



**ՀԵՐԹԱԿԱՆ ԱՏԵՍԱԿՈՐՄԱՆ ԵՆԹԱԿԱ ՈՒՍՈՒՑԻՉՆԵՐԻ
ՎԵՐԱՊԱՏՐԱՍՏՄԱՆ ԴԱՍԸՆԹԱՑՆԵՐ**

Հ Ե Տ Ա Չ Ո Տ Ա Կ Ա Ն Ա Շ Խ Ա Տ Ա Ն Ք

Մասնագիտություն _____ **Ֆիզիկա** _____

Թեմա _____ Ավագ դպրոցի ավարտական դասարանի աշակերտների
ծանոթացումը քվանտային ֆիզիկայի հիմնական գաղափարների հետ

Կատարող _____ **Սարաֆյան Ռուբեն Ալեքսանդրի** _____
_____ **ՀԱՊՀ ավագ դպրոցի ֆիզիկայի ուղիսուցիչ** _____

Ազգանուն, անուն, հայրանուն

Դեկավար _____ **Հովհաննիսյան Քնարիկ** _____
_____ **Մանկավարժական գիտությունների թեկնածու, դոցենտ** _____

Ազգանուն, անուն, գիտական աստիճան, կոչում

ԵՐԵՎԱՆ 2022

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Ներածություն	3
Զվանտային ֆիզիկայի հիմնական գաղափարները	4
Եզրակացություն	17
Գրականություն	17

Ներածություն

Յուրաքանչյուր առաջադրանք ուսուցման այս կամ այն փուլում իր մեջ կրում է տարատեսակ գործառնություններ, որոնցից մեկը համարվում է առաջատար:

Ֆիզիկայի ուսուցման կրթական, զարգացնող և դաստիարակչական ֆունկցիաներն արդյունավետ իրականացնելու միջոցներից են աշակերտների ծանոթացումը ֆիզիկայի հիմնական և ժամանակակից պատկերացումների հետ: Դրանց միջոցով աշակերտները էլ ավելի են զարգացնում իրենց աշխարհահայցքը, ինչը հնարավորություն է տալիս մի կողմից ավելի լավ հասկանալ դասական ֆիզիկան, մյուս կողմից որոշ քայլ անել դեպի ժամանակակից ֆիզիկայի անսովոր պատկերացումները:

Այս ամենն իրագործվում է սովորողների տարիքային և հոգեբանական առանձնահատկությունների հաշվառմամբ: Ավագ դպրոցի շրջանավարտը ի վիճակի է որոշ չափով հասկանալ ժամանակակից ֆիզիկայի պատկերացումները:

Կարևորվում են բարդությունների հաղթահարման, սեփական ուժերի փորձարկման, աշխատանքին լրաժեքորեն տրվելու՝ սովորողների ձգտումները, աշխատանքով լիարժեք կլանման զգացողության առաջացումը: Բազմաթիվ սովորողներ նման զգացողություն ունենալով դասարանում, հավանական է, որ այն կփոխանցեն նաև ինքնուրույն աշխատանքում:

Չնայած մեթոդական բազմաբովանդակ և բազմաքանակ հետազոտությունների առկայությանը, մինչ այժմ, փաստորեն, չկան այնպիսիք, որոնցում լիարժեք մշակված լինի դասական և քվանտային ֆիզիկայի հիմնական գաղափարները:

Քվանտային ֆիզիկայի հիմնական գաղափարները
(Համառոտ շարադրանք դպրոցականների համար)

Քվանտային ֆիզիկան, կամ քվանտային մեխանիկան տեսություն է, որը ստեղծված է մոլեկուլների, ատոմների և ավելի փոքր մասնիկների (*միկրոմասնիկների*) շարժումը և փոխազդեցությունը նկարագրելու համար:

Մինչ քվանտային ֆիզիկայի ստեղծումը ֆիզիկան գործ ուներ *մարմինների* հետ, այսինքն, ավելի մեծ օբյեկտների հետ քան մոլեկուլներն են, ատոմներն են և ավելի փոքրիկ մասնիկները: Այն ֆիզիկան, որը ձևավորվել էր մեծ մարմինների ուսումնասիրման ընթացքում անվանում են *դասական ֆիզիկա*:

