ֆոտոէլեկտրոնների առավելագույն կինետիկ էներգիան: Այնչափ նի հավասարմամբ բացատրվում են ֆոտոէֆեկտի բոլոր օրենքները:

Այսպես՝ քանի որ մեկ ֆոտոնը նյութից արկում է մեկ էլեկտրոն, ապա 1 վայրկյանում արկված էլեկտրոնների N_e թիվը համեմատական է այդ նույն ժամանակամիջոցում նյութի մակերևույթին ընկած ֆոտոնների N_Φ թվին՝ $N_e \propto N_\Phi$: Մյուս կողմից՝ լույսի ուժգնությունը նույնպես համեմատական է ֆոտոնների N_Φ թվին՝ $\Phi \propto N_\Phi$, ուստի հագեցման ֆոտոհոսանքի ուժի համար կունենանք՝

$$I_h \propto N_e \propto N_\Phi \propto \Phi, \quad (2)$$

որը ֆոտոէֆեկտի 1-ին օրենքն է:

Ինչպես երևում է (1) բանաձևից՝ էլեկտրոնի առավելագույն կինետիկ էներգիան կախված է լույսի ν հաճախությունից, բայց ոչ Φ ուժգնությունից: Հաճախությունից կախված՝ այն փոխվում է գծային օրենքով: Այս պնդումն էլ ֆոտոէֆեկտի 2-րդ օրենքն է:

Որպեսզի տեղի ունենա ֆոտոէֆեկտ, անհրաժեշտ է, որ քվանտի $h\nu$ էներգիան մեծ լինի A էլ քի աշխատանքից: Իսկ դա նշանակում է, որ գոյություն ունի հաճախությունների մի $\nu_{\min}$ արժեք, որից փոքր հաճախությունների դեպքում ֆոտոէֆեկտ չի դիտվի: $\nu_{\min}$ հաճախությունն անվանում են ֆոտոէֆեկտի կարմիր սահման, որը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$\nu_{\min} = \frac{A}{h}: \quad (3)$$

(3) բանաձևն արտահայտում է ֆոտոէֆեկտի 3-րդ օրենքը:

1911թ. ամերիկացի ֆիզիկոս *Ռոբերտ Միլիկենը* փորձնականորեն ստուգելով Այնշտայնի հավասարումը՝ ստացել է Պլանկի հաստատունի արժեքը, որը մեծ ճշտությամբ համընկնում էր տեսությունից ստացված արժեքի հետ:

2.2.8 Ճ. ՊԵՌԵՆԻ ՓՈՐՁԵՐԸ ԲՐՈՈԼ ՆՅԱՆ ՇԱՐԺՄԱՆ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

1827 թ. անգլիացի բուսաբան *Ռ. Բրոուսը* (1773-1858) Լոնդոնի բուսաբանական այգում, որի տնօրենն էր, ուսումնասիրում էր ջրում կախված ծաղկափոշու հատիկների շարժումը: Ուսումնասիրության ժամանակ նրա քննախույզ հայացքից չի վրիպում մի ուշագրավ երևույթ, որի մասին նագրել է. «Շատ փոքր չափերի մասնիկների կամ հատիկների հետ աշխատելիս, որոնք կախված են ջրի մեջ, ես տեսա նրանց բացահայտ շարժումը...Այդ շարժումն այնպիսին էր, որ բազմաթիվ դիտումներից հետո համոզվեցի, որ դրանք ծնունդ են առնում ոչ թե հեղուկի հոսանքներից կամ նրա մշտական գոլորշիացումից, այլ պատկանում են բուն մասնիկներին» [19, էջ 60]: Այդ ժամանակաշրջանի շատ գիտնականներ կարծում էին, որ բրոուսյան շարժումը պայմանավորված է փորձում ուսումնասիրվող մասնիկների օրգանական ծագմամբ: Սակայն, Բրոուսը փորձեր է կատարել նաև անօրգանական ծագումով նյութերի մասնիկներով և ստացել է նույն արդյունքը: Դրանով հաստատվել է, որ բրոուսյան շարժումը կախված չէ արտաքին գործոններից, բացառությամբ ջերմաստիճանի. ջերմաստիճանի բարձրացմանը գուցենթաց ակտիվանում է բրոուսյան մասնիկների քառսային շարժումը:

Բրոուսյան շարժման որակական բացատրությունը տրվել է 1888թ. բելգիացի ֆիզիկոս *Մ. Գոլի* կողմից: Նա եզրակացրել է, որ բրոուսյան մասնիկները կատարում են ջերմային շարժում, որը պայմանավորված է հեղուկի մոլեկուլների հետ բրոուսյան մասնիկների պատահական բախումներով:

Այսպիսով, բազմաթիվ դիտումների և փորձերի արդյունքում աստիճանաբար ձևավորվել է մի գիտական վարկած, համաձայն որի բրոուսյան շարժումն առաջանում է հեղուկի մոլեկուլների շարժումից:

Բրոուսյան շարժման առաջին քանակական տեսությունը ստեղծել են *Ալբերտ Այնշտայնը* (1905թ.) և *Նրանից մեկ տարի հետո* (1906թ.)՝ Լեի ֆիզիկոս *Մարիան Սմոլ ու Խովսկին* (1872-1917):

Համաձայն Այնշտայնի տեսության, բրոունյան մասնիկները «մեծ մոլեկուլներ են», որոնք հավասարապես մասնակցում են հեղուկի մոլեկուլների ջերմային շարժմանը և ունեն նույն կինետիկ էներգիայի միջին արժեքը, ինչ որ հեղուկի մոլեկուլները

$$\left(\frac{M\bar{v}^2}{2} = \frac{m\bar{v}^2}{2}\right):$$

Քանի որ բրոունյան մասնիկի զանգվածը շատ մեծ է ջրի մոլեկուլի զանգվածից, ապա ակնհայտ է, որ նրա միջին քառակուսային արագության ունն անհամեմատ փոքր կլինի ջրի մոլեկուլների միջին քառակուսային արագությանից: Հետևաբար, բրոունյան մասնիկի շարժումը կարելի է տեսնել մանրադիտակով:

Այնշտայնը գտել է $\bar{x}^2 = \frac{RT}{3\pi r\eta N_A} \cdot \Delta t$ բանաձևը, որով կարելի է որոշել

որոշ Δt ժամանակամիջոցում բրոունյան մասնիկի որևէ ուղղությամբ տեղափոխության միջին արժեքը: Բանաձևում R -ը համապիտանի գազային հաստատունն է, T -ն՝ բացարձակ ջերմաստիճանը, r -ը՝ բրոունյան մասնիկի շառավիղը, η -ն՝ հեղուկի մածուցիկության գործակիցը, N_A -ն՝ Ավոգադրոյի թիվը:

Այսպիսով, համաձայն Այնշտայնի վիճակագրական բանաձևի բրոունյան մասնիկի միջին տեղափոխությունն ուղիղ համեմատական է $\sqrt{\Delta t}$ -ին (հիշենք, որ հավասարաչափ շարժման դեպքում տեղափոխությունն ուղիղ համեմատական է t -ին, իսկ հավասարաչափ փոփոխական շարժման դեպքում՝ t^2 -ուն):

Այնշտայնի մոլեկուլային-վիճակագրական տեսության փորձնական ստուգումը հանձն է առել ֆրանսիացի նշանավոր փորձարար-ֆիզիկոս *ժան Պեռենը* (1870-1942):

Մանրամասն վերլուծելով մոլեկուլային-կինետիկ տեսության օրենքները բրոունյան շարժման նկատմամբ կիրառելիության տեսակետից, Պեռենը եկել է այն եզրակացությանը, որ դրանք իրավացի են ոչ միայն մոլեկուլների, այլև բրոունյան մասնիկների համար: Իր փորձերը նա սկսել է 1906 թ., ընդ որում, գլխավոր դժվարությունը եղել է նույն չափերով մանր մասնիկներ

պարունակող կախույթի պատրաստումը: Նույն չափի մասնիկներ ստանալու համար Պեռենն օգտագործել է գումիգուտ՝ հատուկ խեժանյութ: Որպես հեղուկ օգտագործել է 12 % ջրի և գլիցերինի խառնուրդ: Էմուլսիայի կաթիլը նա տեղադրել է 0,1 մմ բարձրությամբ հարթ կյուվետի մեջ և հատուկ ցանցավոր օկուլյար ունեցող մանրադիտակով հետևել է որոշակի մասնիկի շարժմանը, յուրաքանչյուր 30 վ հետո նշելով նրա դիրքը: Պեռենի ստացած որոշ նկարներ գետեղված են ֆիզիկայի դասագրքերում: Պեռենի հիմնական նպատակը եղել է փորձով ստացված տվյալների միջոցով հաշվել Ավոգադրոյի թիվը, ինչը նրա մոտ հաջողությամբ ստացվել է: Նրա ստացած արժեքը մեծ ճշտությամբ համընկել է այլ մեթոդներով Ավոգադրոյի թվի համար ստացված արժեքների հետ:

Իր փորձերի միջոցով Պեռենը հաստատել է նաև, որ բրոունյան մասնիկները լիովին ենթարկվում են գազային մոլեկուլները բնութագրող ծանրաչափական բանաձևին՝

$$\frac{n}{n_0} = e^{-\frac{mgh}{kT}},$$

որտեղ n -ը և n_0 -ն բրոունյան մասնիկի կոնցենտրացիաներն են տարբեր բարձրություններում, m -ը մասնիկների զանգվածն է, g -ն՝ ազատ անկման արագացումը, k -ն՝ Բոլցմանի հաստատունը, h -ը՝ բարձրությունը, T -ն՝ գազի բացարձակ ջերմաստիճանը:

Բրոունյան շարժման վերաբերյալ Պեռենի փորձերը հանդիսացել են որպես մոլեկուլների գոյության անմիջական ապացույցներ: Այդ փորձերի համար Պեռենը 1926թ. ստացել է Նոբելյան մրցանակ:

2.2.9 Բ. ՌԱՆՍՈՐԴԻ ԵՎ Յ. ԴԵՎԻԻ ԶԵՐՄԱՆԻ ԳՈՅՈՒԹՅՈՒՆԸ ՀԵՐՔՈՂ ՓՈՐՁԵՐԸ

Առօրյա դիտումները հաստատում են, որ, օրինակ, կրակից կամ վառարանից ոչ շատ հեռու գտնվող մարմինները տաքանում են: Թվում է, թե ջերմության աղբյուրից ինչ-որ բան «տեղափոխվում» է դեպի սառը մարմինները: Իսկ ի՞նչ է «տեղափոխվում»: Ահա, այս հարցն էր տանջում 18-րդ դարի ֆիզիկոսներին:

Դեռևս 1613թ. *Գալիլեյը* ենթադրում էր, որ յուրաքանչյուր մարմնի ներսում գոյություն ունի անկշռելի, անտեսանելի հեղուկ, որը լցնում է մարմնի բոլոր ծակոտիները, ինչպես ջուրն է ներծծվում սառնգի մեջ: Ըստ Գալիլեյի դատողության այդ հեղուկը չէր կարող ստեղծվել ոչնչից և չէր կարող անհետանալ. այն կարող է միայն տեղափոխվել մի մարմնից մյուսը: Այդ հեղուկն անվանվեց ջերմածին: Ուրեմն, ըստ ջերմածնի տեսության, մարմնի ջերմաստիճանը կամ տաքացվածության աստիճանը որոշվում է նրանում առկա ջերմածնի քանակով: Որքան շատ է ջերմածնի քանակը մարմնում, այնքան մարմինն ավելի տաք է:

Ֆրանսիացի հայտնի քիմիկոս *Անտուան Լորան Լավուազիեն* (1743-1794), ով համարվում է քիմիայի հիմնադիրներից մեկը, 1783 թ. լույս տեսած իր քիմիայի դասագրքում ջերմածնի տեսությանը նվիրել է առանձին գլուխ:

Ջերմածնի տեսության կարևորությունն այն էր, որ դրանով կարելի էր մաթեմատիկորեն նկարագրել ջերմային պրոցեսները և ստանալ չափումներին համապատասխանող արդյունքներ:

19-րդ դարի սկզբին ջերմածնի տեսության հիման վրա արդեն կատարվել էին մի քանի տեսական հետազոտություններ, դրանք էին՝ *Ժան Բատիստ Ֆուրիերի* (1768-1830) «Ջերմության վերլուծական տեսություն» (1822) և Ֆրանսիացի ռազմական ինժեներ, գիտնական *Սադի Կառնոյի* «Դատողություններ կրակի շարժիչ ուժի և այն զարգացնելու ունակ մեքենաների մասին» (1824) աշխատությունները:

Այսպիսով՝ 18-րդ դարի սկզբից ջերմության նյութական տեսությունը ձեռք է բերել լայն տարածում և դարձել գիտության մեջ գերիշխող ուսմունք:

Ասվածը, սակայն, չի նշանակում, թե ընդհանրապես դադարել է ջերմածնի տեսության վերաբերյալ հակամարտությունը:

Ջերմածնի տեսության դեմ պայքարի առաջամարտիկներից է եղել շվեյցարացի մաթեմատիկոս *Դանիել Բեռնուլիին* (1700-1782), ով իր «Հիդրոդինամիկայում» (1738) առաջինը ստեղծելով գազերի կիսնետիկ տեսությունը, հաստատել է, որ ջերմաստիճանի աճը պայմանավորված է գազի մասնիկների արագությունների մեծացմամբ:

Բեռնուլլու գաղափարակիցն ու ջերմածնի տեսության դեմ անգիջում պայքարողներից է եղել նաև Մ. Վ. Լոմոնոսովը (1711-1765): Իր նշանավոր «Խորհրդածություններ տաքության և ցրտի պատճառի մասին» (1750) աշխատանքում նա պնդել է, որ ջերմության բարձրացումը պայմանավորված է մարմնի մասնիկների պտտական շարժմամբ: Այդ մասին նա գրել է. «Եթե մարմինների ընդարձակումը բացատրվում է տաքացման ժամանակ մարմնի խռոչների մեջ ջերմածնի թափանցմամբ, ապա միևնույն աստիճանով տաքացնելիս ինչո՞ւ են մարմիններն ընդարձակվում տարբեր չափով» [13, էջ 142]: Այնուհետև պնդել է, որ գոյություն ունի «առավելագույն ցրտության սահման», որը հաստատվում է, երբ նյութի մեջ դադարում է նրամասնիկների շարժումը:

Ջերմության բնույթի վերաբերյալ հակամարտությունն ավելի է սրվել 18-րդ դարի վերջին, երբ երևան են եկել *Բենջամին Թոմսոնի (կոմս Ռումֆորդ)* փորձարարական հետազոտությունները:

Բ. Թոմսոնը ծնվել է 1753 թ. Յուդսիսային Ամերիկայում: 1776 թ. նա հաստատվել է Լոնդոնում: Թոմսոնն աչքի է ընկել նորարարի բնածին տաղանդով և գործնական հատկանիշներով: Բավարիայում նա զբաղվել է ռազմական արդյունաբերությամբ, կառուցել է զինագործարաններ, զբաղեցրել է ռազմական նախարարի պաշտոն: Նա ստացել է ազնվականի տիտղոս և կոչվել կոմս Ռումֆորդ: 1800 թ. Լոնդոնում հիմնադրել է Թագավորական ինստիտուտը:

Ռումֆորդն առաջինն է գիտականորեն հերքել ջերմածնի՝ որպես բնության մեջ անփոփոխ քանակով պահպանվող հեղուկի, հայեցակարգը:

1798 թ. Մյունխենի զինագործարանում, հետևելով, թե ինչպես են թնդանոթ պատրաստում, նրա ուշադրությունը գրավել է այն բանը, որ թնդանոթի փողը շաղափելիս սաստիկ տաքանում են թե՛ փողը և թե՛ շաղափը: Այդ պրոցեսն ընթանում էր անընդհատ ձևով, ընդ որում՝ որքան երկար էր աշխատում շաղափը, այնքան շատ էր տաքանում փողը: Ռումֆորդը փորձել է այդ երևույթը բացատրել ջերմածնի վարկածի հիման վրա: Մետաղի կտորը շաղափելիս ջերմածնի քանակն այդ կտորում պետք է պակասեր, քանի որ ջերմածնի մի մասն անցնում էր մետաղի խարտուքին: Սակայն,

ստացվում էր հակառակը՝ մետաղն ավելի էր տաքանում շաղափի աշխատանքի ժամանակ: Ուրեմն, որտեղի՞ց էր ջերմածինը թափանցում նրա մեջ: Միգուցե օդի՞ց: Վերջին ենթադրությունը ստուգելու նպատակով Ռուսֆորդը շաղափվող փողի մեջ ջուր է լցրել: Արդյունքը մնացել է նույնը. ջուրը տաքացել, նույնիսկ եռացել է: Այստեղից Ռուսֆորդը եզրակացրել է, որ եթե ջերմածին կարելի է ստանալ անսահման քանակով, նշանակում է՝ այն հատուկ հեղուկ է: Ուրեմն թնդանոթը տաքանում է միայն շաղափման հետևանքով: Հետևաբար՝ բոլոր երևույթների հիմքում ընկած է մարմնի մասնիկների շարժումը:

Հաջորդ վճռական քայլը, որը վերաբերում էր ջերմածնի տեսության հերքմանը, կատարել է անգլիացի նշանավոր քիմիկոս և ֆիզիկոս *Հեմֆրի Դևին* (1788-1829): 1799 թ. նա շփման միջոցով հալեցրել է օդահան զանգի տակ տեղադրված սառույցի երկու կտորներ, որոնց սկզբնական ջերմաստիճանը եղել է 0°C-ից ցածր: Շփման միջոցով կատարված աշխատանքը փոխակերպվել է սառույցի հալման համար անհրաժեշտ ջերմաքանակի: Քանի որ ջրի տեսակարար ջերմունակությունը զգալիորեն մեծ է սառույցի տեսակարար ջերմունակությունից, ապա անիմաստ է խոսել ջրից ջերմածնի արտահոսքի մասին:

Իր փորձերից Դևին եզրակացրել է, որ ջերմությունը պայմանավորված է մարմնի մասնիկների տատանողական շարժմամբ:

Թվում է, թե Ռուսֆորդի և Դևիի հիմնավոր փորձերից հետո պետք է վերջնականապես գիտությունից վտարվեր ջերմածնի տեսությունը, սակայն, այդպես չի եղել: Ջերմածնի հայեցակարգի համար դրանք չափափոխ, սակայն մահացու հարվածներ չէին: Բանն այն է, որ ջերմության կինետիկ տեսության մասին պատկերացումները կապված էին նյութի ատոմական կառուցվածքի ընդունելության հետ, որի մասին այդ ժամանակ կային շատադժաոնիկ գիտելիքներ և պահանջվում էր նորանոր տեսական և փորձնական փաստեր:

Այդուհանդերձ, ջերմածնի տեսությունը 19-րդ դարի սկզբին արդեն չունեւր այն ընդունելությունը, որն ունեւր 18-րդ դարի վերջին:

Ջերմածնի հայ եցակարգը ֆիզիկայից վերջնականապես հեռացվել է Էներգիայի պահպանման և փոխակերպման օրենքի հայ տնագործումից հետո:

2.2.10 Ջ. Ջ. ԹՈՄՍՈՆԻ ԷԼԵԿՏՐՈՆԻ ՀԱՅՏՆԱԳՈՐԾՄԱՆ ՓՈՐՁԵՐԸ

1897 թ. կաթոդային ճառագայթների երկարատև հետազոտությունների արդյունքում **Ջ. Ջ. Թոմսոնը** հայտնաբերել էր նոր տարրական մասնիկ: Թոմսոնի հայտնաբերած մասնիկի նման մասնիկ էր հայտնաբերվել 1887 թ. Յերցի հայտնագործած և Ստրլետովի ուսումնասիրած ֆոտոէֆեկտի փորձերում, 1883 թ. Թ. Էդիսոնի հայտնագործած ջերմաէլեկտրոնային առաքման երևույթում, 1896 թ. Ա. Բեկերելի հայտնագործած և Կյուրի ամուսինների կողմից հետազոտված ճառագայթաակտիվության երևույթում և այլն:

Ֆիզիկոսներն իրենց առջև խնդիր էին դրել պարզելու այդ նոր մասնիկի բնույթը և հաստատելու, որ վերոնշյալ բոլոր երևույթներում «գլխավոր դերակատարն» այդ նոր մասնիկն էր՝ Էլեկտրոնը: Այդ գրավիչ, սակայն միևնույն ժամանակ աշխատատար գործին լծվեցին այնպիսի նշանավոր ֆիզիկոսներ, ինչպիսիք էին **Ջ. Ջ. Թոմսոնն** իր աշխատակիցներով, **Ֆ. Լենարդը**, **Վ. Կրուքսը**, **Ա. Այնշտայնը**, **Ա. Բեկերելը** և այլք:

Այժմ համառոտակի ծանոթանանք **Ջ. Ջ. Թոմսոնի** հետազոտությունների պատմությանը:

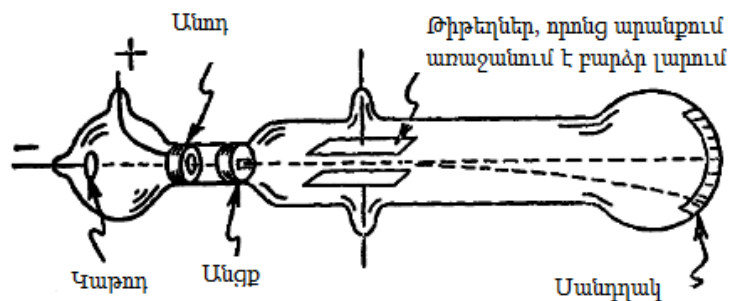
1869թ. գերմանացի ֆիզիկոս **Պյոռկերը** հայտնաբերել էր, որ գազագուրկ խողովակում Էլեկտրական հոսանքի ազդեցությամբ ծագում են ինչ-որ խորհրդավոր ճառագայթներ, որոնց անվանեցին *կաթոդային ճառագայթներ*: Ֆրանսիացի ֆիզիկոս Ժ. Պեռենն Էլ փորձով ապացուցել է, որ այդ ճառագայթները բացասականապես լիցքավորված մասնիկների հոսք են, որոնք շեղվում են Էլեկտրական և մագնիսական դաշտերում:

Վերլուծելով փորձնական արդյունքները, 1874 թ. անգլիացի ֆիզիկոս **Վ. Կրուքսը** առաջադրել է այսպիսի վարկած. «...Մենք մեր տրամադրության տակ արդեն ունենք մանրագույն մասնիկներ,

որոնք մեծ հավանականությամբ կարող են համարվել Տիեզերքի ֆիզիկական հիմքը» [19, էջ 26]:

Անգլիացի ֆիզիկոս *Ջոզեֆ Ջոն Թոմսոնը* (1856-1940) արտահայտել է այն կարևոր միտքը, որ կաթոդային ճառագայթները լիցքակիր մասնիկների հոսք են: Դրանց բնույթը պարզելու համար նախառաջ անհրաժեշտ էր որոշել նրանց տեսակարար լիցքը՝ $\frac{e}{m}$ -ը:

Կաթոդային խողովակի մեջ Թոմսոնը տեղադրել է հարթ կոնդենսատորի թիթեղներ, որոնց արանքով անցնում էր ճառագայթների փունջը (նկ. 2.2.10 -1):



Նկ. 2.2.10 -1. Թոմսոնի փորձի սխեման:

Մագնիսական դաշտ ստեղծվում էր խողովակից դուրս գտնվող հոսանքակիր կոճի միջոցով (նկարում կոճը չի երևում): Խողովակի երկայնքով շարժվող լիցքակիրները Լորենցի ուժի ազդեցությամբ մագնիսական դաշտում սկսում են շարժվել շրջանագծային աղեղով: Այդ դեպքում՝

$$evB = \frac{mv^2}{R},$$

որտեղից ստացվում է՝

$$\frac{e}{m} = \frac{v}{BR}:$$

Աղեղի R շառավիղը կարելի է որոշել՝ իմանալով խողովակի երկրաչափական բնութագրիչները և չափելով փնջի շեղումը խողովակի առանցքից: Մագնիսական դաշտի B ինդուկցիան կարելի է հաշվել հոսանքի ուժով և կոճը բնութագրող մեծություներով:

Մասնիկների շեղման v արագությունը որոշելու համար թմսոնը կոնդենսատորի շրջադիրների վրա կիրառել է այնպիսի լարում, որ ստեղծված էլեկտրաստատիկ դաշտում փունջը շեղվի մագնիսական դաշտի առաջացրած շեղմանը հակառակ: Այդ դեպքում մասնիկի վրա ազդող էլեկտրական և մագնիսական ուժերը մոդուլով կլինեն իրար հավասար, այսինքն՝

$$F_{EL} = F_{\mu\mu} : \quad (1)$$

$$F_{EL} = eE = \frac{eU}{d}, \quad F_{\mu\mu} = evB, \quad eE = evB, \quad v = \frac{E}{B} : \quad \text{Արագության}$$

արտահայտությունը տեղադրելով (1)-ի մեջ, կստանանք՝ $\frac{e}{m} = \frac{v}{BR} = \frac{E}{B^2 R} :$

Թմսոնը պարզել էր, որ $\frac{e}{m}$ -ը մոտ 10^3 անգամ մեծ է ամենաթեթև քիմիական տարրի՝ ջրածնի նույնանման մեծությունների հարաբերությունից ($2,7 \cdot 10^{11}$ ԿԼ/Կգ):

Այս ամենը հիմք հանդիսացավ, որպեսզի թմսոնը եզրակացներ, որ կաթոդային մասնիկների զանգվածը 10^3 անգամ փոքր է ջրածնի իոնի զանգվածից:

Թմսոնն առաջին գիտնականն էր, ով առանց երկնչելու հաստատել էր նոր տարրական մասնիկի գոյության փաստը: Սա է պատճառը, որ թմսոնին համարում են էլեկտրոնի հայտնագործողը:

Հետագայում թմսոնը որոշել է նաև ֆոտոէֆեկտի երևույթում անդրամանուշակագույն ճառագայթների ազդեցությամբ մետաղի մակերևույթից արկվող մասնիկների տեսակարար լիցքը, որը համընկել է կաթոդային մասնիկների տեսակարար լիցքի արժեքի հետ:

Էլեկտրոնի հայտնագործմամբ հերքվել է ատոմի՝ որպես նյութի անբաժանելի մասնիկի վերաբերյալ դարավոր պատկերացումը: Իր դարակազմիկ փորձի համար թմսոնը 1906 թ. արժանացել է Նոբելյան մրցանակի:

2.2.11 ՄԱՅՔԵԼՍՈՆ - ՄՈՒԼԻԻ ՓՈՐՁԸ

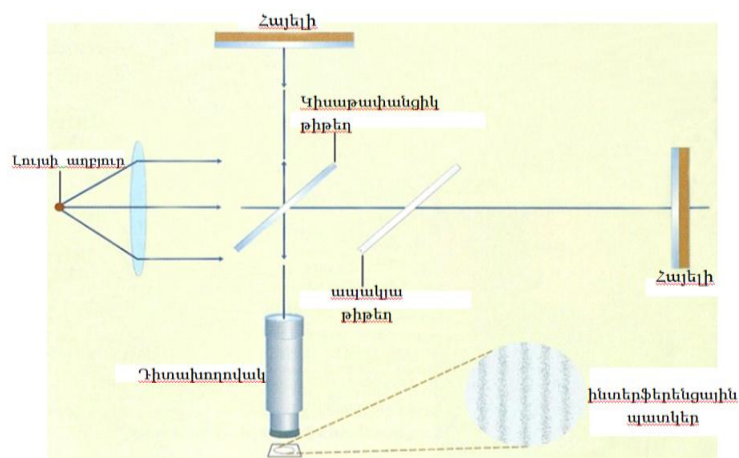
19-րդ դարում էլեկտրադինամիկայի զարգացումը կարծես խթան է հանդիսացել բացարձակ տարածության նկատմամբ երկրագնդի շարժման հայտնագործման համար:

Աստղագիտական դիտումներից հայտնի է, որ Երկիրն Արեգակի շուրջն ուղեծրով պտտվում է 30 կմ/վ արագությամբ: Ենթադրվում էր, որ Երկրի շարժման արագությանը պետք է գումարվի լույսի տարածման արագությունը կամ հանվի նրանից՝ կախված միմյանց նկատմամբ Երկրի շարժման և լույսի տարածման ուղղություններից: Դրավրահիմնվելով, Մաքսվելն արտահայտել է այն միտքը, որ սկզբունքորեն հնարավոր է փորձով հայտնաբերել Երկրի բացարձակ շարժումը: Այդ դեպքում անհրաժեշտ կլինի շատ նուրբ սարք՝ $\frac{v}{c}$ հարաբերության երկրորդ կարգին հավասար

զգայունությամբ: Նման սարքի պատրաստումը Մաքսվելը համարել է գործնականում անհնար: Սակայն, Մաքսվելի մահից երկու տարի անց ամերիկացի փորձարար-ֆիզիկոս *Ալբերտ Աբրահամ Մայքելսոնը* (1852-1931) պարզել է, որ կարելի է փորձով հայտնաբերել կամ ժխտել եթերի գոյությունը՝ օգտագործելով լույսի ինտերֆերենցիայի երևույթը:

Ա. Մայքելսոնն ամերիկացի քիմիկոս *Էդվարդ Մոռլիի* (1838-1923) հետ այդ ուղղությամբ կատարել է երկու հանրահայտ փորձ՝ Գերմանիայում (Պոտսդամ, 1881) և ԱՄՆ-ում (Քլիվլենդ, 1887):

Մայքելսոնի պատրաստած ինտերֆերաչափը կազմված է ուղիղ անկյամբ հավասար երկարությամբ երկու խողովակներից (Նկ.2.2.11-1):



Նկ.2.2.11-1. Մայքելսոն-Մոռլիի փորձի սխեման:

1887 թ. դրված փորձում այն տեղակայված էր զանգվածեղ մարմարե սալի վրա, որը փայտե տակդիրի հետ լողում էր սնդիկում: Մեներանգ

լույսի աղբյուրից լույսի զուգահեռ ճառագայթների փունջն ընկնում է կիսաթափանցիկ ապակե թիթեղի վրա և տրոհվում երկու մասի: Ապակե թիթեղի մակերևույթներից մեկն արծաթապատված է այնքան, որ ընկնող լույսի մի մասը բաց է թողնում, իսկ մյուս մասը՝ հայելու պես անդրադարձնում: Արդյունքում ստացվում են լույսի երկու կոհերենտ փնջեր: Այդ փնջերից մեկն անցնում է թիթեղով և շարունակում շարժվել նախկին ուղղությամբ, իսկ մյուսն անդրադառնում է թիթեղից և շարժվում նախնական ուղղությանն ուղղահայաց: Երկու փնջերն էլ, անդրադառնալով թիթեղից որոշ հեռավորությամբ տեղադրված հայելիներից, վերադառնում են դեպի կիսաթափանցիկ թիթեղ, որից հետո, ինտերֆերենցի հետևանքով միավորվելով, Էկրանին առաջացնում են ինտերֆերենցային պատկեր:

Նախնական հաշվարկը ցույց էր տալիս, որ ինտերֆերաչափի լայնական և երկայնական թևերում նույն / երկարությունը լույսն անցնում է տարբեր ժամանակներում: Առաջին դեպքում լույսն անցնում է $t_1 = \frac{l}{c-v} + \frac{l}{c+v} = \frac{2lc}{c^2-v^2} = \frac{2l}{c(1-\beta^2)}$ ժամանակում, իսկ երկրորդ

դեպքում՝ $t_2 = \frac{2l}{\sqrt{c^2-v^2}} = \frac{2l}{c\sqrt{1-\beta^2}}$ ժամանակում:

Փորձում նախասարքը տեղադրվում էր այնպես, որ փնջերից մեկը տարածվում էր Արեգակի շուրջ Երկրի ուղեծրային շարժման ուղղությամբ, իսկ մյուսը՝ նրան ուղղահայաց: Եթե միայն եթերի հետ կապված հաշվարկման համակարգում լույսի տարածման արագությունը հավասար լիներ c -ի ($c = 3 \cdot 10^8$ մ/վ), ապա Երկրի շարժման ուղղությամբ լույսի արագությունը պետք է փոխվեր: Եթե մի ուղղությամբ լույսը տարածվում է ավելի մեծ արագությամբ, ապա ամբողջ սարքը 90° -ով պտտելիս պետք է փոխվի ինտերֆերենցային շերտերի դասավորությունը:

Մայքելսոնի սարքն իր ժամանակի համար կարելի էր համարել իսկական գյուտ՝ այն այնքան զգայուն էր, որ լույսի արագության փոփոխությունը կարող էր հայտնաբերել նույնիսկ եթե Երկրի ուղեծրային արագությունը լիներ 5-7 կմ/վ:

Երկարատև փորձերը կրկնելով օրվա տարբեր ժամերին, ինչպես նաև գարնանն ու աշնանը, երբ փոփոխվում է Արեգակի շուրջ Երկրի պտտման ուղեծրային արագության ուղղությունը, Մայքելսոնն ու Մոռլին ինտերֆերենցային պատկերի ոչ մի փոփոխություն չեն նկատել:

Այսպիսով՝ Մայքելսոն-Մոռլիի փորձի արդյունքում ժխտվել է եթերի և նրա հետ կապված բացարձակ հաշվարկման համակարգի գոյությունը և ցույց է տրվել, որ հաշվարկման բոլոր համակարգերում լույսի արագությունը հաստատուն մեծություն է և կախված չէ դիտորդի նկատմամբ լույսի աղբյուրի շարժման արագությունից, ինչն էլ հանդիսանում է Այնշտայնի հարաբերականության հատուկ տեսության երկրորդ կանխադրույթի փայլուն փորձնական ապացույցը:

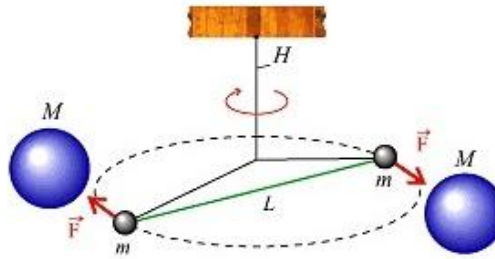
2.2.12 3. ԿԱՎԵՆԴԻՇԻ ՏԻԵԶԵՐԱԿԱՆ ՁԳՈՂՈՒԹՅԱՆ ՀԱՍՏԱՏՈՒՆԻ ՈՐՈՇՄԱՆ ՓՈՐՁԸ

Ֆիզիկայի առաջին համապիտանի հաստատունը՝ տիեզերական ձգողության հաստատունը, գիտության մեջ ներմուծել է Ի. Նյուտոնը 1667 թ., իսկ նրա մեծությունը 1798 թ. փորձնականորեն որոշել է անգլիացի գիտնական *Ջենրի Կավենդիշը* (1731-1810):

Նախքան Կավենդիշը տիեզերական ձգողության հաստատունի փորձնական որոշման գործին ձեռնամուխ է եղել *Ջոն Միտչելը*: Նա նախագծել և պատրաստել է հատուկ սարք՝ պտտվող գնդիկներից կազմված տեղակայք, որը շատ նման էր Կուլոնի ոլորակաշեռքին, սակայն 1793 թ. մահացել է՝ չհասցնելով կատարել իր մտածած փորձը: *Ջոն Միտչելի* մահից հետո *Ջ. Կավենդիշը* բարեփոխել է Միտչելի սարքը և կատարել է ձգողության հաստատունի որոշման իր դարակազմիկ փորձը, որի արդյունքները 1798 թ. տպագրվել են «Philosophical Transactions» ամսագրում [139]:

Կավենդիշի փորձի գաղափարը շատ պարզ է. շատ բարակ կվարցեթելից կախված էր մի բարակ ձող, որի ծայրերին ամրացված էին մոտ 800 գ զանգվածով կապարե երկու գնդիկներ: Յուրաքանչյուր գնդիկի կողքին տեղավորվել էր 167 կգ զանգվածով կապարե մեծ գունդ: Մեծ և

փոքր գնդերի կենտրոնների հեռավորությունը եղել է 20 սմ (Նկ. 2.2.12-1):



Նկ.2.2.12-1. Կավենդիշի փորձի սխեման:

Փոքրիկ գնդիկները ձգվել են դեպի մեծ գնդերը, ինչի արդյունքում թելը ոլորվել է: Ոլորման հետևանքով առաջացած համակարգի պտույտը դադարում է այն ժամանակ, երբ առաձգական թելը ոլորող ուժի մոմենտը հավասարակշռվում է գնդերի ձգողության ուժի մոմենտով: Հենց թելի ոլորման անկյունով էլ որոշվում է առաձգականության ուժի մոմենտը: Իմանալով մեծ ու փոքր գնդերի զանգվածները, նրանց կենտրոնների հեռավորությունը թելի առավելագույն ոլորման պահին և նրանց փոխադարձ ձգողության ուժը, տիեզերական ձգողության ուժի օրենքով կարելի էր որոշել գրավիտացիոն հաստատունի արժեքը: Կավենդիշի տվյալներով գրավիտացիոն հաստատունի համար ստացվել էր.

$$G = 6,75 \cdot 10^{-11} \text{ մ}^3/(\text{կգ} \cdot \text{վ}^2)$$

արժեքը:

Տիեզերական ձգողության հաստատունի համար նույն արժեքն են ստացել նաև *Ե. Ռ. Կոենը*, *Կ. Քրոուվը* և *Ջ. Ղյու մոնդը*: *Լ. Կուպերն* իր ֆիզիկայի երկհատորյա դասագրքում ձգողության հաստատունի համար տվել էր ուրիշ արժեք՝ $G = 6,71 \cdot 10^{-11} \text{ մ}^3/(\text{կգ} \cdot \text{վ}^2)$, իսկ *Օ. Պ. Սաիրիդոնովը*՝ $G = (6,6 \pm 0,4) \cdot 10^{-11} \text{ մ}^3/(\text{կգ} \cdot \text{վ}^2)$ [133]: Սակայն Կավենդիշի և ոչ մի աշխատանքում չի գտնվել G -ի որևէ հաշվարկային արժեք: Նա միայն հաշվել է Երկրի միջին խտությունը. այն ըստ Կավենդիշի հավասար Երջրի խտության 5,48 մասին (ժամանակակից տվյալներով Երկրի միջին խտությունը հավասար է 5,518 գ/սմ³): Իր փորձերից Կավենդիշը եկել է այն եզրակացության, որ Երկրի ընդերքում

միջին խտությունն ավելի մեծ է, քան մակերևութային շերտերում (տարբերությունը կազմում էր մոտ 2 գ/սմ^3):

Կա մոտավոր տեղեկություն, որ տիեզերական ձգողության հաստատունն առաջին անգամ ներկայացրել է Պոլ Լամոնտը իր «Տրակտատ մեխանիկայի մասին» աշխատության մեջ (1811): Տիեզերական ձգողության հաստատունի ճշգրիտ արժեքն արդեն հետագայում ստացել են ուրիշ գիտնականներ Կալենդրիշի հանրահայտ փորձերը կրկնելով, իսկ թե ո՞վ է առաջինը հաշվել G -ի ճշգրիտ արժեքը, գիտությանը հայտնի չէ [133]:

Հետաքրքիր է նշել, որ Կալենդրիշն իր փորձն անվանել է «Երկրի կշռում», քանի որ, ինչպես նշեցինք վերևում, նրա նպատակը եղել է երկրի միջին խտության որոշելը:

2.2.13 Ռ. ՄԻԼԻԿԵՆԻ՝ ԷԼԵԿՏՐՈՆԻ ԼԻՑՔԻ ՈՐՈՇՄԱՆ ՓՈՐՁԸ

Ռոբերտ Միլիկենը ծնվել է 1868 թ. Ամերիկայի Միացյալ Նահանգների Իլինոյս նահանգում, աղքատ քահանայի ընտանիքում: Նրա մանկությունն անցել է նահանգային մի փոքրիկ քաղաքում, որտեղ մեծ ուշադրություն էին դարձնում սպորտին և վատ ուսուցանում դպրոցական ուսումնական առարկաները: Մի անգամ ավագ դպրոցի տնօրենը (որտեղ սովորում էր Միլիկենը), ով նաև ֆիզիկա էր դասավանդում, դասի ժամանակ այսպիսի բան է ասել իր աշակերտներին. «Մի՞թե հնարավոր է հասարակ աղմուկից ստանալ ձայն: Անհեթեթություն՝ ևն է, տղանե՛ր, բացարձակ անհեթեթություն՝ ևն» [139]: Ահա, այսպիսի «դարբնոցում է կոփվել» ապագա տաղանդավոր ֆիզիկոսը:

Օբերլինյան քոլեջում, որտեղ ուսանել է Միլիկենը, նույնպես հաջող պայմաններ չկային, սակայն, քանի որ Միլիկենի ֆինանսական միջոցները շատ սուղ էին՝ ստիպված էր ֆիզիկա դասավանդել միջնակարգ դպրոցում՝ ուսման վարձավճարն ու տարրական կենցաղային կարիքները հոգալու համար: Ամերիկյան դպրոցներում այդ ժամանակ գործում էին ընդամենը երկու տիպի ֆիզիկայի դասագրքեր, որոնք թարգմանված էին ֆրանսերենից, և տաղանդավոր երիտասարդին ոչինչ չէր խանգարում հեշտությամբ յուրացնել

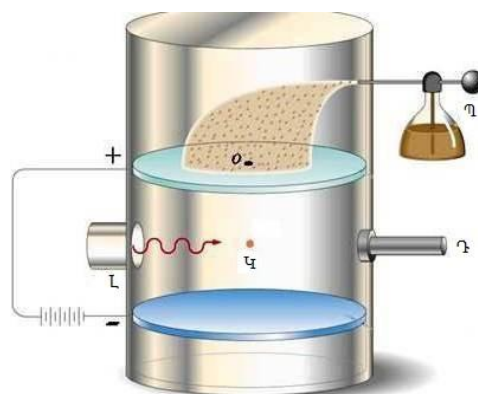
ծրագիրն ու հաջողությամբ դասավանդել: 1893 թ. Միլիկենը ընդունվում է Կոլումբիայի համալսարանի ֆիզիկայի ֆակուլտետ: Ուսման ընթացքում, գիտահետազոտական աշխատանքում խորանալ ու նախապնդ, գործողվում է Գերմանիա, որտեղ աշակերտում է գերմանացի հայտնի ֆիզիկոսներ, հետագայում Նոբելյան մրցանակի դափնեկիրներ Մաքս Պլանկին (1858-1947) և Վալտեր Նեռնստին (1864-1941):

Միլիկենը 28 տարեկան էր, երբ առաջարկ է ստանում ամերիկացի նշանավոր ֆիզիկոս, ապագա Նոբելյան մրցանակակիր Ալբերտ Մայքելսոնից՝ զբաղեցնել իր ասիստենտի թափուր պաշտոնը Չիկագոյի համալսարանում: Այդ ժամանակից սկսած, Միլիկենը զբաղվել է գրեթե միայն գիտամանկավարժական աշխատանքով: Միլիկենը գիտությամբ զբաղվել է 40 տարեկան հասակում, կատարել է երկու հիմնարար փորձ, որոնք դարձել են դասական:

1906 թ. իր մշակած կաթիլների մեթոդով աշխատող սարքով նա 1909-1913 թթ. կատարել է էլեկտրոնի լիցքի չափման շատ պարզ, բայց խորիմաստ գիտափորձ [49]:

Միլիկենի կատարած գիտափորձի էությունը հետևյալն է:

Վերևի անցքից, Պ փոշեցիրով, հարթ կոնդենսատորի վերին թիթեղի (շրջադիրի) Օ անցքով շրջադիրների բացակայության դեպքում փոշիացած յուղի Կ կաթիլները, որոնց անկումը լուսավորվում է Լ լույսի աղբյուրով և դիտվում Դ մանրադիտակով (նկ.2.2.13-1):



Նկ.2.2.13-1. Ռ. Միլիկենի փորձի սխեման:

Հայտնի է, որ յուղը փոշիանալիս ձեռք է բերում էլեկտրական լիցք, ուստի նրա մասնիկների շարժման բնույթը կախված է թիթեղների միջև գործող U լարումից:

Եթե թիթեղների միջև էլեկտրական դաշտը բացակայում է ($E=0$), ապակաթիլի վրա ազդում են միայն ծանրության, օդի դիմադրության և արքիմեդյան ուժերը: Քանի որ ծանրության և արքիմեդյան ուժերը մեծությամբ հաստատուն են, իսկ դիմադրության ուժը համեմատական է արագությանը, ապա մի որոշ v_0 արագության հասնելու դեպքում $F_{\text{Նե}}$ դիմադրության և $F_{\text{ի ցւ}}$ արքիմեդյան ուժերի գումարը պետք է համակշռվի $F_{\text{Դ}}$ ծանրության ուժով, որի հետևանքով գնդիկը սկսում է շարժվել հավասարաչափ: Այդ դեպքում կարող ենք գրել՝

$$F_{\text{Դ}} - F_{\text{Նե}} - F_{\text{ի ցւ}} = 0, \quad (1)$$

որտեղ

$$F_{\text{Դ}} = \frac{4}{3} \rho g \pi r^3, \quad F_{\text{ի ցւ}} = \frac{4}{3} \rho_0 g \pi r^3:$$

Օդի կողմից r շառավղով գնդածն կաթիլի վրա ազդող $F_{\text{Նե}}$ դիմադրության ուժը որոշվում է Ստոքսի բանաձևով [31]՝

$$F_{\text{Նե}} = 6\pi r \eta v_0:$$

Վերոգրյալ բանաձևերում ρ -ն կաթիլի խտությունն է, ρ_0 -ն՝ օդի խտությունը, իսկ η -ն՝ օդի մածուցիկությունը:

Կաթիլին կիրառված ուժերի արտահայտությունները տեղադրելով (1) հավասարման մեջ՝ կստանանք՝

$$\frac{4}{3} \rho g \pi r^3 = 6\pi r \eta v_0 + \frac{4}{3} \rho_0 g \pi r^3: \quad (2)$$

(2) հավասարումը հնարավորություն է տալիս որոշելու կաթիլի շառավղի: Դրա համար հարկավոր է չափել կաթիլի հավասարաչափ անկման արագությունը դաշտի բացակայության ժամանակ: Դրանից հետո, (2) հավասարումից Միլիկենը որոշեց կաթիլի r շառավղի՝

$$r = 3 \sqrt{\frac{\eta v_0}{2g(\rho - \rho_0)}}: \quad (3)$$

Այնուհետև Միլիկենն իր սարքին միացված կոնդենսատորի թիթեղների միջև ստեղծել է այնպիսի էլեկտրական դաշտ, որի

ազդեցությանը կաթիլը սկսում էր փոքր արագությանը *բարձրակարգ դեպի վեր*: Այդ դեպքում ծանրության ու դիմադրության ուժերի գումարն արդեն պետք է հավասարակշռվի էլեկտրական և արթիմետյան ուժերի գումարով՝

$$F_{\text{էլ}} + F_{\text{արթ}} = mg + F_{\text{Նե}}:$$

Տեղադրելով

$$F_{\text{էլ}} = qE, \quad F_{\text{Նե}} = 6\pi r\eta v,$$

որտեղ E -ն էլեկտրական դաշտի լարվածությունն է, v -ն՝ կաթիլի՝ դեպի վեր ուղղված հավասարաչափ շարժման արագությունը էլեկտրական դաշտում, կստանանք՝

$$qE = \frac{4}{3}\rho g\pi r^3 + 6\pi r\eta v - \frac{4}{3}\rho_0 g\pi r^3:$$

Նկատի ունենալով կաթիլի շառավղի (3) բանաձևը՝ ոչ բարդ մաթեմատիկական ձևափոխություններից հետո կարող ենք ստանալ գլխի արժեքը՝

$$q = 9\pi \sqrt{\frac{2\eta^3 \cdot v_0}{g(\rho - \rho_0)}} \cdot \frac{v + v_0}{E} \quad (4)$$

Կարճատև ռենտգենյան ճառագայթման ազդեցությանը փոփոխելով կաթիլի լիցքը և ամեն անգամ (4) բանաձևի օգնությամբ որոշելով լիցքի արժեքները, Միլիկենը կաթիլի լիցքի փոփոխության համար ստացավ

$$\Delta q = q_2 - q_1 = 9\pi \sqrt{\frac{2\eta^3 v_0}{g(\rho - \rho_0)}} \frac{v_2 - v_1}{E} \quad (5)$$

արտահայտությունը, որից էլ նա օգտվում էր որպես հաշվարկային բանաձև: ((5) բանաձևում v_1 -ը և v_2 -ը կաթիլի արագություններն են էլեկտրական դաշտի առկայությանը):

Ինչպես տեսնում ենք, կաթիլի լիցքը կախված է միայն v_1 և v_2

արագություններից, իսկ $\frac{9\pi}{E} \sqrt{\frac{2\eta^3 \cdot v_0}{g(\rho - \rho_0)}}$ արտահայտությունը տվյալ

կաթիլի համար հաստատուն է:

Այսպիսով՝ Միլիկենին մնում էր միայն չափել ու v_1 և v_2 -ը:

Ինչպես նշեցինք, իր փորձերում կաթիլի լիցքը փոխելու համար Միլիկենն օգտագործել է ռենտգենյան ճառագայթները: Այդ ճառագայթներն օժտված են օդն իոնացնելու հատկությամբ: Օդի իոնները որսվում են յուղի կաթիլների կողմից, ինչի հետևանքով փոխվում է նրանց լիցքը:

Կարող է հարց առաջանալ. ի՞նչն է կարևոր Միլիկենի փորձում: Ա՞յն, որ լիցքի մեծությունը կախված է արագությունից, թե՞ այլ բան:

Չափելով կաթիլի q լիցքը և լիցքի Δq փոփոխությունները՝ Միլիկենն ամեն անգամ ստանում էր միևնույն e մեծությանը բազմապատիկ արժեքներ: Այդ կերպ նա ապացուցեց էլեկտրական լիցքի ընդհատվածությունը: e մեծությունն անվանելով տարրական լիցք՝ Միլիկենը կարող էր, հետևաբար, պնդել, որ *կաթիլի լիցքի փոփոխությունը միշտ բազմապատիկ է տարրական լիցքին*:

Այլ կերպասած՝ $\Delta q = ne$ (n -ը ամբողջ թիվ է):

Իր փորձերի հիման վրա Միլիկենը ստացել է.

$$e \approx 1,592 \cdot 10^{-19} \text{ Կլ} :$$

Միլիկենն իր փորձերում օգտագործել է յուղի (մեկուսիչ), գլիցերինի (կիսահաղորդիչ) և սնդիկի (հաղորդիչ) կաթիլներ և բոլոր դեպքերում, անկախ կաթիլի նյութից, էլեկտրոնի լիցքի համար ստացել է նույն արժեքը:

Որոշ տեխնիկական կատարելագործումներից հետո Միլիկենն իր սարքավորման միջոցով կարողացավ մեծ ճշգրտությամբ որոշել ոչ միայն էլեկտրոնի լիցքը և զանգվածը, այլև Ավոգադրոյի և Լոշմիդտի հաստատունները, որոնք մինչ այդ հաշվարկվել էին կոպիտ մոտավորությամբ: (Լոշմիդտի հաստատունը նորմալ պայմաններում միավոր ծավալում օդի մոլեկուլների թիվն է՝ $n_0 = 2,68 \cdot 10^{25} \text{ մ}^{-3}$):

Էլեկտրոնի լիցքի չափումը հնարավորություն տվեց նաև որոշելու Պլանկի հաստատունը՝ դրանով իսկ մի անգամ ևս հաստատելով Ֆոտոէֆեկտի համար Այնշտայնի հավասարումը, ինչպես նաև հաշվարկելու ջերմային ճառագայթման երևույթը նկարագրող

Ստեֆան-Բոլցմանի բանաձևի համեմատականության գործակիցը (Ստեֆան-Բոլցմանի հաստատունը) [33]:

Միլիկենի դարակազմիկ հայտնագործության հետ կապված կամի հետաքրքիր պատմական տեղեկություն, ինչի մասին գրել է Նոբելյան մրցանակի դափնեկիր Ս. Վայնբերգն իր գրքում. «Արդեն այն բանից հետո, երբ գրված էր այս գիրքը, և ոչ ոք տեսավ Չիկագոյի համալսարանի շրջանավարտ, Միլիկենի աշակերտ Յարվի Ֆլեթչերի (1884-1981) գիրքը, որը կասկածի տակ է առնում Միլիկենի առաջնայնությունը տարրական լիցքի չափման գործում»:

Ֆլեթչերը Միլիկենի խորհրդով զբաղվել է էլեկտրոնի լիցքի չափման խնդրով, այն վերցնելով որպես իր դոկտորական ատենախոսության նյութ և հեղինակակից է եղել Միլիկենի որոշ սկզբնական աշխատանքներում, որոնք վերաբերում էին այդ պրոբլեմին:

Ֆլեթչերն իր հիշողությունները թողել է ընկերոջը, բայց արգելել է դրանք հրապարակել իր կենդանության օրոք: Դրանք տպագրվել են Ֆլեթչերի մահից հետո:

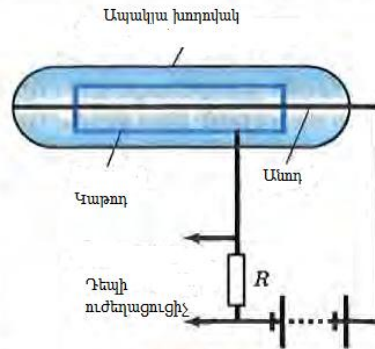
Իր հիշողություններում Ֆլեթչերը պնդում է, որ իրականում ինքն է եղել յուզիկ կաթիլներով գիտափորձի իրականացնողը և առաջինն է չափել առանձին կաթիլների լիցքը... Ֆլեթչերի ասելով, ինքը հուսով է եղել, որ Միլիկենը կհիշատակի իրեն որպես այդ աշխատանքների հեղինակակից, սակայն Միլիկենը տարհամոզել է նրան...» [70, էջ 136]:

Կարևոր ենք համարում, սակայն, ընդգծել, որ Միլիկենի գիտափորձերը, որոնք ֆիզիկայի ամենագեղեցիկ գիտափորձերից էին, կարող էին կատարվել միայն Միլիկենի կողմից: Իրոք, նա եղել է տաղանդավոր դասախոս և ադմինիստրատոր, առաջիններից մեկն ԱՄՆ-ում, ով առաջ է քաշել ուսանողների հետազոտական աշխատանքն ուսման հետ համատեղելու գաղափարը:

Իր նրբին ու գեղեցիկ փորձերի համար Ռ. Միլիկենը 1923 թ. արժանացել է Նոբելյան մրցանակի: «Գիտությունը շարժվում է առաջ՝ հենվելով երկու ոտքերի՝ տեսության և փորձի վրա», – ասել է Միլիկենն իր Նոբելյան դասախոսության ժամանակ [55, էջ 71]:

**2.2.14 ՓՈՐՁԵՐ ԵՎ ՍԱՐՔԵՐ, ՈՐՈՆՔ ԴՐՎԵԼ ԵՆ ՆՈՐ ՀԵՏԱԶՈՏԱԿԱՆ
ՄԵԹՈԴՆԵՐԻ ՍՏԵՂԾՄԱՆ ՀԻՍՔՈՒՄ**

Գայ գերի հաշվիչ: Տարրական մասնիկներն ավտոմատ հաշվելու ամենատարածված սարքերից մեկն է, որը կոչվում է իր հայ տնագործողի անվամբ (Հանս Գայ գեր (1882-1945)) [43, էջ 207]:



Նկ. 2.2.14-1. Գայ գերի հաշվիչի սխեման:

Հաշվիչը (նկ. 2.2.14-1) բաղկացած է գլանաձև ապակյա խողովակից, որը ներսից պատված է բարակ մետաղե շերտով (կաթոդ) և խողովակի առանցքով ձգված բարակ մետաղալարից (անոդ): Խողովակը լցվում է համապատասխան գազով (սովորաբար՝ արգոն): Լիցքավորված մասնիկները (էլեկտրոն և այլն), գազում շարժվելով, ատոմներից արկում են էլեկտրոններ՝ ստեղծելով դրական իոններ և ազատ էլեկտրոններ: Կաթոդի և անոդի միջև բավականաչափ մեծ լարում ստեղծելու դեպքում (մոտ 2000 վոլտ) էլեկտրական դաշտն արագացնում է էլեկտրոնները մինչև հարվածային իոնացման համար անհրաժեշտ էներգիան: Արդյունքում առաջանում է, այսպես կոչված, իոնային հեղեղ և հաշվիչով անցնող հոսանքի ուժը կտրուկ մեծանում է: Այդ ժամանակ բեռնավորման R ռեզիստորի վրա առաջանում է լարման իմպուլս, որը տրվում է գրանցող սարքին:

Քանի որ հոսանքի իմպուլսի հայտնվելու պահին բեռնավորման ռեզիստորի վրա լարման անկումը բավականաչափ մեծ է, ապա կաթոդի և անոդի միջև լարումը կտրուկ փոքրանում է այնքան, որ պարպումը դադարում է: Հենց այդ ժամանակ էլ հաշվիչը կարողանում է գրանցել հաջորդ մասնիկը:

Գայ գերի հաշվիչը հիմնականում օգտագործվում է էլեկտրոններ և γ -մասնիկներ գրանցելու համար: Սակայն, քանի որ γ -մասնիկներն ունեն իոնացման թույլ կարողություններ, ապա անմիջականորեն չեն գրանցվում: Դրա համար հաշվիչի խողովակի ներքին մակերևույթը ծածկում են այնպիսի նյութով, որից γ -մասնիկներն էլեկտրոններ են դուրս հանում:

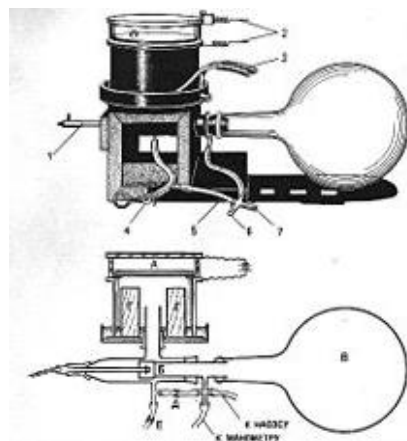
Գայ գերի հաշվիչը կարողանում է գրանցել իր մեջ ընկնող համարյա բոլոր էլեկտրոնները, իսկ γ -մասնիկներից գրանցում է մոտավորապես 100-ից մեկը:

Այժմ կան այնպիսի հաշվիչներ, որոնք աշխատում են Գայ գերի հաշվիչից տարբեր սկզբունքներով:

Վիլսոնի խցիկ: 1912 թ. անգլիացի Չարլզ Վիլսոնը հայտնագործեց մի հրաշալի սարք, որը հետագայում կոչվեց *Վիլսոնի խցիկ*: Դեռևս 1880-ական թթ. պարզվել էր, որ խոնավ օդի ծավալի փոքր, բայց արագ ընդարձակման դեպքում այնտեղ մառախուղ էր նկատվում և այն էլ միմիայն փոշու առկայությամբ: Մառախուղն առաջանում է օդում առկա փոշու հատիկների (խտացման կենտրոններ) շուրջը ջրային մոլեկուլների խտացման շնորհիվ [42, էջ 15]:

Վիլսոնը հայտնաբերեց, որ գերհագեցած խոնավ օդի ծավալի մեծացման դեպքում այնտեղ բացակայող փոշու հատիկների դերը կարող են կատարել դրական և բացասական իոնները, որոնց շուրջը գոլորշու մանր կաթիլներ են կազմվում:

Վիլսոնի խցիկը հերմետիկորեն փակ անոթ է, որը լցված է սպիրտի կամ ջրի հագեցած գոլորշիներով (նկ. 2.2.14-2):



Նկ. 2.2.14-2. Վիլսոնի խցիկի սխեման:

Միտոսի ներքնում ճնշումը փոքրացնելիս այն կտրուկ ցած է իջնում՝ ադիաբատորեն ընդարձակելով գոլորշին: Դրա հետևանքով գոլորշին սառչում է և դառնում է գերհագեցած: Հեղուկացման կենտրոններ են դառնում այն իոնները, որոնք խցիկի աշխատանքային ծավալում առաջացնում է անցած մասնիկը: Եթե մասնիկը խցիկ է ներթափանցում ընդարձակումից անմիջապես առաջ կամ հետո, ապա նրա ճանապարհին առաջանում են ջրի կաթիլներ: Այդ կաթիլներն առաջացնում են մասնիկի տեսանելի հետք՝ տրեկ:

Ի տարբերություն հաշվիչների, Վիլսոնի խցիկը տրեկների միջոցով տալիս է տարրական մասնիկների վերաբերյալ ավելի հարուստ տեղեկություններ: Տրեկի երկարությամբ կարելի է որոշել մասնիկի էներգիան, իսկ տրեկի միավոր երկարության վրա եղած կաթիլների թվով գնահատվում է նրա արագությունը [43, էջ 208]:

Որքան երկար է տրեկի երկարությունը, այնքան ավելի մեծ է մասնիկի էներգիան, իսկ որքան շատ ջրի կաթիլներ են առաջանում տրեկի միավոր երկարությամբ, այնքան ավելի փոքր է նրա արագությունը:

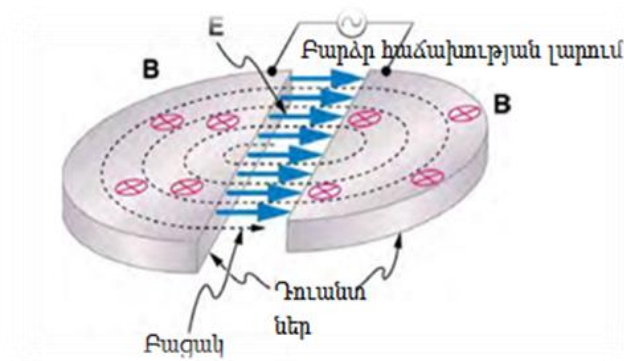
Խորհրդային ժամանակաշրջանի ֆիզիկոսներ Պ. Լ. Կապիցան և Դ. Վ. Սկոբելցինը առաջարկեցին Վիլսոնի խցիկը տեղադրել համասեռ մագնիսական դաշտում: Մագնիսական դաշտում շարժվող լիցքի վրա ազդող Լորենցի ուժը կորացնում է նրա հետագիծը՝ անփոփոխ թողնելով արագության բացարձակ արժեքը: Տրեկն ավելի մեծ կորություն ունի մասնիկի մեծ լիցքի և փոքր զանգվածի դեպքում: Տրեկի կորությամբ կարելի է որոշել մասնիկի տեսակարար լիցքը (լիցքի հարաբերությունը զանգվածին): Այդ մեծություններից մեկի հայտնի լինելու դեպքում կարելի է հաշվել մյուսը: Օրինակ՝ մասնիկի լիցքով և նրա տրեկի կորությամբ կարելի է հաշվել նրա զանգվածը:

Տարրական մասնիկների արագարարներ: Միկրոաշխարհում ընթացող երևույթներն ուսումնասիրելիս լայնորեն կիրառվում են մեծ էներգիաներով լիցքավորված մասնիկների փնջերը [32, էջ 274-275]: Այդպիսի փնջեր ստանում են բարդ սարքերի՝ արագարարների օգնությամբ, որտեղ էլեկտրական դաշտի ազդեցությամբ

Լիցքավորված մասնիկներն արագանում են: Արագարարները լինում են գծային և շրջանային: Երկու դեպքում էլ մասնիկների կինետիկ էներգիան մեծանում է էլեկտրական դաշտի կատարած աշխատանքի շնորհիվ. միայն առաջին դեպքում մասնիկները շարժվում են ուղղագիծ, իսկ երկրորդ դեպքում, Լորենցի ուժի ազդեցությամբ, շարժվում են շրջանագծով կամ պարույրագծով: Երկրորդ դեպքը հարմար է նրանով, որ արագարարի չափերը համեմատաբար փոքր են:

Լիցքավորված մասնիկների պարզագույն շրջանային արագարարը (ցիկլատրոն) առաջինը կառուցել են ամերիկացի ֆիզիկոսներ Էռնստ Լոուրենսը և Միլտոն Լիվինգստոնը 1931 թվականին, Կալիֆոռնիայի համալսարանում, որի համար արժանացել են Նոբելյան մրցանակի:

Ցիկլոտրոնի պարզագույն սխեման պատկերված է 2.2.14-3-րդ նկարում:



Նկ. 2.2.14-3. Ցիկլոտրոնի պարզագույն սխեման:

Նրա հիմնական օղակը վակուումում տեղակայված, իրարից քիչ հեռացված երկու կիսազլանները՝ դուանտներն են (կիսազլաններն այդպես են անվանում, քանի որ դրանք նման են լատինական D տառին):

Լիցքավորված մասնիկներն առաքվում են դուանտների կենտրոնին մոտ տեղակայված աղբյուրից:

Չզոր էլեկտրամագնիսը, որի բևեռների միջև տեղակայված են դուանտները, կորացնում է մասնիկների հետագծերը՝ ստիպելով դրանց շարժվել դուանտների ներսում: Մասնիկների արագացումը կատարվում է այն ժամանակահատվածում, երբ դրանք հայտնվում են դուանտների միջև՝ բացակում, որտեղ դրանց վրա ազդում է բարձր

հաճախությունը գեներատորի ստեղծած էլեկտրական դաշտը: Վերջինիս փոփոխման հաճախությունը հավասար է մագնիսական դաշտում մասնիկի պտտման հաճախությանը, որի հետևանքով մասնիկները մեկ պտույտի ժամանակ երկու անգամ արագանում են բացակում: Մասնիկը, հայտնվելով բացակում, էլեկտրական դաշտի ազդեցությամբ արագանում է և սկսում է շարժվել ավելի մեծ շառավիղ ունեցող հետագծով: Դրանից հետո, երբ մասնիկը նորից հայտնվում է արագացնող բացակում, էլեկտրական դաշտը նորից մեծացնում է մասնիկի արագությունը, հետևաբար և հետագծի շառավիղը: Նկարագրված պրոցեսը կրկնվում է բազմիցս: Արդյունքում կատարելով պարուրած և շարժում մասնիկը մեծացնում է իր արագությունը և շարժման շառավիղը:

Եթե մասնիկների արագությունները զգալիորեն փոքր են լույսի արագությունից, պտտման պարբերությունը կախված չէ մասնիկի արագությունից և հետագծի շառավիղից, հետևաբար՝ մասնիկներն արագացնող տիրույթներում հայտնվում են հավասար ժամանակահատվածներից հետո: Ամեն անգամ մեծացնելով արագությունը՝ մասնիկները շարունակում են շարժվել ավելի մեծ շառավիղով, և նրանց հետագիծը բացվող պարույրագիծ է: Բավականաչափ արագանալուց հետո վերջին պարույրում միացվում է լրացուցիչ շեղող դաշտ, և արագացված մասնիկները դուրս են գալիս արագարարից: Այնուհետև արագացված մասնիկները օգտագործում են փորձնական այլ նպատակներով՝ օրինակ դրանցով ռմբակոծում են այլ մասնիկներ կամ նյութեր առաջացնելով միջուկային ռեակցիաներ:

Ցիկլոտրոնի թերությունն այն է, որ նրա մեջ լիցքավորված մասնիկները չեն կարող ձեռք բերել շատ մեծ էներգիաներ, քանի որ լույսի արագությանը մոտ արագությունների դեպքում սկսում է զգալի դառնալ մասնիկի պտտման պարբերության կախումը արագությունից: Այդ դեպքում արագության աճին զուգընթաց մասնիկը հերթական անգամ արագացնող տիրույթ է մտնում ավելի մեծ ուժացումով, և քանի որ արագացնող դաշտը ժամանակից կախված փոփոխվում է, ապա այն կարող է ոչ միայն չարագացնել, այլ և արգելակել մասնիկի շարժումը: Այդ պատճառով մեծ էներգիաներով

մասնիկների փնջեր ստանալ ու համար կիրառվում են ավելի բարդ արագարարներ, օրինակ, էլեկտրոնային սինքրոտրոններ և պրոտոններն արագացնող սինքրոֆազատրոններ:

Արագարարները կարևոր նշանակություն ունեն միկրոաշխարհում ընթացող երևույթներն ուսումնասիրել ու համար: Չզոր արագարանների կառուցումը բավականաչափ թանկ է և կապված է տեխնիկական բարդ խնդիրների հետ, և ոչ բոլոր երկրներն են ունակ լուծելու այդ խնդիրները: 1967 թ. Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտում հայ անվանի ֆիզիկոս Արտեմ Ալիխանյանի նախաձեռնությամբ գործարկվել է 6 ԳԷՎ Էներգիայով ($1 \text{ ԳԷՎ} = 1,6 \cdot 10^{-10} \text{ Զ}$) էլեկտրոնների արագարարը, որի հիման վրա կատարվել են տարրական մասնիկների ֆիզիկային առնչվող մի շարք արժեքավոր հետազոտություններ:

2.3 Ֆիզիկայի օրենքների և տեսությունների հայ տնագործման պատմությունը

...Գիտության պատմությունը չի կարող չհետաքրքրել գիտնական բնագետին: Գիտնականը նրանում գտնում է բազմաթիվ դասեր և, սեփական փորձով իմաստավորված, նա կարող է ավելի լավ, քան որևէ մեկը, գործիմացաբար մեկնաբանել այդ դասերը...

Լուի դը Բրոյլ

Ֆիզիկան, ինչպես յուրաքանչյուր բնական գիտություն, սաղմնավորվել և զարգացել է մարդու առօրյա դիտումների, բազմաթիվ փորձերի ու տեսությունների շնորհիվ: «Ֆիզիկա» գիտությունն իր զարգացման բոլոր փուլերում կուտակել է տեսական ու փորձարարական բազմաթիվ փաստեր, որոնց ճանաչմանը, հայ տնագործմանն ու զարգացմանը ներդրում են ունեցել նաև

մարդիկ, ովքեր չեն եղել մասնագետ-ֆիզիկոս և ֆիզիկայով զբաղվել են որպես հոբբի՝ իրեն «հիմնական աշխատանքին» գուգահեռ:

Ասվածի վառ օրինակն են հանդիսանում Էներգիայի պահպանման և փոխակերպման օրենքի հայտնագործումը (Ռ. Մայեր, Ջ. Ջոուլ, Յ. Յելմհոլց), Կուլոնի կողմից էլեկտրաստատիկայի հիմնական օրենքի հայտնագործումը, Կալենդիշի կողմից գրավիտացիոն հաստատունի փորձնականորեն ստացումը և այլն:

Այժմ ծանոթանանք վերոնշյալ օրենքների, ինչպես նաև «ֆիզիկա» գիտության «աղը» հանդիսացող մի քանի հիմնարար օրենքների ու տեսությունների հայտնագործման պատմությանը:

2.3.1 Էներգիայի պահպանման և փոխակերպման օրենքի

հայտնագործման պատմությունը

Ռ. Մայերի աշխատանքները

1840 թ. Ռոբերտ Յոուլի ու Մայերը (1814-1878), որպես հոլանդական առևտրանավի բժիշկ, եղել է Ինդոնեզիայում: Երեք ամիս տևած հաջող նավարկությունից հետո Բատավիայի (Ներկայիս Ջակարտայի) խարսխակայանում նավաստիների և տեղի բնակիչների մեջ բռնկվել է թոքաբորբի համաճարակ: Այդ ժամանակաշրջանում բուժման ամենատարածված եղանակը համարվում էր արյունառությունը, և շատ հաճախ բժշկին հարկավոր էր լինում հետազոտել հիվանդի երակային արյունը: Եվ ահա, այդպիսի հետազոտություններից մեկի ժամանակ, տեղի բնակիչներից և եկվորներից արյունն վերցնելիս, Մայերի ուշադրությունը գրավում է նրանց արյան գույների տարբերությունը: Նավաստիների արյունը բնականոն գույն ուներ, մինչդեռ տեղացիների երակային արյունն արտասովոր պայծառ գույն ուներ: Այս երևույթը գամել էր հարցախույզ բժշկի ուշադրությունը, և նա փորձում էր գտնել դրա բացատրությունը՝ հիմնվելով ֆրանսիացի քիմիկոս Անտուան Լավուազիեի այն տեսության վրա, որի համաձայն կենդանի օրգանիզմում անջատված ջերմությունն «այրման» արդյունք է: Իսկ «այրման» համար անհրաժեշտ է թթվածին:

Մայերը համոզված էր, որ ինչպես անկենդան բնության մեջ, այնպես էլ օրգանական աշխարհում գործում են միևնույն միևնույն ֆիզիկական և քիմիական օրենքները՝ արյան գույնի փոփոխությունը կապելով այն օքսիդացման երևույթների հետ, որ ընթանում են կենդանի օրգանիզմում: Հատկապես, ըստ Մայերի՝ հոլանդացի նավաստիների և ճավա կղզու բնիկների արյան գույնների տարբերությունը պետք է կապված լինի մարդու մարմնի և շրջապատող միջավայրի ջերմաստիճանների տարբերության հետ և հետևանք է օրգանիզմի սպառած թթվածնի քանակի. չէ՞ որ ինչքան ուժգին է ընթանում օքսիդացման ռեակցիան (այրումը), այնքան ավելի շատ թթվածին է սպառվում: Իսկ օքսիդացման ռեակցիան այնքան ավելի ուժգին է, որքան ավելի շատ են տարբերվում մարդու մարմնի և շրջապատի ջերմաստիճանները [37, էջ 3]:

Ապրելով եվրոպայում՝ Մայերի համար սովորական էր երակային արյան այն գույնը, որն ունեին եվրոպացիները: Հարավում ապրող բնիկների մարմնի և շրջապատի ջերմաստիճանները շատ քիչ են տարբերվում, այդ պատճառով էլ օքսիդացման ռեակցիաները բնիկների օրգանիզմում ավելի պակաս ուժգնությամբ են ընթանում: Հետևաբար՝ նրանց օրգանիզմն ավելի քիչ թթվածին է սպառում (իսկ օրգանիզմը թթվածին է վերցնում զարկերակային արյունից): Դրա համար էլ բնիկների երակային արյունը քիչ է տարբերվում զարկերակային արյունից: Այդ պատճառով էլ բնիկների երակային արյան գույնը տարբերվում է ավելի ցուրտ կլիմայական պայմաններում ապրող եվրոպացիների արյան գույնից՝ լինելով ավելի պայծառ: Սովկայում էր այն մասին, որ ի տարբերություն հյուսիսային գոտու, հարավային տաք գոտում երակային արյան մեջ թթվածնի քանակն ավելի շատ է: «Եթե դատենք արյան գույնով, ապա կարելի էր նույնիսկ ենթադրել, որ այդ արյունը հոսում էր ոչ թե երակից, այլ զարկերակից»,-իր օրագրում գրել է Մայերը [13, էջ 168]: Ակնհայտ է, որ զարկերակային արյան մեջ թթվածնի կոնցենտրացիան կախված է մթնոլորտում առկա թթվածնի կոնցենտրացիայից: Ելնելով այդ հանգամանքից՝ Մայերը եզրակացրեց, որ սառը կլիմայական պայմաններում մարդու օրգանիզմն ավելի շատ թթվածին է պահանջում, իսկ դանշանակում է,

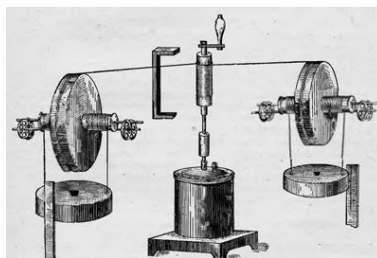
որ ցուրտ եղանակին մարդու մարմնի անհրաժեշտ ջերմաստիճանի պահպանման համար օրգանիզմում պահանջվում է սննդանյութի ավելի շատ օքսիդացում:

Մայերը հասկացավ նաև, որ սննդանյութի օքսիդացումից անջատվող այդ էներգիան ծախսվում է ոչ միայն մարդու մարմնի ջերմաստիճանը հաստատուն պահելու, այլև մեխանիկական աշխատանք կատարելու համար: Ուստի, պետք է որոշակի կապ լինի նաև օրգանիզմում ջերմության արտադրության և նրա ծախսերի միջև: Այստեղից՝ Մայերը եզրակացրեց, որ աշխատանքը և ջերմությունը կարող են համարժեք քանակներով փոխակերպվել մեկը մյուսին, և նրանց քանակական կապը կարելի է ապացուցել փորձով: Հետագա ողջ կյանքը նա նվիրաբերեց այդ փայլուն գաղափարի ապացույցների որոնմանը:

2. Ջոուլի փորձարարական հետազոտությունները

Ջեմս Պրեսկոտ Ջոուլը (1818-1889) նշանակալի ավանդ է ունեցել ֆիզիկայի մի շարք բնագավառներում: Այդուհանդերձ, նրան համաշխարհային ճանաչում են բերել էներգիայի պահպանման և փոխակերպման օրենքին նվիրված աշխատանքները:

Սկսած 1840թ.-ից, մոտ 40 տարի, նա կատարել է մեխանիկական աշխատանքի հաշվին ջերմությունն ստանալու բազմաթիվ փորձեր, որոնք հնարավորություն են տալիս միաժամանակ չափելու կատարված աշխատանքը և դրա արդյունքում անջատված ջերմաքանակը: Այդ փորձերի շարքում առավել հայտնի է ընկնող ծանրոցների շարժումը կալորաչափի մեջ տեղադրված թիակավոր խառնիչի պտտական շարժման փոխակերպող փորձը (նկ. 2.3.1-1):



Նկ. 2.3.1-1. Ջոուլի փորձի սխեման:

Այն հնարավորությունն է տալիս $A=Ph$ բանաձևով (P -ն բեռների ընդհանուր կշիռն է, h -ը՝ անկման ժամանակ նրանց անցած ճանապարհը) հաշվել կատարված աշխատանքը, իսկ $Q=cm(t_2-t_1)$ բանաձևով՝ այդ աշխատանքի փոխակերպման արդյունքում անջատված և ջրի տաքացման վրա ծախսված ջերմաքանակը: Չափումների ճշտությունը մեծացնելու համար Ջոուլն օգտվել է զգայուն ջերմաչափից, որի բաժանման արժեքն էր $0,05^\circ\text{C}$, իսկ առավել բարձր ջերմաստիճան ստանալու համար ջրի փոխարեն օգտագործել է փոքր տեսակարար ջերմունակությամբ հեղուկներ (յուղ, սնդիկ):

