

# Գիտնականի ստեղծումը



Ռիչարդ Ֆեյնման

Ռուսերենից թարգմանությունը՝ Գևորգ Հակոբյանի

## Բովանդակություն

### Դասագրքերն ընտրում են ըստ կազմերի

*«Դուք, իհարկե, կատակում եք, պարոն Տեյնման» գրքից*

### Գիտնականի ստեղծումը

*«Քեզ ի՞նչ, թե ուրիշներն ինչ են մտածում» գրքից*

### Սա նույնքան պարզ է, ինչքան մեկ-երկու-երեք-ը...

*«Քեզ ի՞նչ, թե ուրիշներն ինչ են մտածում» գրքից*

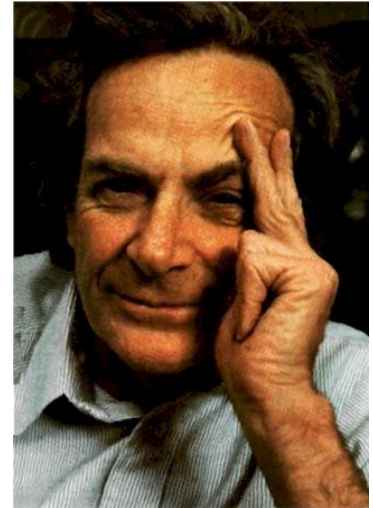
### Շարժման նկարագրությունը

*«Տեյնմանական դասախոսություններ ֆիզիկայից» գրքից*

## Դասագրքերն ընտրում են ըստ կազմերի

### *Հատված «Դուք, իհարկե, կատակում եք, պարոն Ֆեյնման» գրքից*

Վաթսունականների սկզբին իմ ընկերներից շատերը դեռ խորհրդատվական ծառայություններ էին մատուցում կառավարությանը: Իսկ ես այդ ժամանակ ոչ մի պատասխանատվություն չէի զգում հասարակության առաջ և ամեն կերպ դիմադրում էի Վաշինգտոն գնալու առաջարկներին, ինչի համար այն ժամանակ որոշակի քաջություն էր պետք:



Այդ ժամանակ առաջին կուրսեցիների համար ֆիզիկայի դասախոսություն էի կարդում, և դասախոսություններից մեկից հետո Թոմ Հարվին, որ ինձ օգնում էր ցուցադրական փորձերը կատարելիս, ասաց. «Պետք է տեսնես, թե ինչ է մաթեմատիկայի վիճակը դպրոցական դասագրքերում:

Աղջիկս դասագիրք է տուն բերում, որում լիքը անհեթեթություն է գրված»:

Նրա բառերին առանձնապես ուշադրություն չդարձրի:

Բայց մյուս օրը ինձ զանգահարեց Փասադենայում հայտնի իրավաբաններից մեկը՝ կրթության գծով նահանգի խորհրդի անդամ: Նա հարցրեց, թե չէի ցանկանա արդյոք մասնակցել նոր ուսումնական պլաններ մշակող նահանգային հանձնախմբի աշխատանքներին, որը նոր դասագրքեր էր ընտրում Կալիֆորնիայի դպրոցների համար: Նահանգում օրենք էր գործում, որի համաձայն միջնակարգ դպրոցի բոլոր դասագրքերը պետք է հաստատված լինեին Կրթության խորհրդի կողմից: Դրա համար հանձնախումբ էր կազմավորվել, որը պետք է կատարեր դասագրքերի նախնական ընտրությունը: Այդ հանձնախումբը Խորհրդին երաշխավորում էր, թե որ գրքերն ընտրեն:

Պարզվեց, որ գրքերի մեծամասնությունը նվիված էր թվաբանության դասավանդման նոր մեթոդին, որը ստացել էր «նոր մաթեմատիկա» անվանումը: Բայց քանի որ այդ գրքերը սովորաբար միայն ուսուցիչներն էին տեսնում և կրթական համակարգի պատասխանատու անձիք, որոշվել էր, որ լավ կլինեի, որ դասագրքերի գնահատման գործում ներգրավեին մեկին, որ մասնագիտորեն է օգտվում մաթեմատիկայից, ով պատկերացնում է վերջնական արդյունքը և հասկանում, թե ինչու պետք է երեխաներին մաթեմատիկա սովորեցնել:

Հավանաբար այդ ժամանակ ես խղճի խայթ էի զգում, որ չէի մասնակցում կառավարական ծրագրերին և համաձայնեցի դառնալ այդ հանձնախմբի անդամ:

Անմիջապես սկսեցին հրատարակիչների նամակներն ու հեռախոսազանգերը: Ինձ

ասում էին. «Շատ ուրախ ենք, որ Դուք ընդգրկվել եք հանձնաժողովի կազմում, քանի որ միշտ ցանկացել ենք, որ գիտնականները...», և «Հիանալի է, որ գիտնականն ընդգրկվել է հանձնաժողովի կազմում, քանի որ մեր գրքերը գիտական ուղղվածություն ունեն»։ Բայց նաև ասում էին. «Կցանկանայինք բացատրել, թե ինչի մասին է մեր գիրքը...», և «Ուրախ կլինենք, որ մեր գրքերի գնահատման ժամանակ ձեզ ինչ-որ օգնություն ցուցաբերել կարողանանք...» Դա ինձ լրիվ վայրենություն էր թվում։ Ես օբյեկտիվ գիտնական եմ և մտածում էի՝ քանի որ աշակերտները և ուսուցիչները պետք է գործ ունենան միայն դասագրքերի և ձեռնարկների հետ, հրատարակչի կողմից տրամադրվող ցանկացած լրացուցիչ տեղեկություն միայն կխանգարի։ Դրա համար ես խուսափում էի հրատարակչիցների հետ բոլոր խոսակցություններից և միշտ պատասխանում էի. «Ոչինչ պետք չէ բացատրել։ Վստահ եմ, որ իրենց մասին գրքերն իրենք կխոսեն»։

Ես ներկայացնում էի որոշակի շրջան, որն ընդգրկում է Լոս-Անջելեսի մարզի մեծ մասը, բացի բուն քաղաքից. քաղաքը ներկայացնում էր Լոս-Անջելեսի դպրոցական համակարգից մի սիրունատես տիկին, որին միսիս Ուայթհաուզ էին անվանում։ Պարոն Նորիսը ինձ առաջարկեց հանդիպել նրան և պարզել, թե ինչով է զբաղված հանձնաժողովը և ինչպես է աշխատում։

Միսիս Ուայթհաուզն ինձ սկսեց պատմել, թե ինչ են պատրաստվում քննարկել հաջորդում նիստում (մեկն արդեն տեղի էր ունեցել. ինձ ավելի ուշ էին նշանակել)։ «Պետք է քննարկվեն բնական թվերը»։ Գաղափար չունեի, թե ինչ են դրանք, բայց պարզվեց, որ դրանք այն թվերն են, որոնց ես միշտ անվանել եմ ամբողջ թվեր։ Նրանք բոլոր հասկացությունների համար այլ անվանումներ ունեին, այնպես որ հենց սկզբից ինձ համար բավականին բարդություններ առաջացան։

Նա ինձ պատմեց, թե դասագրքերի գնահատումն ինչպես է կատարվում սովորաբար։ Հանձնաժողովի անդամները յուրաքանչյուր գրքից մեծ քանակությամբ ուղարկում են ուսուցիչների և շրջանի պատասխանատու աշխատողների։ Հետո հավաքում են կարծիքները։ Ես ուսուցիչների և պաշտոնյաների շրջանում մեծ ծանոթություն չունեի։ Բացի դրանից, համարում էի, որ գրքերը կարդալով՝ ինքս էլ կարող էի որոշել՝ դրանք ինձ դուր գալիս են, թե ոչ։ Այնպես որ, որոշեցի բոլոր գրքերն անձամբ կարդալ։ (Իմ շրջանում մի քանի մարդիկ կային, որ սպասում էին, թե գրքերն իրենց ցույց կտան և ցանկանում էին իրենց կարծիքն արտահայտել։ Միսիս Ուայթհաուզը նրանց առաջարկել էր իրենց հաշվետվությունները կցել իր անձնականին, որպեսզի այդ մարդիկ իրենց լավ զգան, իսկ ինձ ամենևին չէին անհանգստացնում նրանց բողոքները։ Նրանք դրանով բավարարվեցին և ինձ համար ավելորդ դժվարություններ չստեղծեցին)։

Մի քանի օրից ինձ զանգահարեց գրքի պահեստի աշխատակիցը և ասաց. «Մենք պատրաստ ենք գրքերը Ձեզ ուղարկելու, պարոն Ֆեյնման։ Երեք հարյուր ֆունտ է ստացվում»։

Ես ցնցված էի։

- Ոչինչ, պարոն Ֆեյնման, մեկին կգտնենք, որ Ձեզ օգնի դրանք կարդալու:

Ես դա չհասկացա. գիրքը կա՛մ կարդում ես, կա՛մ չես կարդում: Իմ աշխատասենյակում, ներքևում, դրանց համար առանձին դարակ հատկացրի (դրանք տասնյոթ ոտնաչափ տեղ զբաղեցրեցին) և սկսեցի այն գրքերից, որոնք պետք է քննարկվեին հաջորդ նիստում: Պատրաստվում էինք սկսելու տարրական դպրոցի դասագրքերից:

Դա հսկայական աշխատանք էր, և օրերով տանջվում էի իմ աշխատասենյակում: Կինս ասում էր, որ ընտանիքը կարծես հրաբխի վրա է ապրում. «Որոշ ժամանակ ամեն ինչ հանդարտ է, բայց հանկարծ դրմփ-դրրմփ՝ ներքևում սկսվում էր «հրաբխի» ժայթքումը»:

Հարցն այն էր, որ գրքերը շատ վատն էին: Դրանց մեջ շատ սխալներ կային: Դրանք շատ հապշտապ էին գրված: Ճշգրտության ձգտում զգացվում էր, բայց բերված էին օրինակներ (օրինակ՝ փողոցի ավտոմեքենաները «բազմության» համար), որոնցում կարծես ամեն ինչ լավ էր, բայց միշտ որոշակի անճշտություններ էին մնում: Մահմանումները խիստ չէին: Ոչինչ միանշանակ չէր: Երևում էր, որ հեղինակներն այնքան էլ լավ չէին պատկերացնում, թե ինչ է ճշգրտությունը, «հարմարեցնում էին»: Նրանք սովորեցնում էին այն, ինչը իրենք ամբողջությամբ չէին հասկանում, և ինչը էականորեն անօգուտ էր երեխայի համար:

Ես հասկացա նրանց մտադրությունը: «Արբանյակից» հետո շատերը մտածում էին, որ ռուսներից ետ ենք մնում, և դիմել էին մաթեմատիկոսներին, որ նրանք ուսումնական ծրագրերում նոր, հետաքրքիր մաթեմատիկական հասկացություններ ներմուծեն: Ցանկանում էին երեխաների համար գրավիչ դարձնել մաթեմատիկան, որը նրանց համար ձանձրալի էր:

Բերեմ օրինակ. այդ դասագրքերում խոսվում էր համրանքի տարբեր համակարգերի մասին՝ հինգական, վեցական և այլն, որպեսզի ցույց տրվեին բոլոր հնարավորությունները: Դա կարող է հետաքրքրել այն երեխային, որը գիտի, թե ինչ է տասական համակարգը: Այդպիսի երեխայի համար դա զվարճանք կլինի: Բայց ստացվում էր, որ յուրաքանչյուր սովորող պետք է սովորի համրանքի այլ համակարգ: Հետո սկսվում էր սովորական մոլորությունը. «Տրված թվերը յոթական համակարգից ձևափոխեք հնգականի»: Թվերի ձևափոխումը համրանքի մի համակարգից մյուսին բացարձակ անօգուտ զբաղմունք է: Եթե կարողանում եք դա անել, ձեզ կհետաքրքրի, չեք կարողանում՝ մոռացեք դրա մասին: Դա ոչ մեկին պետք չէ:

Ինչ էլ լինեք, ես այդ գրքերը կարդում ու կարդում էի, և ոչ մեկում չհանդիպեցի, որ խոսվեր գիտության մեջ թվաբանության կիրառության մասին: Եթե հանդիպում էլ էին թվաբանության կիրառության օրինակներ (իսկ հիմնականում դա ժամանակակից վերացարկված անպետքություն էր), դրանք վերաբերում էին դրոշմանիշների գնմանը:

Վերջապես հասա մի գրքի, որտեղ գրված էր. «Մաթեմատիկան լայնորեն կիրառվում է գիտությունների մեջ: Կբերենք օրինակ աստղագիտությունից՝ աստղերի մասին գիտությունից»: Թերթում եմ էջը և կարդում. «Կարմիր աստղերի ջերմաստիճանը չորս հազար աստիճան է, դեղին աստղերինը՝ հինգ հազար ... »,- դե, ոչինչ:

Շարունակությունը. «Կանաչ աստղերն ունեն յոթ հազար աստիճան ջերմաստիճան, երկնագույն աստղերը՝ տասը հազար, իսկ մանուշակագույն աստղերը՝ ... (ինչ-որ մեծ թիվ)»: Կանաչ և մանուշակագույն աստղեր չեն լինում, իսկ մնացածի համար ջերմաստիճանները մոտավորապես են ճիշտ: Ընդհանուր առմամբ կարծես ամեն ինչ ճիշտ է, բայց անընդհատ խափանումներ են: Եվ այդպես էր ամեն տեղ. գրված է մեկի կողմից, ով ըստ էության չգիտի, թե ինչի մասին է գրում: Արդյունքում միշտ ինչ-որ բան սխալ է ստացվում: Չեմ հասկանում, թե ինչպես ենք պատրաստվում լավ սովորեցնել, եթե դասագրքերը գրում են այնպիսի մարդիկ, որոնք ամբողջությամբ չեն հասկանում այն, ինչի մասին գրում են: Եվ ստացվում են այլանդակ գրքեր: **Ամբողջովին այլանդակ:**

Բայց համենայն դեպս, այս գրքից գոհ էի, քանի որ առաջին անգամ էի հանդիպում, որ բերվում էր թվաբանությունը գիտության մեջ կիրառելու օրինակ: Մի քիչ դժգոհ էի, երբ աստղերի ջերմաստիճանի մասին կարդացի: Մի քիչ, քանի որ ամեն ինչ կարծես քիչ թե շատ ճիշտ էր, ուղղակի սխալներ էին թողնված: Հետո խնդիրներ էին: Այսպիսի. «Ջոնը և նրա հայրը դուրս եկան աստղերին նայելու: Ջոն տեսնում էր երկու երկնագույն և մի կարմիր աստղ: Նրա հայրը տեսնում էր մի հատ կանաչ և երկու դեղին աստղ: Ինչքա՞ն է Ջոնի և նրա հոր տեսած աստղերի ընդհանուր ջերմաստիճանը»,- և կատաղությունից ես պայթում եմ:

Կինս սա էր անվանում «հրաբուխ ներքևում»: Սակայն ես ընդամենը մի օրինակ բերեցի, իսկ այդպես էր մշտապես: Մշտական գառանցանք: Բացարձակ անիմաստ է աստղերի ջերմաստիճանը գումարելը: Այդ բանը երբեք ոչ ոք չի անում, բացի, հնարավոր է, այն միակ դեպքից, երբ միջին ջերմաստիճան են հաշվում, բայց ոչ երբեք աստղերի գումարային ջերմաստիճան: Մարսափելի է: Այդ ամենը ընդամենը խաղ էր, որպեսզի ստիպեին գումարել, և հեղինակները չէին հասկանում այն, ինչի գրել էին: Թվում էր, թե համարյա առանց տպագրական սխալների տեքստ ես կարդում, և հանկարծ՝ ամբողջ նախադասությունն է գլխիվայր: Մաթեմատիկայի վիճակը հենց այդպիսին էր: Բոլորովի՛ն անհույս:

Եվ ահա գնացի առաջին խորհրդակցությանը: Հանձնաժողովի մյուս անդամները գնահատականներ էին դրել մի քանի գրքերի, և ինձ էլ հարցրին, թե ինչ եմ գնահատել: Իմ գնահատականները հաճախ տարբերվում էին բոլոր մյուսներից, և ինձ հարցնում էին. «Ինչո՞ւ եք այս գիրքն այսքան ցածր գնահատել»:

Բացատրում էի, որ այդ գրքի այսինչ էջերում կան հետևյալ թերությունները: Ես ամեն ինչ գրառել էի:

Նրանք հայտնագործեցին, որ իսկական գանձ եմ. ես միշտ կարողանում էի հանգամանորեն բացատրել, թե ինչով է լավ կամ վատ տվյալ գիրքը: Իմ բոլոր

գնահատականները հիմնավորված էին:

Իսկ երբ ես էի հարցնում, թե այսինչ գիրքը ինչու է նրանց բարձր գնահատականին արժանացել, պատասխանում էին. «Իսկ Դուք ի՞նչ եք մտածում գրքի մասին...»: Պատասխանի փոխարեն ինձ էին հարց տալիս, և ոչ մի կերպ հնարավոր չէր լինում պարզել, թե ինչու են գրքերը գնահատվել այդպես, այլ ոչ թե այլ կերպ:

Հերթը հասավ հրատարակչություններից մեկի թողարկած եռահատորյակի մասը կազմող մի գրքի, և ինձ հարցրեցին, թե ինչ եմ ես մտածում դրա մասին:

Ասացի. «Պահեստից ինձ այդ գիրքը չեն ուղարկել, բայց մյուս երկուսը լավն էին»:

Ինչ-որ մեկը փորձեց հարցը կրկնել. «Դուք այդ գրքի մասին ի՞նչ եք մտածում»:

- Արդեն ասացի, որ այդ գիրքն ինձ չեն ուղարկել: Այնպես որ ես չեմ կարող դրա մասին դատողություններ անել:

Գրապահեստի աշխատողն էլ այդտեղ էր և ասաց. «Ներողություն, ես կարող եմ ամեն ինչ բացատրել: Ձեզ չեմ ուղարկել այդ գիրքը, քանի որ այն դեռ ավարտված չէր: Կարգի համաձայն մենք գրքերը պետք է ունենանք որոշակի ժամկետում, իսկ հրատարակիչը մի քանի օր ուշացրել էր: Դրա համար մեզ ուղարկել էին գրքի մակետը՝ կազմով և դատարկ էջերով: Ընկերությունը ներողություն է խնդրում և հույս հայտնում, որ եռահատորյակը կքննարկվի, չնայած երրորդ հատորի ուշանալուն»:

Պարզվեց, որ այդ դատարկ կաղապարը գնահատվել էր հանձնաժողովի մի քանի անդամների կողմից: Նրանք չէին կարողանում հավատում, որ գիրքը չկա. գնահատականները կային, չէ՞: Դեռ ավելին. գոյություն չունեցող գրքի գնահատականներն ավելի բարձր էին, քան մյուս երկու հատորների: Այն հանգամանքը, որ գիրքը չկա, ոչնչով չէր խանգարել դրա գնահատմանը:

Մտածեցի, որ համակարգը հետևյալ կերպ է աշխատում. երբ մարդկանց գիրք եք բաժանում կարդալու, դա նրանց ամեննին չի հետաքրքրում: Նրանք զբաղված են, նրանք մտածում են. «Այդ գիրքը հո մենակ ես չեմ կարդալու, այլ շատերը: Այնպես, որ կարևոր չէ, թե ինչ կգրեմ»: Եվ հենց այնպես թվանշան են նշանակում: Գոնե որոշ մասը: Ոչ բոլորը, բայց մի մասն այդպես է վարվում: Հետո կարծիքներ եք ստանում և չգիտեք, թե ինչու է հենց այդ գիրքն ամենաքիչ արձագանքն ստացել, այսինքն՝ մի գրքի համար ստացել եք, օրինակ, տասը կարծիք, իսկ մյուսի համար՝ ընդամենը վեց: Հետո միջինացնում եք ստացված գնահատականները՝ բնականաբար, հաշվի չառնելով չստացված գնահատականները: Այնպես որ ստացված գնահատականը ձեզ խելամիտ է թվում: Այս միջինացման ժամանակ ուղղակի աչքաթող է արվում այն հանգամանքը, որ կազմի մեջ բացարձակապես ոչինչ չկա:

Այս տեսությունը կառուցել եմ՝ տեսնելով, թե ինչ կատարվեց մեր հանձնաժողովում:

Դատարկ կազմը գնահատել էր տասը անդամներից վեցը, իսկ մյուս գրքերը՝ տասից ութ կամ ինը մարդ: Միջինացման արդյունքն ավելի վատը չէր, քան ութը կամ ինը գնահատականի միջինացման դեպքում: Երբ ամեն ինչ բացահայտվեց, բոլորը շատ շփոթվեցին, և դա ինձ վատահոլություն ներշնչեց: Պարզվեց, որ հանձնաժողովի մյուս անդամները հսկայական աշխատանք են կատարել՝ բաժանել են գրքերը, կարծիքներ հավաքել, մասնակցել բոլոր հավաքներին և ընդունելություններին, որտեղ հրատարակիչները բացատրություններ են տվել իրենց գրքերի վերաբերյալ ավելի շուտ, քան իրենք կհասցնեին դրանք կարդալ:

Հանձնաժողովում ես միակն էի, որ կարդացել էր բոլոր գրքերը և հրատարակիչներից ոչ մի ուրիշ ինֆորմացիա չէր ստացել, բացի նրանից, ինչ գրքերում գրված կար և պետք է, ի վերջո, հասներ դպրոց:

Ո՞րն է գրքի մասին կարծիք կազմելու լավագույն եղանակը՝ ուշադիր կարդալով, թե՞ անուշադիր թերթած շատ մարդկանցից կարծիքներ հավաքելով. այս հարցը հիշեցնում է մի հայտնի խնդիր: Ոչ մեկին չի թույլատրվում տեսնել չինական կայսերը: Հարցը հետևյալն է՝ ի՞նչ երկարություն ունի չինական կայսեր քիթը: Սա պարզելու համար առաջարկվում է շրջել ամբողջ երկրով և յուրաքանչյուր բնակչի հարցնել, թե ինչ է մտածում միապետի քթի երկարության մասին: Հետո գտեք միջին թվաբանականը: Պատասխանը շատ «ճիշտ» կլինի, քանի որ հսկայական թվով տվյալներ եք միջինացնում: Ցավոք, այդ եղանակով ոչինչ էլ չեք իմանա: Միջին թվաբանականը, որը ստացվել է թեկուզ շատ մեծ քանակի, բայց չհետաքրքրված և անուշադիր մարդկանց կարծիքներից, իրավիճակի ձեր ընկալումը չի լավացնի:

Սկզբում գրքի արժեքի քննարկումը մեր պարտականությունների մեջ չէր մտնում: Մեզ ասել էին, թե քանի գիրք կարող ենք ընտրել, դրա համար էլ մենք որոշեցինք այնպիսի ծրագիր, որը լրացուցիչ շատ գրականություն էր պահանջում, քանի որ բոլոր նոր դասագրքերն էլ այս կամ այն թերություններ ունեին: Ամենալուրջ թերությունները «նոր մաթեմատիկական» դասագրքերն ունեին. դրանցում չէր հիշատակվում մաթեմատիկայի կիրառումների մասին, և շատ քիչ էին տեքստային խնդիրները: Դրանցում խոսք անգամ չկար անգամ դրոշմանիշների վաճառքի մասին, փոխարենը շատ էին ընդարձակ դատողությունները կոմունտացիայի և վերացարկված այլ հասկացությունների մասին, իսկ առօրյա որևէ կոնկրետ իրավիճակում մաթեմատիկայի կիրառման մասին ոչինչ չկար: Ի՞նչ ես անում՝ գումարում, հանում, բազմապատկում, բաժանում: Այդ պատճառով ամեն դասարանի համար բացի սովորողի հիմնական դասագրքից առաջարկեցինք մեկ-երկու լրացուցիչ դասագիրք, որոնցում գոնե ինչ որ բան կար մաթեմատիկայի կիրառությունների մասին: Երկար վիճաբանություններից հետո կարողացանք այդ ամենը բերել հավասարակշռության վիճակի:

Երբ մեր երաշխավորությունները ներկայացրինք Կրթական խորհրդին, մեզ ասացին, որ իրենք ավելի քիչ փող ունեն, քան ենթադրել են, այնպես որ մենք պետք է ամեն ինչը նորից վերանայեինք, կրճատեինք՝ արդեն հաշվի առնելով դասագրքերի գները և քանդեինք այնքան մանրամասնորեն կազմած ծրագիրը, որտեղ ուսուցիչը



հնարավորություն ունենալ անհրաժեշտ օրինակներ գտնելու:

Երբ հնարավոր դասագրքերի ընտրության կանոնները փոխվեցին, և մենք զրկվեցինք ծրագիրը քիչ թե շատ հավասարակշռելու հնարավորությունից, պարզ ասենք՝ այն դարձավ բավական քրջոտ: Բայց երբ հասավ սենատի բյուջեն որոշող հանձնաժողովին, այն ավելի խուզեցին: Այդ ժամանակ իսկապես դարձավ քրջոտ ծրագիր: Երբ այդ հարցը քննարկվում էր սենատում, ինձ խնդրեցին ելույթ ունենալ նահանգի սենատորների առաջ, բայց ես հրաժարվեցի. այդ ժամանակ արդեն հոգնել էի այդ թեմայով բազմաթիվ վիճաբանություններից: Կրթության խորհրդի համար մեր երաշխավորությունները պատրաստել էինք, և ես համարում էի, որ դրանք նահանգին ներկայացնելը Խորհրդի պարտականությունն է, ինչը ճիշտ էր օրենքի տեսակետից, բայց խելամիտ չէր քաղաքականության տեսակետից: Այդքան արագ չպետք է հանձնվեի, բայց երբ լավ հավասարակշռված ծրագիր կազմելու նպատակով այդպիսի լարված աշխատանքից և այդ դասագրքերի բազմաթիվ քննարկումներից հետո արդեն վերջում մեր արած ամբողջ աշխատանքը աղբանոց են նետում, մարդ ուղղակի ընկճվում է: Մեր կատարած աշխատանքը, պարզվեց, ոչ մեկին պետք չէր, այն ուղղակի կարելի էր շուռ տալ գլխիվայր և կատարել հակառակը, սկսել գրքերի գնից և ընտրել նրանք, որ գրպանիդ հարմար են:

Հարցը վերջնականապես որոշվեց և ինձ ստիպեց հանձնաժողովից դուրս գալ այն հանգամանքը, որ հաջորդ տարի պետք է քննարկվեին բնական գիտությունների դասագրքերը: Մտածում էի, որ դրանք, հնարավոր է, լավը լինեն, և մի քանիսը վերցրի նայելու:

Բայց այստեղ էլ նույն բանն էր. առաջին հայացքից ընդունելին ուշադիր դիտարկումից հետո պարզվում էր՝ սարսափելի է: Օրինակ՝ գրքերից մեկն սկսվում էր չորս նկարով՝ լարովի խաղալիք, ավտոնեքենա, հեծանվորդ և էլի ինչ-որ նկար: Եվ ամեն նկարի տակ հարց. «Ի՞նչն է սա շաժման մեջ դնում»:

Մտածեցի. «Հա, հասկանում եմ: Ցանկանում են պատմել մեխանիկայի մասին՝ ինչպես է աշխատում խաղալիքի զսպանակը, քիմիայի մասին՝ ինչպես է աշխատում ավտոնեքենայի շարժիչը. կենսաբանության մասին՝ ինչպես են աշխատում մկանները»:

Այդպիսի հարցեր հայրս էր սիրում. «Ի՞նչն է ստիպում դրան շարժվել: Շարժվում է, որովհետև արևը լուսավորում է»: Եվ մենք կզվարճանայինք՝ դա քննարկելով:

- Ոչ, խաղալիքն աշխատում է, որովհետև զսպանակը լարված է, - կասեի ես:

- Իսկ ինչո՞ւ է զսպանակը լարված, - կհարցներ հայրս:

- Ես եմ լարել:

- Իսկ ինչո՞ւ ես դու կարողանում շարժվել:

- Որովհետև ուտում եմ:

- Իսկ սնունդը ստացվում է, քանի որ արևը լուսավորում է:

Այդպիսով կծնվեր այն բանի ընկալումը, որ շարժումը պարզապես արևի ձևափոխված էներգիան է:

Թերթում եմ էջը: Լարովի խաղալիքի համար պատասխանն է. «էներգիան է այն շարժում»: Եվ հեծանվորդ տղայի համար՝ «էներգիան է նրան շարժում»: Ամեն ինչի համար՝ «էներգիան է շարժում»: Բայց դա լրիվ անմտություն է: Պատկերացրեք, որ գրված լիներ. «Վակալիկս»: Ահա ձեզ ընդհանուր սկզբունք. «Վակալիկսն է շարժման մեջ դնում»: Դա գիտելիք չի ավելացնում: Երեխան ոչինչ չի իմանում, դա ուղղակի բառ է:

Նրանք պետք է ուսումնասիրեին լարովի խաղալիքը, դիտարկեին ներսի զսպանակը, մինչև վերջ հասկանային դրա աշխատանքը, հետո պարզեին անիվների հարցը և հանգիստ թողնեին «էներգիան»: Հետագայում, երբ երեխաները հասկանան, թե ինչպես է աշխատում լարովի խաղալիքը, կարելի է քննարկել և ավելի ընդհանուր «էներգիա» հասկացությունը:

Բացի դրանից, ընդհանրապես ճիշտ չէ ասելը. «էներգիան ինչ-որ բան շարժման մեջ է դնում»: Քանի որ, եթե ինչ որ բան էլ կանգ է առնում, նույն հաջողությամբ կարող ենք ասել. «էներգիան կանգնեցրեց»: Նրանք նկատի ունենին կուտակված էներգիայի ձևափոխումը այլ տեսակի, ինչը «էներգիա» հասկացության նուրբ առանձնահատկություններից է: Այս օրինակներում էներգիան ո՛չ ավելանում է, ո՛չ նվազում. այն մի տեսակից փոխարկվում է մյուսին: Եվ երբ մարմինը կանգ է առնում, էներգիան վեր է ածվում ջերմության, այն անցնում է ընդհանուր քառսին:

Բայց այդ գրքերն այդպիսինն էին: Դրանցում գրվածը մարդուն շփոթեցնում էր, անօգտակար էր, խճճված, ոչ միարժեք և մասամբ ոչ ճիշտ: Չեմ հասկանում՝ ինչպե՞ս կարելի այդպիսի գրքերով գիտություն սովորեցնել: Որովհետև դա գիտություն չէ:

Երբ ես տեսա այդ բոլոր սարսափելի գրքերը, որոնք ունենին նույն թերությունները, ինչ որ մաթեմատիկայի գրքերը, զգացի, որ իմ ներսում նորից հրաբխային պրոցես է սկսվում: Այդ ժամանակ հոգնել էի մաթեմատիկական գրքերը կարդալուց և արդեն համոզվել էի, որ չարչարանքս անօգուտ է: Այդ պատճառով էլ, այդպիսի ջանքերի մի տարի էլ պատկերացնելով, դուրս եկա հանձնախմբից:

Որոշ ժամանակ անց իմացա, որ այն գիրքը, որտեղ էներգիան էր ամեն ինչ շարժման մեջ դնում, երաշխավորվելու է կրթության Խորհրդի կողմից: Ես մի վերջին փորձ արեցի: Հանձնախմբի նիստերի ժամանակ ներկաներին թույլատրվում էր ելույթ ունենալ դիտողություններով, և ես վեր կացա ու ասացի, թե ինչու եմ այդ գիրքը վատը համարում:

Հանձնախմբում ինձ փոխարինող մարդն առարկեց. «Այս գրքին հավանություն են տվել այսինչ ինքնաթիռաշինական ընկերության վաթսունհինգ ինժեներներ»: Ես չէի կասկածում, որ այդ ընկերությունում մի քանի շատ լավ ինժեներներ են աշխատում: Բայց վաթսունհինգ մարդը՝ արդեն շատ է: Այդ քանակի մարդկանց ունակությունների ընդգրկումը պետք է որ շատ լայն լինի: Այնպես, որ նրանց մեջ, հավանաբար, եղել են նաև ոչ պիտանիները: Մա նորից միապետի քթի երկարության միջինացման խնդիրն էր, կամ միայն կազմից բաղկացած գրքի գնահատում: Ավելի լավ կլիներ, եթե ընկերությունն ընտրեր իր մի քանի ամենաընդունակ ինժեներներին և գրքի գնահատումը նրանց առաջարկեր: Ես ինձ վաթսունհինգ մարդուց ավելի խելացի չէի համարում, բայց միջին վիճակագրական մեկ վաթսունհինգերորդից՝ իհարկե: Ինձ չհաջողվեց ոչինչ ապացուցել, և գիրքը արժանացավ Խորհրդի հավանությանը:

Երբ դեռ աշխատում էի հանձնախմբում, մի քանի անգամ հարկ եղավ Սան-Ֆրանցիսկո մեկնելու՝ տարբեր խորհրդակցությունների և, Լոս-Անջելես առաջին ուղևորությունից վերադառնալով, մտա հանձնախմբի գրասենյակը, որպեսզի ծախսերի փոխհատուցում ստանամ:

- Ինչքա՞ն նստեց Ձեզ վրա ուղևորությունը, պարոն Ֆեյնման:

- Այսպես, թեղ եմ Սան-Ֆրանցիսկո, նշանակում է՝ ինքնաթիռի տոմսի արժեքը և օդանավակայանում իմ մեքենայի կայանման վճարը:

- Տոմսը Ձեզ մո՞տ է:

Պարզվեց տոմսն ինձ մոտ էր:

- Իսկ մեքենայի կայանման անդորրագիրն ունե՞ք:

- Ոչ, բայց դա նստել է 2 դոլար և 35 ցենտ:

- Բայց մեզ անդորրագիրն է պետք:

- Ես ասացի՝ որքան է ինձ վրա նստել: Եթե ինձ չեք հավատում, ապա ինչո՞ւ եք լսում, երբ ես արտահայտում եմ իմ կարծիքը դպրոցական դասագրքերի թերությունների և առավելությունների մասին:

Այս հարցի շուրջը մեծ աղմուկ բարձրացավ: Ցավոք, ես վարժվել էի դասախոսություն կարդալ որևէ ընկերության, համալսարանի, սովորական մարդկանց համար, բայց ոչ կառավարության: Ես վարժվել էի ուրիշ վերաբերմունքի: «Որքա՞ն եք ծախսել».  
«Այսքան». «Խնդրեմ, պարոն Ֆեյնման»:

Այդ ժամանակ որոշեցի, որ նրանց այլևս ոչ մի անդորրագիր չեմ ներկայացնելու:

Ման-Ֆրանցիսկո կատարած երկրորդ ուղևորությունից հետո նորից տուն և անդորրագիր ուզեցին:

- Չունեմ:

- Այսպես չի կարող շարունակվել, պարոն Ֆեյնման:

- Երբ ինձ ընդգրկում էին հանձնախմբում, ասացին, որ կվճարեք իմ բոլոր ծախսերը:

- Բայց մենք սպասում էինք, որ դուք անդորրագրերը կներկայացնեք, որպեսզի հաստատեք Ձեր ծախսերը:

- Ես ոչինչ չունեմ, որով հաստատեմ ծախսերը, բայց գիտեք, որ ես Լոս-Անջելեսում եմ ապրում և մեկնում եմ այլ քաղաքներ. իսկ ձեր կարծիքով ինչպե՞ս եմ այնտեղ հայտնվում, սատանան տանի:

Նրանք տեղի չտվեցին, բայց ես էլ չհանձնվեցի: Հասկանում եմ, որ երբ նման իրավիճակում ես հայտնվում և Համակարգին ենթարկվել չես ցանկանում, ապա երբ քո մոտեցումը չի աշխատում, հետևանքների համար ստիպված ես ինքդ հատուցել:

Այդպիսով ես ինձ բավարարված զգացի, չնայած իմ ուղևորությունների համար ոչ մի փոխհատուցում չստացա:

Մա միայն այն խաղերից մեկն է, որ ես խաղում եմ: Իրենց անդորրագի՞ր է պետք: Ես նրանց անդորրագիր չեմ տալիս: Այդ դեպքում փող չես ստանա: Լավ, այդ դեպքում ես փողը չեմ վերցնում: Նրանք ինձ չեն վստահո՞ւմ: Սատանան իրենց հետ, պետք չէ վճարել: Իհարկե, սա անհեթեթ է: Գիտեմ, որ հենց այսպես է աշխատում կառավարությունը. դե, գրողի ծոցը այդ կառավարությունը: Ես կարծում եմ, որ մարդը մյուսների հետ պետք վերաբերվի, ինչպես մարդու: Եվ քանի դեռ ինձ չեն վերաբերում, ինչպես մարդու, նրանց հետ գործ չունեմ: Նրանց համար վա՞տ է: Վատ է: Ինձ համար էլ է վատ: Ուղղակի մոռանանք այդ մասին: Գիտեմ, նրանք «հարկատուին» են պաշտպանում, բայց միայն տեսեք, թե հարկատուն ինչքան հուսալի էր պաշտպանված հետևյալ իրավիճակում:

Երկու գիրք կար, որոնցից երկար քննարկումների արդյունքում չէինք կարողանում մեկն ընտրել. իրար շատ նման էին: Այդ պատճառով էլ այդ հարցը թողեցինք Խորհրդի հայեցողությանը: Քանի որ Խորհուրդը արդեն գիրքն ընտրելիս առաջնորդվում էր դրա գնով, որոշեց իմանալ դրանց գները և ընտրել ավելի էժանը:

Այդ ժամանակ հարց առաջացավ. «Դպրոցները դասագիրքը կստանան սովորական ժամանակի՞ն, թե՞ կարող են դրանք ստանալ նախօրոք՝ նախքան ուսումնական կիսամյակի սկսվելը»:

Հրատարակիչներից մեկի ներկայացուցիչը կանգնեց և ասաց. «Շատ ուրախ ենք, որ ընդունեցիք մեր առաջարկած գինը, և կարող ենք գրքերը տրամադրել մինչև հաջորդ

կիսամյակի սկիզբը»:

Պարտվող հրատարակչության ներկայացուցիչը նույնպես մասնակցում էր խորհրդակցությանը: Նա կանգնեց և ասաց. «Քանի որ մեր առաջարկած գինը նախատեսում էր գրքերի մատակարարման ավելի ուշ ժամկետ, կարծում եմ, որ ավելի շուտ մատակարարման դեպքում կարող ենք նոր գին առաջարկել, և կարող ենք գրքերն ավելի շուտ տալ»:

Պարոն Նորիսը, ով Փասադենայի Խորհրդի իրավաբանն էր, հարցրեց երկրորդ հրատարակչության ներկայացուցիչին. «Եվ ի՞նչ կարժենա ձեր գրքերի ավելի շուտ ստացումը»:

Նա թիվ արտասանեց. նախորդից ցածր գին էր:

Այդ ժամանակ ոտքի կանգնեց առաջին տղան և ասաց. «Եթե նա փոխում է գինը, այդ դեպքում ես էլ իրավունք ունեմ փոխելու իմ գինը». և ավելի ցածր գին ասաց:

Նորիսը հարցրեց. «Մի՞ թե այդպես լինում է. գրքերն ավելի շուտ ենք ստանում, և դրանք ավելի էժան են»:

- Այո,- ասաց նրանցից մեկը:- Կարող ենք կիրառել տպագրության օֆսեթ եղանակը, որը սովորաբար չենք կիրառում...,- և էլի բացատրություններ, թե ինչու հանկարծ գրքերն էժանացան:

Մյուսը համաձայնում է. «Ինչքան գրքերն արագ ես տպում, այնքան էժան են նստում»:

Մենք իսկապես շոկի մեջ էինք: Ամեն ինչ ավարտվեց նրանով, որ գրքերը երկու միլիոն դոլարով էժան ստացվեցին: Այս հանկարծակի փոփոխությունը շատ զայրացրեց Նորիսին:

Իրականում տեղի էր ունեցել հետևյալը. գրքերի մատակարարման ժամկետի անորոշությունը այդ տղաներին նոր գին առաջարկելու հնարավորություն էր տվել: Սովորաբար, երբ գրքերն ընտրվում էին առանց դրանց գինը հաշվի առնելու, գինը իջեցնելն իմաստ չուներ. հրատարակիչներն իրենց հայեցողությամբ կարող էին կամայական գին նշանակել: Գնի իջեցումը ոչինչ չէր փոխի. որպեսզի պատվեր ստանային, պետք է հանձնախմբի անդամների վրա տպավորություն թողնեին ըստ կազմված ուսումնական ծրագրի:

Ի միջայլոց, երբ էլ որ հանձանխումբը հավաքվում էր նիստի, իսկույն հայտնվում էին հրատարակիչները, որոնք զբաղեցնում էին հանձնախմբի անդամներին նրանց հրավիրելով ճաշելու և պատմելով իրենց գրքերի մասին: Ես միշտ հրաժարվում էի այդպիսի առաջարկություններից:

Հիմա դա լրիվ ակնհայտ է թվում, բայց երբ մի անգամ չրերով և այլ բաներով լցված մի տուփ ստացա, որ ուղարկել էին «Ուէսթերն Յունիոն»-ի միջոցով ու «Մեր ընտանիքից ձեր ընտանիքին. շնորհավոր ձեր Գոհության օրը: Պամիլիոնների ընտանիք» մի գրությունով, ես գլխի չէի ընկել, թե դա ինչ էր:

Ծանրոցը մի ընտանիքից էր, որի մասին երբևէ չէի լսել և որն ապրում էր հեռավոր Լոնգ-Բիչում: Միանգամայն ակնհայտ էր, որ ինչ-որ մեկը ցանկացել է ուղարկել իր բարեկամների ընտանիքին, բայց անունն ու հասցեն սխալ է գրել, այդ պատճառով էլ որոշեցի ամեն ինչ շտկել: Զանգահարեցի «Ուէսթերն Յունիոն», վերցրի ուղարկողի հեռախոսի համարը և զանգահարեցի:

- Բարև ձեզ, ես պարոն Ֆեյնմանն եմ: Ես ծանրոց եմ...

- Հա՛, բարև ձեզ, պարոն Ֆեյնման, Փիթ Պամիլիոն է,- և նա այնքան բարեկամաբար է սա ասում, որ սկսում եմ կասկածել, թե մենք ծանոթ ենք: Սովորաբար դժվարությամբ եմ հիշում մարդկանց:

Այդ պատճառով ասացի. «Կներեք, պարոն Պամիլիոն, բայց ես լավ չեմ հիշում, թե դուք ով եք... »

Պարզվեց, որ այն հրատարակչություններից մեկի ներկայացուցիչն է, որի գրքերը պետք է գնահատելի հանձնախմբում ուսումնական ծրագիր կազմելիս:

- Պարզ է: Բայց դա կարող է ճիշտ չմեկնաբանվել:

- Բայց դա ուղղակի նվեր է մի ընտանիքից մյուսին:

- Այո, բայց ես գնահատում եմ ձեր հրատարակած գիրքը, և ինչ-որ մեկը կարող է ճիշտ չմեկնաբանել ձեր բարությունը: Ես շատ լավ գիտեի, թե ինչ է կատարվում, բայց որոշել էի ինձ լրիվ ապուշի տեղ դնել:

Նման մի դեպք էլ պատահեց, երբ հրատարակիչներից մեկն ինձ կաշվե պայուսակ էր ուղարկել, որի վրա ոսկյա տառերով իմ անունն էր գրված: Նրան նույնպես պատասխանեցի. «Չեմ կարող դա ընդունել: Ես գնահատում եմ ձեր հրատարակած գրքերը: Կարծում եմ, որ Դուք դա չեք հասկանում»:

Հանձնախմբի անդամներից մեկը, ով այդտեղ ամենաերկարն էր աշխատում, ասաց. «Ես երբեք ոչ մի բան չեմ վերցնում. դա ինձ վիրավորում է: Բայց միևնույն է, ոչինչ չի փոխվում»:

Բայց մի հնարավորություն ես իսկապես բաց եմ թողել: Եթե միայն կարողանայի ավելի արագ գլխի ընկնել, ապա կարող էի շատ լավ անցկացնել այն ժամանակը, երբ հանձնաժողովի անդամ էի: Սան-Ֆրանցիսկո էի ժամանել երեկոյան, որպեսզի մյուս օրը

գնայի իմ առաջին խորհրդակցությանը և որոշեցի գնալ քաղաքով թափառելու ու մի բան ուտելու: Վերելակից դուրս եկա և տեսա, որ հյուրանոցի նախասրահում նստարանին երկու տղա է նստած: Ինձ տեսնելով՝ նրանք վեր թռան ու ասացին. «Բարի երեկո, պարոն Ֆեյնման: Ո՞ւր եք ուղևորվում: Միգուցե Ձեզ ինչ-որ բան ցույց տանք Սան-Ֆրանցիսկոյում»: Նրանք ինչ-որ հրատարակչությունից էին, և ես չէի ցանկանում նրանց հետ կապվել:

- Գնում եմ ինչ-որ բան ուտելու:

- Կարող ենք Ձեզ ընթրիքի հրավիրել:

- Ոչ, ուզում եմ մենակ մնալ:

- Շատ լավ, կարող ենք Ձեզ օգնել ամեն ինչում, որ ցանկանաք:

Չկարողացա դիմանալ: Ասացի. «Դե լավ, գնում եմ մի փորձանքի հանդիպելու»:

- Կարծում ենք, որ այդ հարցում էլ կարող ենք օգտակար լինել:

- Ձե, վստահ եմ, որ դրանից ինքս գլուխ կհանեմ:

Իսկ հետո մտածեցի. «Ինչ սխալ արեցի: Պետք է նրանց թույլ տայի ամեն ինչ անել և օրագիր պահելի, որպեսզի Կալիֆոռնիայի բնակիչներն իմանային, թե ուր են հասել հրատարակիչները»: Երբ իմացա երկու միլիոն դոլարի տարբերության մասին, միայն Աստծուն է հայտնի, թե ինչքան եմ ավստուացել, որ դա չեմ արել:

## Գիտնականի ստեղծումը<sup>1</sup>

### *Հատված «Քեզ ի՞նչ, թե ուրիշներն ինչ են մտածում» գրքից*

Ես մի նկարիչ ընկեր ունեմ, և նա երբեմն այնպիսի տեսակետ է արտահայտում, որի հետ ես համաձայն չեմ լինում: Նա վերցնում է ծաղիկը և ասում. «Նայի՛ր՝ ինչ հիասքանչ է»: Եվ անմիջապես ավելացնում է. «Նկարիչ լինելով՝ ես կարողանում եմ տեսնել ծաղկի գեղեցկությունը: Բայց դու, լինելով գիտնական, այն մասերի ես բաժանում և դարձնում անհետաքրքիր»: Ես կարծում եմ, որ նա մի քիչ աննորմալ է:

Նախ, նրա տեսած գեղեցկությունը հասանելի է նաև ուրիշներին, այդ թվում և ինձ, ինչում ես համոզված եմ: Չնայած որ ես, հնարավոր է, այնքան նրբաճաշակ չեմ գեղագիտական