Քվանտային ֆիզիկան որոշ առումով էապես տարբերվում է դասական ֆիզիկայից: Որպեսզի պարզենք, թե ինչն է դասական և քվանտային ֆիզիկայում ընդհանուրը և ինչն է տարբեր, դիտարկենք նախ դասական ֆիզիկայի հիմնական պատկերացումները:

I. Դասական ֆիզիկայի հիմնական պատկերացումները

Դասական ֆիզիկայի պատկերացումներ ասելով հասկանում են ֆիզիկայի այն պատկերացումները, որոնց հիմքը դրել են Գալիլեյը և Նյուտոնը, իսկ վերջնական պատկերը ձևավորվել է Մաքսվելից հետո, երբ ստեղծվել է *դաշտի տեսությունը*: Դրանք են.

I. *Տարածություն և ժամանակ.*

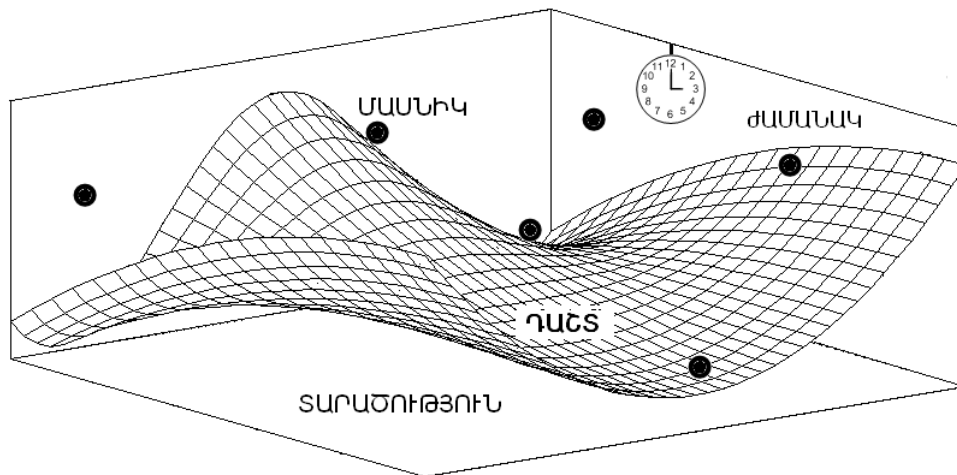
Սա, կարելի է ասել այն «բեմն» է, որտեղ կատարվում են ֆիզիկական երևույթները:

II. *Մարմիններ:*

III. Մարմինների փոխազդեցությունները:

Հենց մարմինների փոխազդեցության հետևանքով են կատարվում ֆիզիկական պրոցեսները: Փոխազդեցությունը բնութագրող մեծությունը ուժն է: Ըստ Նյուտոնի, եթե հայտնի են մարմնի վրա ազդող ուժերը, ապա կարելի է պարզել թե ինչ կկատարվի մարմնի հետ:

IV. *Դաշտ*: Դաշտը ֆիզիկական օբյեկտ է, որի միջոցով կատարվում է մարմինների փոխազդեցությունը: Ցանկացած փոխազդեցություն Ֆիզիկական նկարագրում է դաշտի «լեզվով»: Մաքսվելից հետո աշխարհի պատկերը ֆիզիկայի տեսանկյունից կարելի է պատկերել հետևյալ նկարով.



Այս պատկերացումները հիմնականում պահպանվում են նաև քվանտային ֆիզիկայում: Այն նորը, ինչը բերել է քվանտային ֆիզիկական կապված է ոչ թե այս պատկերացումների հետ, այլ որոշ այլ պատկերացումների հետ, որոնք դասական ֆիզիկայում պարզապես ընդունվում էին և համարվում ակնհայտ:

«Ակնհայտ» պնդումները դասական ֆիզիկայում

Մեխանիկայի երկու հիմնական խնդիրները, այնպես ինչպես դրանք ձևակերպել է Նյուտոնը և ինչպես որ ինքն է պատկերացրել մեխանիկան, հետևյալն են՝