Վերլուծելով փորձերից ստացված տվյալները՝ $J = \frac{A}{Q}$

մեծության համար (որն անվանում են ջերմության մեխանիկական համարժեք) Ջոուլը ստացել է 436 կԳմ/կկալ արժեքը (կԳմ (կիլոգրամ-մետր)՝ աշխատանքի և էներգիայի արտահամակարգային միավոր. $1 \text{ կԳմ} = 9,8 \text{ Ջ}$: Կալ (կալորիա)՝ ջերմաքանակի արտահամակարգային միավոր, $1 \text{ կալ} = 4,18 \text{ Ջ}$, $1 \text{ կկալ} = 10^3 \text{ կալ}$) [37, էջ 5]: Ջոուլը հասկացել է, որ այդ արժեքը հաստատուն մեծությունն է, այսինքն՝ որոշակի ջերմաքանակ ստանալու համար միշտ պետք է կատարել միևնույն աշխատանքը: Ներկայումս միավորների Միջազգային համակարգում աշխատանքի և ջերմության քանակի չափման համար գործածվում է միևնույն միավորը՝ ջոուլը (Ջ):

3. Յեղմիուլ ցը և էներգիայի պահպանման օրենքի մաթեմատիկական ձևակերպումը

Յերման Լյուդվիգ Յեղմիուլ ցն (1821-1894) էներգիայի պահպանման օրենքի գաղափարին է հանգել՝ ելնելով այն բանից, որ անհնար է առաջ բերել շարժում ոչնչից (այլ կերպ ասած՝ անհնար է ստեղծել հավերժական շարժիչ), մտահղացել է այդ օրենքը (XIX դարի տերմինաբանությամբ՝ «ուժերի» պահպանման օրենքը) որպես բնության համընդհանուր սկզբունք:

Գիտության մեջ առաջին անգամ ներմուծելով «լարման ուժի» (պրտենցիալ էներգիայի) հասկացությունը՝ Յեղմիուլ ցն այդ սկզբունքը մաթեմատիկորեն ձևակերպել է հետևյալ կերպ. «*Կենդանի*

ուժի» (կինետիկ էներգիայի) և «լարման ուժի» (պոտենցիալ էներգիայի) գումարն անփոփոխ է բոլոր այն դեպքերում, երբ փակ համակարգի մարմիններն իրար հետ փոխազդում են կենտրոնական ուժերով (որոնց աշխատանքը, ինչպես հայտնի է, կախված չէ մարմինների տեղափոխման հետագծի ձևից): Յեւ միողջը ներմուծել է նաև համակարգի *լրիվ մեխանիկական էներգիայի* հասկացությունը և ապացուցել, որ փակ համակարգում տեղի ունեցող կամայական պրոցեսում, երբ շփումը բացակայում է, *լրիվ մեխանիկական էներգիան* մնում է հաստատուն, այլ կերպասած՝ փակ համակարգում, միայն պոտենցիալային ուժերի առկայությամբ, կինետիկ էներգիայի մեծացումը միշտ ուղեկցվում է պոտենցիալ էներգիայի համապատասխան փոքրացմամբ և ընդհակառակը:

Յեւ միողջի այդ դատողությունները ներկայումս տեղ են գտել ֆիզիկայի դպրոցական դասագրքերում: Կինետիկ էներգիայի $A = E_{\text{ը}} - E_{\text{դ}} = \Delta E_{\text{ը}}$ թեորեմի համանմանությամբ ձևակերպելով պոտենցիալ էներգիայի թեորեմը՝ $A = E_{\text{ե}_1} - E_{\text{ե}_2} = -\Delta E_{\text{ե}}$, ցույց է տրվում, որ փակ համակարգում, իրոք, $\Delta E_{\text{ը}} = -\Delta E_{\text{ե}}$, կամ՝ $E_{\text{դ}} + E_{\text{ե}_1} = E_{\text{ը}} + E_{\text{ե}_2}$ [37, էջ 6]:

Յեւ միողջի գաղափարներն անմիջապես համընդհանուր ճանաչում չեն գտել: Բեռլինի ֆիզիկական ընկերության նիստում 1847 թ. նրա կարդացած առաջին՝ «Ուժերի պահպանման մասին» զեկուցումը, օրինակ, այն ժամանակվա գերմանական ամենահեղինակավոր հանդեսի խմբագիր Պոգենդորֆը հրաժարվել է տպագրել՝ պատճառաբանելով, որ աշխատանքում շատ են հեղինակի՝ դեռևս չհաստատված մտքերն ու դատողությունները: Էներգիայի պահպանման օրենքը գիտնականներն ընդունել են միայն 19-րդ դարի 60-ական թվականներին:

Այս և նման բազմաթիվ օրինակներ վկայում են այն մասին, որ ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում պատմական նյութերը ոչ միայն զարգացնում են սովորողների ճանաչողական հետաքրքրությունները, այլև խորացնում են ֆիզիկայից նրանց ձեռք բերած գիտելիքները:

2.3.2 ԷԼ ԵԿԵՐԱՍՏԱՌԻԿԱՅԻ ԻՒՄՆԱԿԱՆ ՕՐԵՆՔԻ (ԿՈԼԼ ՈՆԻ ՕՐԵՆՔԻ) հայ տնագործման պատմությունը

Դեռևս վաղնջական ժամանակներից գիտնականներին հետաքրքրել է ԷԼ ԵԿԵՐԱԿԱՆԱԳԱԾ մարմինների ուժային փոխազդեցության հարցը: Ըստ ավանդության՝ ԷԼ ԵԿԵՐԱԿԱՆ ԵՐԼՈՒՅՆԵՐԻՆ առաջինն ուշադրություն է դարձրել Յին Յուևաստանի մեծագույն փիլիսոփա և մաթեմատիկոս Թալես Միլետացու (մ.թ.ա. 625-547 թթ.) դեռառի դուստրը: Փորձելով մաքրել իր սաթե իլիկը մանր թելիկներից և փոշուց՝ նա նկատել էր, որ մթության մեջ շփելով՝ սաթն արձակում է կապտավուն կայծեր, որոնք ուղեկցվում են ճայթյուններով:

Թալեսից միայն երկու հազար տարի անց սաթի խորհրդավոր հատկությունները դարձան գիտական լուրջ ուսումնասիրության առարկա: Սաթի հատկություններն առաջինը հետազոտել է XVI դարի անգլիացի բժիշկ և ֆիզիկոս Ուիլյամ Ջիլբերտը (ով Անգլիայի Եղիսաբեթ Առաջին թագուհու անձնական բժիշկն էր): Ջիլբերտը «իմնական աշխատանքից» հետո զբաղվում էր ԷԼ ԵԿԵՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ և մագնիսականության փորձերով: Նա է «ԷԼ ԵԿԵՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ» բառը ներմուծել գիտության մեջ [39, էջ 30]:

Սակայն միայն նյութաբանական մեխանիկայի ստեղծումից հետո է դրվել ԷԼ ԵԿԵՐԱՍՏԱՌԻԿ փոխազդեցության ուժի՝ հեռավորությունից կախվածությունը փորձնականորեն որոշելու խնդիրը: Ծառ գիտնականներ ԷԼ ԵԿԵՐԱԿԱՆ և գրավիտացիոն ուժերի համամասնության հիման վրա ենթադրել են, որ ԷԼ ԵԿԵՐԱԿԱՆ ուժը նույնպես ենթարկվում է «հակադարձ քառակուսիների» օրենքին: Սակայն այդ ենթադրությունը ստուգելու համար անհրաժեշտ էր կատարել բավական նուրբ փորձեր: 18-րդ դարի կեսերից սկսած այդ ուղղությամբ բազմաթիվ փորձեր են կատարվել, սակայն դրանցից և ոչ մեկը գոհացուցիչ արդյունք չի տվել, քանի որ փորձարարները տարբերություն չէին դնում կամայական չափերով լիցքավորված մարմինների միջև ծագող ուժերի և կետային լիցքերի փոխազդեցության ուժերի միջև:

Լիցքավորված անշարժ կետային մարմինների փոխազդեցության քանակական բնութագիրը՝ ուժը, 1785 թ. փորձնական ճանապարհով որոշել է ֆրանսիացի գիտնական Շառլ Օգյուստեն Կուլոնը (1736-1806): 1780-ական թվականներին Կուլոնը սկսել է զբաղվել մագի, մետաքսյա և մետաղյա բարակ թելերի ոլորման ժամանակ առաջացող ուժերի չափումներով:

Կուլոնի համար վճռորոշ դարձան այն փորձերը, որոնք վերաբերում էին էլեկտրականությանը և մագնիսականությանը: Սակայն դեպի այդ փորձերը տանող ճանապարհը «փշոտ էր ու քարքարոտ»: Եվ թե չլինեին մի քանի հանգամանքներ, որոնք կարևոր դեր խաղացին Կուլոնի կյանքում և նրան «մղեցին դեպի էլեկտրական և մագնիսական փոխազդեցությունների հետազոտության ոլորտը, դժվար թե Կուլոնը հետագայում զբաղվեր փորձարարական ֆիզիկայով: Առաջինն այն էր, որ Մեզիերի (ֆրանսիա, Փարիզի մոտ) ռազմաինժեներական դպրոցում, որտեղ ուսանում էր Կուլոնը 1760-ականներին, նրան էլեկտրականության վերաբերյալ դասախոսություններ էր կարդում ֆրանսիացի հայտնի բնագետ, ֆիզիկոս-փորձարար Ժան Անտուան Նոլլեն (1700-1770): Նոլլենի դասախոսություններն այնքան առիթնող էին, որ Կուլոնն ուղղակի սիրահարվեց էլեկտրականությանը և մագնիսականությանը: Երկրորդը նրա այցելություններն էին Փարիզի աստղադիտարան՝ դիտումներին մասնակցելու նպատակով: Այդ դիտումներն էլ նրան մղեցին դեպի փորձը, որին նա նվիրաբերեց ամբողջ կյանքը:

Եթե արդի ֆիզիկայում քիչ չեն այն դեպքերը, երբ այս կամ այն գիտնականն ամբողջովին նվիրվում է որևէ մեկ փորձարարական մեթոդի մշակմանը, կատարելագործմանը և հետագա կիրառմանը, ապա 18-րդ դարում այդպիսիներին մատների վրա կարելի էր հաշվել: Եվ այդ սակավաթիվ գիտնականներից էր Կուլոնը. 1774 թ. նա պատրաստեց սարք, ապա՝ կատարելագործեց այն և այնուհետև օգտագործեց բավականաչափ փոքր ուժեր չափելու համար:

Կուլոնի պատրաստած սարքը, որն այժմ հայտնի է Կուլոնի ոլորակշեռք անվամբ, փորձարարական արվեստի իսկական գլուխգործոց է և արժանի է մանրամասն նկարագրության, ինչն էլ

արված է XI դասարանի ֆիզիկայի դասագրքում [32]: Մենք մեր աշխատանքում, սակայն, կանգ կառնենք միայն երկու դժվարությունների վրա, որոնք ծառացել էին Կուլոնի առջև, և որոնց պատճառով մեկ ուրիշը, թերևս, հրաժարվեր փորձի իրագործումից: Սակայն Կուլոնը, իսկական գիտնականին բնորոշ հաստատակամությամբ և հնարամտությամբ, կարողացավ հաղթահարել այդ դժվարությունները:

Կուլոնի գիտափորձում էական նշանակություն ունեն էլեկտրականության քանակի որոշման մեթոդը: Նրա ապրած ժամանակաշրջանում լիցքի չափման միավոր դեռևս գոյություն չուներ, ուստի պարզ էր, թե ինչպես չափել լիցքը: Սակայն Կուլոնը հնարամտորեն կարողացավ շրջանցել այդ դժվարությունը: Նա լիցքավորված մետաղե գնդիկը հպում էր նույն չափերով մեկ ուրիշ՝ չեզոք մետաղե գնդիկի, որին էր անցնում առաջին գնդիկի լիցքի կեսը: Այդ եղանակով նակարողանում էր լիցքը փոքրացնել 2, 4, 8, 16... և ավելի անգամ: Հաջորդաբար չափված ուժերը՝ $F_1, F_2, F_3, F_4, \dots$ հարաբերում էին, ինչպես 1:1/2:1/4:1/8:1/16:..., ինչը նշանակում էր, որ լիցքերի փոխազդեցության ուժը համեմատական է լիցքերի բացարձակ արժեքներին: Փորձում, նույն նշանի լիցքի դեպքում, գնդիկների վանողության ուժի կախումը դրանց հեռավորությունից որոշելը Կուլոնի համար առանձնակի դժվարություն չէր ներկայացնում: Եվ Կուլոնը գտավ, որ «միևնույն նշանի լիցք ունեցող երկու փոքրիկ գնդիկների վանողության ուժը հակադարձ համեմատական է գնդիկների կենտրոնների հեռավորության քառակուսուն» [127]:

Դժվարությունը տարանուն լիցքավորված գնդիկների փոխադարձ ձգողության ուժի կախումը հեռավորությունից որոշելն էր: Պատճառն այն էր, որ ոլորակաշերտի լծակի ծայրին ամրացված գնդիկը շեղելիս, այսինքն՝ մյուս գնդիկից ունեցած r հեռավորությունը փոփոխելիս առաջանում էին տատանումներ, որոնց ընթացքում գնդիկները հավում էին իրար, նույնիսկ եթե նրանց հավասարակշռության դիրքերի հեռավորությունը բավականին մեծ էր: Կուլոնը լիցքավորված գնդիկների ձգողության ուժի չափումներ կատարեց r հեռավորության երեք

արժեքների համար: Քանի որ Γ ծակին ամրացված գնդիկի տրամագիծը շատ փոքր էր, Կուլոնը տատանվող Γ ծակը նմանեցրեց մաթեմատիկական ճոճանակի, որի տատանումների $T_{\text{ուր}}$ պարբերությունը, ինչպես գիտենք, հակադարձ համեմատական է ծանրության mg ուժի քառակուսի արմատին՝ $T_{\text{ուր}} \propto (mg)^{-1/2}$: Համեմատություն, ու որակշեռքի Γ ծակի ծայրին ամրացված լիցքավորված գնդիկի տատանումների T պարբերությունն էլ հակադարձ համեմատական պետք է լինի մյուս լիցքավորված գնդիկի կողմից ազդող F ուժի քառակուսի արմատին [127]՝

$$T \propto F^{-1/2}:$$

Փորձից Կուլոնը ստացավ՝ $T \propto r$, ինչը նշանակում է, որ Γ լիցքերի փոխազդեցության F ուժը հակադարձ համեմատական է նրանց միջև r հեռավորության քառակուսուն՝

$$F \propto \frac{1}{r^2}:$$

Այսպիսով՝ կարող ենք գրել, որ՝

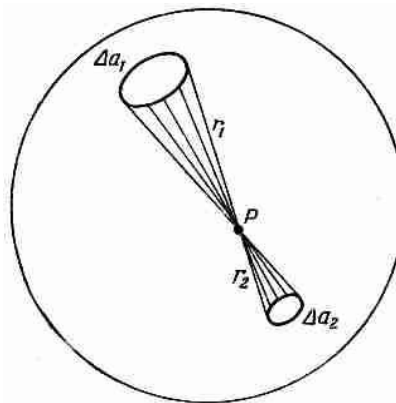
$$F \propto \frac{|q_1||q_2|}{r^2}:$$

Հետաքրքիրն այն է, որ էլեկտրական Γ լիցքերի փոխազդեցության ուժի կախումը հեռավորությունից Կուլոնից առաջ հայտնագործել էր անգլիացի ֆիզիկոս և քիմիկոս Յենրի Կավենդիշը (1731-1810): Սակայն այդ մասին գիտական աշխարհն իմացավ, երբ 1873 թ. Մաքսվելը հրապարակեց Կավենդիշի՝ մինչ այդ բոլորին անհայտ աշխատանքները: Որքան մեծ եղավ գիտնականների զարմանքը, երբ պարզվեց, որ Γ լիցքերի փոխազդեցության օրենքը Կուլոնից դեռ 14 տարի առաջ հայտնագործել էր Կավենդիշը: Լինելով տարօրինակ և ինքնամոլ անձնավորություն՝ վերջինս չէր սիրում տպագրել իր աշխատանքները: Կավենդիշի Γ ուժի պատճառով էլեկտրաստատիկայի հիմնական օրենքը, իրավամբ, պատմության մեջ մտավ ոչ թե նրա, այլ Կուլոնի անվամբ:

Այժմ համառոտ ծանոթանանք Կավենդիշի հայտնագործման պատմությանը:

1771 թ. Կավենդիշն առաջին անգամ փորձով ապացուցեց, որ էլեկտրական Γ լիցքերի փոխազդեցության ուժը ենթարկվում է

«հակադարձ քառակուսիների» օրենքին, այսինքն՝ $F \propto r^{-2}$, որտեղ r -ը լիցքերի հեռավորությունն է: Կալենդիշի կատարած փորձի տրամաբանությունը հետևյալն էր. եթե կետային լիցքի փոխազդեցության ուժերը փոփոխվում են $F \propto r^{-2}$ օրենքով, ապա հավասարաչափ լիցքավորված գնդաձև լորտի ներսում էլեկտրական դաշտը պետք է բացակայի, այն է՝ գնդաձև լորտի ներսի կամայական P կետում գետեղված q_0 լիցքի վրա ոչ մի ուժ չպետք է ազդի: Իրոք, դիտարկենք P կետում գազաթուղենցող և առանցքային հատույթի գազաթի հակադիր՝ բավականարափ փոքր անկյուններով երկու կոնական մակերևույթներ, որոնցով գնդաձև լորտի հատույթները, դիցուք՝ Δa_1 և Δa_2 առ փոքր մակերեսներով, գրեթե հարթ տարրական տեղամասեր են (նկ. 2.3.2-1):



Նկ. 2.3.2-1. Կալենդիշի փորձի վերաբերյալ :

Ինչպես հայտնի է երկրաչափության դպրոցական դասընթացից, առանցքային հատույթի հավասար գազաթի անկյուններ ունեցող կոների հիմքի մակերեսները հարաբերում են ինչպես ծնորդների քառակուսիները: Հետևաբար՝

$$\frac{\Delta a_1}{\Delta a_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2},$$

Այսինքն՝

$$\frac{\Delta q_1}{\Delta q_2} = \frac{\sigma \Delta a_1}{\sigma \Delta a_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2},$$

որտեղ Δq_1 և Δq_2 -ը, համապատասխանաբար, գնդոլորտի՝ կոնական մակերևույթներով առաջացած տարրական հատույթների լիցքերն են, σ -ն՝ գնդոլորտի մակերևույթային լիցքի խտությունը՝ $\sigma = \frac{q}{a}$, q -ն՝ գնդոլորտի ամբողջ լիցքը, a -ն՝ գնդոլորտի մակերեսը:

Համաձայն Կուլոնի օրենքի՝ q_0 լիցքի վրա տարրական տեղամասերի կողմից ազդող ուժերը (որոնք հակուղղված են) կլինեն՝

$$F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|\Delta q_1| |q_0|}{r_1^2},$$

$$F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_0| |\Delta q_2|}{r_2^2}:$$

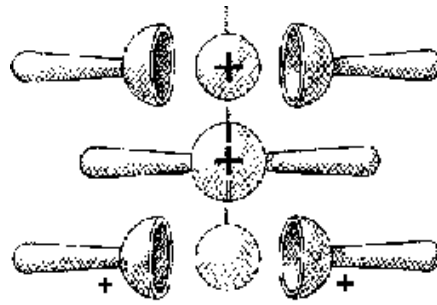
Հետևաբար՝

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{|\Delta q_1|}{|\Delta q_2|} \cdot \frac{r_2^2}{r_1^2} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \cdot \frac{r_2^2}{r_1^2} = 1,$$

որտեղից հետևում է, որ $F_1 = F_2$:

Նշանակում է՝ q_0 լիցքի վրա ազդող ուժերը P կետով անցնող կամայական երկու ուղղությունների դեպքում մոդուլով հավասար են, ուղղությամբ՝ հակադիր: Հետևաբար, q_0 լիցքի վրա ազդող բոլոր հակուղղված ուժերը հավասարակշռված են: Քանի որ P կետը կամայական է, ապա Կուլոնի օրենքից հետևում է, որ հավասարաչափ լիցքավորված գնդոլորտի ներսում էլեկտրական դաշտը պետք է բացակայի: Միայն փորձը, սակայն, կարող էր հաստատել կամ ժխտել նման պնդման իրավացիությունը:

Կավենդիշի կատարած փորձը բավականին պարզ էր: Նավերցրել է մետաղյա գունդ, լիցքավորել այն, ապա դրան կիսմոտեցրել երկու մետաղյա կիսագնդոլորտներ՝ նրանցով ամուր սեղմելով գունդը: Այնուհետև մեկուսիչ բռնակների օգնությամբ հեռացրել է կիսագնդերը (նկ. 2.3.2-2):



Նկ. 2.3.2-2. Կավենդիշի փորձի սխեման:

Չափելով գնդի լիցքը՝ Կավենդիշը պարզել է, որ այն հավասար է գրոյի, այսինքն՝ էլեկտրական դաշտը գնդի ներսում բացակայում է: Այստեղից Կավենդիշը եզրակացրել է, որ լիցքերի փոխազդեցության ուժերը նրանց միջև r հեռավորություններից կախված փոփոխվում են $F \propto r^{-2}$ օրենքով [40, էջ 33]:

Առաջին հայացքից թվում է, թե էլեկտրաստատիկայի հիմնական օրենքը պետք է կոչվի ոչ թե Կուլոնի, այլ՝ Կավենդիշի անունով: Սակայն այդ մտածելակերպը արդարացի չէ: Բանն այն է, որ Կավենդիշը, ինչպես վերը նշեցինք, սովորությունն չուներ հրատարակելու իր աշխատանքների արդյունքները, որոնց նկարագրությունը անգլիացի մեծանուն ֆիզիկոս Ջեմս Մաքսվելը հայտնաբերեց Կավենդիշի թղթապանակներից մեկում: Կավենդիշի աշխատանքների ժողովածուն լույս ընծայվեց 1879-ին, և «Լոնդոնացի» գիտնականի հրատարակված գործերը որևիցե ազդեցություն չունեցան էլեկտրականության մասին գիտության զարգացման վրա: Նույնիսկ եթե Կավենդիշը ժամանակին լույս ընծայած լիներ իր աշխատանքները, միևնույն է, Կուլոնի՝ էլեկտրականությանը վերաբերող հետազոտությունները չէին կորցնի իրենց արժեքը, և միանգամայն արդարացի է, որ էլեկտրաստատիկայի հիմնական օրենքը կրում է Կուլոնի, և ոչ թե Կավենդիշի անունը:

2.3.3 Միկրոաշխարհի ֆիզիկայի ծնունդը (քվանտային տեսություն հայտնագործման պատմությունից)

Նյութոսնի կողմից դիսամիկայի օրենքների հայտնագործումից հետո այն կարծիքն էր առաջացել, որ աշխարհի ֆիզիկական պատկերն ամբողջական տեսքով ստեղծվել է:

Այն ավելի ամրապնդվեց, երբ 1814 թ. ֆրանսիացի նշանավոր ֆիզիկոս Պիեռ Սիմոն Լապլասը ձևակերպեց մեխանիկական երևույթների, այսպես կոչված, դետերմինիստական սկզբունքը: Այդ սկզբունքի համաձայն՝ եթե հայտնի են մարմնի սկզբնական կոորդինատները, սկզբնական արագություններն ու մեխանիկական համակարգի վրա ազդող ուժերը, ապա կարելի է որոշել մարմնի դիրքը ժամանակի ցանկացած պահի [34, էջ 28]:

Նյուտոնյան մեխանիկայի փայլուն ձեռքբերումներից էր Յեյլ-Բոպի գիսավորի հայտնագործումը 1995 թ.: Գիտնականները պարզել են, որ դրա պարբերությունը 2000 տարի է: Ահա, թե ինչու որոշ գիտնականներ կարծում են, որ Յեյլ-Բոպի գիսավորն Ավետարանում երեք մոգերին հայտնված աստղն է, որը նրանց առաջնորդում է Բեթլեհեմ քաղաք, ուր ծնվել էր մանուկ Յիսուսը [34, էջ 28]:

Այսպիսով, այս և մի շարք այլ ակնառու փաստարկներ համոզեցին, որ Նյուտոնյան մեխանիկական աներեր հիմքերի վրա է, և լապլասյան դետերմինիստական սկզբունքն ընկած է բոլոր ֆիզիկական երևույթների հիմքում: Դրությունը կտրուկ փոխվեց, երբ ֆիզիկոսները սկսեցին ուսումնասիրել միկրոաշխարհում տեղի ունեցող երևույթները:

XIX դարի սկզբին անգլիացի Թոմաս Յունգն ու ֆրանսիացի ֆիզիկոս Օգյուստ Ֆրենելը ինտերֆերենցն ու դիֆրակցիան ցուցադրող փորձերով հաստատեցին, որ լույսն ունի ալիքային բնույթ:

Լույսի բնույթի բացահայտման վերաբերյալ վերաբերյալ կարևոր քայլ կատարեց անգլիացի նշանավոր ֆիզիկոս Ջեմս Կլերկ Մաքսվելը՝ ստեղծելով Էլեկտրամագնիսական դաշտի տեսությունը: Համաձայն Մաքսվելի տեսության՝ ժամանակի ընթացքում փոփոխական Էլեկտրամագնիսական դաշտը կարող է գոյություն ունենալ լիցքից և հոսանքից անկախ: Այդ դեպքում այն չի մնում դադարի վիճակում և կարող է տեղափոխվել տարածության մեջ: Համաձայն Մաքսվելի՝ վակուումում Էլեկտրամագնիսական դաշտի տարածման արագությունը որոշվում է Էլեկտրական և մագնիսական հաստատունների միջոցով՝ $v_{\text{լույ}} = 1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$ [39, էջ 54]: Տեղադրելով այդ հաստատունների արժեքները՝ $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ֆ/մ, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Հն/մ,

վակուումում տարածվող էլեկտրամագնիսական դաշտի (ալիքի) արագության համար կստանանք՝ $v_{\text{լույ}} = 3 \cdot 10^8$ մ/վ: Ճիշտ այդպիսի արագությամբ վակուումում տարածվում է լույսը: Եվ Մաքսվելին ոչինչ չէր մնում անել, քան ենթադրել, որ լույսը ոչ այլ ինչ է, եթե ոչ տարածության մեջ տարածվող էլեկտրամագնիսական դաշտ, այսինքն՝ էլեկտրամագնիսական ալիք:

1905 թ. Ալբերտ Այնշտայնը \$ֆոտոէֆեկտի օրինաչափությունները բացատրելու համար արտահայտել է մի գաղափար, համաձայն որի էլեկտրամագնիսական ճառագայթումը (մասնավորապես՝ լույսը) բաղկացած է առանձին մասնիկներից, որոնց 1929 թ. ամերիկացի ֆիզիկոս և քիմիկոս Ջիլբերտ Լյուիսը տվեց «ֆոտոն» անվանումը (հունարեն «ֆոտոս»՝ լույս բառից): Դպրոցական դասընթացից հայտնի է, որ ֆոտոնի էներգիան և իմպուլսը որոշվում են հետևյալ բանաձևերով՝

$$\varepsilon = h\nu, \quad (1)$$

$$p = \frac{h}{\lambda}, \quad (2)$$

որտեղ p -ն ֆոտոնի իմպուլսի մոդուլն է, h -ը՝ Պլանկի հաստատունը՝ $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Ջ.վ:

Ֆոտոնների գաղափարի առաջադրումից շուրջ երկու տասնամյակ անց՝ 1924 թ. աշնանը, Սորբոնի համալսարանում ֆիզիկայի գծով դոկտորական թեզ էր պաշտպանում գրականության և պատմության գծով գիտության թեկնածու (չիսանսիտ, առաջին գիտական աստիճանը Ֆրանսիայում, որն իրավունք էր տալիս դասավանդելու միջին ուսումնական հաստատություններում՝ լիցեյներում), արքայազն Լուի դը Բրոյլը (Դը Բրոյլների ընտանիքը սերում էր Ֆրանսիական Բուրբոնների արքայատոհմից): «Յետազոտություններ քվանտների տեսության վերաբերյալ» խորագրով դոկտորական ատենախոսության մեջ Դը Բրոյլը, խնդրին մոտենալով հակառակ կողմից, արտահայտել էր այն միտքը, որ եթե լույսի ալիքն իրեն պահում է որպես մասնիկ, ապա ինչո՞ւ էլեկտրոնը (կամ որևէ այլ միկրոմասնիկ) չի կարող դրսևորել ալիքային հատկություններ: Դը Բրոյլն առաջ էր քաշել մի վարկած, ըստ որի՝ նյութի մասնիկները պետք է օժտված լինեն ալիքների և բնորոշ հատկանիշներով, այլ կերպ ասած՝

յուրաքանչյուր շարժվող մասնիկի պետք է համապատասխանի որոշակի ալիք, որը հետագայում անվանվեց «Դը Բրոյլի ալիք»։ Դրանով Դը Բրոյլը նյութին վերագրեց ալիքային հատկություններ։ Այսպիսով՝ Դը Բրոյլը ալիք-մասնիկ երկվություն հայեցակարգը տարածեց նաև նյութի մասնիկների վրա։

Եվ առանց դույզն-ինչ չափազանցնելու կարելի է պնդել, որ անհամար ծառերի և Լուիների (ֆրանսիական արքաների ամենատարածված անուններն են) այդ հեռավոր ազգականը բնության կառուցվածքի մասին գիտությանը մատուցեց արդարև արքայական ծառայություններ։ Ծուրջ 80-ամյա ընդմիջումից հետո Բուրբոնները կրկին ծնեցին թագավոր, բայց այս անգամ գիտության ոլորտում։

Ըստ Դը Բրոյլի դատողության, եթե մեներանգ էլեկտրամագնիսական ճառագայթմանը համապատասխանող մասնիկի՝ ֆոտոնի իմպուլսը կապված է ճառագայթման ալիքի երկարության հետ (2) առնչությամբ, ապա նույնպիսի առնչությամբ էլ պետք է կապված լինեն որևէ մասնիկի իմպուլսը և այդ մասնիկին համապատասխանող ալիքի (Դը Բրոյլի ալիքի) λ երկարությունը՝

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (3)$$

Դը Բրոյլն իր այս դատողությանը հանգել է՝ հիմնվելով երկրաչափական օպտիկայի և մեխանիկայի հանգունության մասին 19-րդ դարում իռլանդացի մաթեմատիկոս Ուիլյամ Յամիլտոնի զարգացրած գաղափարի վրա։

Ֆրանսիացի նշանավոր ֆիզիկոս Պոլ Լանժըվենը, ով եղել է Լուի դը Բրոյլի ատենախոսության գիտական ղեկավարը, իր վաղեմի ընկերոջը՝ Էռնեստ Ռեզերֆորդին, ասել է. «Հայցորդի գաղափարներն, ինչ խոսք, անհեթեթություններ են, բայց զարգացված են այնպիսի նրբագեղություններ և շուքով, որ ես ատենախոսությունն ընդունեցի պաշտպանության» [39, էջ 56]։

Ե՛վ Լանժըվենը, և՛ Այնշտայնը, այնուամենայնիվ, Դը Բրոյլի աշխատանքում ինչ-որ թաքնված ճշմարտություն էին նկատել...

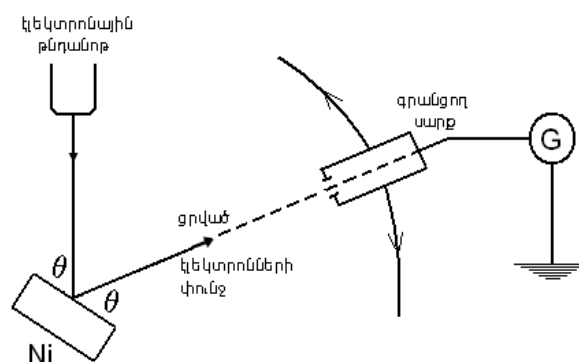
Արժե նշել, որ հենց ատենախոսության պաշտպանության ժամանակ խորհրդի անդամ, ականավոր ֆիզիկոս Ժան Պեռենը, ով նաև

հմուտ փորձարար էր, հարցրել է. «Յնարվո՞ր է արդյոք ատենախոսի գաղափարները փորձով ապացուցել», որին Դը Բրոյլը հստակ պատասխանել է. «Էլեկտրոնային ալիքները, անցնելով բյուրեղի միջով, պետք է առաջացնեն այնպիսի դիֆրակտային պատկեր, ինչպիսին առաջացնում են ռենտգենյան ճառագայթները» [39, էջ 56]:

Դը Բրոյլի $\lambda = \frac{h}{p}$ բանաձևը ցույց է տալիս, որ շարժվող

մասնիկին համապատասխանող ալիքի երկարությունն այնքան փոքր է, որքան մեծ է մասնիկի իմպուլսը: Պարզ հաշվարկների միջոցով կարելի է համոզվել, որ 10^6 մ/վ արագությամբ շարժվող էլեկտրոնին համապատասխանում է մոտ 7,3 նմ երկարությամբ ալիք: Փորձում այն հեշտությամբ կարելի է չափել՝ օգտվելով նույն կարգի երկարություն ունեցող ռենտգենյան ալիքների հետազոտման մեթոդներից:

1927 թ. ամերիկացի փորձարար-ֆիզիկոսներ Բլիսթոն Դևիսոնը և Լեստեր Ջերմերը, մենեներգիական էլեկտրոններով «մբակոծելով» նիկելի միաբյուրեղի մակերևույթը և գրանցելով տարբեր անկյուններով անդրադարձած էլեկտրոնները (նկ. 2.3.3-1), նկատել են, որ անդրադարձած էլեկտրոնների փնջի ուժգնությունը կախված է փնջի և բյուրեղի մակերևույթի կազմած θ անկյունից: Մասնավորապես, երբ յուրաքանչյուր էլեկտրոնի էներգիան 54 էՎ էր, այսինքն՝ էլեկտրոնի Դը Բրոյլի ալիքի երկարությունը՝ $\lambda = 0,167$ նմ, ապա անդրադարձած էլեկտրոնների փնջի ուժգնությունն ունենում էր սուր մաքսիմում նիկելի մակերևույթի նկատմամբ $\theta = 50^\circ$ անկյան համար: Այդ նույն բյուրեղից $0,167$ նմ ալիքի երկարությամբ ռենտգենյան ճառագայթների ինտերֆերենցի ժամանակ ուժգնության մաքսիմում դիտվում էր, երբ ռենտգենյան ճառագայթներն անդրադառնում էին նույն մակերևույթի նկատմամբ $\theta = 50^\circ$ անկյունով:



Նկ. 2.3.3-1. Դեհսոնի և Ջերմերի փորձի սխեման:

Նույն թվականին անգլիացի փորձարար-ֆիզիկոս Ջորջ Փաջետ Թոմսոնն ու նրանից անկախ՝ խորհրդային ֆիզիկոս Պ. Տարտակովսկին դիտել են մեծ ինտենսիվությամբ էլեկտրոնային փնջի դիֆրակցիան բարակ թաղանթներով անցնելիս և ստացել են նույն արդյունքը, ինչ ռենտգենյան ճառագայթների դեպքում էր:

Դըբրոյլյան և ռենտգենյան դիֆրակտային մաքսիմումներին համապատասխանող ալիքի երկարությունների համընկնումը ոչ այլ ինչ է, եթե ոչ Դըբրոյլի վարկածի փորձնական ապացույց:

Էլեկտրոնների դիֆրակցիայի փորձերը վերլուծելիս կարող է այն տպավորությունը ստեղծվել, որ ալիքային հատկությունները հատուկ են միայն բազմաթիվ էլեկտրոններից կազմված համակարգերին և պայմանավորված են միջէլեկտրոնային փոխազդեցությամբ: Այս վարկածը ստուգելու համար խորհրդային ֆիզիկոսներ Լեոնիդ Բիբերմանը, Նիկոլայ Սուշկինը և Վալենտին Ֆաբրիկանտը, էլեկտրոնների դիֆրակցիան ուսումնասիրելու նպատակով իրագործած փորձերում, օգտագործել են էլեկտրոնների խիստ նոսր փնջեր, այնպես որ փնջում էլեկտրոնների փոխազդեցությունը ոչ մի էական դեր չէր խաղում: Այդուամենայնիվ, երկար պահածամի դեպքում ֆոտոթիթեղի վրա ստացվում էր նույնպիսի դիֆրակտային պատկեր, ինչպիսին խիտ էլեկտրոնային փունջ օգտագործելիս: Այս փաստը փորձնական ապացույցներից մեկն է այն բանի, որ *յուրաքանչյուր առանձին մասնիկ օժտված է ալիքային հատկություներով*:

Այսպիսով, դիտարկված փորձերը մեզ համոզում են, որ ալիք-մասնիկ երկվությունն ամեն մի միկրոմասնիկի բնորոշ հատկանիշն է:

Փորձով «նյութի ալիքների» հայտնաբերման համար Բլինթոն Դեհսոնին և Ջորջ Փաջեթ Թոմսոնին 1937 թ. շնորհվել է Նոբելյան մրցանակ:

Չարմանալիս այն է, որ Ջորջ Փաջեթ Թոմսոնը հռչակավոր Ջոզեֆ Ջոն Թոմսոնի որդին է, ով հայտնագործել էր էլեկտրոնը:

Յետաքրքիր է, որ հայր Թոմսոնը 1906 թ. Նոբելյան մրցանակ էր ստացել էլ եկտրոնը որպես մասնիկ հայտնագործելու համար, իսկ 31 տարի անց Նրա որդին այդ պարգևին արժանացել էր՝ ապացուցելով, որ էլեկտրոնն ալիք է:

Այսպիսով, դիտարկված փորձերը վկայում են այն բանի, որ ալիք-մասնիկ երկվությունը բնորոշ է յուրաքանչյուր միկրոմասնիկի: Դա է պատճառը, որ միկրոաշխարհում տեղի ունեցող շատ երևույթներ հիշեցնում են մակրոաշխարհի ալիքային պրոցեսները:

2.4 Հիմնարար ֆիզիկական հաստատունների հայտնագործման պատմությունը

Հայտնի է, որ ֆիզիկական տեսություններից և փորձերից բխում են շատ օրենքներ, որոնք որակապես և քանակապես արտահայտում են բնության այս կամ այն օրինաչափությունները: Իմանալով ֆիզիկայի օրենքները, մենք կարողանում ենք կառավարել բնության երևույթները, կապ հաստատել այդ օրենքներն արտահայտող ֆիզիկական մեծությունների միջև:

Բազմաթիվ ֆիզիկական մեծությունների մեջ առանձնանում է մեծությունների մի շարք, որն անվանում են *հիմնարար ֆիզիկական հաստատունների* շարք: Դրանց ֆիզիկական իմաստների ճիշտ մեկնաբանումը չափազանց արժեքավոր է և բացահայտում է այդ հաստատունների կապը ֆիզիկական տեսությունների և աշխարհի ֆիզիկական պատկերի հետ:

Դպրոցական ֆիզիկայի դասագրքերի, ինչպես նաև ուսուցչի ձեռնարկների մանրամասն վերլուծությունը ցույց է տվել, որ թե՛ նախկինում, և թե՛ այսօր, կարծես, հիմնարար ֆիզիկական հաստատունների պատշաճ ներկայացումը մղված է երկրորդ պլան: Այս կապակցությամբ մեր հանրապետությունում շատ քիչ աշխատանք է կատարվել: Կատարված աշխատանքներից, թերևս, հիշատակման է արժանի ակադեմիկոս Է. Մ. Ղազարյանի աշխատանքները [27]:

Ֆիզիկական հաստատուններն ունեն հետևյալ հատկությունները.

- ա) որոշվում են փորձնական ճանապարհով,
- բ) ընկած են հիմնարար ֆիզիկական տեսության հիմքում, որոշում են դրանց կիրառելիության սահմանները,
- գ) պահպանում են իրենց նշանակությունը ավելի ընդհանուր ֆիզիկական տեսությունների շրջանակներում [27, էջ 6]:

Ինչպես գիտենք, հիմնարար հաստատուններից առաջինը պատմականորեն համարվում է տիեզերական ձգողության (գրավիտացիոն) հաստատունը: Հաջորդը լույսի արագությունն է, Բոլցմանի հաստատունը, Պլանկի հաստատունը, տարրական լիցքը և այլն:

Մենք գրավիտացիոն հաստատունի, լույսի արագության, տարրական լիցքի հայտնագործման պատմական մանրամասնություններին արդեն անդրադարձել ենք մեր ատենախոսության II գլխի ենթագլուխներում: Այստեղ հիմնականում կներկայացնենք այն հաստատունները, որոնց մասին դպրոցական դասագրքերում կա՛մ չի հիշատակված, կա՛մ ներկայացված է ոչ լիարժեք:

1. *Բոլցմանի հաստատուն*: «Ֆիզիկա» գիտության առանցքային գիտաճյուղերից, ինչպես նաև դպրոցական ֆիզիկայի կարևորագույն բաժիններից է համարվում մոլեկուլային-կինետիկ տեսությունը, որի նշանակության մասին ժամանակին այսպես է ասել Նոբելյան մրցանակի դափնեկիր Ռիչարդ Ֆեյնմանը. «Եթե որևէ համաշխարհային աղետի հետևանքով կուտակված բոլոր գիտական գիտելիքները ոչնչանան և գալիք սերունդներին մոլեկուլային-կինետիկ տեսությունը փոխանցվի ընդամենը մի քանի բառով ձևակերպված, ապա դա ամենամեծ ինֆորմացիան կհաղորդի նրանց» [19, էջ 20]:

Մոլեկուլային-կինետիկ տեսությունը մյուս ֆիզիկական տեսությունների նման նույնպես անցել է երկար ճանապարհ, հանդիպել է բազմաթիվ «պատնեշների»: Այս տեսության հիմնադիր-առաջամարտիկներից է եղել ավստրիացի հանճարեղ ֆիզիկոս Լյուդվիգ Բոլցմանը (1844-1906): Նրա անունով է կոչվում վիճակագրական ֆիզիկայի կարևորագույն հաստատուններից մեկը:

Իսկ որո՞նք են Բոլցմանի կարևորագույն ներդրումները ֆիզիկայում:

Նա է առաջինն ուսումնասիրել գազի մասնիկների՝ ըստ ազատության աստիճանների ջերմային էներգիայի բաշխումը և ապացուցել, որ գազի մասնիկների $\bar{\varepsilon}$ կինետիկ էներգիան ուղիղ համեմատական է T բացարձակ ջերմաստիճանին, այսինքն՝ $\bar{\varepsilon} = \frac{3}{2}kT$,

այստեղ $k = \frac{R}{N_A}$, որտեղ R -ը գազային համապիտանի հաստատունն է,

իսկ N_A -ն՝ Ավոգադրոյի թիվը: k -ի արտահայտությունից դժվար չէ եզրակացնել, որ Բոլցմանի հաստատունն իրենից ներկայացնում է մեկ մոլեկուլին վերաբերող գազային համապիտանի հաստատուն:

Իսկ ո՞րն է Բոլցմանի հաստատունի կարևորությունը: Բոլցմանի հաստատունը «յուրահատուկ կամուրջ է» հանդիսանում միկրոաշխարհի (մասնիկների միջին կինետիկ էներգիայի) և մակրոաշխարհի (գազի ճնշման և ջերմաստիճանի) բնութագրիչների (պարամետրերի) միջև: Այսպես, ε և T մեծությունների կապը ցույց է տալիս, թե որքանով է փոփոխվում գազի մոլեկուլների միջին կինետիկ էներգիան՝ ջերմաստիճանը մեկ միավորով փոփոխելիս: Այսպիսով, Բոլցմանի հաստատունով առաջին անգամ կապ հաստատվեց միկրո և մակրոաշխարհների միջև, որոնք մինչ այդ համարվում էին միմյանցից տարաբաժան երկու տարբեր աշխարհներ:

1920 թ. գերմանացի ֆիզիկոս Օ. Շտեռնը փորձնականորեն չափեց ատոմների արագությունը [տե՛ս II գլուխ, խնդիր 19], որն էլ փայլուն կերպով հաստատեց ատոմների գոյությունը: Այսպիսով, միայն 20-րդ դարասկզբին վերջնականորեն կյանքի կոչվեց մոլեկուլային-կինետիկ տեսությունը, որում իր անուրանալի ավանդն ունեցավ հանճարեղ Բոլցմանը:

Մինչև այժմ մենք խոսել ենք առավելապես մակրոֆիզիկայի հիմնարար հաստատունների մասին (թեպետ, ինչպես նշել ենք վերևում, Բոլցմանի հաստատունը կապ է հաստատում մակրո և միկրո աշխարհների միջև, տարրական լիցքը նույնպես միկրոաշխարհը բնութագրող հիմնարար հաստատուն է, սակայն լայնորեն օգտագործվում է նաև դասական ֆիզիկայում): Այժմ ծանոթանանք միկրոֆիզիկայի հիմնարար հաստատուններին:

2. *Պլանկի հաստատուն*։ Ինչպես գիտենք, Պլանկի հաստատունն է՝
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Ջ.վ։ Հաճախ օգտագործվում է $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,055 \cdot 10^{-34}$ Ջ.վ
 մեծությունը։ Ֆիզիկայում Ջ.վ չափայնություններ բնութագրվում է
 մի մեծություն, որը կոչվում է *գործողություն*։ Այն սահմանվում
 է որպես մասնիկի իմպուլսի և տվյալ խնդրում առկա բնութագրական
 երկարության արտադրյալ [27, էջ 7]՝

$$S = p \cdot r:$$

Եթե մասնիկին բնորոշ S գործողությունը h -ի կարգի է, ապա
 մասնիկի վարքը դասական տեսությամբ բնութագրելն արդեն սխալ է։
 Ընդ որում, այստեղ կարևոր է այն փաստը, որ S -ն ընդունում է ոչ թե
 կամայական, այլ՝ $\hbar$ -ին բազմապատիկ արժեքներ, այսինքն՝
 քվանտանում է։ Այս դեպքում մասնիկի վարքը նկարագրվում է
 քվանտային տեսությամբ։

Բոլոր այն դեպքերում, երբ $S \geq \hbar$, քվանտային
 օրինաչափությունները հանգում են դասականին [նույն տեղում]։

Ատոմական համակարգերը նկարագրող քվանտային տեսությունը
 ենթադրում է, որ մասնիկների արագությունները դեռևս շատ փոքր
 են լույսի արագությունից ($v \ll c$)։ Իսկ եթե մասնիկների
 արագությունները մոտեն լույսի արագությանը ($v \approx c$), ապա դրանց
 վարքը նկարագրվում է դաշտի քվանտային տեսությամբ, համաձայն
 որի մասնիկները կարող են փոխադարձ փոխակերպվել, ծնվել և
 ոչնչանալ։

3. *Ավոգադրոյի հաստատուն*։ Ավոգադրոյի հաստատունը
 մոլեկուլային ֆիզիկայի կարևորագույն հաստատուններից է։
 Ինչպես գիտենք դարոցական ֆիզիկայի XI դասարանի դասընթացից [32],
 Ավոգադրոյի հաստատունի միջոցով կարելի է հաշվել ցանկացած
 նյութի մեկ մոլում պարունակվող մոլեկուլների թիվը։
 Ավոգադրոյի հաստատունի հաշվարկը բերված է վերոնշյալ
 դասագրքում, սակայն, մեր կարծիքով, սովորողների և
 ուսուցիչների համար պակաս հետաքրքիր չի լինի ծանոթանալ նաև
 այդ կարևորագույն ֆիզիկական հաստատունի ստացման
 եղանակներին։ Որպես օրինակ դիտարկել ենք Ավոգադրոյի
 հաստատունի որոշման Պեռենի փորձը [35, էջ 96-98]։

1908 թ. ֆրանսիացի նշանավոր փորձարար-ֆիզիկոս, Նոբելյան մրցանակի դափնեկիր ժան Պեռենը (1870-1942) իր մի շարք գիտափորձերով հաստատեց, որ բրոուկոնյան շարժումը միջավայրի մոլեկուլների ջերմային շարժման հետևանք է: Իր փորձերից ելնելով Պեռենը հաշվեց նաև Ավոգադրոյի հաստատունի արժեքը:

Դեղնախեղճը, որը ստացվում է արևադարձային մի քանի բույսերից, լուծելով ջրում՝ Պեռենը մանրադիտակով ուսումնասիրել է ստացվող լուծույթը՝ ըստչափի առանձնացնելով խեժի հատիկները: Ոչ շատ երկար ժամանակում նա կարողացել է ստանալ 0,75 մկմ տրամագծով հատիկներ: Իմանալով դեղնախեժի խտությունը՝ $\rho = 1,195 \text{ գ/սմ}^3$, Պեռենը որոշել է մեկ հատիկի զանգվածը՝ $m = 7 \cdot 10^{-14} \text{ կգ}$:

Այժմ տեսնենք, թե ինչպես է Պեռենը կարողացել որոշել հատիկի տրամագիծը:

Հատիկները լուծույթի մեջ էին ընկնում ծանրության ուժի ազդեցությամբ: Սկզբում դրանք ընկնում էին արագամամբ, այնուհետև, որոշ ժամանակ անց, անկումը դառնում էր հավասարաչափ: Իրոք, լուծույթում խեժահատիկի վրա ազդում է երեք ուժ՝ $m\vec{g}$ ծանրության ուժը, $\vec{F}_{i \text{ cւ}}$ արքիմեդյան ուժը և լուծույթի մածուցիկության $\vec{F}_{\text{ւի H}}$ ուժը: Վերջին երկու ուժերն էլ ուղղված են դեպի վեր, ընդ որում, գնդաձև մարմնի վրա ազդող մածուցիկության ուժը որոշվում է Ստոքսի բանաձևով՝

$$F_{\text{ւի H}} = 6\pi r \eta v,$$

որտեղ r -ը հատիկի շառավիղն է:

Ինչպես գիտենք, արքիմեդյան ուժն արտահայտվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$F_{i \text{ cւ}} = \rho_0 g V = \rho_0 g \frac{4}{3} \pi r^3,$$

ուրեմն, կարող ենք գրել՝

$$mg = F_{i \text{ cւ}} + F_{\text{ւի H}},$$

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \rho g = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_0 g + 6\pi r \eta v,$$

$$\frac{4}{3} \pi r^3 g (\rho - \rho_0) = 6\pi r \eta v:$$

Չափելով հատիկի v արագությունը և իմանալով լուծույթի η մածուցիկությունը՝ վերոգրյալ հավասարումներից կարելի է որոշել հատիկի r շառավիղը, ինչի միջոցով էլ Պեռենը որոշել է Ավոգադրոյի հաստատունի արժեքը:

Կարելի է ասել, որ խեժահատիկն անկում է կատարում

$$F = \frac{4}{3}\pi r^3 g (\rho - \rho_0) = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) = mg \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)$$

արդյունարար ուժի ազդեցությամբ (ρ_0 -ն հեղուկի խտությունն է, իսկ $m\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)$ մեծությունը հատիկի, այսպես կոչված, «արդյունարար» զանգվածը):

Եթե ենթադրենք, որ հեղուկում լողացող խեժի մասնիկները ստեղծում են յուրօրինակ «մթնոլորտ», ապա այդ «մթնոլորտի» համար կարող ենք գրել ծանրաչափական բանաձևը՝ m -ը փոխարինելով արդյունարար $m\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)$ զանգվածով՝

$$n = n_0 e^{-\frac{m\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)gh}{k_B T}}:$$

Քանի որ, ինչպես գիտենք, $k_B = \frac{R}{N_A}$ (R -ը գազային համապիտանի հաստատունն է), ապա վերոգրյալ բանաձևը կարող ենք գրել այսպես՝

$$n = n_0 e^{-\frac{N_A m\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)gh}{RT}}:$$

Ահա, այս բանաձևի օգնությամբ էլ Պեռենը կարողացավ որոշել Ավոգադրոյի հաստատունը:

2-րդ գլխի եզրակացություններ

Երկրորդ գլխում կատարված հետազոտությունը թույլ է տալիս հանգել ու հետևյալ *եզրակացություններին*.

1. Ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացի տարբեր թեմաների ուսուցման ժամանակ *պատմական բովանդակությամբ*

խնդիրները կարող են ունենալ ինչպես նպատակային, այնպես էլ բովանդակային նշանակություն:

2.Ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում *պատմական* փորձերի դիտարկումը սովորողներին զերծ է պահում բոլոր չափումներին ու փորձերին միևնույն դերն ու նշանակությունը տալու սխալից և օգնում է հասկանալ այն խնդիրների առանձնահատկությունները, որոնք լուծվում են գիտափորձի օգնությամբ:

3.Ֆիզիկայի ուսուցման բոլոր աստիճաններում չափազանց մեծ դեր ու նշանակություն ունեն ֆիզիկական տեսություններն ու օրենքները, որոնց արդյունավետ ուսուցումը կարելի է կազմակերպել պատմական նյութերի օգտագործմամբ:

Մենք հիմնավորել ենք, որ ֆիզիկայի պատմական նյութերի օգնությամբ կարելի է լուծել մի շարք մեթոդամանկավարժական խնդիրներ՝ ի թիվս սովորողների իմացական հետաքրքրությունների զարգացման, վերլուծական կարողությունների զարգացման և հետազոտական ունակությունների զարգացման:

4.Մեր կատարած ուսումնասիրություններով համոզվել ենք, որ հիմնարար ֆիզիկական հաստատուններն օգնում են սովորողներին՝ բավարար պատկերացում կազմելու աշխարհի ֆիզիկական պատկերի մասին:

ԳԼՈՒԽԵՐՐՈՐԴ
ՄԱՆԿԱՎԱՐԺԱԿԱՆ ԳԻՏԱՓՈՐՁԻ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒՄ ԵՎ ԴՐԱ
ԱՆՑԿԱՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱՆ

3.1 Մանկավարժական գիտափորձի կազմակերպման մեթոդիկան

Մանկավարժական գիտափորձը մանկավարժական այն պիսի մեթոդ է, որի ժամանակ տեղի է ունենում մանկավարժական երևույթի վրա ակտիվ ներգործությամբ՝ հետազոտության նպատակներին համապատասխան պայմաններ ստեղծել ու միջոցով [48, էջ 12]:

Մեր կողմից իրականացրած մանկավարժական գիտափորձն ընթացել է երեք փուլով.

- 1) **Արձանագրական փուլ** - այս փուլում պարզել ենք սովորողների գիտելիքների մակարդակը «Ֆիզիկա» ուսումնական առարկայից, ֆիզիկայի դրվածքը գիտափորձն անցկացրած դպրոցներում և, ի վերջո, սովորողների վերաբերմունքն առարկայի նկատմամբ:
- 2) **Ուսուցողական փուլ** - այս փուլում իրականացրել ենք ուսուցում մեր կողմից մշակված մեթոդիկայով:
- 3) **Ստուգողական փուլ** - այս փուլում իրականացրել ենք վերջնական ստուգում, ինչի արդյունքում հաստատվել է մեր հետազոտության գիտական վարկածի իսկությունը և մշակված մեթոդիկայի արդյունավետությունը:

Մենք մանրամասն պլանավորել ենք մեր կողմից կատարված գիտափորձի վերոնշյալ երեք փուլերը, որից հետո վերլուծել ենք արդյունքները, ապա՝ կատարել համապատասխան եզրակացություններ:

Ստորև աղյուսակով ներկայացված են մանկավարժական գիտափորձի՝ նշված երեք փուլերում իրականացված մեթոդները, անցկացման տարեթիվը, դպրոցը և նպատակները (աղյուսակ 3.1.1):

Մանկավարժական գիտափորձի անցկացման փուլերը և օգտագործված մեթոդները

Աղյուսակ 3.1.1

Շարունակությունը` Էջ 128

Փուլ	Արձանագրական	Ուսուցողական	Ստուգողական
Անցկացման տարեթիվը	2013-2014 թ.թ.	2013-2014 թ.թ.	2013-2014 թ.թ.
Դպրոցներ	Գ. Էմինի անվ. թիվ 182 ավագ դպր., ՀԱԱՀ հենակետային (ավագ դպրոց) վարժարան, Արմավիրի մարզի Թաիրովի միջն. դպրոց, Արագածոտնի մարզի Եղիպատրուշի միջն. դպրոց	Գ. Էմինի անվ. թիվ 182 ավագ դպր., ՀԱԱՀ հենակետային (ավագ դպրոց) վարժարան, Արմավիրի մարզի Թաիրովի միջն. դպրոց, Արագածոտնի մարզի Եղիպատրուշի միջն. դպրոց	Գ. Էմինի անվ. թիվ 182 ավագ դպր., ՀԱԱՀ հենակետային (ավագ դպրոց) վարժարան, Արմավիրի մարզի Թաիրովի միջն. դպրոց, Արագածոտնի մարզի Եղիպատրուշի միջն. դպրոց
Մեթոդներ	Դիտումներ, հարցում, անկետավորում, ստուգողական աշխատանքների հանձնարարում, ստուգում և արդյունքների վերլուծություն:	Դասերի պլանների մշակում, պատմական բովանդակությամբ ֆիլմերի դիտում-քննարկում, փորձնական դասավանդում:	Թեմատիկ ստուգողական աշխատանքի անցկացում, հարցումներ, արդյունքների վերլուծություն:
Նպատակ	Սովորողների նախնական գիտելիքի ստուգում	Մշակված մեթոդիկայով փորձնական դասավանդում	Արդյունքների ամփոփում, գնահատում, մշակված մեթոդիկայի մատչելիություն

			ն և արդյ ու նավետո ւ թյ ան ստուգ ու մ:
--	--	--	--

Արձանագրական փուլ

Այս փուլում կատարել ենք սովորողների անկետավորում 7-10-րդ դասարաններում՝ ըստ «Ֆիզիկա» առարկայից ունեցած նրանց գնահատականների, այնուհետև ուղղել ենք հարց, թե ով է ցանկանում ապագայում դառնալ ֆիզիկոս, ինժեներ կամ հարակից բնագավառի մասնագետ: Արդյունքները ներկայացված են 3.1.2-3.1.6 աղյուսակներում:

Աղյուսակ 3.1.2

Գ. Էմինի անվ. 182 ավագ դպրոց, 2013 թ.	Բնագիտական հոսք		Տնտեսագիտական հոսք	
Աշակերտների թիվը	22		25	
Ֆիզիկայից 7-10 գնահատականներ ունեցող աշակերտների թիվը	10	46 %	5	20%
Ֆիզիկայից 4-6 գնահատականներ ունեցող աշակերտների թիվը	12	54%	20	80%
Իր ապագան «Ֆիզիկա» մասնագիտու լ թյ ան հետ կապել ցանկացողների թիվը	5	23%	4	16%

Աղյուսակ 3.1.3

ՀԱԱՀ հենակետային (ավագ դպրոց) վարժարան, 2013-2014	Տեխնոլոգիական հոսք	Ճարտարագիտական հոսք
---	--------------------	---------------------

Թ.թ.				
Աշակերտների թիվը	60		60	
Ֆիզիկայից 7-10 գնահատականներ ունեցող աշակերտների թիվը	20	33 %	27	45%
Ֆիզիկայից 4-6 գնահատականներ ունեցող աշակերտների թիվը	40	67%	33	55%
Իր ապագան «Ֆիզիկա» մասնագիտությամբ կապել ցանկացողների թիվը	60	100%	60	100%

Աղյուսակ 3.1.4

Արմավիրի մարզի Թաիրովի միջն. դպրոց, 2013-2014 թ.թ.	2013թ.		2014 թ.	
Աշակերտների թիվը	35		35	
Ֆիզիկայից 7-10 գնահատականներ ունեցող աշակերտների թիվը	15	43%	12	34%
Ֆիզիկայից 4-6 գնահատականներ ունեցող աշակերտների թիվը	20	57%	23	66%
Իր ապագան «Ֆիզիկա» մասնագիտությամբ կապել ցանկացողների թիվը	15	43%	13	37%

Աղյուսակ 3.1.5

Արագածոտնի մարզի Եղիապարուշի միջն. դպրոց, 2014 թ.	Ընդհանուր հոսք	
Աշակերտների թիվը	12	
Ֆիզիկայից 7-10 գնահատականներ ուներցող աշակերտների թիվը	6	50%
Ֆիզիկայից 4-6 գնահատականներ ուներցող աշակերտների թիվը	6	50%
Իր ապագան «Ֆիզիկա» մասնագիտությամբ հետևել ցանկացողների թիվը	4	33%

Ընդհանուր արդյունքները

Աղյուսակ 3.1.6

Բոլոր դպրոցները, 2013-2014 թ.թ.	-	
Աշակերտների թիվը	249	
Ֆիզիկայից 7-10 գնահատականներ ուներցող աշակերտների թիվը	95	38%
Ֆիզիկայից 4-6 գնահատականներ ուներցող աշակերտների թիվը	154	62%
Իր ապագան «Ֆիզիկա» մասնագիտությամբ հետևել ցանկացողների թիվը	161	65%

Ինչպես երևում է աղյուսակային վերլուծության ընդհանուր արդյունքներից, աշակերտների մեծ մասը հակված է սովորելու, և իրենց ապագան կապում են ֆիզիկայի հետ:

Աշակերտների շրջանում անցկացված հարցազրույցների արդյունքում պարզեցինք, որ, ընդհանուր առմամբ, առարկան իրենց դուր է գալիս, իսկ մի քանիսն էլ ասացին, որ ցանկանում են դառնալ ֆիզիկոս, ինժեներ կամ ճարտարագետ:

Մանկավարժական գիտափորձի հավաստիությունն ապահովելու համար, բացի անկետավորումից և հարցումներից, անց ենք կացրել նաև նախնական թեմատիկ ստուգողական աշխատանք: Աշխատանքն իր մեջ ներառում է թեստային հարցեր ֆիզիկայից և ունի միջին բարդության աստիճան: Ատենախոսության ծավալը չձանրաբեռնելու պատճառով բերենք ընդամենը մեկ թեստի նմուշօրինակ: Թեստը տրվել է Արագածոտնի մարզի Եղիպատրուշի միջնակարգ դպրոցում՝ 10-րդ դասարանում: Թեստերը պարունակում են ճիշտ պատասխանի ընտրության, կարճ և ընդարձակ պատասխան պահանջող առաջադրանքներ:

Թեստի յուրաքանչյուր առաջադրանքի ճիշտ պատասխանին տրվում է 1 միավոր (բացառությամբ այն դեպքերի, երբ առաջադրանքի համար նշված է առավելագույն միավոր):

Սովորողի գնահատականը ստանալու համար թեստից նրա հավաքած միավորներն անհրաժեշտ է բաժանել 2-ի: Գնահատումը կատարել ենք 10 միավորանոց սանդղակով [18]:

Թեստ 1. Ի՞նչ է լիցքեր են ձեռք բերում ապակե ձողը և մետաքսե կտորը միմյանց շփելիս:

- 1) նույն նշանի՝ մոդուլով տարբեր:
- 2) նշաններով տարբեր՝ մոդուլով հավասար:
- 3) լիցքերը նույնն են և՛ նշանով, և՛ մոդուլով:
- 4) լիցքերը տարբեր են և՛ նշանով, և՛ մոդուլով:

2. Ինչպե՞ս է լիցքավորված մարմինը, եթե նրամեջ պրոտոնների թիվը գերազանցում է նեյտրոնների թիվը:

- 1) դրական լիցքով:
- 2) բացասական լիցքով:
- 3) լիցքավորված չէ:
- 4) հնարավոր է՝ լիցքավորված է ինի ինչպես դրական, այնպես էլ բացասական լիցքով:

3. -q լիցքով ջրի կաթիլը միացավ +2 q լիցք ունեցող մեկ այլ կաթիլի: Ի՞նչ է լիցք կուտենառաջացած կաթիլը:

- 1) $-2q$:
- 2) $-q$:
- 3) 0 :
- 4) $+q$:

4. Ո՞րն է ճիշտ շարունակությունը:

Մետաղներում էլ եկտրական հոսանքը...

- 1) էլեկտրոնների քառսային շարժումն է:
- 2) էլեկտրոնների ուղղորդված շարժումն է:
- 3) ատոմների քառսային շարժումն է:
- 4) ատոմների ուղղորդված շարժումն է:

5. Տոնածառի 20 լամպերը միացված են հոսանքի աղբյուրին զուգահեռաբար: Լամպերից մեկն այրվեց: Պնդումներից ո՞րն է ճիշտ

- 1) մյուս լամպերը չեն լուսարձակի:
- 2) բացի այրված լամպից բոլորը կլուսարձակեն:
- 3) կլուսարձակեն միայն այդ լամպին նախորդող լամպերը:
- 4) կլուսարձակեն միայն այդ լամպին հաջորդող լամպերը:

6. Ո՞ր պնդումն է ճիշտ բնութագրում մագնիսների փոխազդեցությունը:

- 1) մագնիսները միշտ ձգում են իրար:
- 2) նույնանուն բևեռներն իրար ձգում են:
- 3) տարանուն բևեռներն իրար վանում են:
- 4) տարանուն բևեռներն իրար ձգում են:

7. Գրել մեկ պառհա, որի դեպքում մագնիսական սլաքը ցույց չի տալիս ճիշտ ուղղությունը:

8. Ի՞նչ է էլեկտրամագնիսը:

- 1) հոսանքակիր լար:
- 2) հոսանքակիր կոճ:
- 3) երկաթե միջուկով հոսանքակիր կոճ:
- 4) ալյումինե միջուկով հոսանքակիր կոճ:

9. Ո՞րն է սխալ շարունակությունը:

Հոսանքակիր կոճի մագնիսական ազդեցությունն ուժեղանում է, եթե.

- 1) կոճին միացնում են ռեոստատ:

- 2) մեծացնում են կոճի գալ արևերի թիվը:
- 3) կոճի ներսում տեղադրում են երկաթե միջուկ:
- 4) մեծացնում են նրանով անցնող հոսանքի ուժը:

10. Ատմի միջուկը կազմված է.

- 1) էլեկտրոններից, պրոտոններից և նեյտրոններից:
- 2) էլեկտրոններից և պրոտոններից:
- 3) էլեկտրոններից և նեյտրոններից:
- 4) պրոտոններից և նեյտրոններից:

11. Հավաքող ոսպնյակի կիզակետային հեռավորությունը 2 սմ է:

Առարկան գտնվում է ոսպնյակից 3 սմ հեռավորության վրա (3 միավոր)

- ա. Որքա՞ն է ոսպնյակի օպտիկական ուժը:
- բ. Որքա՞ն է պատկերի հեռավորությունը ոսպնյակից:
- գ. Քանի՞ անգամ է առարկայի պատկերի գծային չափը մեծ առարկայի չափից:

12. Էլեկտրական սալ օջախի հզորությունը 800 Վտ է, իսկ կիրառված լարումը՝ 160 Վտ (2 միավոր)

- ա. Որքա՞ն է հոսանքի ուժը սալ օջախում:
- բ. Որքա՞ն է սալ օջախի դիմադրությունը:

13. Հաղորդչի ծայրերին 4 Վ լարում կիրառելիս 2 րոպեում նրա լայնական հատույթով անցնում է 120 Կլ լիցք: (2 միավոր)

- ա. Որքա՞ն է հոսանքի ուժը հաղորդչում:
- բ. Որքա՞ն է հաղորդչի դիմադրությունը:

14. Հավաքող ոսպնյակի կիզակետային հեռավորությունը 4 սմ է:

Առարկան գտնվում է ոսպնյակից 5 սմ հեռավորության վրա: (3 միավոր)

- ա. Որքա՞ն է ոսպնյակի օպտիկական ուժը:
- բ. Որքա՞ն է պատկերի հեռավորությունը ոսպնյակից:
- գ. Որքա՞ն է ոսպնյակի գծային խոշորացումը:

Ստորև բերված աղյուսակում (աղյուսակ 3.1.7) ներկայացնում ենք փորձարկվող դպրոցներում աշակերտների գիտելիքների նախնական ստուգման

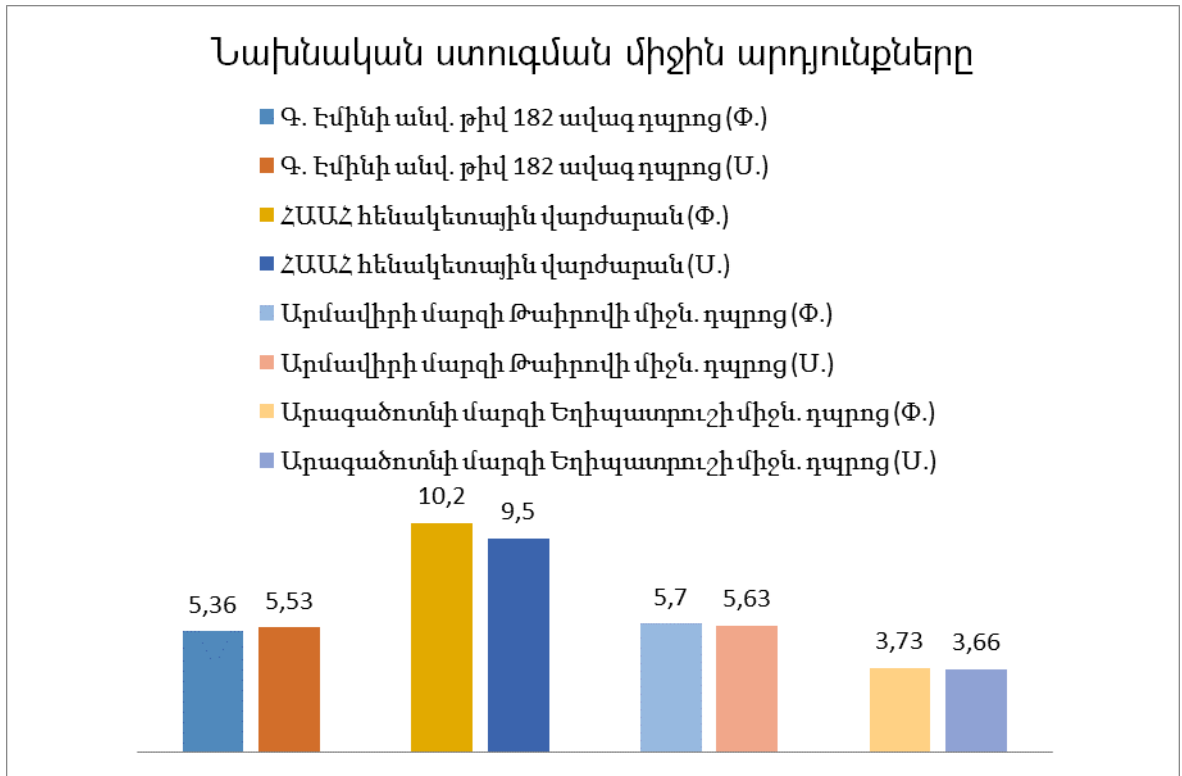
**Աշակերտների գիտելիքների նախնական ստուգման արդյունքները
փորձարկվող դարոցներում**

Աղյուսակ 3.1.7

Շարունակությունը՝ էջ 135

Առաջադրանքի համարը	Գ. Էմիլի անվ. թիվ 182 ավագ դարոց		ՀԱԱՀ հենակետային (ավագ դարոց) վարժարան		Արմավիրի մարզի Թաիրովի միջն. դարոց		Արագածոտնի մարզի Եղիպատունշի միջն. դարոց	
	Փ. (24)	Ս. (23)	Փ. (60)	Ս. (60)	Փ. (18)	Ս. (17)	Փ. (6)	Ս. (6)
1.	15	10	33	30	17	13	3	3
2.	11	15	35	31	15	18	2	6
3.	16	20	10	14	11	10	4	2
4.	14	13	8	15	14	12	5	3
5.	10	11	6	5	12	10	4	5
6.	10	10	40	45	16	11	3	2
7.	10	16	42	23	13	14	2	2
8.	7	8	31	30	6	15	2	4
9.	8	12	10	10	12	14	5	3
10.	8	5	22	20	10	13	3	5
11.	13	6	29	28	8	6	5	3
12.	6	8	10	10	12	5	4	3
13.	11	10	11	12	5	9	5	3
14.	13	14	9	6	9	10	3	5
15.	9	8	8	7	11	9	6	6
Միջ.գնահատականը	5,36	5,53	10,2	9,5	5,7	5,63	3,73	3,66

Ստորև տրամադրի օգնությամբ ներկայացված են աշակերտների գիտելիքների նախնական ստուգման միջին արդյունքները (տրամադրի 3.1.1):



Տրամագիր. 3.1.1. Նախնական ստուգման միջին արդյունքները:

Ուսուցողական փուլ

Ուսուցողական գիտափորձը կազմակերպվել է ուսուցման գործընթացում, որում ներդրվել են մեր կողմից մշակված մեթոդիկայի հիմնական դրույթները: Ինչպես արդեն նշել ենք, մեր հետազոտության նպատակն է՝ մշակել արդյունավետ մեթոդիկա, որը հնարավորություն կընձեռի ուսուցման գործընթացում ֆիզիկայի պատմական նյութերի օգնությամբ զարգացնել սովորողների իմացական հետաքրքրությունները:

Հայտնի է, որ սովորողների իմացական հետաքրքրությունների զարգացման համար կան մշակված բազմաթիվ մեթոդներ, միջոցներ և եղանակներ: Սակայն մենք մեր գիտափորձում աշակերտների ճանաչողական (իմացական) հետաքրքրությունները զարգացրել ենք նրանց հետազոտական ունակությունների զարգացման միջոցով [24]:

Մենք փորձել ենք սովորողների հետազոտական ունակությունները զարգացնել ֆիզիկայի պատմական նյութերի օգտագործմամբ:

Մենք իրականացրել ենք *պրոբլեմային ուսուցում էվրիստիկ գրույցի մեթոդով*: Հայտնի է, որ ուսուցիչը կարող է նպաստավոր պայմաններ ստեղծել պրոբլեմի առաջացման համար, եթե նա տիրապետում է գիտության պատմությանը վերաբերող տեղեկություններին, գիտի ֆիզիկայի դարակազմիկ հայտնագործություններին նախորդող իրադարձությունները, կարողանում է հիմնավոր, հակիրճ ու հստակ վերհանել այն պրոբլեմները, որոնք ժամանակին ծառացել էին գիտության առաջ: Այդ դեպքում սովորողները կռահում են այն պրոբլեմը, որը ցանկանում էր առաջադրել ուսուցիչը տվյալ իրադարձությունում:

Օրինակ՝ մենք ցանկացել ենք 8-րդ դասարանում «Ազատանկում» թեման ուսուցանել *հետազոտական մեթոդով* այնպես, որ *պրոբլեմը ձևակերպվի* սովորողների կողմից: Մենք նախնկարագրել ենք ազատանկման երևույթի հայտնագործմանը նախորդող իրադարձությունը և առաջադրել ենք կողմնորոշող հարց:

Այժմ մանրամասն ներկայացնենք վերոնշյալ թեմայով դասի կազմակերպման ընթացքը, որն իրականացրել ենք Արմավիրի մարզի Թաիրով գյուղի միջնակարգ դպրոցում:

Դասի թեմա՝ *Ազատանկում* [8, էջ 20-21]:

Նպատակը՝ ճանոթացնել հավասարաչափ փոփոխական շարժման տարատեսակներից մեկին՝ ազատանկմանը: Չարգացնել ընդհանրացնել ու, եզրահանգումներ կատարել ու կարողությունը:

Մատուցվող նոր նյութի բովանդակությունը

Մարմնի վիճակի փոփոխության պատճառները (բերել օրինակներ), Արիստոտելի տեսակետն ու Գալիլեյի ազատանկման օրենքը:

Ցուցադրումներ Ազատանկումը լուսաբանող ցուցադրական փորձեր:

Մեթոդական ցուցումներ

Առանձնակի ու շարժությունն դարձնել մարմնի շարժման վիճակի փոփոխության պատճառների և շարժման վիճակի պահպանման

բացատրու թյան վրա: Հստակ լուսաբանել ազատանկման արագացման հաստատու նու թյան պատճառը:

Այս թեման ուսու մնասիրելու գ հետո սովորողը պետք է՝

- իմանա, թե ինչ ո՞ւմ միևնույն բարձրությու նից տարբեր մարմիններ ընկնում են միևնույն արագացումով, Արիստոտելի և Գալիլեյի տեսությու նները:
- կարողանա՝ բերել ազատանկման օրինակներ, լուծել հաշվարկային խնդիրներ ազատանկումը նկարագրող բանաձևերով:

Դասի ընթացքը

Խթանում (10 ր)

Մտադրոհի մեթոդով սովորողներին վերհիշեցնել վերոնշյալ հասկացությու նների մասին իմացածը:

Իմաստի ընկալում (25 ր): Այս փուլում օգտագործվել է *Էվրիստիկ զրույցի մեթոդը*: Նպատակահարմար ենք գտնում այն ներկայացնել ամբողջությամբ:

Ուսուցիչ: Մեզանից ավելի քան 2350 տարի առաջ Հին Հունաստանի մեծագույն գիտնական Արիստոտելն «ապացուցում էր», որ ծանր մարմիններն ընկնում են ավելի արագ, քան թեթևները:

Առօրյա դիտումները կարծես հաստատում են Արիստոտելի տեսակետը: Իրոք, սովորական պայմաններում տարբեր մարմիններ ընկնում են տարբեր կերպ: Օրինակ՝ մետաղե գնդիկն ընկնում է ավելի արագ, իսկ թղթի թերթը՝ դանդաղ և բարդ հետագծով (ուսուցիչը կատարում է վերոնշյալ ցուցադրական փորձը):

1591 թ. իտալացի հռչակավոր գիտնական Գալիլեո Գալիլեյը, ով այդ ժամանակ Պիզայի համալսարանի մաթեմատիկայի դասախոս էր, արտահայտեց բոլորովին այլ տեսակետ [29]: Ըստ Գալիլեյի՝ բոլոր մարմինները նույն բարձրությու նից գետին են ընկնում միաժամանակ: Իր ասածի ճշտությու նն ապացուցելու համար Գալիլեյը Պիզայի թեք աշտարակի գագաթից, որի բարձրությու նը 56 մ է, միաժամանակ բաց թողեց ծանր հրետագու նդը և հրացանի փոքրիկ գնդակը, որոնք գետին ընկան միաժամանակ: Այս պատմական գիտափորձով ժխտվեց Արիստոտելի՝ գրեթե 2000 տարի իշխող սխալ տեսակետը:

Մենք նույնպես կարող ենք կատարել մեծանուն Գալիլեյի փորձի նման մի փորձ: Եթե թղթի թերթը ճմրթելով սարքենք գնդիկ և մետաղե գնդիկի հետ միևնույն բարձրությունից միաժամանակ բաց թողնենք, ապա և՛ մետաղ», և՛ թղթե գնդիկները գետնին կհասնեն միաժամանակ (ուսուցիչը կատարում է փորձը):

Ինչո՞ւ երկրորդ դեպքում թղթե և մետաղե գնդիկները գետնին ընկան միաժամանակ, իսկ առաջին դեպքում՝ ոչ միաժամանակ: Ո՞վ կարող է բացատրել փորձի արդյունքը:

Աշակերտ 7-րդ դասարանի դասընթացից մենք գիտենք, որ ընկնող մարմինների վրա բացի ուղղաձիգ դեպի ներքև ուղղված ծանրության ուժից ազդում է նաև ուղղաձիգ դեպի վեր ուղղված օդի դիմադրության ուժը: Առաջին դեպքում թղթի թերթի վրա ազդող օդի դիմադրության ուժն ավելի մեծ է, քան երկրորդ դեպքում, այդ իսկ պատճառով երկրորդ դեպքում թղթե գնդիկն ու մետաղե գնդիկը գետնին են հասնում միաժամանակ:

Ուսուցիչ: Ծափալով: Մենք դիտարկեցինք տարբեր մարմինների անկումը միևնույն միջավայրում (օդում): Այժմ պատասխանեք հետևյալ հարցին: Իսկ ի՞նչ տեղի կունենա, եթե դիտարկենք միատեսակ մարմինների անկումը տարբեր միջավայրերում. օրինակ, երկու միատեսակ մետաղյա գնդիկներ բաց թողնենք մեկը օդում, իսկ մյուսը՝ ջրում:

Աշակերտ Ջրում բաց թողնվածն ավելի դանդաղ կիջնի:

Ուսուցիչ: Ճիշտ է: Ուրեմն, նման փորձերից ելնելով ի՞նչ եզրակացության եկավ Գալիլեյը:

Աշակերտ Գալիլեյը եզրակացրեց, որ միջավայրը կարող է եական ազդեցություն ունենալ մարմինների շարժման վրա:

Կշռադատում (10ր)

1. Պատասխանել հետևյալ հարցին. «Իսկ ի՞նչ տեղի կունենա, եթե մարմինները շարժվեն (ընկնեն) դատարկության մեջ (վակուումում)»:

2. Գրավոր պատասխանել դասագրքի դրվագ 6-ի 3 և 5 հարցերին [29]:

Ատենախոսության ծավալը շատ չծանրաբեռնելու պատճառով մենք մյուս դասարաններում անցկացրած *ուսուցողական* դասերի պլան-կոնսպեկտները չենք հրապարակում:

3.2 Պատմական բովանդակությամբ ինքնուրույն աշխատանքների (ռեֆերատներ) հանձնարարման և ստուգման մեթոդիկան

Անվիճելի է, որ դպրոցականներին ինքնուրույն աշխատանք
հանձնարարելը

չպետք է լինի ինքնանպատակ: Այդ խնդիրը լուծելու համար առաջին
հերթին պետք է պատասխանել հետևյալ հարցերին.