---

<sup>1</sup> «Այս հոդվածը կարելի է համարել մեթոդական ուղեցույց հայր և որդի փոխհարաբերություններում, ինչպես նաև դասվարների ու բնագիտության ուսուցիչների համար:

հարցերում, ինչպես նա, բայց ամեն դեպքում կարող եմ գնահատել ծաղկի գեղեցկությունը: Միևնույն ժամանակ ես ծաղկի մեջ ավելին եմ տեսնում, քան նա: Ես կարող եմ պատկերացնել այդ ծաղկի բջիջները, որոնք նույնպես օժտված են գեղեցկությամբ: Գեղեցկությունը գոյություն ունի ոչ միայն մեկ սանտիմետրի չափսերում, այլ նաև շատ ավելի փոքր չափսերում:

Գոյություն ունեն բջիջների բարդ գործունեությունը և ուրիշ բարդ պրոցեսներ: Հետաքրքիր է այն փաստը, որ ծաղիկների գույները բազմացել են էվոլյուցիայի ընթացքում, որպեսզի իրենց փոշոտման համար գրավեն միջատների ուշադրությունը, ինչը նշանակում է, որ միջատները կարողանում են տարբերել գույները: Այստեղից նոր հարց է առաջանում. գեղագիտական զգացողությունը, որով օժտված ենք, գոյություն ունի՞ արդյոք կյանքի ավելի ցածր ձևերում: Գիտության իմացությունը ծնում է բազմաթիվ հետաքրքիր հարցեր, այնպես որ այն միայն մեծացնում է հրճվանքը, գաղտնիքը և ակնածանքը, որը մենք զգում ենք ծաղիկը տեսնելիս: Միայն ավելացնում է: Չեմ հասկանում, թե ինչպես կարող է պակասեցնել:

Ես միշտ էլ շատ միակողմանի մարդ եմ եղել. ինձ միայն գիտությունն էր հետաքրքրում, և, երբ երիտասարդ էի, իմ բոլոր ջանքերը կենտրոնացնում էի դրա վրա: Այդ օրերին ես ո՛չ ժամանակ և ո՛չ էլ համբերություն ունեի, որպեսզի ուսումնասիրեի այն, ինչը կոչվում է հումանիտար գիտություններ: Նույնիսկ երբ համալսարանում դիպլոմ ստանալու համար մի քանի այդպիսի դասընթաց պիտի լսեի, ամեն հնարքով փորձում էի խուսափել դրանցից: Միայն տարիներ անց, երբ ավելի մեծացա և մի քիչ լիցքաթափվեցի, գիտությունից բացի ուշադրություն դարձրի նաև այլ բաների: Ես նկարել սովորեցի, սկսեցի գրքեր կարդալ, բայց առաջվա նման մնում եմ միանգամայն միակողմանի մարդ և շատ բան չգիտեմ: Իմ ինտելեկտը շատ սահմանափակ է, և ես այն օգտագործում եմ որոշակի ուղղությամբ:

Դեռ նախքան իմ ծնվելը հայրս մորս ասել էր. «Եթե տղա ծնվի, գիտնական է դառնալու»: Երբ ընդամենը մանչուկ էի, ով պետք է բարձր աթոռի նստեր սեղանին հասնելու համար, հայրս մեծ քանակությամբ խոտանված, տարբեր գույների սալիկների կտորտանք բերեց տուն: Մենք դրանցով խաղում էինք. հայրս դրանք ուղղաձիգ դիրքով շարում էր իմ աթոռի վրա, ինչպես դոմինոյի քարերը, ես մի ծայրից հրում էի մեկին, և բոլոր սալիկները պատկում էին:

Շատ քիչ ժամանակ անցավ, և ես արդեն նրան օգնում էի սալիկները շարելիս: Շատ շուտով սկսեցինք դրանք ավելի բարդ ձևով դասավորել, երկու սպիտակ սալիկ, հետո մեկ կապույտ, և այդպես շարունակ: Երբ մայրս տեսավ դա, ասաց. «Երեխային հանգիստ թող: Եթե ցանկանում է կապույտ սալիկ դնել, թող դնի»:

Բայց հայրս ասաց. «Ոչ, ես ցանկանում եմ նրան ցույց տալ, թե ինչ են նախշերը, և դրանք ինչքան հետաքրքիր են: Դա կարծես տարրական մաթեմատիկա լինի»: Այսպիսով նա շատ շուտ սկսեց ինձ պատմել աշխարհի մասին և այն մասին, թե այն որքան հետաքրքիր



է:

Մեր տանը «Բրիտանական հանրագիտարան» կար: Երբ ես փոքր էի, հայրս, սովորաբար, ինձ նստեցնում էր ծնկներին և այդ հանրագիտարանից հոդվածներ էր կարդում: Մենք կարդում էինք, ասենք, դիմոկրատի մասին: Գիրքը պատմում էր տրիտոգավրի մասին և, ասենք, պնդում էր. «Այդ դիմոկրատի բարձրությունը քսանհինգ ոտնաչափ էր, իսկ գլխի լայնությունը՝ վեց ոտնաչափ»:

Այստեղ հայրս դադարեցնում էր ընթերցանությունը և ասում. «Արի տենենք, թե ինչ է սա նշանակում: Սա նշանակում է, որ, եթե այդ դիմոկրատը հայտնվեր մեր բակում, ապա գլուխը կարող էր պատուհանից ներս մտցնել»: (Մենք երկրորդ հարկում էինք): «Բայց նրա գլուխը շատ լայն է պատուհանից ներս մտցնելու համար»: Ամենը, ինչ նա կարդում էր, փորձում էր թարգմանել իրականության լեզվով:

Ես իսկական հրճվանք և անասելի հետաքրքրություն էի զգում, երբ մտածում էի, որ գոյություն են ունեցել այդ չափսի կենդանիներ, և, որ դրանք բոլորը ոչնչացել են. ընդ որում ոչ ոք չգիտի, թե ինչու: Արդյունքում չէի վախենում, թե դրանցից մեկը հանկարծ կարող է գլուխը իմ պատուհանից ներս մտցնել: Հորիցս սովորել եմ թարգմանել. ինչ որ կարդում եմ, փորձում եմ պարզել իսկական իմաստը, թե խոսքն իսկապես ինչի մասին է:

Մենք հաճախ էինք գնում Քեթսբիլ լեռները, ուր նյույորքցիները սովորաբար գնում էին ամռանը: Հայրերը շաբաթվա ընթացքում աշխատում էին Նյու-Յորքում և միայն հանգստյան օրերին էին գալիս: Հանգստյան օրերին հայրս ինձ տանում էր անտառ և պատմում այնտեղ տեղի ունեցող բազմաթիվ հետաքրքիր բաների մասին: Երբ դա տեսան մյուս մայրերը, նրանք մտածեցին, որ հարաշալի կլինի, եթե մյուս հայրերն էլ իրենց երեխաներին զբոսանքի տանեն: Նրանք փորձեցին «մշակել» իրենց ամուսիններին, բայց սկզբում ոչինչ չստացվեց: Հետո նրանք ցանկություն հայտնեցին, որ հայրս բոլոր երեխաներին տանի, բայց նա հրաժարվեց, քանի որ նրա հետ մեր հարաբերությունները հատուկ էին: Ի վերջո հաջորդ հանգստյան օրերին բոլոր հայրերը ստիպված էին իրենց երեխաներին զբոսանքի տանելու:

Հաջորդ երկուշաբթի, երբ մեր հայրերը գնացել էին աշխատանքի, մենք երեխաներով խաղում էինք բակում: Տղաներից մեկը մոտեցավ ինձ և ասաց. «Տեսնո՞ւմ ես այն թռչունը: Դա ի՞նչ թռչուն է»:

Ասացի. «Ամեննին պատկերացում չունեմ, թե դա ինչ թռչուն է»:

Նա ասաց. «Դա դարչնավիզ կեննեխ է: Եվ ի՞նչ է հայրդ քեզ սովորեցնում»:

Բայց ամեն ինչ ճիշտ հակառակն էր: Նա ինձ արդեն սովորեցրել էր. «Տեսնո՞ւմ ես այն թռչունը,- ասում էր նա:- Դա Սպենսերի երգող թռչունն է»: (Գիտեի, որ նա իսկական անունը չգիտի): «Իտալերեն դա կլինի Չուտտո Լապիտիդա, պորտուգալերեն՝ Բոմ դա

Պեյդա, չինարեն՝ Չուն-լօն-տա, ճապոներեն՝ Կատանո Տեկադա: Դու կարող ես իմանալ այդ թռչունի անունը աշխարհի բոլոր լեզուներով, բայց, երբ այդ անունների թվարկումը վերջացնես, դու ոչինչ չես իմանա այդ թռչունի մասին: Դու կիմանաս միայն, որ աշխարհի տարբեր մասերում մարդիկ են ապրում և, թե ինչպես են նրանք կոչում այդ թռչունին: Դրա համար արի նայենք այդ թռչունին և տեսնենք, թե ինչ է անում՝ այ, թե ինչը նշանակություն ունի» (Ես վաղուց էի յուրացրել ինչ-որ բանի անունը իմանալու և դրա ինչ լինելը իմանալու միջև եղած տարբերությունը):

Նա ասաց. «Օրինակ՝ տես, թռչունը անընդհատ քչփորում է իր փետուրները: Տեսնո՞ւմ ես, նա քայլում է և քչփորում փետուրները»:

- Այո:

Նա ասում է. «Ի՞նչ ես կարծում, ինչո՞ւ են թռչունները քչփորում իրենց փետուրները»:

Ասացի. «Հնարավոր է, որ թռիչքի ժամանակ նրանց փետուրները կեղտոտվում են, դրա համար էլ նրանք քչփորում են, որ կարգի բերեն»:

- Լավ,- ասում է նա:- Եթե այդպես լիներ, ապա նրանք պետք է երկար քչփորեին թռիչքից անմիջապես հետո: Իսկ գետնի վրա որոշ ժամանակ անցկացնելուց հետո, նրանք արդեն չէին քչփորի իրենց փետուրները,- հասկանո՞ւմ ես, թե ինչ եմ ասում:

- Ըհր:

Նա ասում է. «Արի նայենք, թե նրանք արդյո՞ք գետնին նստելուց անմիջապես հետո ավելի շատ են քչփորում իրենց փետուրները»:

Նկատելը դժվար չէր. գետնի վրա երկար ժամանակ ման եկող և հենց նոր իջած թռչունների միջև առանձնապես տարբերություն չկար: Այդ ժամանակ ասացի. «Դե լավ, հանձնվում եմ: Ինչո՞ւ են թռչունները քչփորում իրենց փետուրները»:

- Որովհետև նրանց անհագստացնում են ոջիլները,- ասում է նա:- Ոջիլները սնվում են այն սպիտակուցային շերտերով, որոնք հոսում են նրանց փետուրներից:

Նա շարունակեց. «Ոջիլի ոտիկներին մեղրամոմ կա, որոնցով սնվում են մանր տզերը: Նրանք ի վիճակի չեն ամբողջությամբ մարսել այդ նյութը, դրա համար էլ անջատում են շաքարի նման նյութ, որտեղ աճում են բակտերիաներ»:

Վերջապես նա ասում է. «Այսպիսով, տեսնում ես, որ ամենուրեք, որտեղ կա սննդի աղբյուր, գոյություն ունի կյանքի որևէ ձև, որը գտնում է այն»:

Հիմա գիտեմ, որ դրանք, հնարավոր է ոջիլ չէին, որ հնարավոր է, դրանց ոտիկներին տզրուկներ չեն ապրում: Այդ պատմությունը, հնարավոր է, ճշգրիտ չէր մանրուքներում,

բայց այն, ինչ պատմում էր, ճիշտ էր սկզբունքորեն»:

Մի ուրիշ անգամ, երբ ավելի մեծ էի, նա ծառից մի տերև պոկեց: Տերևը արատ ուներ, բայց մենք դրա վրա սովորաբար ուշադրություն չենք դարձնում: Այն վնասված էր. դրա վրա «C» տառին նմանվող փոքր դարչնագույն գիծ կար, որը սկսվում էր տերևի մեջտեղում և ավարտվում տերևի եզրի մոտ:

- Նայիր այս դարչնագույն գծին,- ասաց հայրս:- Այն սկզբում նեղ է, բայց լայնանում է տերևի եզրի մոտ: Ի՞նչ է սա: Սա ճանճ է՝ կանաչ թևիկներով, դեղին աչքերով կապույտ ճանճ, որը եկել և այս տերևի վրա ձու է դրել: Հետո երբ այդ ձվից դուրս է գալիս թրթուրը, այն իր ողջ կյանքի ընթացքում ուտում է տերևը. հենց այստեղ է գտնում իր սնունդը: Տերևն ուտելով՝ նա իր ետևից թողնում է այս դարչնագույն հետքը: Թրթուրի մեծանալու հետ հետքն էլ լայնանում է, մինչև տերևի եզրին թրթուրը հասնում է իր վերջնական չափսին և ձևափոխվում է ճանճի՝ կանաչ թևիկներով, դեղին աչքերով կապույտ ճանճի, որը թռչում է և ձու է դնում մեկ ուրիշ տերևի վրա:

Ես էլի իմացա, որ այս պատմության մանրամասները չի կարելի բացարձակ ճիշտ համարել. դա կարող էր և բզեզ լինել, բայց բուն գաղափարը, որը փորձում էր հայրս ինձ բացատրել, կյանքի հետաքրքրական դերն էր՝ ամբողջ կյանքը միայն բազմացում է: Կարևոր չէ, թե որքան բարդ է այդ պրոցեսը, կարևորը այն կրկնելն է:

Ուրիշների հայրերի հետ շփվելու փորձ չունենալով՝ չէի գիտակցում, թե ինչ սքանչելի հայր ունեմ: Ինչպե՞ս էր նա իմացել գիտության խորը սկզբունքները, ինչպե՞ս էր սովորել դրանք սիրել: Հորս այդ մասին երբեք չեմ հարցրել, քանի որ կարծում էի, թե բոլոր հայրերը գիտեն այդ մասին:

Հայրս սովորեցնում էր ամեն ինչի ուշադրություն դարձնել: Մի անգամ խաղում էի «երկաթգծով»՝ փոքրիկ վագոն էր, որ կարող էր շարժվել ռելսերի վրայով: Վագոնի մեջ գնդիկ կար, և, վագոնը քաշելով, գնդիկի շարժման մի առանձնահատկություն նկատեցի: Գնացի հորս մետ և ասացի. «Լսիր, հայրի՛կ, տես, թե ինչ եմ նկատել: Երբ ես վագոնը քաշում եմ, գնդիկը գլորվում է դեպի վագոնի ետին պատը: Երբ վագոնը կտրուկ կանգնեցնում եմ, գնդիկը գլորվում է դեպի վագոնի դիմացի պատը: Ինչո՞ւ է այդպես լինում»:

- Դա ոչ մեկը չգիտի,- ասաց նա:- Հիմնական սկզբունքն այն է, որ շարժվող մարմինը ձգտում է պահպանել շարժման վիճակը, իսկ կանգնած մարմինը ձգտում է կանգնած մնալ, եթե իհարկե նրան ուժգին չես հրում: Այդ ձգտումը անվանում են «իներտություն», բայց ոչ մեկը չգիտի, թե ինչու այն կա:

Այ, սա է խորը ընկալումը: Նա ինձ այդ երևույթի միայն անունը չէր, որ ասաց:

Հետո նա շարունակեց. «Եթե կողքից նայես, ապա կտեսնես, որ դու գնդիկի նկատմամբ

քաշում եւ վագոնի ետին պատը, իսկ գնդիկը մնում է անշարժ: Բայց իրականում, շփման պատճառով, գնդիկը երկրի նկատմամբ սկսում է առաջ շարժվել: Բայց ետ չի գնում»:

Վագեցի փոքրիկ վագոնի մոտ, գնդիկը դրեցի դրա մեջ և նորից քաշեցի: Կողքից դիտելով, տեսա, որ իսկապես հայրս ճիշտ էր: Գնդիկը ճանապարհի նկատմամբ մի քիչ առաջ շարժվեց:

Այ, այսպես էր հայրս ինձ սովորեցնում՝ օգտագործելով այսպիսի օրինակները և զրույցները. ո՛չ մի հարկադրանք, ուղղակի հաճելի, հետաքրքիր զրույցներ: Այս ամենն ինձ համար խթան ապահովեցին մնացած ողջ կյանքի համար: Հենց այս պատճառով են ինձ հետաքրքրում բոլոր գիտությունները: (Ուղղակի այնպես եղավ, որ ֆիզիկայով զբաղվելն ավելի լավ է ստացվում):

Ես, կարելի է ասել, թակարդն ընկա մի մարդու նման, ում փոքր հասակում մի զարմանալի բան են տվել, և նա անընդհատ էլի դա է փնտրում: Երեխայի նման միշտ հրաշքներ են փնտրում, որոնք գիտեմ, որ կգտնեմ. և գտնում եմ՝ հնարավոր է ոչ միշտ, բայց երբեմն:

Մոտավորապես այդ շրջանում իմ զարմիկը, որ ինձանից երեք տարով մեծ էր, սովորում էր միջին դպրոցում: Նա դժվարանում էր հանրահաշվից, և նրա համար հատուկ տնային ուսուցիչ էին վարձել: Ինձ թույլատրել էին նստել անկյունում, երբ ուսուցիչը փորձում էր նրան հանրահաշիվ սովորեցնել: Մի անգամ լսեցի, թե ինչպես է նա պատմում x-ի մասին:

Եղբորս հարցրի. «Ի՞նչ ես փորձում անել»:

- Փորձում եմ գտնել, թե  $2x+7=15$  հավասարման մեջ x-ն ինչի է հավասար:

Ասում եմ. «Նկատի ունես չո՞րսը»:

- Հա, բայց դու թվաբանություն կիրառեցիր: Այնինչ պետք է հանրահաշվի միջոցով գտնել:

Բարեբախտաբար հանրահաշիվը սովորեցի մինչև դպրոց գնալս: Կտուրում, հորաքրոջս հին դասագրքերի մեջ հանրահաշի մի դասագիրք գտա, և հասկացա, որ ամբողջ իմաստն այն էր, որ x-ը գտնես՝ կարևոր չէ, թե ինչպես: Ես տարբերություն չէի տեսնում՝ «թվաբանության» օգնությամբ, թե «հանրահաշվի օգնությամբ» այն կգտնես: «Հանրահաշվական եղանակով գտնել» նշանակում էր կուրորեն հետևել կանոնների որոշակի հաջորդականության, որոնք կհասցնեն պատասխանին. «հավասարման երկու մասերից հանիր 7, եթե գործակից կա, ապա երկու մասերն էլ բաժանիր այդ գործակցին».- և այդպես շարունակ,- քայլերի հաջորդականություն, որոնց միջոցով կարելի է գտնել պատասխանը, եթե չես հասկանում, թե ինչ ես ցանկանում անել: Այդ կանոնները հայտնագործել են, որպեսզի այն երեխաները, ովքեր հանրահաշիվ են

սովորում, կարողանան քննություն հանձնել: Հենց այդ պատճառով էլ զարմիկս չէր կարողանում հանրահաշիվ սովորել:

Մեր տեղական գրադարանում մաթեմատիկական գրքերի շարք կար, որն սկսվում էր «Գործնական թվաբանություն» գրքով: Հետո գալիս էր «Գործնական հանրահաշիվը», և դրանից հետո՝ «Գործնական եռանկյունաչափություն»: (Այդ գրքով սովորեցի եռանկյունաչափությունը, բայց շուտով ամեն ինչ մոռացա, քանի որ լավ չէի հասկացել): Երբ մոտավորապես տասներեք տարեկան էի, գրադարանը պետք է ստանար «Գործնական հաշիվ»<sup>2</sup>: Մինչ այդ հանրագիտարանից իմացել էի, որ «Հաշիվը» շատ կարևոր և հետաքրքիր առարկա է, այնպես որ անպայման պետք է սովորեի:

Երբ վերջապես տեսա այդ գիրքը գրադարանում, շատ հուզվեցի: Մոտեցա գրադարանավարին, որպեսզի ձևակերպեմ և գիրքը վերցնեմ, բայց նա նայեց ինձ և ասաց. «Բայց դու շատ փոքր ես: Քո ինչի՞ն է պետք այս գիրքը»:

Դա իմ կյանքի քիչ դեպքերից էր, երբ անհարամար զգացի և ստեցի: Ասացի, որ գիրքը հորս համար եմ վերցնում:

Գիրքը տուն բերեցի և դրանով սկսեցի հաշիվ սովորել: Գիրքը ինձ շատ հասարակ թվաց: Հայրս էլ սկսեց կարդալ, բայց նրան գիրքը շատ բարդ ու խճճված թվաց: Այդ ժամանակ փորձեցի հաշիվը բացատրել նրան: Չգիտեի, որ նա այդքան սահմանափակ է, և դա ինձ մի քիչ անհանգստացրեց: Այդ ժամանակ առաջին անգամ գիտակցեցի, որ որոշ իմաստով ավելի շատ գիտեմ, քան նա:

Ֆիզիկայից բացի հայրս ինձ ուրիշ բաներ էլ էր սովորեցնում, օրինակ՝ անտեսել ինչ-ինչ բաներ, չգիտեմ՝ դա ճիշտ էր, թե ոչ: Օրինակ՝ երբ փոքր էի, ինձ նստեցնում էր ծնկին և ցույց տալիս «Նյու Յորք Թայմ» թերթում տպագրված լուսանկարներ. դրանք նոր էին սկսել թերթերում տպագրել:

Մի անգամ դիտում էինք Հռոմի պապի լուսանկարը, որի առաջ մյուս մարդիկ խոնարհվել էին: Հայրս ասաց. «Նայի՛ր այս մարդկանց: Ահա կանգնած է մի մարդ, և մյուսները խոնարհվել են նրա առաջ: Ի՞նչ տարբերություն կա նրանց միջև: Մա Հռոմի պապն է». նա, ի դեպ, հոգևորականներին տանել չէր կարողանում: Նա ասաց. «Ամբողջ տարբերությունը նրա գլխին դրված գլխարկն է»: (Եթե գեներալ լիներ, տարբերությունը կլիներ ուսադիրները: Միշտ հարցը հագուստն է, համազգեստը, դիրքը): «Բայց,- ասաց նա,- այս մարդն էլ նույն խնդիրներն ունի, ինչը մյուսները. ուտում է, լողանում է: Նա ուղղակի մարդ է»: (Ի դեպ, հայրս համազգեստներ էր կարում, այդ պատճառով էլ լավ գիտեր համազգեստով և առանց դրա մարդկանց տարբերությունը. նրա համար դա նույն մարդն էր):

---

<sup>2</sup> Հաշիվ - մաթեմատիկայի բաժին, որը մեզ մոտ ընդունված տերմինբանությամբ համապատասխանում է «Մաթեմատիկական անալիզի հիմունքներ»-ին:

Կարծում եմ՝ հայրս ինձանից գոհ էր: Չնայած, մի անգամ, երբ տուն էի եկել ՄՏԻ-ից<sup>3</sup> (այնտեղ մի քանի տարի եղել եմ), ինձ ասաց. «Հիմա, երբ այս բոլոր հարցերի համար այսքան գրագետ ես դարձել, ցանկանում մի հարց տալ, որը ինձ միշտ հետաքրքրել է, և որին ոչ կերպ չեմ կարողացել պատասխանել»:

Հարցրեցի, թե ինչ հարց է:

Նա ասաց. «Հասկանում եմ, որ երբ ասումը մի վիճակից անցնում է մյուսին, արձակում է լուսային մասնիկ, որին ֆոտոն են անվանում»:

- Ճիշտ է,- ասացի:

Նա ասաց. «Այդ ֆոտոնը նախօրոք կա՞ր ասումի մեջ»:

- Ոչ, նախօրոք այնտեղ ֆոտոն չկար:

- Լավ,- ասաց նա,- բա որտեղի՞ց է հայտնվում: Ի՞նչ կերպով է դուրս գալիս:

Փորձեցի նրան բացատրել, որ ֆոտոնների քանակը հաստատուն չէ, որ դրանք ուղղակի առաջանում են էլեկտրոնների շարժման ժամանակ. բայց չէի կարողանում բավար չափով լավ բացատրել: Ասացի. «Դա նման այն ձայնին, որ հիմա արտաբերում եմ. առաջ այդ ձայնը իմ ներսում չկար»:(Լրիվ ուրիշ դեպք պատահից տղայիս հետ. երբ դեռ փոքր էր, մի անգամ հայտարարեց, որ այլևս չի կարող արտասանել «կատու» բառը, քանի որ իր բառերի պարկում այն սպառվել է: Գոյություն չունի բառերի պարկ, որտեղից պետք եղած դեպքում օգտվում ենք. նույն իմաստով էլ ասումում չկա «ֆոտոնների պարկ»):

Այս հարցում նա ինձանից գոհ չէր: Չէի կարողանում նրան բացատրել մի բան, որը ինքը չէր հասկանում: Այնպես, որ նրա բախտը չէր բերել. չէ՞ որ ինձ ուղարկել էր այդ բոլոր համալսարանները, որպեսզի դրանք իմանա, բայց այդպես էլ չիմացավ: Չնայած մայրս ոչինչ չգիտեր գիտության մասին, բայց նա էլ ինձ վրա մեծ ազդեցություն է թողել: Օրինակ՝ նա օժտված էր հումորի հիանալի զգացողությամբ, և նրանից եմ իմացել, որ հասկանալու ամենաբարձր ձևերը, որոնց կարող ենք հասնել՝ ծիծաղն է և կարեկցումը:

---

<sup>3</sup> ՄՏԻ - Մասսաչուսեթի տեխնոլոգիական ինստիտուտ:

## Մա նույնքան պարզ է, ինչքան մեկ-երկու-երեք-ը...

### *Հասոված «Քեզ ի՞նչ, թե ուրիշներն ինչ են մտածում» գրքից*

Երբ փոքր էի և ապրում էի Փար-Ռոքուեյում, Բերնի Ուոլկեր անունով մի ընկեր ունեի: Երկուսս էլ տներում «լաբորատորիա» ունեինք, որտեղ տարբեր «փորձեր» էինք կատարում: Մի անգամ ինչ-որ հարց էինք քննարկում, այդ ժամանակ կլինեինք տասնմեկ-տասներկու տարեկան, և ես ասացի. «Բայց մտածելը այլ բան չէ, քան ներքին խոսակցություն ինքդ քեզ հետ»:

- Այո՞, - ասաց Բերնին: - Քեզ ծանոթ է ծնկաձև լիսեռի ցնորական տեսքը:

- Այո, և ի՞նչ:

- Հիանալի է: Դե, հիմա ինձ ասա՝ այն ինչպես նկարագրեցիր, երբ խոսում էիր ինքդ քեզ հետ:

Այսպես ես Բերնիից իմացա, որ մտքերը ինչպես խոսքային կարող են լինել, այնպես էլ պատկերային:

Հետագայում, երբ քոլեջում էի սովորում, հետաքրքրվեցի երազներով: Ես զարմանում էի՝ ինչպե՞ս կարող են երազներն այդքան իրական երևալ, կարծես լույս է ընկնում աչքի ցանցի վրա, երբ աչքերը փակ են. իսկապե՞ս ցանցի նյարդային բջիջները գրգռվում են ինչ-որ ուրիշ կերպ, միգուցե հենց ուղեղի՞ միջոցով, կամ միգուցե ուղեղում հատուկ մա՞ս կա, որը պատասխանատու է ընկալման և վերլուծման համար, որտեղ առաջանում են մշուշապատ պատկերները այն ամենի, ինչը տեսնում ենք երազում: Հոգեբանության մեջ չգտա այս հարցերի բավարար պատասխանը, չնայած շատ էի հետաքրքրվում, թե ինչպես է ուղեղն աշխատում: Բայց հոգեբանությունը ինձ հարկավոր պատասխանների փոխարեն երազների մեկնություն էր տալիս և նման անհեթեթ բաներ:

Պրինստոնի ասպիրանտուրայում իմ ուսումնառության ժամանակ հոգեբանությունից մի բթամիտ աշխատություն հրատարակվեց, որը բազում քննարկումների ծնունդ տվեց: Այդ աշխատության հեղինակը որոշել էր, որ «ժամանակի զգացողությունը» ուղեղում կարգավորվում է քիմիական ռեակցիայի միջոցով, որին երկաթ է մասնակցում: Ես մտածում էի. «Սատանան տանի, ինչպե՞ս է կարողացել իմանալ»:

Պարզվեց, որ նրա կինը խրոնիկ հիվանդ է, ջերմախտ, և այդ պատճառով նրա ջերմությունը միշտ կա՛մ իջնում էր, կա՛մ բարձրանում: Նրա մտքով անցել էր ստուգել կնոջ ժամանակի զգացողությունը: Նա կնոջը խնդրել էր մտքում վայրկյանները հաշվել (առանց ժամացույցին նայելու) և ստուգել էր, թե ինչքան ժամանակում է հասնում 60-ին: Ամբողջ օրը ստիպել էր հաշվել (խե՛ղճ կին) և նկատել էր, որ երբ ջերմաստիճանը բարձրանում է, արագ է հաշվում, իսկ երբ ջերմաստիճանն իջնում է՝ դանդաղ: Հետևաբար, մտածել էր նա, ինչը ուղեղում ղեկավարում է «ժամանակի զգացողությունը», պետք է որ արագ աշխատի, երբ ջերմաստիճանը բարձր է, և դանդաղ, երբ այն ցածր է:

Շատ «խելացի» մարդ լինելով՝ այդ հոգեբանը գիտեր, որ քիմիական ռեակցիայի արագությունը փոփոխվում է շրջակա միջավայրի ջերմաստիճանից կախված որոշակի օրենքով, որը կախված է ռեակցիայի էներգիայից: Նա չափել էր կնոջ հաշվելու արագությունների տարբերությունը և որոշել, թե ջերմաստիճանը ինչքանով է փոխում արագությունը: Հետո փորձել էր գտնել քիմիական այնպիսի ռեակցիա, որի արագությունը ջերմաստիճանից փոփոխվում է այն հարաբերությամբ, որով կնոջ հաշվելու արագությունն է փոփոխվում: Նա նկատել էր, որ տրված հարաբերությանն ամենամոտը այն ռեակցիաներն են, որոնց երկայթ է մասնակցում: Այսպիսով եզրակացրել էր, որ իր կնոջ ժամանակի զգացողությունը ղեկավարում է նրա մարմնում ընթացող քիմիական ռեակցիան, որին երկայթ է մասնակցում:

Դե, այս ամենն ինձ լրիվ ցնդաբանություն թվաց. նրա դատողությունների երկար շղթայում կային բազմաթիվ օղակներ, որոնք կարող էին բոլորովին այլ կերպ լինել: Բայց բուն հարցը իսկապես հետաքրքիր էր. իրականում ի՞նչն է որոշում «ժամանակի զգացողությունը»: Երբ փորձում ես հաշվել հավասարաչափ արագությամբ, ինչի՞ց է կախված այդ արագությունը: Եվ ի՞նչ կարող ես անել այդ արագությունը փոխելու համար:

Որոշեցի սեփական հետազոտությունս անել: Սկսեցի վայրկյանները հաշվել, իհարկե առանց ժամացույցի նայելու, մինչև 60-ը. դանդաղ, հավասարաչափ, ռիթմիկ՝ 1, 2, 3, 4, 5 . . . Երբ հասա 60-ին, 48 վայրկյան էր անցել, բայց դա ինձ չանհանգստացրեց. հարցն այն չէր, որ ճիշտ մեկ րոպեի ընթացքում հաշվեի, այլ այն, որ հաշվեի հաստատուն արագությամբ: Հաջորդ անգամ, երբ հասա մինչև 60-ը, 49 վայրկյան էր անցել: Հետո՝ 47, 48, 49, 48, 48 . . . Այսպիսով նկատեցի, որ կարողանում եմ հաշվել բավականին հաստատուն արագությամբ:

Բայց երբ ուղղակի նստում էի առանց հաշվելու և սպասում, թե երբ կլրանա մեկ րոպեն, ըստ իս, արդյունքները բոլորովին տարբեր էին լինում. բացարձակ անհամապատասխանություն: Այսպիսով նկատեցի, որ միայն ենթադրությամբ շատ դժվար է որոշել մեկ րոպեն: Բայց երբ հաշվում էի, բավականին ճշգրիտ էի կարողանում որոշել, թե երբ է անցնում մեկ րոպեն:

Հիմա, երբ արդեն գիտեի, որ կարողանում եմ հաշվել հաստատուն արագությամբ, առաջանում էր հաջորդ հարցը. ի՞նչն է ազդում այդ արագության վրա: Գուցե այդ արագությունն ինչ-որ ձևով կապված է զարկերակի զարկերի հե՞տ: Սկսեցի աստիճաններով վեր ու վար վազել, որպեսզի զարկերը հաճախանան: Հետո վազում էի սենյակս, ընկնում մահճակալին և հաշվում մինչև 60-ը: Բացի դրանից, փորձում էի աստիճաններով վերև-ներքև վազել և վազքի ընթացքում հաշվել: Մյուս տղաները նայում էին, թե ինչպես եմ աստիճաններով վեր ու վար անում և ծիծաղում էին՝ «Ի՞նչ ես անում»:

Ես չէի կարողանում նրանց պատասխանել, ինչի արդյունքում գիտակցեցի, որ երբ հաշվում եմ, չեմ կարողանում խոսել, և շարունակում էի ապուշի նման վազել:



աստիճաններով վերև-ներքև:

(Տղաները, ում հետ սովորում էի ասպիրանտուրայում, վարժվել էին, որ հաճախ լրիվ ապուշի նման էի վարվում: Եղել է, օրինակ, որ մի անգամ տղաներից մեկը մտել է սենյակ (մոռացել էի սենյակի դուռը փակել «փորձ» անելիս) և տեսել, թե ինչպես եմ քուրքը հագիս աթոռի վրա կանգնած կախվել ձյուն-ձմեռնոցով լրիվ բաց պատուհանից և մի ձեռքով աման եմ բռնել, իսկ մյուսով ինչ-որ բան եմ խառնում: «Մի՛ խանգարեք: Մի՛ խանգարեք», - ասել եմ: Ես ժելատին էի խառնում և հետևում. ինձ հետաքրքիր էր՝ եթե անընդհատ խառնենք, ժելատինը ցրտին կպնդանա՞ ):

Այսպես թե այնպես, աստիճաններով վերուվար վազվզուքի և մահճակալին պատկերում ամենատարբեր զուգորդումներ փորձելուց հետո ինձ անակնկալ էր սպասում:

Զարկերակը հաշվելու արագության վրա ոչ մի կերպ չի ազդում: Եվ քանի որ աստիճաններով վազվզելու ընթացքում բավականին տաքացել էի, եզրակացրի, որ այդ արագությունը մարմնի ջերմաստիճանից էլ կախված չէ (չնայած պետք է իմանայի, որ ֆիզիկական վարժություններ անելուց մարմնի ջերմաստիճանը չի բարձրանում): Ամեն դեպքում, ոչ մի բան չգտա, որն իմ հաշվելու արագության վրա ազդեր:

Աստիճաններով վեր ու վար անելը շուտով ձանձրացրեց ինձ, այդ պատճառով էլ սկսեցի հաշվել ամենօրյա գործերիս զուգահեռ: Օրինակ՝ երբ պետք էր լինում սպիտակեղենը հանձնել լվացքատուն, և պետք է կտրոն լրացնեի, որտեղ նշվում էր, թե քանի վերնաշապիկ, քանի շավվար եմ հանձնել և այլն: Նկատեցի, որ կարողանում եմ 3 գրել վերնաշապիկների դիմաց, 4՝ շավվարների, բայց գուլպաները չեմ կարողանում հաշվել: Դրանք շատ էին. արդեն աշխատեցնում էի իմ «հաշվիչ մեքենան»՝ 36, 37, 38, և իմ առաջ լցված էին այդ գուլպաները՝ 39, 40, 41 . . . Ինչպե՞ս հաշվեի այդ գուլպաները:

Հայտնաբերեցի, որ կարող եմ դրանք դասավորել երկրաչափական պատկերի տեսքով, օրինակ՝ քառակուսու. մի գույզը այս անկյունում, մեկը՝ երկրորդ անկյունում, մի գույզը երրորդ անկյունում և մի գույզը՝ չորրորդում. այսպիսով ութ գույզ:

Շարունակեցի պատկերների միջոցով հաշվելու այդ խաղը և բացահայտեցի, որ կարող եմ հաշվել թերթի տողերը՝ դրանք խմբավորելով 3, 3, 3 և 1-ական խմբերով, որ 10 ստացվի. հետո 3 այդպիսի խումբը, 3 այդպիսին, 3 այսպիսին և 1 այդպիսին կկազմեն հարյուր տող: Այդպես հասնում էի մինչև հողվածի վերջը: Երբ հաշվում էի մինչև 60, գիտեի, թե թերթի էջի որ մասին եմ հասել և կարող էի ասել. «Հաշվեցի մինչև 60-ը, և թերթում կա 113 տող»: Բացահայտեցի նաև, որ հաշվելու ընթացքում նույնիսկ կարող եմ կարդալ հողվածը, ընդ որում հաշվելու արագությունը դրանից չի փոխվում: Իրականում ամեն ինչ կարող էի անել հաշվելու ընթացքում, բացի, իհարկե, բարձրաձայն խոսելուց:

Իսկ մեքենագրելը կամ գրքից բառեր արտագրելն ինչպե՞ս կազդեն: Բացահայտեցի, որ կարող եմ նաև դա անել, բայց այս անգամ հաշվելու արագությունը փոխվում էր: Ես հիացած էի. վերջապես մի բան գտա, որն ազդում իմ հաշվելու արագության վրա: Մա ավելի խորը ուսումնասիրեցի:

Պարզ բառերը մեքենագրում էի բավականին արագ և միաժամանակ հաշվում էի 19, 20, 21. զուգահեռաբար մեքենագրում էի՝ հաշվելով 27, 28, 29, նորից տպագրում էի, մինչև որ՝

«Մատանան տանի, սա ի՞նչ բառ է, հա՛...», - և նորից շարունակում էի հաշվել 30, 31, 32, և այդպես շարունակ: Երբ հասա 60-ին, մեկ բոպեից շատ ժամանակ էր անցել: Որոշակի ինքնավերլուծության և հետագա դիտարկումների արդյունքում գիտակցեցի, թե ըստ ամենայնի ինչ էր տեղի ունենում. երբ հանդիպում էի դժվար բառի, որը «ավելի շատ խելք էր պահանջում», հաշվելը դադարեցնում էի: Իմ հաշվելու արագությունը չէր փոխվում, ուղղակի ժամանակ առ ժամանակ հաշվելը դադարեցնում էի: Մինչև 60-ը հաշվելը այնքան էր մեքենայացել, որ սկզբում չէի նկատում այդ կանգառները:

Հաջորդ առավոտյան, նախաճաշի ժամանակ, այս բոլոր փորձերի արդյունքների մասին պատմեցի մեր սեղանի մոտ նստած տղաներին: Նրանց պատմեցի ամենի մասին, ինչ կարողանում էի անել հաշվելուն զուգահեռ և ավելացրեցի, որ միակ բանը, ինչը չեմ կարողանում անել հաշվելուն զուգահեռ՝ խոսելն է:

Տղաներից մեկը, ում Ջոն Թակի էին կոչում, ասաց. «Չեմ հավատում, որ կարող ես կարդալ, և չեմ հասկանում, թե ինչու չես կարողանում խոսել: Գրագ գանք, որ ես հաշվելուն զուգահեռ կարող եմ խոսել, բայց դու կարդալ չես կարող»:

Այսպիսով, ստիպված է ցուցադրական ելույթ ունենալ. մի գիրք տվեցին, և ես հաշվելով մտքումս մի քիչ կարդացի: Երբ հասա մինչև 60-ը, ասացի. «Վե՛րջ». 48 վայրկյան, իմ մշտական ժամանակը: Հետո նրանց պատմեցի, թե ինչ էի կարդացել:

Թակին ցնցված էր: Այն բանից հետո, երբ մենք մի քանի անգամ ստուգեցինք նրա հաշվելու արագությունը, որպեսզի ճշտենք նրան բնորոշ արագությունը, նա սկսեց խոսել. «Մերին մի գառնուկ ուներ. կարող եմ ասել այն ամենը, ինչ ցանկանում եմ, ոչ մի տարբերություն, չգիտեմ, թե քեզ ինչն է անհանգստացնում, լյա, լյա, լյա », - և վերջապես. «Վերջ»: Նա ճիշտ և ճիշտ ցուցաբերեց նույն ժամանակը: Ես դրան չէի կարողանում հավատալ:

Մենք այդ մասին մի քիչ զրուցեցինք և ինչ-որ բան բացահայտեցինք: Պարզվեց, որ Թակին այլ ձևով է հաշվում, քան ես. նա մտովի պատկերացնում էր, թե ինչպես է իր աչքերի առջևով ժապավեն անցնում, որի վրա գրված են թվերը: Ասում էր. «Մերին գառնուկ ունի», - և նայում էր այդ ժապավենին: Ամեն ինչ պարզ է. նա «նայում էր» շարժվող ժապավենին, այդ պատճառով էլ չէր կարող միաժամանակ կարդալ, իսկ ես, երբ հաշվում էի, «խոսում էի» ինքս ինձ հետ, այդ պատճառով էլ չէի կարողանում խոսել:

Այդ հայտնագործությունից հետո ես փորձեցի հաշվելուն զուգընթաց բարձրաձայն կարդալու եղանակ գտնել. այդ բանը ո՛չ ես էի կարողանում անել, ո՛չ էլ Թակին:

Մտածեցի, որ պետք է օգտագործել ուղեղի այն հատվածը, որը կապված չէ տեսողության ու խոսքի հատվածների հետ, այդ պատճառով էլ որոշեցի մատներս օգտագործել, քանի որ այն կապված է շոշափելիքի հետ:

Շուտով ինձ հաջողվեց մատներով հաշվել և միաժամանակ բարձրաձայն կարդալ: Բայց ես ցանկանում էի, որ ամբողջ պրոցեսը ընթանա մտքում և չկապվի ֆիզիկական գործունեության հետ: Այդ ժամանակ փորձեցի պատկերացնելով զգալ մատներիս

շարժումը բարձրաձայն կարդալու ժամանակ:

Դա այդպես էլ չհաջողվեց: Ես համարեցի, որ այդպես պատահեց, քանի որ ես բավարար չափով մարզված չեի, սակայն, հնարավոր է, որ դա ընդհանրապես հնարավոր չէ. երբեք չհանդիպեցի մարդու, ով կարողանար դա անել:

Այդ փորձից ես ու Թակին իմացանք, որ տարբեր մարդկանց գլուխներում, երբ նրանց թվում է, թե նույն բանն են անում, օրինակ՝ հաշվում են, բոլորովին տարբեր պրոցեսներ են ընթանում: Բացի դրանից, մենք բացահայտեցինք, որ դրսից կարելի է օբյեկտիվորեն ստուգել, թե ինչպես է ուղեղն աշխատում, և դրա համար պետք չէ մարդուն հարցնել, թե ինչպես է նա հաշվում և հենվել նրա սեփական դիտարկումների վրա. դրա փոխարեն պետք է ստուգել, թե հաշվելու ընթացքում ինչ է կարողանում անել և ինչ չի կարողանում: Այս թեստը բացարձակ ճիշտ է: Այստեղ հնարավոր չէ խորամանկել: Բնական է ցանկացած միտք բացատրել այն ամենով, ինչ արդեն գլխումդ կա: Բոլոր նոր հասկացությունները դասավորվում են իրար վրա. այս միտքը բացատրվում է նախորդով, իսկ նախորդը՝ էլի ինչ-որ մեկի միջոցով, որ առաջանում է հաշվելուց, ինչը այդքան տարբեր է տարբեր մարդկանց մոտ:

Հաճախ եմ այս մասին մտածում, հատկապես երբ ինչ-որ հատուկ մեթոդիկա եմ սովորեցնում, օրինակ՝ Բեսելի ֆունկցիաների ինտեգրումը: Երբ նայում եմ հավասարումներին, չգիտես ինչու, տառերը գունավոր եմ տեսնում: Երբ խոսում եմ, տեսնում եմ Յանկեյի և Էմդեյի գրքից Բեսելի ֆունկցիաների աղոտ պատկերները՝ ամենուր թռչող բաց-շագանակագույն j-երով, երկնա-մանուշակագույն n-երով և մուգ շագանակագույն x-երով: Եվ ինձ միշտ հետաքրքրել է՝ սատանան տանի, տեսնես ոնց է այս ամենը պատկերվում ուսանողին:

## Շարժման նկարագրությունը<sup>4</sup>

*Միջին և ավագ դպրոցի սովորողներին, դասավարներին, այն մարդկանց, ովքեր կարծում են, թե «արագություն» հասկացությունը պարզ բան է, և այն մարդկանց, ովքեր կարծում են, թե «արագություն» հասկացությունը բարդ բան է:*

Ժամանակի ընթացքում տեղի ունեցող տարբեր փոփոխությունները դեկլարող օրենքները գտնելու համար սկզբում պետք է նկարագրենք այդ երևույթները և դրանք գրառելու ինչ-որ ձև մտածենք: Սկսենք մարմնի հետ տեղի ունեցող ամենապարզ փոփոխությունից՝ տարածության մեջ նրա դիրքի փոփոխությունից, այսինքն՝ նրանից, ինչը անվանում ենք շարժում: Դիտարկենք շարժվող առարկա, որի վրա փոքրիկ նշան ենք արել. այն անվանենք կետ: Կարևոր չէ՝ դա ավտոմեքենայի հովացուցիչի ծայրն է, թե ընկնող գնդի կենտրոնը: Կփորձենք նկարագրել այն փաստը, որ նա շարժվում է, և թե ինչպես է դա տեղի ունենում:

Առաջին հայացքից դա շատ պարզ է թվում, բայց փոփոխությունների նկարագրությունը շատ նրբություններ ունի: Որոշ փոփոխությունները նկարագրելն ավելի բարդ է, քան պինդ մարմնի կետի շարժումը նկարագրելը: Օրինակ՝ ինչպե՞ս նկարագրենք ամպի շարժումը, որը ոչ միայն դանդաղ շարժվում է, այլ նաև փոփոխում է իր տեսքը կամ գույնը: Կամ ինչպե՞ս նկարագրենք կանացի մտքի քմահաճույքները: Չնայած, քանի որ ամպի փոփոխությունները, գոնե սկզբունքորեն, կարելի է նկարագրել նրա բոլոր մոլեկուլների շարժումը նկարագրելու միջոցով, ուրեմն մտքերի փոփոխություններն էլ, շատ հնարավոր է, պայմանավորված են ուղեղի ատոմների շարժումներով, չնայած դրանք նկարագրելու հեշտ եղանակ դեռ չգիտենք:

Այդ պատճառով էլ սկսենք կետերի շարժումից: Թերևս, դեռ կարելի է այդ կետերը ատոմներ համարել, բայց սկզբում, հավանաբար, ավելի լավ է ճշգրտության ետևից չընկնենք, այլ ուղղակի պատկերացնենք կետը, որպես մի փոքրիկ օբյեկտ, փոքր՝ այն հեռավորության համեմատ, որը նա անցնում է: Օրինակ, եթե ասում ենք, որ ավտոմեքենան անցել է 100 կմ, ապա ի՞նչ տարբերություն՝ նկատի ունենք նրա շարժի՞չը, թե՞ բեռնախցիկը: Իհարկե, փոքրիկ տարբերություն կա, բայց սովորաբար ասում ենք «ավտոմեքենա» և այն, որ դա բացարձակ կետ չէ, ոչ մի նշանակություն չունի: Մեր նպատակների համար բացարձակ ճշգրտություն պետք չէ: Պարզության նկատառումներով ժամանակավորապես մոռանանք, որ մեր աշխարհը եռաչափ է, և մեր ուշադրությունը կենտրոնացնենք մի ուղղությամբ շարժման վրա (ավտոմեքենան շարժվում է ուղիղ ճանապարհով): Մենք դեռ կվերադառնանք եռաչափին, երբ հասկանանք, թե ինչպես է նկարագրվում միաչափ շարժումը: Հավանաբար կասեք, թե դա տրիվիալ է: Իսկապես, այդպես է: Ինչպե՞ս նկարագրենք միաչափ շարժումը, օրինակ՝ ավտոմեքենայի շարժումը: Դա պարզից էլ պարզ է: Ներկայացնեմ հնարավոր

<sup>4</sup> Թարգմանված է P. Фейнман, P. Лейтон, M. Сендс Фейнмановские лекции по физике, Москва, 1965, т.1 գրքից:

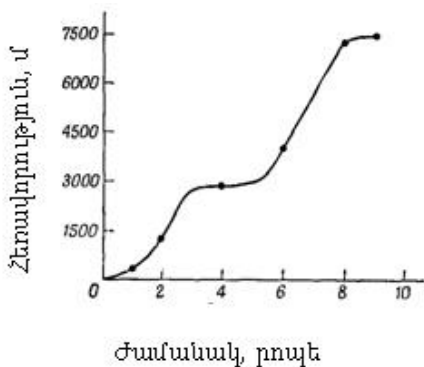
շատ ձևերից մեկը: Ժամանակի տարբեր պահերին ավտոմեքենայի դիրքը որոշելու համար չափենք նրա հեռավորությունը սկզբնական կետից և գրառենք մեր դիտարկումները: 8.1 աղյուսակում s-ը նշանակում է ավտոմեքենայի հեռավորությունը սկզբնական կետից՝ մետրերով, իսկ t-ն՝ ժամանակն է՝ րոպեներով:

**Աղյուսակ 8.1 Ավտոմեքենայի շարժման չվացուցակը**

t-ն րոպեներով	s-ը մետրերով	t-ն րոպեներով	s-ը մետրերով
0	0	5	3150
1	380	6	4050
2	1350	7	5550
3	2550	8	7050
4	2850	9	7500

Առաջին տողը ժամանակի գրոյական պահն է, և հեռավորությունն էլ գրո է: Ավտոմեքենան շարժումը դեռ չի սկսել: Շարժումը սկսելուց մեկ րոպե հետո անցել է 380մ: Երկու րոպե հետո նա շարունակում է շարժվել: Նկատի ունեցեք, որ երկրորդ րոպեի ընթացքում ավելի շատ ճանապարհ է կտրել, քան առաջին. ավտոմեքենան արագացնում է շարժումը, բայց երրորդ և չորրորդ րոպեների միջև ինչ-որ բան է պատահել, դեռ ավելին՝ հինգերորդ րոպեին նա կանգնել է: Հավանաբար՝ լուսակրի մոտ, որովհետև հետո նորից արագություն է հավաքում և վեցերորդ րոպեի վերջում անցնում 4050մ, յոթերորդ րոպեի վերջում՝ 5550, իսկ ութերորդի վերջում՝ 7050: Բայց իններորդ րոպեի ընթացքում նորից ինչ-որ բան է պատահել. ավտոմեքենան անցել է ընդամենը 450մ և կանգ է առել: Վարորդը երթևեկության կանոններն է խախտել, և ոստիկանը կանգնեցրել է:

Սա շարժումը նկարագրելու եղանակներից մեկն է: Կա և ուրիշ եղանակ՝ գրաֆիկական: Եթե հորիզոնական ուղղությամբ տեղադրենք ժամանակը, իսկ ուղղաձիգ ուղղությամբ՝ հեռավորությունը, ապա կստանանք 8.1 նկարում պատկերված կորը:



**Նկար 8.1. Մեքենայի անցած ճանապարհի՝ ժամանակից կախվածության գրաֆիկը:**

Նկարից երևում է, որ ժամանակի մեծացմանը զուգընթաց հեռավորությունը նույնպես մեծանում է, սկզբում դանդաղ, իսկ հետո ավելի ու ավելի արագ: Չորրորդ րոպեի շրջանում դանդաղում է, իսկ հետո հեռավորությունը նորից մի քանի րոպե մեծանում է, մինչև վերջապես մեքենան կանգ է առնում: Այս բոլոր տվյալները կարելի է ստանալ ուղղակի գրաֆիկից՝

առանց աղյուսակին դիմելու: Իհարկե, մեր գրաֆիկը կառուցելու համար անհրաժեշտ է իմանալ, թե որտեղ է ավտոմեքենան ոչ միայն յուրաքանչյուր րոպեին, այլ յուրաքանչյուր

կես բուսակն մեկ, իսկ կարող է պատահել՝ նաև ավելի ճշգրիտ: Բացի դրանից, ենթադրում ենք, որ մեքենան ժամանակի ցանկացած պահի ինչ-որ տեղում է:

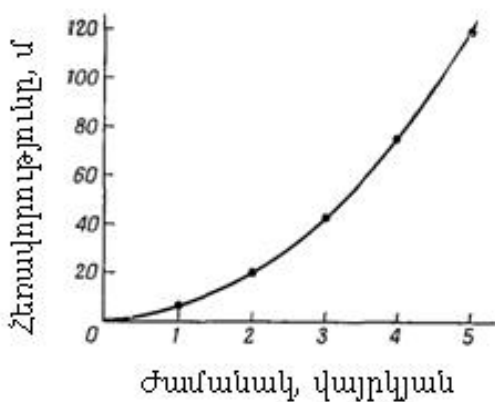
Այնպես որ ավտոմեքենայի շարժումը բարդ տեսք ունի: Եկեք ավելի պարզ դեպք դիտարկենք՝ շարժման ավելի պարզ օրենքով. օրինակ՝ ընկնող գնդիկը: 8.2 աղյուսակում ժամանակի արժեքները տրված են վայրկյաններով, իսկ հեռավորությունը՝ մետրերով:

**Աղյուսակ 8.2 Ընկնող մարմնի շարժման չվացուցակը**

t, վրկ.	s, մ
0	0
1	5
2	20
3	45
4	80
5	125
6	180

Ընկնելը սկսելու առաջին վայրկյանի ընթացքում գնդիկն անցնում է 5մ, երկու վայրկյանում՝ 20մ, երեք վայրկյանում՝ 45մ: Եթե այդ թվերը տեղադրենք գրաֆիկի վրա, ապա կստանանք ընկնող մարմնի հեռավորության՝ ժամանակից կախվածության պարաբոլիկ կորը (նկար 8.2), որը նկարագրվում է հետևյալ բանաձևով՝  $s = 5t^2$  (8.1):

Այս բանաձևը թույլատրում է հաշվել հեռավորությունը ժամանակի ցանկացած պահի համար:



**Նկարում՝ ընկնող գնդի անցած հեռավորության ժամանակից ունեցած հեռավորության կախվածությունը**

Կասեք, որ առաջին գրաֆիկի համար էլ (տե՛ս նկար 8.1) պետք է ինչ-որ բանաձև գոյություն ունենա: Իսկապես այդպես է: Այն կարելի գրել մի այսպիսի վերացարկման տեսքով՝  $s=f(t)$  (8.2):

Սա նշանակում է, որ s մեծությունը կախված է t-ից, կամ, ինչպես մաթեմատիկոսներն են ասում, s-

ը ֆունկցիա է t-ից: Սակայն մենք չգիտենք, թե դա ինչ ֆունկցիա է, ավելի ճիշտ՝ չենք կարող գրել մեզ ծանոթ ֆունկցիաների միջոցով:

Այս երկու օրինակներից երևում է, որ ցանկացած շարժում կարելի է նկարագրել ընդհանուր և պարզ եղանակներով: Թվում է, թե ոչ մի նրբություն չկա: Բայց նրբություն

կա, և մեկը չէ: Առաջին՝ ի՞նչ ենք հասկանում «տարածություն» և «ժամանակ» ասելով: Մրանք, պարզվում է, շատ խորը փիլիսոփայական հարցեր են, որոնք պետք է ուշադրությամբ վերլուծել, ինչը այդքան էլ հեշտ չէ: Հարաբերականության տեսությունը ցույց է տալիս, որ տարածության և ժամանակի հարցերը այդքան էլ պարզ չեն, ինչպես դա թվում է առաջին հայացքից: Սակայն սկզբի համար այդ հասկացությունների այդպիսի մանրակրկիտ սահմանում մեզ պետք չէ: Հնարավոր է, որ ասեք. «Տարօրինակ է, միշտ ասում են, որ գիտության մեջ ամեն ինչ պետք է ճշգրտորեն սահմանել»: Այդպես չէ: Մենք չենք կարող ամեն ինչ, առանց բացառության, ճշգրտորեն սահմանել: Եթե փորձեինք դա անել, կստացվեր երկու փիլիսոփաների վեճի նման մի բան, երբ մեկն ասում է. «Դուք էլ չգիտեք, թե ինչ էք ասում», իսկ երկրորդը պատասխանում է. «Իսկ ի՞նչ է նշանակում «գիտենալ»: Ի՞նչ է նշանակում «ասել»: Վերջապես ի՞նչ է նշանակում «դուք»»: Եվ այդպես՝ անվերջ: Այնպես որ, գործի շահերից ելնելով, ավելի լավ է հիմա պայմանավորվենք, գոնե մոտավորապես, ինչ ենք ասելու միևնույն իրերի մասին: Հիմա բավականին գիտեք ժամանակի մասին, բայց հիշեք, որ այս հարցում նրբություններ կան, որոնք մենք կքննարկենք հետագայում:

Մյուս նրբությունը (այս մասին արդեն նշել ենք)՝ ճի՞շտ է կարծել, որ դիտարկվող կետը միշտ ինչ-որ որոշակի տեղում է (այսինքն՝ տեղայնացված է): Բնարկե, երբ դիտարկում ենք նրան, նա որոշակի տեղում է, բայց արդյոք կարո՞ղ ենք դա պնդել այն պահերի համար, երբ չենք նայում: Եվ պարզվում, որ ատոմների շարժումը ուսումնասիրելիս այդպես մտածել չի կարելի: Հնարավոր չէ, ատոմը պիտակավորել և հետևել նրա շարժմանը: Այս նրբությանը կհանդիպենք քվանտային մեխանիկայում: Բայց սկզբում եկեք քննարկենք այն դժվարությունները, որոնք առաջանում են նախքան այդ բարդությունները, իսկ դրանից հետո հաշվի կառնենք այն ուղղումները, որոնք մեզ պարտադրում են բնության մասին նոր տեղեկությունները: Այսպիսով, տարածության և ժամանակի մասին կրնդունենք ամենապարզ պատկերացումը: Մոտավորապես հասկանում ենք, թե ինչ են նշանակում այդ հասկացությունները, իսկ ում հարկ է եղել մեքենա վարել, գիտի, թե ինչ է արագությունը:

## Արագություն

Չնայած, որ մոտավորապես պատկերացնում ենք, թե ինչ է արագությունը, բայց այստեղ մի կարևոր նրբություն կա: Նկատի ունեցեք, որ հին հույները այդպես էլ չկարողացան մինչև վերջ հասկանալ արագության խնդիրը: Նրբությունը, որի մասին խոսում ենք, իրեն զգալ է տալիս, երբ փորձում ես ճշգրիտ սահմանել, թե ինչ է նշանակում «արագություն» հասկացությունը: Այս հարցը հին հույների փորձաքարն էր, և անհրաժեշտ եղավ բացի երկրաչափությունից և հանրահաշվից, որոնք հայտնի էին և՛ հույներին, և՛ արաբներին, և՛ բաբելոնացիներին, հայտնագործել մաթեմատիկայի նոր բնագավառ: Փորձեք միայն հանրահաշվի օգնությամբ լուծել հետևյալ խնդիրը: Փուչիկը այնպես են փչում, որ նրա ծավալը մեծանում է  $100\text{սմ}^3/\text{վրկ}$ : Ի՞նչ արագությամբ կմեծանա նրա շառավիղը, երբ փուչիկի ծավալը դառնա  $1000\text{սմ}^3$ : Այս տիպի խնդիրները հին հույների համար անլուծելի էին: Դրանից բացի, նրանց բազմաթիվ պարադոքսներ էին շփոթեցնում: Ահա դրանցից մեկը, որը հորինել էր Զենոնը, և որը շատ լավ ցույց է տալիս, թե այն ժամանակ որքան

բարդ էր շարժման արագության հարցը: «Ենթադրենք,- ասում էր նա,- որ Աքիլեսը կրիայից տասն անգամ արագ է վազում: Բայց միևնույն է, նա երբեք չի անցնի կրիայից: Իսկապես, դիցուք մրցման սկզբում կրիան Աքիլեսից առաջ է 100մ: Այն ժամանակ, երբ Աքիլեսը կվազի այդ 100 մետրը, կրիան նրանից առաջ կլինի 10մ: Անցնելով այդ 10 մետրը՝ Աքիլեսը կրիային կտեսնի իրենից 1մ հեռավորության վրա: Այն ժամանակահատվածում, երբ նա կանցնի այդ 1 մետրը, կրիան կանցնի 10սմ և այդպես շարունակ... մինչև անվերջություն: Հետևաբար ժամանակի ցանկացած պահի կրիան կլինի Աքիլեսից առաջ, և նա երբեք չի կարող կրիայից առաջ անցնել»: Այստեղ ո՞րն է սխալը: Վերջավոր ժամանակահատվածը կարելի է բաժանել անվերջ թվով մասերի ճիշտ այնպես, ինչպես վերջավոր հատվածը, եթե այն հաջորդաբար կիսենք: Բայց անվերջ թվով փուլերը մինչև այնտեղ, որտեղ Աքիլեսը կհավասարվի կրիային, ամեննին չի նշանակում անվերջ մեծ ժամանակ: Այս օրինակը լավ ցույց է տալիս, թե ինչպիսի դժվարությունների էին հանդիպում արագության սահմանման հարցում:

Որպեսզի ավելի լավ պատկերացնենք այս դժվարությունները, հիշենք մի հին կատակ, որը հավանաբար լսել եք: Հիշում եք, որ ավտոմեքենան, որի մասին դասախոսության սկզբում խոսում էինք, ուստիկանը կանգնեցրել էր: Նա մոտենում է մեքենային և ասում. «Տիկին (քանի որ մեքենայի դեկին կին էր), Դուք խախտել եք փողոցային երթևեկության կանոնները: Գնում էիք ժամում 90կմ արագությամբ»: Կինը պատասխանում է. «Ներեցեք, դա անհնար է: Ինչպե՞ս ես կարող եմ ժամում 90կմ անցնել, երբ ընդամենը 7 րոպե եմ շարժվում»: Ի՞նչ կպատասխանեիք ուստիկանի փոխարեն: Իհարկե, եթե լավ ուստիկան եք, այդպիսի խորամանկություններով ձեզ չեն խճճի: Վստահաբար կասեիք. «Տիկին, դատավորի առաջ կարդարանաք»: Բայց, ենթադրենք, որ այդպիսի հնարավորություն չունեք: Դուք ցանկանում եք ազնվորեն ապացուցել կարգազանցի մեղքը և փորձում եք նրան բացատրել, թե ինչ է նշանակում 90կմ/ժ արագությունը: Ինչպե՞ս անեք: Կասեք. «Նկատի ունեի, տիկին, որ եթե շարունակեիք գնալ այդպես, ապա մեկ ժամվա ընթացքում կանցնեիք 90կմ»: «Այո, բայց ես արգելակեցի և կանգնեցրեցի մեքենան,- կարող է պատասխանել նա,- այնպես, որ հիմա ես ոչ մի կերպ չեմ կարող մեկ ժամում 90կմ անցնել»:

Նմանօրինակ դժվարությունն առաջանում է նաև ընկնող գնդիկի դեպքում: Ենթադրենք՝ ցանկանում ենք որոշել նրա արագությունը Յվրկ հետո, եթե նույն կերպ շարժվեր: Սակայն իսկ ի՞նչ է նշանակում «նույն կերպ շարժվեր»: Պահպաներ արագացումը, ավելի արագ շարժվեր, ինչ է: Իհարկե, ոչ: Պահպաներ նույն արագությունը: Բայց դա հենց այն է, ինչը ցանկանում ենք որոշել: Եթե գնդիկը շարունակեի «նույն կերպ» շարժվել, ապա նա պետք ընկներ այնպես, ինչպես ընկնում էր: Այնպես, որ պետք է արագությունը սահմանելու համար ավելի լավ բան մտածել: Այնուամենայնիվ, ի՞նչը պետք է պահպանվի: Կարգազանց կինը կարող էր նաև այսպես պատասխանել. «Եթե ես շարունակեի էլի մեկ ժամ գնալ այնպես, ինչպես գնում էի, ապա կբախվեի փողոցի վերջի պատին»: Մի խոսքով, ինչպես տեսնում եք, ուստիկանը կհայտնվեր շատ դժվար վիճակում՝ փորձելով բացատրել, թե ինքը ինչ նկատի ուներ»:

Ֆիզիկոսներից շատերը մտածում են, որ ցանկացած մեծություն որոշելու միակ եղանակը



նրա չափումն է: Բայց այդ դեպքում բացատրության համար դուք պետք է դիմեք արագություն չափող գործիքին: «Տեսեք,- այդ դեպքում կասեիք դուք,- ձեր արագաչափը 60 է ցույց տալիս»: «Իմ արագաչափը փչացած է և վաղուց չի աշխատում», - կպատասխանի նա: Բայց դա բավարար է, որ հավատանք, թե մեքենան չի շարժվում: Ենթադրում ենք, որ ինչ-որ կերպ էլ կարելի է որոշել արագությունը, առանց արագաչափի օգնությանը դիմելու: Միայն այս պայմաններում կարելի է ասել, որ արագաչափը չի աշխատում, որ այն փչացած է: Անհեթեթություն կլիներ, որ արագությունը իմաստ չունենար առանց արագաչափի: Ակնհայտ է, որ «արագություն» հասկացությունը արագաչափից կախված չէ: Արագաչափը պետք է միայն այն չափելու համար: Տեսնենք՝ հնարավոր չէ՞ ավելի լավ սահմանում գտնել «արագության» համար: Կասեիք. «Հասկանալի է, տիկին, եթե նույն ձևով շարունակեիք մեկ ժամ էլ շարժվել, ապա կբախվեիք պատին, բայց մեկ վայրկյանում կանցնեիք 25մ, ինչպես որ մեկ վայրկյանում անցել եք 25մ, եթե շարունակեիք նույն կերպ շարժվել, ապա հաջորդ վայրկյանում էլ կանցնեք 25մ, իսկ մինչև պատը շատ հեռու է»: «Բայց կանոններն արգելում են ժամում 90կմ, այլ ոչ թե վայրկյանում 25մ անցնելը»: «Բայց դա նույնն է, ինչ որ ժամում 90կմ», - կպատասխանեք: Իսկ եթե նույն բանն է, էլ ի՞նչ իմաստ ունեին այդ երկար պատմությունները 25մ/վրկ-ի մասին: Իրականում ընկնող գնդիկը չի կարող նույն ձևով շարժվել նույնիսկ մեկ վայրկյան, քանի որ շարժումն անընդհատ արագանում է, հետևաբար արագությունը պետք է ավելի ճշգրիտ սահմանել:

Իսկ հիմա, կարծես, ճիշտ ճանապարհին ենք, որը մեզ այ թե ուր կտանի: Եթե մեքենան շարունակեր նույն ձևով շարժվել ժամի հազարերորդ մասի ընթացքում, ապա նա կանցներ 90կմ-ի հազարերորդ մասը: Այլ կերպ ասած, ամբողջ ժամը նույն թափով շարժվելու անհրաժեշտություն չկա, բավական է մի պահը: Մա նշանակում է, որ ժամանակի ինչ-որ պահի մեքենան անցնում է այնքան ճանապարհ, որքան կանցնեի, եթե շարժվեի 90կմ/ժ հաստատուն արագությամբ: Մեր դատողությունները 25մ/վրկ-ի մասին, հնարավոր է, ճիշտ էին. չափում ենք, թե որքան ճանապարհ կանցնի մեքենան հաջորդ վայրկյանի ընթացքում, և եթե ստացվում է 25մ, ապա դա նշանակում է, որ արագությունը 90կմ/ժ է:

Այլ կերպ ասած, արագությունը կարելի է հետևյալ կերպ սահմանել: Որոշում ենք որևէ կարճ ժամանակահատվածում անցած ճանապարհը և այն բաժանելով ժամանակահատվածի երկարության վրա, ստանում ենք արագությունը: Սակայն այդ ժամանակահատվածը պետք է հնարավորին չափ փոքր լինի, և ինչքան փոքր, այնքան լավ, քանի որ այդ ընթացքում էլի փոփոխություններ կարող են լինել: Օրինակ, ընկնող մարմնի համար որպես այդպիսի ժամանակահատված մեկ ժամ ընդունելը ծիծաղելի է: Ավտոմեքենայի դեպքում մեկ վայրկյանի ընդունումը որպես այդպիսի ժամանակահատված, միգուցե հարմար է, քանի որ մեկ վայրկյանի ընթացքում նրա արագությունը շատ չի փոխվի, բայց այդ ժամանակահատվածը մեծ է ընկնող մարմնի համար: Այսպիսով, արագությունը ավելի ճշգրիտ սահմանելու համար, պետք է ժամանակի ավելի ու ավելի փոքր հատվածներ վերցնել: Եթե վայրկյանի մեկիոներորդական մասին բաժանենք այդ ժամանակահատվածում անցած

հեռավորությունը, ապա կստանանք հեռավորությունը վայրկյանի ընթացքում, այսինքն՝ հենց այն, ինչը հասկանում ենք արագություն ասելով: Հենց սա պետք է ասել մեր կարգազանցին, այսինքն՝ տալ արագության այն սահմանումը, որը կօգտագործենք:

Այսպիսի սահմանումը որոշակի նոր գաղափար է պարունակում, որն իր ընդհանուր ձևով անհասանելի էր հին հույներին:

Այդ գաղափարը հետևյալն է. փոքր հեռավորությունները բաժանենք համապատասխան ժամանակահատվածների վրա և տեսնենք, թե ինչ կկատարվի, եթե ժամանակի հատվածները ավելի ու ավելի փոքրացնենք (այլ կերպ ասած՝ գտնենք անցած հեռավորություն և ժամանակահատվածի հարաբերության սահմանը, երբ ժամանակահատվածը անվերջ փոքրացնում ենք): Այս գաղափարը, որն առաջին անգամ, իրարից անկախ, արտահայտել են Նյուտոնը և Լայբնիցը, եղել է մաթեմատիկայում նոր բնագավառի՝ դիֆերենցիալ հաշվի հիմքը: Այն առաջացել է շարժումը նկարագրելու համար, և նրա առաջին կիրառությունը «Ի՞նչ է նշանակում 90կմ/ժ արագությունը» հարցին պատասխանելն է:

Հիմա փորձենք ավելի ճշգրիտ սահմանել արագությունը:

Դիցուք, որոշակի փոքր  $\varepsilon$  ժամանակահատվածում մեքենան, կամ մեկ այլ մարմին անցել են փոքր  $x$  հեռավորություն. այդ դեպքում  $v$  արագությունը կորոշվի  $v=x/\varepsilon$ , ընդ որում ճշգրտությունը այնքան մեծ կլինի, որքան փոքր է  $\varepsilon$ -ը:

Մաթեմատիկոսները դա հետևյալ տեսքով են գրում՝

$$v = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{x}{\varepsilon} \quad (8.3).$$

այսինքն արագությունը հարաբերության սահմանն է, երբ  $\varepsilon$ -ը ձգտում է զրոյի: Մեր կարգազանց մեքենայի համար հնարավոր չէ արագությունը ճշգրիտ որոշել, քանի որ աղյուսակը լրիվ չէ: Նրա դիրքը մեզ հայտնի է միայն 1 րոպեանոց ժամանակահատվածների համար: Մոտավորապես, իհարկե, կարելի է ասել, որ յոթերորդ րոպեի ընթացքում նա գնացել է միջինը 90կմ/ժ արագությամբ, բայց շարժման վեցերորդ րոպեի վերջում նրա արագության մասին ոչինչ չենք կարող ասել: Հնարավոր է, որ նա արագացրել է և վեցերորդ րոպեի սկզբում ունեցած 40կմ/ժ արագությունը րոպեի վերջում դարձել է 90կմ/ժ, իսկ հնարավոր է, որ նա այլ կերպ է շարժվել: Դա ճշգրտորեն չգիտենք, քանի որ չունենք վեցերորդ և յոթերորդ րոպեների ընթացքում նրա շարժման մանրամասն գրառումները: Միայն այն դեպքում, երբ աղյուսակը լրացվի անվերջ թվով տվյալներով, նրա միջոցով կարող ենք հաշվել արագությունը: Սակայն, եթե մեզ հայտնի է մաթեմատիկական բանձը, ինչպես, օրինակ, ընկնող մարմնի դեպքում (8.1 հավասարումը), կարող ենք հաշվել արագությունը: Բանաձևի միջոցով կարող ենք մարմնի դիրքը որոշել ժամանակի ցանկացած պահին:

Որպես օրինակ՝ եկեք գտնենք ընկնող գնդիկի արագությունը անկումը սկսելուց 5 վայրկյան հետո: Ձևերից մեկը 8.2 աղյուսակի միջոցով նայելն է, թե ինչ է կատարվում գնդիկին շարժման 5-րդ վայրկյանի ընթացքում: Այդ վայրկյանի ընթացքում նա անցել է 45մ, այնպես որ թվում է, թե նա ընկնում է 45մ/վրկ արագությամբ: Մակայն դա այդպես չէ, քանի որ արագությունն անընդհատ փոխվում է: Բիարկե, միջինում, դա վայրկյանի ընթացքում կազմել է 45մ/վրկ, բայց իրականում գնդիկը արագացել է, և հինգերորդ վայրկյանի վերջին գնդիկը ընկել է 45մ/վրկ-ից ավելի մեծ արագությամբ: Մեր խնդիրը արագությունն ավելի ճշգրիտ հաշվելն է: Դա կանենք հետևյալ եղանակով: Մեզ հայտնի է, թե որտեղ է գնդիկը 5 վայրկյան հետո: 5 վայրկյանում նա անցել է 125մ: 5,1 վայրկյանում գնդիկի անցած ընդհանուր հեռավորությունը, (8.1) հավասարման համաձայն, 130,05մ կլինի: Այսպիսով, վայրկյանի լրացուցիչ տասնորդական մասի ընթացքում նա կանցնի 5,05մ: Քանի որ 0,1վայրկյանի ընթացքում 5,05մ անցնելը նույնն է, ինչ որ 50,5մ/վրկ, ապա դա էլ կլինի նրա արագությունը: Սակայն սա էլ դեռ ամբողջովին ճիշտ չէ: Մեզ համար բոլորովին կարևոր չէ սա 5-րդ վայրկյանի, 5,1-րդ վայրկյանի, թե դրանց միջև եղած ինչ-որ պահին արագությունն է: Մեր խնդիրն էր հաշվել արագությունը ուղիղ 5վրկ հետո, ինչը մենք դեռ չենք արել: Ստիպված ենք ճշտագրությունը մեծացնել և դիտարկել 5վայրկյանից հազարերորդականով մեծ պահը, այսինքն՝ 5,001վրկ: Այդ ընթացքում անցած ամբողջ ճանապարհը կկազմի  $s=5*5,0012=5*25,01001=125,050005$ մ:

Հետևաբար վերջին հազարերորդական վայրկյանի ընթացքում գնդիկը կանցնի 0,050005մ, և եթե դա բաժանենք 0,001վայրկյանի, ապա կստանանք 50,005մ/վրկ արագություն: Սա արդեն ավելի մոտ է, բայց սա էլ ճշգրիտ չէ: Բայց արդեն պարզ է, թե ինչպես վարվենք արագությունը ճշգրիտ գտնելու համար: Այս խնդիրն ավելի հարմար է լուծել մի քիչ ընդհանուր տեսքով: Դիցուք պետք է հաշվել արագությունը ժամանակի որևէ  $t_0$  պահի (օրինակ՝ 5 վայրկյան): Մինչև  $t_0$  պահը անցած հեռավորությունը (նշանակենք  $s_0$ ) կլինի  $5t_0^2$  (մեր դեպքում 125մ):

Հեռավորությունը հաշվելու համար հարց կտանք՝ որտե՞ղ կլինի մարմինը  $t_0 + \epsilon$  (փոքր ավելցուկ) կամ  $t_0 + \epsilon$  ժամանակ հետո: Նոր դիրքը կլինի  $5(t_0 + \epsilon)^2 = 5t_0^2 + 10t_0\epsilon + 5\epsilon^2$  (Այս հեռավորությունն ավելի մեծ է, քան  $t_0$  ժամանակում անցած հեռավորությունը, այսինքն՝  $5t_0^2$ -ին): Այդ հեռավորությունը նշանակենք  $s_0 + x$  (փոքր ավելցուկ) կամ  $s_0 + x$ : Եթե դրանից հանենք այն հեռավորությունը, որը կանցնի մինչև  $t_0$  պահը, ապա կստանանք  $x$ -ը՝ այն լրացուցիչ հեռավորությունը, որը գնդիկը կանցնի լրացուցիչ  $\epsilon$  ժամանակահատվածում, այսինքն՝  $x = 10t_0\epsilon + 5\epsilon^2$ : Այնպես, որ արագությունը առաջին մոտավորությամբ կլինի ,

$$v = \frac{x}{\epsilon} = 10t_0 + 5\epsilon \quad (8.4)$$

Հիմա գիտենք, թե ինչ պետք է անենք ճիշտ  $t_0$  պահին արագությունը հաշվելու համար. պետք է  $\epsilon$  ժամանակահատվածը վերցնենք ավելի ու ավելի փոքր, այսինքն՝ այն ձգտեցնենք զրոյի: Այսպիսով կստանանք՝  $v(t_0 \text{ պահին}) = 10 t_0$ :

Մեր խնդրում  $t_0=5$  վրկ, հետևաբար, արագությունը կլինի  $v=10*5=50$ մ/վրկ: Սա էլ հենց փնտրվող պատասխանն է: Առաջ, երբ վերցնում էինք  $\varepsilon$ -ը հավասար  $0,1$ վրկ և  $0,001$ վրկ, ստանում էինք  $50$ մ/վրկ.-ից մի փոքր մեծ արժեք, բայց հիմա տեսնում ենք, որ իրականում այն ճիշտ  $50$ մ/վրկ է:

Ռուսերենից թարգմանությունը՝ [Գևորգ Հակոբյան](#)