I. Հայտնի է մարմնի շարժման հավասարումը, պետք է որոշել մարմնի վրա ազդող ուժը:

II. Հայտնի են մարմնի վրա ազդող ուժերը, պետք է որոշել նրա շարժման հավասարումը:

Եթե մարմնի վրա ազդող ուժը *հաստատուն* է, այս խնդիրները լուծվում են հետևյալ համակարգով.

$$\begin{cases} \vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{V}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2} \\ m\vec{a} = \vec{F} \end{cases}$$

Խնդիրը լուծելու համար, իհարկե, պետք է իմանալ նաև մարմնի (նյութական կետի) սկզբնական դիրքը (կոորդինատները) և սկզբնական արագությունը (տեսական ֆիզիկայում ավելի հարմար է խոսել մարմնի իմպուլսի մասին):

Եվ հենց այս խնդրի հետ է կապված դասական ֆիզիկայի առաջին «ակնհայտ» պնդումը. դասական ֆիզիկան ընդունում է, որ մենք *կարող ենք միաժամանակ որոշել և մարմնի կոորդինատները և իմպուլսը*: Ըստ դասական ֆիզիկայի, հենց դրանք են որոշում մարմնի *մեխանիկական վիճակը*: Հետևաբար *դասական ֆիզիկայում համակարգի վիճակը որոշակի է*: Մինչ դեռ քվանտային ֆիզիկայի հիմնական պնդումներից մեկն այն է, որ *միկրոմասնիկի կոորդինատները և իմպուլսը միաժամանակ և միարժեքորեն որոշել հնարավոր չէ*: Այստեղից արդեն հետևում է, որ միկրոմասնիկի շարժման նկարագրումը պետք է փոխվի: Ընդհանրապես պետք է նշել, որ միկրոմասնիկները (էլեկտրոնները, պրո-տոնները և այլն) պետք չէ պատկերացնել որպես շատ փոքրիկ գնդիկներ, միկրոմասնիկների համար հնարավոր չէ տալ պատկերավոր կերպար, ավելի ճիշտ է այն անվանել պարզապես *քվանտային օբյեկտ*:

Դասական ֆիզիկայի ակնհայտ պնդումներից է նաև հետևյալը. ֆիզիկական պրոցեսի ընթացքում համակարգը բնութագրող ֆիզիկական մեծությունները փոփոխվում են *անընդհատ*: Որպես օրինակ դիտարկենք մարմնի արագությունը: Եթե մարմինը սկսել է շարժումը դադարի վիճակից և որոշ ժամանակ անց նրա արագությունը դարձել է 10 մ/վ, մենք ընդունում ենք, որ մարմինը ընդունել է 0-ից մինչև 10-ը միջակայքում եղած արագության (թվերի) բոլոր արժեքները, որոնք կազմում են *անընդհատ բազմություն*:

Այս պնդումը ևս տեղի չունի քվանտային ֆիզիկայում: Եվ դա պատկերացնել անհնար է:

Հնարավոր չէ պատկերացնել, որ արագությունը եղել է 2 և հետո 3, բայց չի ընդունել 2,7 արժեքը:

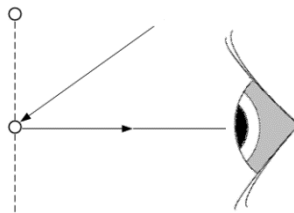
Այսպիսով, դասական ֆիզիկայի «ակնհայտ» պնդումները հետևյալն են.