1. ի՞նչ հանձնարարել,
2. ինչպե՞ս հանձնարարել,
3. ինչպե՞ս ստուգել դրանց կատարման արդյունավետությունը:

Հանձնարարության դժվարությունը սովորողների համար
հաղթահարելի դարձնելու նպատակով ուսուցիչը նախօրոք պետք է
ամենայն մանրամասնությամբ ուսումնասիրի տրվող նյութը,
այնուհետև կազմի համապատասխան աշխատանքային պլան: Օրինակ՝
որպեսզի ֆիզիկայի մի շարք «դժվարամարս» թեմաներ հասկանալի
դառնան աշակերտներին, կարելի է նախապես նրանց հանձնարարել
կարդալ գիտահանրամատչելի, ինչպես նաև *պատմական
բովանդակությամբ* հետաքրքրաշարժ գրականություն, դիտել տվյալ
թեմային առնչվող գիտահանրամատչելի և գիտաֆանտաստիկ
տեսաֆիլմեր և համակարգչային շնորհանդեսներ և, վերջապես, գրել
ուներկայացնել ռեֆերատներ:

Առաջին հայացքից թվում է, թե խնդիրը պարզ է՝ առաջադրանքն
ընտրված է, մնում է միայն հանձնարարել, և աշակերտները
կկատարեն այն: Սակայն, մեր ուսումնասիրությունները ցույց
տվեցին, որ դա ամենևին էլ այդպես չէ: Աշակերտների գերակշիռ
մասը, նույնիսկ բարձր առաջադիմություն ցուցաբերողները,
լուրջ չեն վերաբերվում այդպիսի աշխատանքներին և չեն
կատարում դրանք: Նման դեպքերում ինչպե՞ս պետք է վարվի
ուսուցիչը, ի՞նչ եղանակով աշակերտներին տրամադրի դեպի
նմանօրինակ ինքնուրույն աշխատանքը: Ամենից առաջ նա պետք է
սովորողների մոտ հետաքրքրություն առաջացնի դասի նկատմամբ:
Մենք մեր մի շարք աշխատանքներում հիմնավորել ենք
հետաքրքրաշարժ նյութերի օգտագործմամբ սովորողների իմացական

հետաքրքրությունների զարգացման հիմնահարցը: «Հետաքրքրաշարժ նյութ» ասելով՝ պետք է հասկանալ ուսումնական այն նյութը, որը սովորողների մոտ առաջ է բերում հետաքրքրությունների սրում [49, էջ 131]:

Այժմ տեսնենք, թե ինչպես են հանձնարարվում և ստուգվում ինքնուրույն աշխատանքները, օրինակ՝ *պատմական բովանդակությամբ ռեֆերատները*:

Սովորաբար որևէ թեմայից ռեֆերատ գրել խորհուրդ է տրվում այն դեպքերում, երբ տվյալ թեման կա՛մ խրթին է, կա՛մ էլ պատմական փաստերով շատ հագեցած: Մեր հանրապետության հանրակրթական դպրոցներում ավանդաբար ռեֆերատ հանձնարարվում է գրել, երբ հանձնարարվող դասանյութը ամբողջովին կամ գրեթե ամբողջովին հագեցած է լինում պատմական փաստերով:

Ռեֆերատ կարելի է գրել A4 չափի սպիտակ թղթի մի կողմի վրա՝ տպագիր կամ էլ ֆիզիկայի աշխատանքային տետրում՝ ձեռագիր: Հիմնական դպրոցում նպատակահարմար է տպագիր 1-2 էջ ծավալը, իսկ ավագ դպրոցում՝ 3-4 էջ: Կարևոր է, որ ռեֆերատը ծավալուն չլինի, քանի որ հակառակ դեպքում դրա քննարկումը կգբաղեցնի կա՛մ ողջ դասը, կա՛մ դասի զգալի մասը: Բացի այդ, երկար գեկուցումներն ու քննարկումները կհոգնեցնեն աշակերտներին, ինչն էլ կտա անցանկալի արդյունքներ:

Ռեֆերատում պետք է ընդգրկել միայն այնպիսի պատմական տեղեկություններ, որոնք անմիջականորեն կապված են հանձնարարված դասանյութի հետ և չեն պարունակում տվյալ թեմային կամ հիմնահարցին չառնչվող տեղեկություններ, այլապես աշխատանքը կլինի ինքնանպատակ և անօգուտ: Այս պահանջն առաջին հայացքից կարող է պարզունակ թվալ, սակայն ամենևին այդպես չէ: Բանն այն է, որ եթե ուսուցիչը նախօրոք ռեֆերատի պլան չկազմի և աշակերտներին ճիշտ չուղղորդի, ապա նրանք կարող են ընտրել այնպիսի նյութեր, որոնք անհասկանալի են հենց իրենց, այսինքն՝ կգրեն սոսկ թվանշան ստանալու համար: Որպես ասվածի ապացույց բերենք մեկ օրինակ: 7-րդ դասարանում «Ֆիզիկոսների մասին: Հայ ֆիզիկոսներ» [28] թեման անցնելիս ուսուցիչը դասարանին հանձնարարել էր ռեֆերատ գրել՝

առանց նախօրոք անհրաժեշտ ցուցումներ տալու, թե ինչ պես պետք էր աշխատել ռեֆերատի վրա (գիտափորձը կատարվել է Երևանի Գ. Էմինի անվ. թիվ 182 ավագ դպրոցում): Եվ ահա, հաջորդ դասին, աշխատանքները ներկայացնելիս աշակերտներից մեկը, ով իրավամբ համարվում էր դասարանի լավագույն առաջադիմությամբ ու ցուցաբերողներից, չկարողացավ հավուր պատշաճի ներկայացնել Ալիխանյան եղբայրների մասին իր աշխատանքը, քանի որ նա ինքնուրույն օգտվելով համացանցից ու հանրագիտարանից, առանց հասկանալու վերցրել էր այնպիսի նյութեր, որոնք «մարսելու» համար պետք էր ո'չ ավել, ո'չ պակաս մասնագետ-ֆիզիկոս լինել: Ահա, թե ինչ պտուղներ կարող է տալ «ինքնահոսի մատնած» ինքնուրույն աշխատանքը:

Իսկ ինչպե՞ս ստուգել ու գնահատել նմանատիպ ինքնուրույն աշխատանքները:

Կարելի է դասարանի աշակերտներին բաժանել 3-4 հոգուց բաղկացած խմբերի, ընտրել խմբի ավագ, ով կներկայացի իր ու իր խմբի անդամների աշխատանքները, այնուհետև պետք է տալ լրացուցիչ հարցեր: Առավել ակտիվներին կարելի է գնահատել:

Ինքնուրույն աշխատանք կարող է համարվել նաև տնային պայմաններում գրականության ընթերցումը, տեսաֆիլմերի ու համակարգչային շնորհանդեսների դիտումը: Ընդհանուր առմամբ, արդյունքներն այս դեպքում կարելի է ստուգել հարցքնարկումների, բանավեճերի միջոցով, սակայն, այս պարագայում մենք թվանշանային գնահատման տարբերակ չենք առաջարկում, քանի որ այս դեպքում օբյեկտիվ գնահատում կատարելը բարդ է:

3.3 Ստուգողական գիտափորձի անցկացման մեթոդիկան և դրա արդյունքները

Ստուգողական գիտափորձի նպատակն է ստուգել մեր հետազոտության վարկածի իրավացիությունը: Այդ իսկ պատճառով մենք ցույց ենք տվել մեր կողմից մշակված մեթոդիկայի արդյունավետությունը՝ սովորողների իմացական հետաքրքրությունների զարգացման գործընթացում:

Մեր կողմից իրականացված մանկավարժական գիտափորձի ժամանակ դիտումներ ենք անցկացրել Երևանի և մարզային մի քանի հանրակրթական դպրոցներում, գրուցել այդ դպրոցների ֆիզիկայի վաստակաշատ ուսուցիչների, աշակերտների, ինչպես նաև հանրապետության տարբեր բուհերում դասավանդող ֆիզիկայի մեթոդիստ-գիտնականների հետ, անցկացրել ենք բանավոր և գրավոր հարցումներ, աշակերտներին տվել ենք թեմատիկ ստուգողական աշխատանքներ:

Այժմ ներկայացնենք գրավոր թեստի մեկ նմուշօրինակ, որը տվել ենք փորձարկվող դպրոցների 10-րդ դասարաններում՝ մանկավարժական գիտափորձի *ուսուցողական* փուլից հետո:

Թեստ 1. **Մաթեմատիկական ճոճանակի տատանումների**

պարբերության $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ բանաձևն առաջինը փորձով ստացել է...

- 1) Յոհան:
- 2) Նյուտոնը:
- 3) Յոհան Գեներ:
- 4) Գալիլեյը:

2. Նկարում նշված գիտնականներից ո՞վ է սխալ տեսակետ արտահայտել ազատանկման վերաբերյալ:



1) 2) 3) 4)

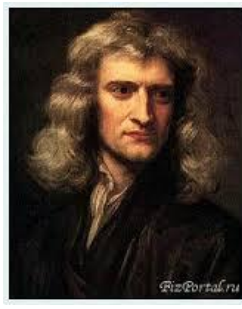
3. Նշվածներից ո՞ր գիտնականն է առաջինը մաթեմատիկորեն ձևակերպել էներգիայի պահպանման օրենքը:

- 1) Ջոուլը:
- 2) Յելմհոլցը:
- 3) Մայերը:
- 4) Նշվածներից ոչ ոք:

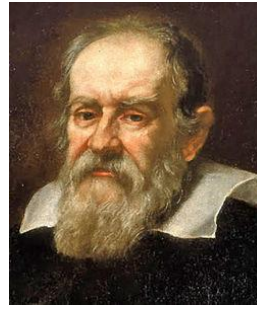
4. Նկարում պատկերված գիտնականներից ո՞վ է Կեպլերի 3-րդ օրենքը տեսականորեն հիմնավորել :



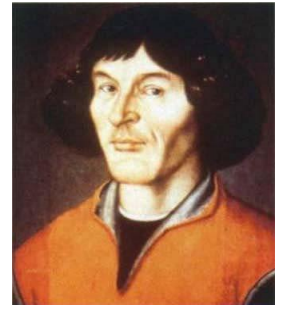
1)



2)



3)



4)

5. Զեղուկի ճնշման՝ **արագության ուղևորության կախման**

բանաձևը՝ $p + \rho gh + \frac{\rho v^2}{2} = const$, ստացել է...

- 1) Բենոուլի ին:
- 2) Տորիչելլի ին:
- 3) Պասկալը:
- 4) Արքիմեդի:

6. Նշվածներից ո՞րն է ճիշտ արտահայտում Ֆիոլ կովսկու բանաձևը:

- 1) $v = 2u \lg\left(\frac{m_0}{m}\right)$:
- 2) $v = 2,3u \lg\left(\frac{m_0}{m}\right)$:
- 3) $v = 2u \lg\left(\frac{m}{m_0}\right)$:
- 4) $v = 2,3u \lg\left(\frac{m}{m_0}\right)$: m_0 -ն հրթիռի սկզբնական զանգվածն է, m -ը՝ վերջնական զանգվածը, v -ն՝ հրթիռի ձեռք բերած արագության ուղևորությունը:

7. Որո՞նք են այն երկու ֆիզիկական մեծությունները, որոնք չափվում են նույն միավորներով:

- 1) Ուժ և զանգված:
- 2) Պոտենցիալ էներգիան ու ժի իմպուլս:
- 3) Կինետիկ էներգիան աշխատանք:
- 4) Ուժ և աշխատանք:

8. Ո՞ր օրենքի հիման վրա է աշխատում ջրաբաշխական մամլ իչը:

- 1) Պասկալի օրենքի:
- 3) Արքիմեդի օրենքի:

2) Նյուտոնի 1-ին օրենքի: 4) Յուկի օրենքի:

9. Ո՞վ է հայ տնագործել լծակի կանոնը:

- 1) Արքիմեդը: 3) Տորիչելլին:
2) Պասկալը: 4) Բենոուլլին:

10. F ուժը m զանգվածով մարմինը t ժամանակում առաջ է շարժում s հեռավորությամբ: Ի՞նչ հեռավորություն կանցնի $\frac{m}{2}$ զանգվածով մարմինը այդ նույն ուժի ազդեցությամբ նույն ժամանակում:

- 1) $\frac{s}{2}$: 3) $2s$:
2) s : 4) $4s$:

11. Անկշիռ և չձգվող թելից կապված գուռնդը արտվում է ուղղահայաց հարթությամբ մեջ: Որքա՞ն է թելի ձգվածության T ուժը, եթե գնդի զանգվածը m է: (3 միավոր)

- 1) $6mg$: 3) $4mg$:
2) $5mg$: 4) $2mg$:

12. Որքա՞ն է 2 մ^3 ծավալով մարմնի վրա ազդող արքիմեդյան ուժը, եթե այն կիսով չափը նկղմված է 1000 կգ/մ^3 խտությամբ հեղուկում: Ազատանկման արագացումը՝ 10 մ/վ^2 : (2 միավոր)

- 1) 1000 Ն : 3) 10000 Ն :
2) 2000 Ն : 4) 20000 Ն :

13. Որքա՞ն է m զանգվածով և v արագությամբ շրջանագծային հավասարաչափ շարժում կատարող մարմնի իմպուլսի փոփոխությունը մեկ արբերության ընթացքում: (2 միավոր)

- 1) 0 : 3) $2mv$:
2) mv : 4) $4mv$:

14. Որքա՞ն է H բարձրությամբ սեղանից հորիզոնական ուղղությամբ v_0 սկզբնական արագությամբ նետված մարմնի կինետիկ էներգիան գետնից h բարձրությունում: Օդի դիմադրությունն անտեսել:

- 1) $\frac{mv_0^2}{2} + mgH - mgh$:
2) $\frac{mv_0^2}{2} - mgH + mgh$:

$$3) \quad mgH - mgh + \frac{mv_0^2}{2}:$$

$$4) \quad mgH - mgh - \frac{mv_0^2}{2}:$$

15. x առանցքով շարժվող նյութական կետի շարժումը նկարագրվում է $x = 5 + 4t - 2t^2$ հավասարումով, որտեղ մեծություններն արտահայտված են ՄՌ-ի համապատասխան միավորներով: Որքա՞ն է այն կետի կոորդինատը, որտեղ նյութական կետի արագությունը զրո է: (3 միավոր)

- 1) 5 մ:
- 2) 10 մ:
- 3) 7 մ:
- 4) -10 մ:

Այս դեպքում նույնպես ընտրել ենք գնահատման 10 միավորանոց համակարգը: Թեստը ստուգվում է նույն ձևով, ինչ որ նախորդը (տե՛ս արձանագրական փուլում զետեղված թեստը):

Ինչպես արդեն նշել ենք, բացի թեստավորումից մեր մանկավարժական գիտափորձի արդյունում մենք կատարել ենք նաև հարցումներ, բանավոր և գրավոր անկետավորում, որոնց արդյունքները բերված են աղյուսակ 3.3.1-ում:

Աղյուսակ 3.3.1

Շարունակությունը՝ էջ 146

-	Աշակերտներ			Ուսուցիչներ		
Հարցեր	Այո	Դժվարանում եմ պատասխանել	Ոչ	Այո	Դժվարանում եմ պատասխանել	Ոչ
Դասերը հետաքրքիր էին	60	10	12	6	1	1
Դասերը մառչելի էին ձեզ համար	65	5	13	5	2	1
Էլեկտրոնային դասագրքի	72	2	10	5	1	2

շնորհանդեսներն օգտակա՞ր էին						
--------------------------------	--	--	--	--	--	--

Բերված աղյուսակային տվյալներից երևում է, որ մեր առաջարկած մեթոդիկան մատչելի, հասկանալի և արդյունավետ է:

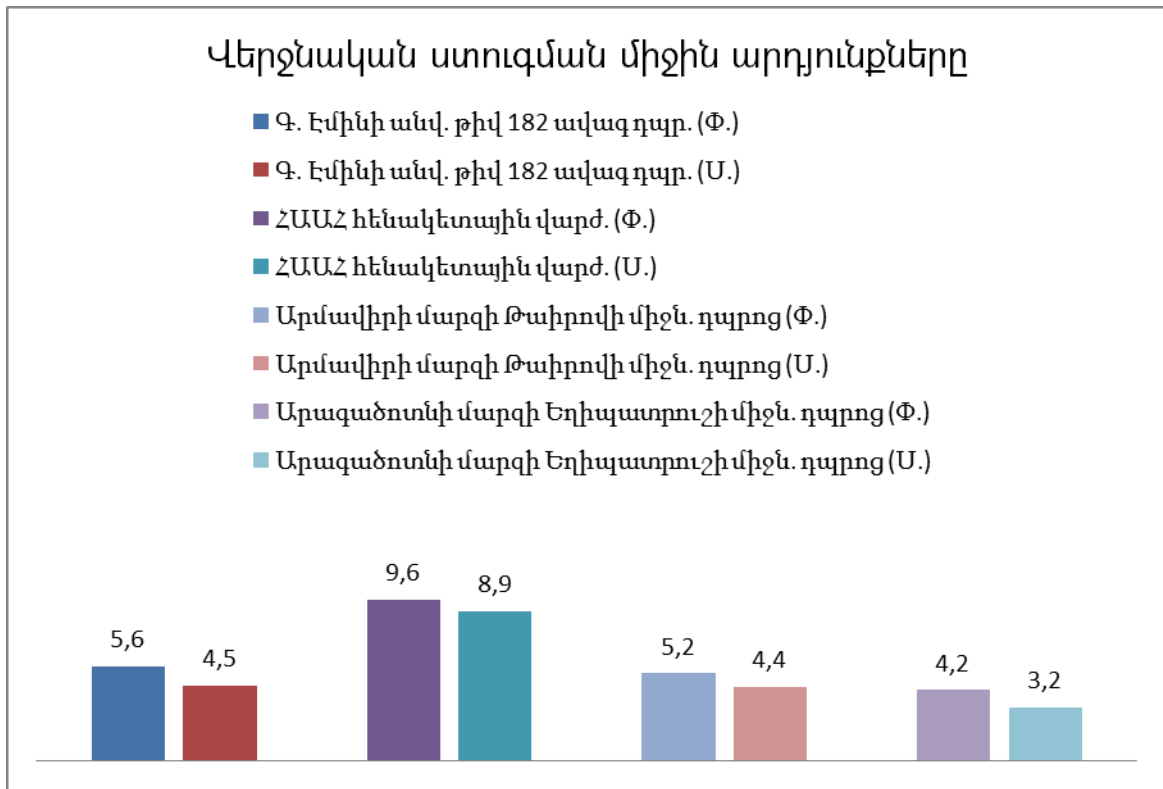
Մանկավարժական գիտափորձի արդյունքների վիճակագրական վերլուծությունն անելիս օգտվել ենք «Microsoft Office Word 2007» ծրագրից: Աղյուսակ 3.3.2-ում բերված են գիտափորձի վերջնական գնահատման արդյունքները, իսկ տրամագիր 3.3.1-ում՝ համապատասխան վիճակագրությունը:

Աղյուսակ 3.3.2

Շարունակությունը՝ էջ 147

Առաջարկանքի համարը	Գ. Էմինի անվ. թիվ 182 ավագ դպրոց		ՀԱԱՀ հենակետային (ավագ դպրոց) վարժարան		Արմավիրի մարզի Թաիրովի միջն. դպրոց		Արագածոտնի մարզի Եղիպատրուշի միջն. դպրոց	
	Փ. (24)	Ս. (24)	Փ. (60)	Ս. (60)	Փ. (17)	Ս. (17)	Փ. (6)	Ս. (6)
1.	15	10	40	38	17	11	5	3
2.	11	15	45	44	18	10	3	6
3.	16	12	14	14	15	11	1	4
4.	14	13	0	20	10	12	6	1
5.	15	16	20	18	15	13	5	2
6.	10	10	0	42	14	8	6	2
7.	10	11	43	21	18	11	5	2

8.	7	8	30	30	5	15	4	4
9.	10	9	12	10	8	7	3	1
10.	8	0	25	20	10	13	4	5
11.	13	0	22	0	8	0	6	3
12.	6	8	10	0	1	0	6	4
13.	11	9	11	11	2	6	0	3
14.	13	6	9	0	1	8	2	5
15.	10	7	8	0	13	9	6	6
Միջին գնահատականը	5,6	4,5	9,6	8,9	5,2	4,4	4,2	3,2



Տրամագիր. 3.3.2 Վերջնական ստուգման միջին արդյունքները:

Տրամագիր 3.1.2-ից պարզ երևում է, որ եթե նախնական ստուգման արդյունքները շատ քիչ են տարբերվում, ապավերջնական ստուգման արդյունքները վկայում են, որ փորձարարական դասարանների արդյունքները զգալիորեն տարբերվում են ստուգողական դասարանների արդյունքներից [տրամագիր. 3.3.2]:

Փորձարարական ուսուցման արդյունավետությանը քանակապես գնահատելու համար սահմանենք համեմատականության K գործակիցը՝ $K = \frac{M}{N}$, որի համարիչը փորձարկվող դասարաններում միջին գնահատականն է, իսկ հայտարարը՝ ստուգվող: Յաշվենք յուրաքանչյուր գույգի համար K -ի արժեքը. $K_1=1,25$, $K_2=1,08$, $K_3=1,18$, $K_4=1,31$: Ինչպես տեսնում ենք, յուրաքանչյուր գույգ դասարանի համար (փորձարարական և ստուգողական) K -ի արժեքը ստացվում է 1-ից մեծ: Այս արժեքները տեղադրելով՝

$$K_{\text{ԱՅ}} = \frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4}{4} = 1,205 \quad (K > 1),$$

ինչն էլ վկայում է մեր կողմից մշակված մեթոդիկայի արդյունավետության և մատչելիության մասին:

Փորձարարական և ստուգողական դասարանների վերջնարդյունքների ճշտության արժանահավատությանը մեծացնելու համար բոլոր դասարաններում կատարել ենք լրացուցիչ փոփոխականի հավասարեցում, այսինքն՝ «Ֆիզիկա» առարկայի նկատմամբ անտարբեր և անբարյացակամ վերաբերմունք դրսևորող աշակերտների ստացած թվանշաններն անտեսել ենք:

Արդյունքում ստացել ենք $K > 1$ ($K = 1,205$) արժեքը, որը փաստում է հետազոտության թեմայի գիտական վարկածի իսկությունը, մշակված մեթոդիկայի մատչելիությունն ու արդյունավետությունը:

Գիտափորձն իրականացնելիս ի հայտ են եկել հետևյալ դժվարությունները.

1. Ավագ և միջնակարգ դպրոցների ընդհանուր և տնտեսագիտական հոսքերում կային աշակերտներ, ովքեր բացարձակ անտարբեր էին առարկայի նկատմամբ և համարում էին, որ ֆիզիկան իրենց համար ոչ մասնագիտական է: Հետագայում պարզեցինք, որ նրանց

վերաբերմունքը մնացած առարկաների նկատմամբ էլ նույնն է:
Մենք անտեսել ենք նրանց աշխատանքները:

2. Կային աշակերտներ, ովքեր ավագ դպրոց էին մտել ձևականորեն
և նրանց չէր հետաքրքրում ո՛չ առարկան, ո՛չ գիտափորձը և
ո՛չ էլ ստացած թվանշանը: Նրանք իրենց կամքով հրաժարվեցին
մասնակցել գիտափորձին:

3-րդ գլխի եզրակացություններ

Երրորդ գլխում կատարված հետազոտությունը թույլ է տալիս
հանգել ու հետևյալ *եզրակացություններին*.