1. Համակարգի վիճակը որոշակի է:

2. Եթե մենք ինչ-որ փորձով ուզենանք պարզել, թե ինչ վիճակում է գտնվում համակարգը, մենք դա սկզբունքորեն կարող ենք որոշել միանշանակ, այսինքն փորձը չի ազդի համակարգի վիճակի վրա:

3. Համակարգի շարժման ընթացքում ֆիզիկական մեծությունները փոփոխվում են անընդհատ:

Քվանտային ֆիզիկայում այս պատկերացումները տեղի չունեն: Պիտարկենք, օրինակ, երկրորդ պնդումը: Ինչպե՞ս կարելի է որոշել մարմնի դիրքը, երբ, ասենք, մարմինը կատարում է ազատ անկում: Պատասխանը ակնհայտ է. պետք նայել մախմնի վրա: Իսկ ինչպե՞ս ենք մենք նայում՝ լույսը ընկնում է մարմնի վրա, անդրադառնում նրանից և ապա հասնում մեր աչքին:



Բայց արդյո՞ք այս պրոցեսի ընթացքում լույսը չի շեղում մարմնին իր դիրքից. չէ որ լույսը, կոպիտ ասած, հարվածում է մարմնին: Եթե մարմինը մեծ է, այդ շեղումը չնչին է, իսկ եթե գործ ունենք միկրոմասնիկների հետ, ապա պետք է հաշվի առնել, որ լույսը էապես կարող ազդել մասնիկի վիճակի վրա: Այս օրինակը ցույց է տալիս, որ երբ գործ ունենք միկրոմասնիկների հետ, կարևոր է դառնում մասնիկի հետ կապված ցանկացած *չափման պրոցես*. Դասական ֆիզիկան այս հարցի վրա ուշադրություն չէր դարձնում: Ըստ դասական ֆիզիկայի չափման պրոցեսը չի ազդում մարմնի վիճակի վրա:

Որպեսզի ավելի ցայտուն լինի դասական և քվանտային ֆիզիկայի տարբերությունը տանք հետևյալ, առաջին հայացքից անհեթեթ թվացող հարցը. եթե քանոնի միջոցով մենք չափում ենք սեղանի երկարությունը, և քանոնը կայցնում ենք սեղանին, արդյո՞ք

դա չի ազդում սեղանի երկարության վրա և մեր չափածը սեղանի իրական երկարությունն է:

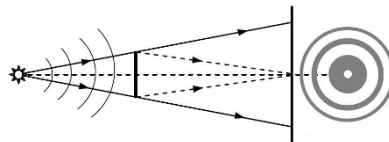
Չխորանալով նման կարգի բավականին բարդ հարցերի մեջ ասենք հետևյալը.

քվանտային ֆիզիկան դիտարկում է չափման պրոցեսը որպես չափից սարքի և ֆիզիկական օբյեկտի փոխազդեցություն, ինչը կարող է էական դեր ունենալ չափման պրոցեսում:

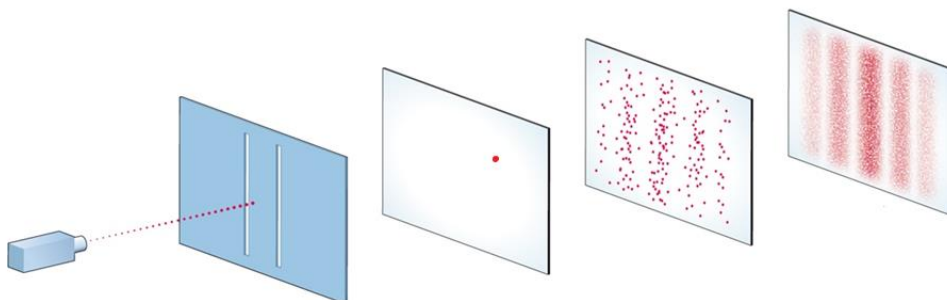
Մասնավորապես, ինչպես վերը նշվեց, քվանտային ֆիզիկայում հնարավոր չէ ճշգրիտ և միաժամանակ որոշել միկրոմասնիկի և դիրքը, և իմպուլսը (և դա հենց չափիչ սարքի ազդեցության հետևանք է:)

Որպես օրինակ դիտարկենք զուտ ալիքային երևույթ՝ լույսի դիֆրակցիայի երևույթը: Դիֆրակցիայի շնորհիվ լույսի փնջի դիմաց դրված փոքրիկ գնդիկի ետևում դիտվում է լուսավոր շրջան, այսինքն լույսը շրջանցում է գնդիկին: Բացի դրանից էկրանին դիտվում են լուսավոր և մութ տիրույթներ (օղակներ):

Սա, այսպես կոչված, դիֆրակցիոն պատկերն է:



Պարզվում է նման երևույթ կա նաև էլեկտրոնների համար: Որոշակի պայմաններում էլեկտրոններն էլ են տալիս դիֆրակցիոն պատկեր: Եթե էլեկտրոնների փունջը անցնում է երկու ճեղքերի միջև, ապա ապա էկրանի վրա ստացվում է դիֆրակցիոն պատկեր՝ որոշ տեղեր էլեկտրոնները չեն ընկնում:



Այդպիսի վարքը բնորոշ է բոլոր միկրոմասնիկներին: Ասում են որ մասնիկները դրսևորում են ալիքների հատկություններ: Այս փորձում հատկանշականն այն է որ մասնիկները ընկնում են Էկրանին հատ հատ, որպես մասնիկ, իսկ դիֆրակցիոն պատկերը երևում է շատ մասնիկների ընկնելուց հետո: Այսպիսի վարքը անվանել են *ալիք - մասնիկ երկվություն*:

Ալիք - մասնիկ երկվությունը արտահայտվում է նրանով, որ էլեկտրոնները էկրանի վրա ընկնում են որպես մասնիկ, բայց նրանց վերջնական բաշխումը լինում է այնպես ինչպես կլիներ եթե գար ալիք:

Էլեկտրոնների դիֆրակցիան փորձով դիտվել 1927 թ., սակայն մինչ այդ 1924 թ. ֆրանսիացի գիտնական Լ. դը Բրոյլը արդեն արել էր այն ենթադրությունը, որ մասնիկի հետ կարելի է կապել որոշակի ալիք, որի ալիքի երկարությունը կապված է մասնիկի իմպուլսի հետ հետևյալ բանաձևով

$$\lambda = \frac{h}{p},$$

որտեղ h -ը Պլանկի հաստատունն է:

Այս բանաձևը ինքնին հակասական է, որովհետև p -ն վերաբերվում է մասնիկին, իսկ λ -ն՝ ալիքին: Ի՞նչն է այստեղ հակասական:

Մասնիկը, ըստ մեր առօրյա պատկերացումներով տարածության մեջ *տեղայնացված* օբյեկտ է, իսկ ալիքը՝ *սփռված*:

մասնիկ



Ալիք



Ալիք - մասնիկ երկվությունը չի նշանակում, որ միկրոմասնիկը ալիք է. միկրոմասնիկը

«մասնիկ է, այն իմաստով, որ էլեկտրոնը ընկնում է Էկրանի վրա որպես մասնիկ, բայց նրա շարժումը մինչև Էկրանը պետք է նկարագրել այնպես, ինչպես նկարագրվում է ալիքի ընթացքը:

II. Բվանտային ֆիզիկայի հիմնական գաղափարները

Դիցուք, մենք ուզում ենք իմանալ թե տվյալ պահին մեզ հետաքրքրող համակարգը ո՞ր վիճակում է գտնվում: Դրա համար պետք է կատարենք փորձ, որը, ըստ վերը ասվածի, համակարգի և չափից սարքի փոխազդեցություն է: Ըստ քվանտային ֆիզիկայի այն վիճակը, որը մենք գրանցում ենք, *օբյեկտի և չափից սարքի փոխազդեցության հետևանք է:*

Այսինքն, ընդհանուր դեպքում, չի կարելի է ասել, որ համակարգը գտնվում էր այն վիճակում, ինչը ցույց տվեց փորձը: Այն վիճակը, որը գրանցվում է փորձի արդյունքում *ստացվում է համակարգի և չափից սարքի փոխազդեցության հետևանքով:*

Թվում է թե այստեղ առկա է լրիվ անորոշություն, որովհետև համակարգը կարող է հայտնվել կամայական վիճակում: Իրավիճակը, սակայն, փրկում է այն, որ ըստ քվանտային ֆիզիկայի

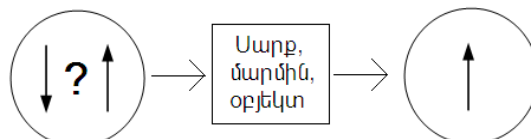
յուրաքանչյուր համակարգ ունի վիճակների միայն որոշակի հավաքածու և ցանկացած փորձի արդյունքում համակարգը կարող է հայտնվել միայն այդ վիճակներից մեկում.