1. Սովորողների իմացական հետաքրքրությունների զարգացման,
ինչպես նաև

նրանց գիտելիքների ընդհանրացման և համակարգման
գործընթացում հաստատվել է պատմական բովանդակությամբ
ինքնուրույն աշխատանքների և դրանց ուսուցման մեթոդիկայի
մշակման անհրաժեշտությունը: Ֆիզիկայի տարբեր բաժիններին,
թեմաներին ու ենթաթեմաներին անմիջականորեն առնչվող
պատմական բովանդակությամբ նյութերը օժանդակում են
վերոնշյալ մանկավարժագիտական խնդրի լուծմանը:

2. Կատարված մանկավարժական գիտափորձը և նրա մանրակրկիտ
վերլուծությունները միանշանակ հաստատում են ֆիզիկայի
ուսուցման գործընթացում պատմական նյութերի լայն կիրառման
արդյունավետությունը և ֆիզիկայի պատմական նյութի՝ որպես
ուսուցման միջոց, անհրաժեշտությունը: Այս ամենով էլ
հաստատվում է հետազոտության վարկածի և պաշտպանությանը
ներկայացվող դրույթների իրավացիությունը:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒ ԹՅՈՒՆՆԵՐ

Սույն հետազոտության արդյունքում լուծվել են մեր առջև դրված հետևյալ հիմնական խնդիրները՝

1. Ուսումնասիրվել է հետազոտության թեմայի հետ առնչվող գիտամեթոդական գրականության ունը, կատարվել է գրականության մանրամասն վերլուծություն: Վերլուծվել են ոչ միայն ուսումնամեթոդական ձեռնարկներում, գրքերում և հոդվածներում առկա ֆիզիկայի պատմական նյութերը, այլև՝ դասագրքերում գետնդրվածները: Բացի գրականության վերլուծությունից մշակվել է մեթոդիկա պատմական նյութերի օգտագործմամբ ֆիզիկայի դասերը (արտադասային պարապմունքները) հետաքրքիր դարձնելու ուղղությամբ:
2. Մշակվել է ֆիզիկայի պատմությանը վերաբերող ինքնուրույն աշխատանքների համակարգ, դրանց հանձնարարման և ստուգման մեթոդիկա, ինչպես նաև պատմական բովանդակությամբ հետաքրքրաշարժ խնդիրներ: Լուծելով պատմության տարբեր դարաշրջաններում ապրած և ստեղծագործած գիտնականների կողմից առաջադրված խնդիրները, աշակերտները ցանկանում են գնալ դատողության ունենների նույն հունով, ինչ նրանք՝ յուրաքանչյուրն այդ պահին իրեն զգալով որպես մի «Գալիլեյե», «Նյուտոն» կամ «Այնշտայն»:

Հայտնի է, որ ֆիզիկայի խնդիր լուծելը զարգացնում է սովորողների տրամաբանական մտածողությունը, խթանում է վերլուծական դատողությանը:

Պատմական բովանդակությամբ խնդիրները ոչ միայն լուծում են ուսումնադաստիարակչական վերոնշյալ խնդիրները, այլև զարգացնում են սովորողների իմացական հետաքրքրությունները, նրանց մոտառաջացնում են հետաքրքրությունների սրում:

3. Հետազոտության արդյունքների արժանահավատությունը հիմնավորվել է ինչպես մանկավարժական գիտափորձի, այնպես

Էլ ատենախոսություն հիմնական դրույթները Երևանի և
մարզային միջարժեք դպրոցներում ներդրմամբ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Աբրահամյան Ա. Վ., Աշակերտների տրամաբանական մտածողության զարգացումը մաթեմատիկայի դասերին, «Լույս», Եր., 1978.-72 էջ:
2. Աբրահամյան Ա. Վ., Բնագիտամաթեմատիկական կրթության մեթոդական հարցեր, Եր., 1984.-77 էջ:
3. Ամիրջանյան Յոհ. Ա., Սահակյան Ա. Ս. Մանկավարժություն, ուսումնական ձեռնարկ մանկավարժական բուհերի ու սանողների համար, «Մանկավարժ», Եր., 2005.-456 էջ:
4. Ասատրյան Լ. Թ., Կարապետյան Ա. Ս., Յուլակյան Թ. Ֆ., Դպրոցի կառավարման տեսությունը և պրակտիկան: Բուհական ձեռնարկ, Եր., 2001.-144 էջ:
5. Ասատրյան Լ. Թ., Յակոբյան Գ. Յ., Մանկավարժական հետազոտությունների մեթոդաբանությունը, «Արտագերս», Եր., 2011.-179 էջ:
6. Ասատրյան Լ. Թ. և ուրիշներ, Կրթության համակարգի կառավարման հիմունքները. մեթոդաբանություն և տեխնոլոգիա (բուհական ձեռնարկ), «Չանգակ-97», Եր., 2003.-224 էջ:
7. Աթայան Կ. Ի., Մայիլյան Ս. Ս., Սարգսյան Յ. Ա., Պետրոսյան Լ. Ս., Ֆիզիկայի խնդիրներ: Տեսակները և լուծման մեթոդները, «Անտարես», Եր.: 2004.-296 էջ:
8. Առուշանյան Լ. Ե. Ֆիզիկա-7, Թեմատիկ պլանավորում: Մեթոդական ձեռնարկ ուսուցիչների համար, «Չանգակ-97», Եր., 2010.-136 էջ:
9. Բալյան Ա. Ա., Աշակերտների ճանաչողական պահանջմունքները և դրանց ձևավորման ուղիները, «Լույս», Երևան, 1982.-72 էջ:
10. Բալյան Ա. Ա., Մանկավարժական վարպետության հիմունքներ, «Լույս», Եր., 1987.-174 էջ:
11. Գաբրիելյան Ռ., Մելիքյան Գ., Կիրակոսյան Ա., Ֆիզիկա-10, «Լույս», Եր., 2005.-279 էջ:

12. Գոլովանով Յա. Կ., Էտյոլոգներ գիտնականների մասին: Երևան, 1964:
13. Գրիգորյան Լ.Պ., Ֆիզիկայի պատմության ձեռնարկ / Ուսանողների և ուսուցիչների համար, «Չանգակ-97», Եր., 2007.-372 էջ:
14. Գրոմով Ս. Վ., Ռոդինա Ն. Ա., Ֆիզիկա-8, «Անտարես», Երևան, 2008.-188 էջ:
15. Չնամենսկի Պ. Ա., Ֆիզիկայի դասավանդման մեթոդիկան միջնակարգ դպրոցում, «Հայ պետհրատ», Եր., 1959.-767 էջ:
16. Էյնշտեյն Ա., Ինֆելդ Լ., Ֆիզիկայի Էվոլյուցիան: Երևան, 1968:
17. Լաուեն Մ. Ֆիզիկայի պատմություն: Երևան, 1960:
18. Ծատուրյան Արամ, Ֆիզիկա-9: Տեսութ /թեմատիկ և կիսամյակային ամփոփիչ ստուգողական գրավոր աշխատանքների համար (1-ին և 2-րդ կիսամյակներ), «Էդիթ Պրինտ», Երևան, 2013.-27 էջ:
19. Ծատուրյան Պ. Ս., Չրույցներ ֆիզիկայի մասին, «Արևիկ», Երևան, 1989.-232 էջ:
20. Կիկոին Ի. Կ., Կիկոին Ա. Կ., Ֆիզիկա-9.: Միջն. դպր. 9-րդ դաս դասագիրք, «Լույս», Եր., 1992.-318 էջ:
21. Կիրակոսյան Ա., Մամյան Ա., Ֆիզիկա-9, «Լույս», Երևան, 2005.-301 էջ:
22. Կրուտցեկի Վ. Ա., Մանկավարժական հոգեբանության հիմունքներ, «Լույս», Եր., 1976.-443 էջ:
23. Համագործակցային ուսուցում: Ա. Հովհաննիսյան, Կ. Հարությունյան, Ս. Խրիմյան և ուրիշներ, «Անտարես», Եր., 2006.-124 էջ:
24. Հակոբյան Գ., Սովորողների հետազոտական ունակությունների զարգացումը ֆիզիկայի դասավանդման ընթացքում: Եր., 1977:
25. Ղազարյան Է., Սարաֆյան Մ., Լույսի քվանտների վարկածի առաջացման մի քանի պատմական ասպեկտներ: Երևան-1986, 38 էջ:

26. Ղազարյան Է. Մ., Դպրոցական ֆիզիկայի դասավանդման մեթոդիկայի ընտրովի հարցեր, «Էդիթ Պրինտ», Եր., 2009.-308 էջ:
27. Ղազարյան Է. Մ., Պարզ ֆիզիկան բարդ երևույթներում, «Էդիթ Պրինտ», Եր., 2009.-272 էջ:
28. Ղազարյան Է., Կիրակոսյան Ա., Մելիքյան Գ., Թոսուկյան Ռ., Մայիլյան Ս., Ֆիզիկա-7: Հանրակրթական դպրոցի 7-րդ դաս. դասագիրք: Եր., 2013.
29. Ղազարյան Է., Կիրակոսյան Ա., Մելիքյան Գ., Թոսուկյան Ռ., Մայիլյան Ս., Ֆիզիկա-8: Հանրակրթական դպրոցի 8-րդ դաս. դասագիրք, «Էդիթ Պրինտ», Եր., 2014.
30. Ղազարյան Է., Կիրակոսյան Ա., Մելիքյան Գ., Թոսուկյան Ռ., Մայիլյան Ս., Ներսիսյան Ս., Ֆիզիկա-9: Հանրակրթական դպրոցի 9-րդ դաս. դասագիրք, «Էդիթ Պրինտ», Եր., 2015.
31. Ղազարյան Է., Կիրակոսյան Ա., Մելիքյան Գ., Մամյան Ա., Մայիլյան Ս., Ֆիզիկա-10: Ավագ դպրոցի 10-րդ դաս. դասագիրք ընդհանուր և բնագիտամաթեմատիկական հոսքերի համար, «Էդիթ Պրինտ», Եր., 2010.-272 էջ:
32. Ղազարյան Է., Կիրակոսյան Ա., Մելիքյան Գ., Մամյան Ա., Մայիլյան Ս., Ֆիզիկա-11: Ավագ դպրոցի 11-րդ դաս. դասագիրք ընդհանուր և բնագիտամաթեմատիկական հոսքերի համար, «Էդիթ Պրինտ», Եր., 2010.-368 էջ:
33. Ղազարյան Է., Կիրակոսյան Ա., Մելիքյան Գ., Մամյան Ա., Մայիլյան Ս., Ֆիզիկա-12: Ավագ դպրոցի 12-րդ դաս. դասագիրք ընդհանուր և բնագիտամաթեմատիկական հոսքերի համար, «Էդիթ Պրինտ», Եր., 2011.-264 էջ:
34. Ղազարյան Է., Սարգսյան Հ., Հայրապետյան Դ., Չարմանահրաչ Նանոաշխարհ, «Աստղիկ գրատուն», Եր., 2013.-128 էջ:
35. Ղազարյան Է., Մայիլյան Ս., Օհանյան Հ., Նորընթաց դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացում, «Էդիթ Պրինտ», Եր., 2016.-264 էջ:
36. Մայիլյան Ս. Ս., Էլեկտրադինամիկայի ուսուցման բովանդակությունը և մեթոդիկական ֆիզիկայի խորացված ուսուցմամբ դասարաններում / թեկնածուական ատենախոսություն «Դասավանդման և դաստիարակության

մեթոդիկա (ֆիզիկա)» մասնագիտությամբ (ԺԳ.00.02), Երևան, 2004-226 էջ :

37. Մայիլյան Ս. Ս., Սարգսյան Մ. Վ., Պատմություն բնության հիմնարար օրենքներից մեկի հայտնագործման մասին: «Բնագետ», գիտամեթոդական և գիտահանրամատչելի հանդես, 2012, հ. 3, էջ 3-7:
38. Մայիլյան Ս. Ս., Սարգսյան Մ. Վ., Պատմական բովանդակությամբ խնդիրները որպես ֆիզիկայի ուսուցման արդյունավետության բարձրացման միջոց, «Կրթությունը և գիտությունը Արցախում», գիտամեթոդական և գիտահանրամատչելի պարբերական ուսուցիչների և սովորողների համար, հ. 3-4, 2012, էջ 3-8:
39. Մայիլյան Ս. Ս., Սարգսյան Յ. Ա., Սարգսյան Մ. Վ., Դրվագներ ալիք-մասնիկ երկվության հայտնագործման պատմությունից: Լուի դը Բրոյլի վարկածը, «Բնագետ», գիտահանրամատչելի և գիտամեթոդական հանդես, հ. 1, 2013, էջ 52-59:
40. Մայիլյան Ս. Ս., Սարգսյան Մ. Վ., Էլեկտրաստատիկայի հիմնական օրենքի (Կուլոնի օրենքի) հայտնագործման պատմությունից: «Կրթությունը և գիտությունը Արցախում», գիտահանրամատչելի և գիտամեթոդական պարբերական ուսուցիչների և սովորողների համար, հ. 3-4, 2013, էջ 30-34:
41. Մանուկյան Ս. Պ., Ընդհանուր մանկավարժագիտություն, 2-րդ հրատ., «2անգակ-97», Եր., 2005.-560 էջ :
42. Մանուկյան Մ. Մ., Ուսուցչի անձնային և մասնագիտական որակների դրսևորումը աշակերտների ինքնավարության պայմաններում, «ՀՊՄՀ-ի հրատ.», Եր., 1989.-62 էջ :
43. Մարիկյան Գ., Տիեզերական ճառագայթները և ներատոմային մասնիկները: «Հայաստան», Եր., 1966.-89 էջ :
44. Մյակիշև Գ. Յա., Բուխովցև Բ. Բ., Ֆիզիկա-10.: Միջն. դպր. 10-րդ դաս. դասագիրք, «Լույս», Եր., 1992, 256 էջ :
45. Մորոզովա Ն. Գ., Ուսուցչի իմացական հետաքրքրություն մասին, «Լույս», Եր., 1980.-85 էջ :

46. ԾՀ ու կինա Գ. Ի., Իմացական հետաքրքրությունը դպրոցական ուսումնական գործունեության մեջ, «Լույս», Եր., 1975.-43 էջ:
47. Պետրոսյան Գ., Սարգսյան Մ., Ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում պատմական նյութի օգտագործման որոշ հարցերի մասին: «Բնագետ» / հատուկ թողարկում: Եր., 2009, էջ 11-12:
48. Պետրոսյան Գ. Պ., Պետրոսյան Պ. Գ., Ֆիզիկայի ուսուցման տեսություն և մեթոդիկա, Ֆիզիկայի ուսուցիչների և մանկավարժական բուհերի «Ֆիզիկա» մասնագիտությամբ ուսանողների համար, «Ձանգակ-97», Երևան, 2012.-200 էջ:
49. Սալեյ և Ի. Վ., Ընդհանուր ֆիզիկայի դասընթաց / հատոր 2-րդ, Էլեկտրականություն, «Լույս» հրատ., Եր., 1977, 528 էջ:
50. Սարգսյան Մ. Վ., Ֆիզիկայի պատմական նյութի դիդակտիկական գործառնությունները և դրանց կենսագործման ուղիները ավագ դպրոցում, Եր., «Մանկավարժ», 2010, էջ 252-253:
51. Սարգսյան Մ. Վ., Սովորողների իմացական հետաքրքրությունների զարգացումը ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում, «Բնագետ» / հատուկ թողարկում: Երևան, 2012, էջ 131-132:
52. Սարգսյան Մ. Վ., Պատմականության դերն ու նշանակությունը միջնակարգ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացում, «Մանկավարժական միտք», «Ձանգակ», Երևան, 2014. 3-4, էջ 189-193:
53. Սարգսյան Մ. Վ., Էլեկտրամագնիսական դաշտի գաղափարի ծագումն ու զարգացումը: «Բնագետ» / հատուկ թողարկում: Երևան, 2014, էջ 44-46:
54. Սարգսյան Մ. Վ., Ֆիզիկայի և կենսաբանության միջառարկայական կապի մասին: ԵՊՀ-ին առընթեր Ա. Ծախինյանի անվ. ֆիզմաթ հատուկ դպրոցի ֆիզիկայի ուսուցիչների գիտամեթոդական համաժողովների գեկուցումների ժողովածու-5: Երևան-2014, էջ 82-85:

55. Սարգսյան Մ. Վ., Ռոբերտ Միլիկենի՝ էլեկտրոնի լիցքի որոշման փորձը: «Բնագետ», գիտամեթոդական և գիտահանրամատչելի հանդես, հ.2, 2015, էջ 66-71:
56. Ֆիզիկայի գործնական պարապմունքները միջնակարգ դպրոցում՝ Ա. Ա. Պոկրոպսկու խմբագրությամբ, «Լույս», Եր., 1977, 306 էջ:
57. «Ֆիզիկա» և «Աստղագիտություն» առարկաների չափորոշիչներ և ծրագրեր, «Աստիկ գրատուն», Եր., 2006թ., 104 էջ:
58. Азерников В. З. Физика. Великие открытия. Олма-Пресс, М., 2000.-270 с.
59. Андерсон Д. Открытие электрона. Атомиздат, М., 1968.
60. Анцелович Е. С. Галилей, М., 1981.
61. Ахвердян С. М. Некоторые вопросы истории развития физики в Армении (до 1973 г.) / кандидатская диссертация. Ереван, 1984.-201 с.
62. Богданов К. Ю. Физик в гостях у биолога.-М.: Наука.-Гл. ред. Физ.-мат. лит., 1986.-144 с. (Б-чка "Квант". Вып. 49).
63. Богданов К. Ю. Прогулки с физикой (Б-чка "Квант". Вып. 98. Приложение к журналу "Квант" 6/2006.). М.: Бюро Квантум, 2006.-192 с.
64. Блудов М. И. Беседы по физике Ч. 1, Просвещение, М., 1972.
65. Блудов М. И. Беседы по физике Ч. 2, Просвещение, М., 1973.
66. Борн М. Физика в жизни моего поколения, М., 1963.
67. Бройл Л. Революция в физике, М., 1963
68. Бублейников Ф. Д., Веселовский И. Н. физика и опыт. Просвещение, М., 1970.
69. Вавилов С. И. Глаз и солнце. М., Изд.- во Ан СССР, 1950.
70. Вайнберг С., Открытие субатомных частиц, М., Мир, 1986, с. 136.
71. Вернадский В. И. Труды по всеобщей истории науки. 2-е изд.-М.: Наука, 1988. 336 с.
72. Гельфер Я. М. Законы сохранения. М., Наука, 1967.
73. Гернек Ф., Пионеры атомного века, М., 1974.
74. Голин Г. М. Вопросы методологии физики в курсе средней школы. М., Просвещение, 1987.
75. Де Бройл Луи, По тропам науки. М., ИЛ, 1962.
76. Джеммер М. Эволюция понятий квантовой механики, М., 1985.

77. Дорфман Я. Г. Всемирная история физики, М., 1974.
78. Древич Ж. С. Мультимедийные технологии в преподавании дисциплины “История физики” в педагогическом вузе (на примере доклассического периода) / канд. дисс. Москва, 2006.-255 с.
79. Дуков В. М. Электродинамика, М., Высшая школа, 1975.
80. Дуков В. М. Электрон, М., 1966.
81. Дягилев Ф. М., Из истории физики и жизни ее творцов, М., 1986.
82. Ефименко В. Ф. Методологические вопросы школьного курса физики, М., Педагогика, 1976.
83. Зарукина Е. В., Логинова Н. А., Новик М. М. Активные методы обучения: рекомендации по разработке и применению: учеб.-метод. пособие. СПб.: СПбГИЭУ, 2010.-59 с.
84. Зуева А. Л. Формирование методологических знаний в курсе физики основной школы на основе историко-научного подхода / канд. дисс. М., 2002.-155 с.
85. Иванов В. Г. Физика и мировоззрение. Л., Наука, 1975.
86. Иоффе А. Ф. Мои встречи с физиками. М., Физматгиз, 1962.
87. Капралов А. И. Историко научный компонент деятельности учителя физики в профессиональном самоопределении школьников. Педагогическое образование в России. 2010. N 4.
88. Кедров Б. О творчестве в науке и технике: (Научно-популярные очерки для молодежи).-М., Мол. Гвардия, 1987.-192 с. Ил.- (Эврика).
89. Кирюхина Н. В. Решение задач с историко-научным содержанием как составная часть профессиональной подготовки будущего учителя физики в условия гуманитаризации образования. Кандидатская диссертация, Калуга, 2010.-250 с.
90. Кудрявцев П. С. Конфедератов И. Я. История физики и техники, М., 1960.
91. Кудрявцев П. С. История физики. Т. 1-2. М., Учпедгиз, 1956.
92. Кудрявцев П. С. История физики. Т. 3. М., Просвещение, 1971.
93. Кудрявцев П. С. Курс истории физики. М., Просвещение, 1974.
94. Кузнецов Б. Г. Развитие физических идей от Галилея до Эйнштейна. М., Изд.-во АН СССР, 1963.
95. Кузнецов В.И., Идлис Г. М., Гутина В. Естествознание, М., 1996.

96. Кун Т. Структура научных революций, М., 1977.
97. Ливанова А. Физики о физиках. М., Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1956.
98. Липсон Г. Великие эксперименты в физике. М., Мир, 1972.
99. Льюис М., История физики, М., 1970.
100. Мак-Дональд Д. Фарадей, Максвелл и Кельвин. М., Атомиздат, 1967.
101. Мощанский В. Н. Формирование мировоззрения учащихся при изучении физики. М., Просвещение, 1976.
102. Мощанский В. Н., Савелова Е. В. История физики в средней школе. М., Просвещение, 1981.
103. Мякишев Г. Я., Буховцев Б.Б., Чаругин В. М. Физика. Учебник для 11-го кл., учебник для общеобразовательных учреждений (базовый и профильный уровень). М., Просвещение. 2010.-399 с.
104. Мякишев Г. Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н. Н. Физика. 10 класс: учебник для общеобразовательных учреждений (базовый и профильный уровень). М., Просвещение. 2010.-366 с.
105. Мякишев Г. Я., Синяков А. З., Слободсков Б. А. Физика. Электродинамика 10-11 кл., Слободсков, Дрофа, 2010.-476 с.
106. Никитин Г. Р. Исторические опыты как базовая составляющая фундаментальных физических теорий в вариативном обучении учащихся старших классов / канд. дисс. Челябинск, 2010.-258 с.
107. Оспенникова Е. В., Шестакова Е. С. Профильная модель реализации принципа историзма в обучении физике в условиях информатизации системы среднего образования. Подготовка педагогических кадров к применению ИКТ в образовании. 2010, с. 8-41.
108. Очиров Д.-Д. Э. Соотношение селекции и дедукции в научном исследовании: Эвристическая функция философии в истории физики / докт. дисс. Санкт-Петербург, 2002.-448 с.
109. Петров А. В. Дидактические основы реализации принципов преемственности и развивающего обучения при формировании фундаментальных понятий в преподавании физики в педвузе / Докт. дисс. Горно-Алтайск, 1996.-401 с.
110. Подкорытов Г. А. Историзм как метод научного познания. Л., Изд.-во ЛГУ, 1967.

111. Пахомов Б. Я. Становление современной физической картины мира. М., 1985.
112. Разумовский В. Г. Развитие творческих способностей учащихся при изучении физики. М., Просвещение, 1976.
113. Ремизова Е. С. Проблема изучения вопросов истории физической науки в средней общеобразовательной школе в условиях применения компьютерных технологий обучения. Вестник ПГПУ, вып. 5. 2009, с. 53-64.
114. Розенбергер Ф., История физики, ч. 1,2,3. М.-Л., 1933.
115. Савелова Е. В. Вопросы истории физики и техники в курсе физики средней школы. Л., Учпедгиз, 1956.
116. Серебрякова С. С. Подготовка будущих учителей физики к формированию у учащихся средней школы представлений об историко-культурной составляющей физической науки / канд. дисс. Чита, 2005.-230 с.
117. Соколовский Ю. И. Понятие работы и закон сохранения энергии. М., Изд.-во АПН РСФСР, 1962.
118. Спасский Б. И. История физики. Ч. 1. М., Высшая школа, 1977.
119. Спасский Б. И. История физики. Ч. 2. М., Высшая школа, 1977.
120. Спасский Б. И. Вопросы методологии и историзма в курсе физики средней школы. М., Просвещение, 1975.
121. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т. 3. М., 1977.
122. Томилин К. А. Генезис и развитие концепции фундаментальных физических постоянных / автореферат дисс. на соискание уч. степ. канд. ф/м наук. Москва-2003.
123. Тригг Д. Решающие эксперименты в современной физике. М., Мир 1974.
124. Турышев И. К. Основные проблемы истории развития дореволюционной и советской методики преподавания физики / докт.дисс. Владимир, 1981.- 461 с.
125. Умаская Ж. В. Методика преподавания развивающего курса истории науки как составляющей физико-астрономического школьного образования / канд. дисс. Москва, 2000.-220 с.
126. Фиальо Родригес, Хорхе Педро. Развитие познавательной активности учащихся при обучении в школах Республики Куба (на примере изучения

- вопросов электричества на первой ступени) / канд. дисс. Киев, 1985.-176 с.
127. Физика на рубеже XVII-XVIII вв. Сборник статей. М., “Наука”, 1974 г.
128. Филонович С. Р. Шарль Кулон. Книга для учащихся средней школы.-М.: “Просвещение”, 1988.-111с.
129. Философия естествознания. Вып. 1. М., Политиздат, 1966.
130. Храмов Ю. А. Физики. Биографический справочник. Киев, Наукова думка, 1977.
131. Человек науки / Под ред. Г. Ярошевского. М., Наука, 1974.
132. Червонный М. А. Принцип историзма при формировании естественнонаучного мирозрения на уроках физики / канд. дисс. Томск, 1999.-162 с.
133. Шаскольская М. Фредерик Жолио- Кюри. М., Молодая гвардия, 1959.
134. Шестакова Е. С. Обучение студентов педагогического вуза реализации принципа историзма в учебном процессе по физике в условиях информатизации системы среднего образования / канд. дисс. Пермь, 2010.- 389 с.
135. Шилов В. Ф., Физический эксперимент по курсу “Физика и астрономия”, М., “Просвещение”, 2000, 142 с.
136. A. Tomasino, M. Fauris, Ch. Parnet, F. Patrigeon, Ch. Simon. Physique, enseignement obligatoire. Term S. 1^{re} editions Nathan-1995.
137. Le petit livre des grandes idres scientifiques. Surendra Verma. Dunod, Paris, 2009.
138. La Physique pour les Nuls. A. Deiber, D. Husson, J.-L. Izbicki, R. Lehoucq, D. Meier. First 1^{re} editions, Paris, 2009.
139. <http://att-vesti.narod.ru/J30-0.HTM>.
140. <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=17044>.
141. <http://iph.ras.ru/elib/0160.html>
142. <http://science-education.ru/108-8584>