Այսպիսով,

ընդհանուր դեպքում չի կարելի ասել, որ համակարգը գտնվում է որոշակի վիճակում.

նրա հնարավոր վիճակները` նրա թաքնված հնարավոր վիճակներն են, իսկ այն, որ համակարգը հայտնվում է որոշակի վիճակում տվյալ փորձի արդյունք է:

Փորձ ասելով հասկանում ենք ցանկացած սարք, կամ մարմին, որի հետ փոխազդում է միկրոմասնիկը (քվանտային համակարգը): Օրինակ, եթե համակարգը ունի ընդհամենը երկու հնարավոր վիճակ, որոնք նշանակենք վեր և վար ուղղված սլաքներով, ապա վերը ասվածը կարելի է պատկերել հետևյալ սխեմայով.



Այս գաղափարի հետ կապված առաջանում են երեք հարց:

1) Ինչպե՞ս պարզել համակարգի հնարավոր վիճակները:

2) Ինչպե՞ս պարզել, թե տվյալ փորձի արդյունքում իր հնարավոր վիճակներից որո՞ւմ կհայտնվի համակարգը:

3) Ինչպե՞ս որոշել տվյալ վիճակում գտնելու հավանականությունը:

Այս երեք հարցերին քվանտային ֆիզիկան տալիս է հստակ պատասխաններ, որոնք կարելի է ձևակերպել սկզբունքների ձևով:

III. Քվանտային ֆիզիկայի հիմնական սկզբունքները

I. Համակարգի վիճակը նկարագրվում է որոշակի ֆունկցիայով, որը կոչվում է *ալիքային ֆունկցիա* (նշանակվում է Ψ տառով):

II. Համակարգի ալիքային ֆունկցիաները (այսինքն վիճակների հավաքածուն) որոշվում են *Շրյոդինգերի հավասարումով*:

III. Եթե համակարգը կարող է գտնվել $\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_n$ վիճակներում, ապա այն կարող է նաև գտնվել այնպիսի վիճակում, որն այդ վիճակների «խառնուրդ» է

$$\Psi = k_1\Psi_1 + k_2\Psi_2 + \dots + k_n\Psi_n,$$

(ի դեպ այստեղ նմանություն կա վեկտորի պատկերմանը իր պրոյեկցիաներով)

IV. Տվյալ փորձի արդյունքում թե ո՞ր վիճակում կհայտնվի համակարգը, կարելի որոշել միայն որոշակի *հավանականությամբ*:

V. Յուրաքանչյուր ֆիզիկական մեծություն ունի հնարավոր արժեքների իր հավաքածուն:

Փորձի արդյունքում այդ մեծության համար կստանանք արժեք *միայն այդ հավաքածուից*:

(հնարավոր արժեքների հավաքածուն կոչվում է սպեկտր): Այդ հավաքածուն կարող է լինել և անընդհատ և ընդհատ (ինչը ավելի բնորոշ է քվանտային համակարգին):

Այս սկզբունքների մեկնաբանումը

1. Համակարգի վիճակի նկարագրումը ալիքային ֆունկցիայով էապես տարբերվում է դասական ֆիզիկայի այն պատկերավոր նկարագրումից, երբ որոշում են մասնիկի արագացումը նրա վրա ազդող ուժերով և ապա մարմնի շարժման բնույթը: Ի դեպ, քվանտային մեխանիկայում միկրոմասնիկի շարժման համար նույնիսկ տեղի չունի հետագիծ հասկացությունը:

2. Շրյոդինգերի հավասարումը քվանտային ֆիզիկայում փոխարինում է Նյուտոնի II օրենքը:

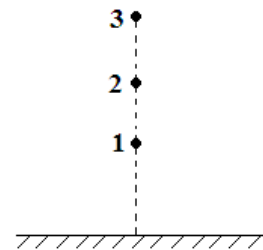
3. Խառնուրդային վիճակի գաղափարը ևս լրիվ նոր գաղափար է: Ինչպես նշում է քվանտային ֆիզիկայի հիմնադիրներից մեկը, Պ. Դիրակը

դասական իմաստով հնարավոր չէ պատկերացնել, որ համակարգը մասամբ գտնվում է մի վիճակում, իսկ մասամբ մեկ այլ վիճակում և դա համարժեք է նրան որ համակարգը լիովին գտնվում է մեկ այլ երրորդ վիճակում:

4. Որոշակի վիճակում համակարգի հայտնվելու հավանականության գաղափարը ևս դասական ֆիզիկայում չկա: Այդ հավանականությունը որոշվում է ալիքային ֆունկցիայով:

5. Այս գաղափարը ևս էապես խորթ է դասական ֆիզիկային, որում ֆիզիկական մեծությունները կարող է ընդունել ցանկացած արժեք և փոխվում է անընդհատ: Որպեսզի ավելի ցայտուն երևա այդ տարբերությունը, դիտարկենք Երկրի մակերևույթից որոշ բարձրության վրա գտնվող մարմնի պոտենցիալ էներգիան, որը որոշվում է $W=mgh$ բանաձևով:

Ըստ դասական ֆիզիկայի, մարմինը կարող է գտնվել ցանկացած բարձրության վրա և, հետևաբար, ունենալ ցանկացած պոտենցիալ էներգիա: Այդպես չէ, սակայն, քվանտային ֆիզիկայում: Մարմինը կարող է գտնվել միայն որոշակի բարձրությունների վրա և, հետևաբար, ունենալ պոտենցիալ էներգիայի միայն որոշակի արժեքներ՝ W_1, W_2, \dots : Այսպիսի իրավիճակ, իհարկե, դասական ֆիզիկայում անհնարին է:



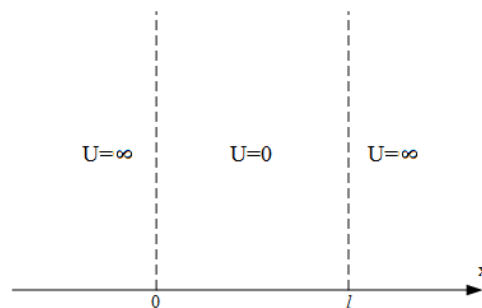
Սակայն հենց այդ գաղափարը տվեց Ն.Բորը ատոմի էներգիայի արժեքների համար (Բորի առաջին կանխադրույթը):

IV. Քվանտային մեխանիկայի խնդրի օրինակ

Այժմ դիտարկենք պարզագույն խնդիր, որում կերևան քվանտային մեխանիկայի հիմնա-կան գաղափարները (խնդիրը պարզագույն է քվանտային մեխանիկայի համար, բայց այն, իհարկե, բավականին բարդ է դպրոցականի համար):

Խնդիր.

Որոշել միկրոմասնիկի ալիքային ֆունկցիաները և էներգիայի հնարավոր արժեքները, եթե մասնիկը գտնվում է այնպիսի տիրույթում որի ներսում ($0 < x < l$) նրա վրա ուժ չի ազդում, իսկ որից դուրս անվերջ մեծ ուժեր են ազդում, այնպես որ այն չի կարող դուրս գալ այդ տիրույթից: Դիտարկենք այն դեպքը, երբ մասնիկը կարող է շարժվել միայն X առանցքով (այսպես կոչված միաչափ շարժում):



Ի դեպ, նման տիրույթը անվանում են անվերջ խորը պոտենցիալային հոր:

Դասական մեխանիկայով այս խնդրի լուծումը հետևյալն է. տիրույթի ներսում մասնիկը ունի միայն կինետիկ էներգիա, որը կարող է ունենալ ցանկացած արժեք:

Այժմ դիտարկենք այս խնդրի լուծումը միկրոմասնիկի համար ըստ քվանտային մեխանիկայի: Նշենք նախ, որ քվանտային ֆիզիկայում գործ ունենք ոչ թե ուժի այլ *պոտենցիալ էներգիայի հետ*:

Այս խնդրի հետ կապված կարելի է նաև գրել Շրյոդինգերի հավասարումը $\Psi(x)$ ալիքային ֆունկցիայի համար: Միաչափ շարժման համար այն ունի հետևյալ տեսք.

$$\Psi'' + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - U) \Psi = 0,$$

որտեղ

Ψ -ին ալիքային ֆունկցիան է, Ψ'' -ը նրա երկրորդ կարգի ածանցյալն է:

U -ն մասնիկի պոտենցիալ էներգիան է,

m -ը մասնիկի զանգվածն է,

E -ն մասնիկի էներգիան է,

h -ը Պլանկի հաստատունն է:

Շրյոդինգերի հավասարումը $0 < x < l$ տիրույթում կընդունի

$$\Psi'' + \frac{8\pi^2 m}{h^2} E \Psi = 0,$$

տեսքը, քանի որ այդ տիրույթում $U = 0$:

Նշանակենք $\frac{8\pi^2 m}{h^2} E = k^2$, հետևաբար հավասարումը կընդունի ավելի պարզ տեսք.

$$\Psi'' + k^2 \Psi = 0:$$

Մաթեմատիկայից հայտնի է, որ այս հավասարման լուծումը հետևյալ ֆունկցիան է.

$$\Psi(x) = A \sin kx + B \cos kx:$$

Դրանում կարելի է հանդգնել տեղադրելով այս ֆունկցիան հավասարման մեջ:

Հիմնվելով որոշակի պայմանների վրա (լուծման այդ մասը բաց թողնենք) կարելի է որոշել A, B, k պարամետրերի արժեքները.

$$A = \sqrt{\frac{2}{l}}, \quad B = 0, \quad k = \frac{n\pi}{l}, \quad \text{որտեղ } n = 1, 2, \dots$$

Հետևաբար ալիքային ֆունկցիաների համար ստանում ենք

$$\Psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin\left(\frac{n\pi}{l} \cdot x\right)$$

Այսինքն վիճակների հավաքածուն կլինի.

$$\Psi_1(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin\left(\frac{\pi}{l} \cdot x\right), \quad \Psi_2(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin\left(\frac{2\pi}{l} \cdot x\right), \quad \Psi_3(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin\left(\frac{3\pi}{l} \cdot x\right), \dots$$

Իսկ էներգիայի հնարավոր արժեքների համար ստացվում է

$$E_n = \frac{h^2}{8ml^2} \cdot n^2$$

արտահայտությունը: Ուստի էներգիայի հնարավոր արժեքները կլինեն.

$$E_1 = \frac{h^2}{8ml^2}, \quad E_2 = \frac{h^2}{8ml^2} \cdot 4, \quad E_3 = \frac{h^2}{8ml^2} \cdot 9, \dots$$

Ինչից հետևում է որ *էներգիայի արժեքները ընդհատ են:*

Երբ $n = 1$, մասնիկի վիճակը կոչվում է հիմնական վիճակ:

Կարելի է որոշել նաև տվյալ տիրույթի ներսում մասնիկի այս կամ այն տիրույթում գտնվելու հավանականությունը: Հիմնական վիճակի համար համապատասխան

հաշվարկը ցույց է տալիս, որ 0-ից մինչև $\frac{l}{3}$ -ը գտնվելու հավանականությունը

մոտավորապես 0,2 է, իսկ $\frac{l}{3}$ -ից մինչև $\frac{2l}{3}$ -ը՝ մոտավորապես 0,6:

Եզրակացություն

Ավագ դպրոցի աշակերտները կարող են ֆիզիկայի դասընթացի վերջում ընդհանուր մասին պատկերացում կազմել ֆիզիկայի մասին, ընկալել ֆիզիկան որպես աշխարհահայցք, ծանոթանալ ֆիզիկայի ժամանակակից գաղափարների և պատկերացումների մասին, մտածել բնության, աշխարհի մասին ոչ թե բանաձևերով, այլ պատկերացումներով

Գրականություն

1. Дирак П.А.М. Принципы квантовой механики.
2. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике, тт. 3, 8, 9.
3. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики.