



«ԻՆՏԵՐԱԿՏԻՎ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԶԱՐԳԱՑՈՒՄ» ՀԻՄՆԱԴՐԱՄ

ՀԵՐԹԱԿԱՆ ԱՏԵՍՏԱՎՈՐՄԱՆ ԵՆԹԱԿԱ ՈՒՍՈՒՑԻՉՆԵՐԻ ՎԵՐԱՊԱՏՐԱՍՏՄԱՆ ԴԱՍԸՆԹԱՑ 2022

ՀԵՏԱԶՈՏԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏԱՆՔ

ԹԵՄԱ

Ֆիզիկական երևույթների ուսումնասիրման վիրտուալ լաբորատորիա: Ֆոտոէֆեկտ, Պլանկի հաստատունի որոշումը վիրտուալ փորձի միջոցով, Ֆիզլետոների կիրառումը_դպրոցական ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում

ԱՌԱՐԿԱ

Ֆիզիկա

ՀԵՂԻՆԱԿ

Կարեն Պապիկյան

ՄԱՐԶ

Արագածոտն

ՈՒՍՈՒՄՆԱԿԱՆ ՀԱՍՏԱՏՈՒԹՅՈՒՆ

Ապարանի ֆիզմաթ ավագ դպրոց

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Ներածություն.....	3
Տոտոէֆեկտի ուսումնասիրությունը վիրտուալ փորձի միջոցով.....	4
Հետազոտության ընթացքը.....	5
Պլանկի հաստատունի որոշումը վիրտուալ փորձի միջոցով (տեսական մաս).....	6
Վիրտուալ փորձի կատաման ընթացքը.....	7
Ֆիզլետների կիրառումը ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում(տեսական մաս).....	9
Ճառագայթաակտիվություն.....	11
Եզրակացություններ եվ առաջարկություններ.....	14
Օգտագործված գրականություն.....	15

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

XXI դարում առանց համակարգիչների և համացանցի անհնար է ուսուցումը և կրթությունը դպրոցներում և բուհերում կազմակերպել: Անհատին (աշակերտին, ուսանողին) այն հնարավորություն է տալիս զբաղվելու ինքնակրթությամբ: Համակարգչի ի հայտ գալուց ի վեր ժամանակի ընթացքում փոխվեց նաև ֆիզիկայի ուսուցման մեթոդաբանությունը: Ֆիզիկայի դասվանդմանը վերավերող բազմաթիվ խնդիրների, հարցերի լուծմանը համակարգիչը որակապես նոր հնարավորություններ է ընձեռում:

Կրթական տեղեկատվական նոր տեխնոլոգիաների ներդրումը դպրոցներում նպաստում է ուսուցանվող նյութի արդյունավետության, գիտելիքների որակի բարձրացմանը, այն հանգեցնում է փոխներգործության մեթոդներով: Ֆիզիկայի դասերին համակարգիչների կիրառումը ուսուցչին հնարավորություն է ընձեռում ուսուցման գործընթացը կազմակերպելու այնպես, որ զարգանան սովորողների մտավոր, ստեղծագործական, հետազոտական ունակություններն ու կարողությունները:

Վիրտուալ լաբորատորիաների կիրառումն ավելի հետաքրքիր, ընկալելի ու հիշարժան են դարձնում դասը, բավական ժամանակ են խնայում՝ բարձրացնելով դասի արդյունավետությունն ու նյութի ընկալման խորությունը: Վիրտուալ լաբորատորիաները հնարավորություն են տալիս կատարել այնպիսի փորձեր, որոնց համար անհրաժեշտ սարքավորումները բացակայում են կամ էլ կան մի քանի ուսումնական հաստատություններում: Տվյալ հետազոտությունը նվիրված է ֆոտոէֆեկտի, Պլանկի հաստատունի որոշմանը վիրտուալ լաբորատոր փորձերի միջոցով: Իհարկե, վիրտուալ լաբորատորիաները չեն կարող լիարժեքորեն փոխարինել իրական լաբորատորիաներին, բայց միևնույն ժամանակ սրանք ունեն իրենց առավելությունները՝

- Մատչելիություն,
- Հեշտ կառավարելիություն,
- Գրաֆիկներ կառուցելու հնարավորություններ,
- Փորձի կատարման ժամանակի կարճատևություն,
- Անվտանգություն:

ՖՈՏՈԷՖԵԿՏԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ ՎԻՐՏՈՒԱԼ ՓՈՐՁԻ ՄԻՋՈՑՈՎ

Փորձի կատարումից առաջ շատ կարևոր է նշել, որ «ֆոտոէֆեկտ» թեմայի օրենքները ու տեսությունը տվել է Ա. Այնշտայնն, որն արժանացել է Նոբելյան մրցանակի 1921 թվականին:

12-րդ դասարանի ֆիզիկայի դասընթացում այս թեման ներկայացված է երեք պարագրաֆով և «Պլանկի հաստատունի որոշումը» վիրտուալ լաբորատոր աշխատանքով (§36-39): Նշենք, որ իրական սարքերով (այն բացակայում է դպրոցներում) ֆոտոէֆեկտն ուսումնասիրելու փորձերը բավականին դժվար են, քանի որ փորձը պետք է իրականացնել բարձր վակուումում և նախապես պետք է լավ մաքրել կաթոդի մակերևույթը և այլն:

ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅԱՆ ԸՆԹԱՑՔԸ

Ֆոտոէֆեկտի օրինաչափություններն ուսումնասիրելու և Պլանկի հաստատունը որոշելու համար նախատեսված վիրտուալ լաբորատորիան ստեղծվել է GeoGebra համակարգչային ծրագրով, որի միջոցով սովորողը էկրանին կտեսնի ապակե բալոնը, որի մեջ տեղադրված են K կաթոդը և A անոդը, որոնք շղթայով միացված են V վոլտաչափի և mA միլիամպերաչափի օգնությամբ հոսանքի աղբյուրին: Սովորողը հանապատասխան սողնակները շարժելով կարող է փոխել ինչպես ν հաճախությունը, այնպես էլ ψ ուժգնությունը: Միաժամանակ սովորողը տեսնում է էկրանին I ֆոտոհոսանքի ուժի կախումն U լարումից կախվածության գրաֆիկը: Բազմաթիվարժեքներ տալով, այսինքն փոփոխելով հաճախությունը, ուժգնությունը և լարումը սովորողը գրաֆիկի տվյալներից կարող է հանգել ֆոտոէֆեկտի օրենքներին՝

1. Հագեցման ֆոտոհոսանքի ուժն ուղիղ համեմատական է ուժգնությանը՝ $I \sim \psi$:
2. Ֆոտոէլեկտրոնների առավելագույն կինետիկ էներգիան կախված չէ ընկնող լույսի ուժգնությունից, իսկ հաճախության հետ այն աճում է գծային օրենքով:
3. Յուրաքանչյուր մետաղի համար գոյություն ունի հաճախության որոշակի՝ ν_{\min} արժեք, որից փոքր հաճախությունների դեպքում ֆոտոէֆեկտ չի դիտվում: ν_{\min} հաճախությունը կոչվում է ֆոտոէֆեկտի կարմիր սահման:

ՊԼԱՆԿԻ ՀԱՍՏԱՏՈՒՆԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ՎԻՐՏՈՒԱԼ ՓՈՐՁԻ ՄԻՋՈՑՈՎ ՏԵՍԱԿԱՆ ՄԱՍ:

Մինչև վիրտուալ փորձի կատարումը սովորողը պետք է իմանա, որ ըստ Այնշտայնի տեսության՝ մետաղի մակերևույթային շերտի էլեկտրոնը, կլանելով ընկնող ֆոտոնը, վերջինիս հս էներգիայի մի մասի հաշվին կատարում է աշխատանք՝ պոկվելու համար մետաղի մակերևույթից, իսկ մնացած մասի հաշվին ձեռք է բերում կինետիկ էներգիա: Մետաղի մակերևույթից էլեկտրոն պոկվելու համար անհրաժեշտ նվազագույն A աշխատանքի և էլեկտրոնի ձեռք բերած առավելագույն E_1 կինետիկ էներգիայի կապն արտահայտվում է Այնշտայնի հավասարմամբ՝ $h\nu = A + E_1$, որտեղ $E_1 = mv^2/2$ ֆոտոէլեկտրոնների առավելագույն արագությունն է:

Պլանկի h հաստատունը որոշելու համար ընկնող երկու տարբեր՝ ν_1 և ν_2 արժեքների

համար գրենք երկու բանաձևերը՝ $h\nu_1 = A + E_{11}$, $h\nu_2 = A + E_{12}$, որտեղից կստանանք՝ $h =$

$\frac{E_{12} - E_{11}}{\nu_2 - \nu_1}$: Եթե ֆոտոէլեկտրոնների առավելագույն կինետիկ արժեքներն արտահայտենք կասեցնող

U_{11} և U_{12} լարումներով՝ $E_{11} = e * |U_{11}|$, $E_{12} = e * |U_{12}|$, որտեղ

$e = 1.6 * 10^{-19}$ Կլ-ը տարրական լիցքն է, կատացվի հետևյալ հաշվարկային բանաձևը՝

$$h = e \frac{U_{12} - U_{11}}{\nu_2 - \nu_1}$$

ՎԻՐՏՈՒԱԼ ՓՈՐՁԻ ԿԱՏԱՐՄԱՆ ԸՆԹԱՑՔԸ

1. Գործարկել վիրտուալ լաբորատորիայի ֆայլը:
2. Միացնել լույսի աղբյուրը:
3. Համապատասխան սողնակի օգնությամբ ընտրել ընկնող լույսի՝ ֆոտոէֆեկտ առաջացնող հաճախություն:
4. Սեղմելով «Բարձրացրեք լարումը» կոճակը՝ բարձրացնել շղթան սնուցող հոսանքի լարումը:
5. Սպասել մինչև սնուցող լարումը հասնի մոդուլով առավելագույն արժեքին (այդ դեպքում ֆոտոհոսանքի ուժը զրո է), և էկրանին հայտնվի կասեցնող լարման արժեքը:
6. Ընկնող լույսի հաճախության արժեքը և կասեցնող լարման արժեքի մոդուլը տեղադրել աղյուսակում:
7. Սեղմել «Տվեք փակող լարում» կոճակը և լարումը դարձնել -1,5Վ:
8. Կրկնել 3-րդ և 7-րդ կետերը՝ ընկնող լույսի հաճախության նոր արժեքի համար:
9. Հաշվել Պլանկի հաստատունի արժեքը հաշվարկային բանաձևով և տեղադրել այն աղյուսակում:
10. Հաշվել Պլանկի հաստատունի միջին արժեքը՝ h -ը:
11. Պլանկի հաստատունի համար ստացված միջին արժեքը համեմատել աղյուսակային $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{Ջ} \cdot \text{վ}$ արժեքի հետ: Հաշվել փորձով ստացված արժեքի շեղումն աղյուսակային արժեքից (տոկոսներով)՝ ըստ հետևյալ բանաձևի՝

$$\text{շեղումը} = \frac{|h - \bar{h}|}{h} * 100\%$$

Աղյուսակում ներկայացված է վիրտուալ լաբորատորիայով ստացված հաշվարկային օրինակ:

№	v_1 (Հց)	v_2 (Հց)	$ U_{y1} $ (Վ)	$ U_{y2} $ (Վ)	h (Ջ*վ)
1	$580 \cdot 10^{12}$	$640 \cdot 10^{12}$	0.2	0.44	$6.4 \cdot 10^{-34}$
2	$610 \cdot 10^{12}$	$700 \cdot 10^{12}$	0.32	0.69	$6.5 \cdot 10^{-34}$
3	$760 \cdot 10^{12}$	$790 \cdot 10^{12}$	0.93	1.06	$6.9 \cdot 10^{-34}$
$h = 6.6 \cdot 10^{-34}$ Ջ*վ					

Չեղումը = $\frac{|6,626-6,6|}{6,626} * 100\% = 0,4\%$, որը բավականաչափ փոքր սխալ է:

ՖԻԶԼԵՏՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ՈՒՍՈՒՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑՈՒՄ

Տեսական մաս: Դպրոցական ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում նոր տեխնոլոգիաների կիրառման շարքում առանձնահատուկ տեղ ունեն համակարգչային սիմուլյացիաները (լատիներեն՝ «սիմուլատիո»՝ նմանեցում բառից), որոնք ֆիզիկական երևույթի, պրոցեսի, սարքի աշխատանքի, չափման կամ փորձի համակարգչային մոդելներ են:

Համակարգչային սիմուլյացիաներն ուսուցչին և սովորողին ընձեռում են վիրտուալ փորձերի ու ցուցադրումների լայն հնարավորություններ: Դպրոցական ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում սիմուլյացիաների կիրառման առավելություններն օգտագործելու համար անհրաժեշտ է ստեղծել սիմուլյացիաներ, սակայն դրանք նախագծողը երևույթը մոդելավորելու համար պետք է տիրապետեն համակարգչային ծրագրավորման գիտելիքների և կարողությունների, իսկ դա սահմանափակում է այն ուսուցիչների և սովորողների հնարավորությունները, որոնք, ցանկություն ունեն դասավանդման և ուսման գործընթացում ընդգրկել սիմուլյացիաներ, սակայն համակարգչային ծրագրավորման գիտելիքների և կարողությունների պակասի պատճառով չեն կարող իրագործել այդ մտադրությունը: Այս խոչընդոտը կարելի է հաղթահարել՝ համացանցից ուսումնական սիմուլյացիաների անվճար ներբեռնմամբ:

Մույն դրվագը նվիրված է ուսումնական սիմուլյացիաների մի հավաքածուի՝ ֆիզիկայի կրթական տեխնոլոգիայի PhET (Physics Education Technology) ներկայացմանը: Հավաքածուն բաղկացած է ֆիզլետներից (Physlets, Physics Applets-ֆիզիկայի Ապլետներ), Ապլետ՝ Java ծրագրավորման լեզվով գրված փոքրիկ ծրագիր, որոնք համակարգչային սիմուլյացիաներ են: Ֆիզլետներն ապահովում են որոշակի ֆիզիկական երևույթի այնպիսի բազմատեսակ ներկայացումներ, ինչպիսիք են շարժապատկերումները (անիմացիաներ), գրաֆիկները, դիագրամները, աղյուսակները: Հավաքածուն նախագծել և իրականացրել են ԱՄՆ-ի Կոլորադոյի համալսարանում: Համալսարանի կայքում ֆիզլետների մեծ հավաքածուն հասանելի է անվճար ներբեռնման համար: Ֆիզլետները հայկական կրթական միջավայրում գրեթե հայտնի չեն, և տեղեկություններ չկան դպրոցներում կամ բուհերում դրանց կիրառման վերաբերյալ: Մինչդեռ ֆիզլետները բավական լայնորեն կիրառում են արտերկրում: Ի դեպ, հավաքածուն անընդհատ թարմացվում է և արդեն դուրս է եկել ֆիզիկայի առարկայական տիրույթից՝ ներառելով

մաթեմատիկան, քիմիան, ինչպես նաև կենսաբանությունը: Կայքում առկա ֆիզլետները թարգմանված են եվրոպական գրեթե բոլոր լեզուներով, ինչպես նաև ռուսերեն, չինարեն, պարսկերեն, վիետնամերեն:

ՃԱՌԱԳԱՅԹԱԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆ

Ճառագայթաակտիվության երևույթն ուսումնասիրվում է 12 րդ դասարանի ֆիզիկայի դասընթացում: Թեմայի խորությամբ և համակողմանիորեն յուրացնելուն նպաստելու ակնկալիքով ուսուցման գործընթացում կարելի է կիրառել Ճառագայթաակտիվության օրինաչափություններն ուսումնասիրելու համար նախագծված ֆիզլետներ, որոնց կիրառման արդյունքում աշակերտները՝

- ինքնուրույն ուսումնասիրում և փորձարկում են քիմիական տարրի ատոմի միջուկի α - և β - տրոհումները,
- փոխներգործուն փորձն իրականացնելով՝ կարողանում են դանդաղեցված ռեժիմով դիտել, թե ինչպես է քիմիական տարրի ատոմի միջուկում նեյտրոնը տրոհվում պրոտոնի, էլեկտրոնի և հակաՆեյտրինի, կամ ինչպես է միջուկն արձակում α -մասնիկ, որն իրական փորձում աննկատ է մնում,
- պարզում են, թե ինչպես են փոխվում միջուկի կարգաթիվը և զանգվածային թիվը α -և β - տրոհումների հետևանքով,
- ուսումնասիրում են Ճառագայթաակտիվ տրոհման օրենքը,
- կարող են առաջադրել վարկածներ և անմիջապես դրանք ստուգել,
- կարող են կառուցել Ճառագայթաակտիվ տրոհման օրենքի գրաֆիկը:

Նշենք նաև, որ անգլիացի ֆիզիկոս Էռնեստ Ռեզերֆորդի (1871-1937) փորձերը Հանգեցրել են ատոմի մոլորակային մոդելին, որի համաձայն՝ ատոմը բաղկացած է միջուկից և նրա շուրջը պտտվող էլեկտրոններից: Միջուկն ունի դրական Ze լիցք, որտեղ Z-ն ատոմի կարգաթիվն է, e-ն՝ տարրական լիցքը: Ստորև դիտարկված են Ճառագայթաակտիվության երևույթի օրինաչափությունների ուսումնասիրման համապատասխան ֆիզլետների կիրառման մեթոդական ուղեցույցները:

ա. β -տրոհում

1. <http://phet.colorado.edu/en/simulation/beta-decay> կայքից ներբեռնել B-տրոհումն

ուսումնասիրելու համար նախագծված Beta Decay Ֆիզլետը:

2. Գործարկել ներբեռնված ֆիզլետը, արդյունքում էկրանին արտապատկերվում է

Ապլետ (ներբեռնված ֆիզիկայի միջոցները կարելի է հայերեն թարգմանել translation-usility. jar. ծրագրի օգնությամբ, որն անվճար կարելի է ներբեռնել <http://phet.colorado.edu/en/for-translators/translation-utility> կայքից):

3. Ծանոթանալ B-տրոհման միջոցներին:

4. Սեղմել «Գործարկել» սեղմակը:

5. Պատուհանի «Մի ատոմ» բաժնում կարելի է դիտել տրիտիումի կամ ածխածնի ատոմի միջուկի 3-տրոհումը: Տրիտիումի կամ ածխածնի միջուկի B-տրոհումը դիտելու համար պետք է «Ընտրել միջուկը» պատուհանում ընտրել տրիտիումի կամ ածխածնի միջուկ, և սեղմել «Գործարկել» սեղմակը:

6. Տրիտիումի կամ ածխածնի միջուկի β-տրոհումը մանրամասն ուսումնասիրելու համար «Բազմատոմ» բաժնում «Ավելացնել 10» սեղմակի սեղմումով ավելացնել տրիտիումի կամ ածխածնի, օրինակ, 99 ատոմ, և սեղմել «Քայլ» սեղմակը:

7. Միջուկի B-տրոհման հետևանքով միջուկի կարգաթվի և զանգվածային թվի փոփոխությունը պարզելու համար, «Միատոմ» բաժնում ընտրել տրիտիումի կամ ածխածնի միջուկ, «Ավելացնել 10» սեղմակի սեղմումով ավելացնել, օրինակ, 16 ատոմ, և սեղմել «Գործարկել» սեղմակը:

8. «Բազմատոմ» բաժնում, «Ընտրել միջուկը» պատուհանում «Ավելացնել 10» սեղմակի սեղմումով ավելացնել կամայական քիմիական տարրի 30, 40 կամ 60 ատոմ և ուսումնասիրել միջուկի կիսատրոհման պարբերությունը:

9. «Բազմատոմ» բաժնում «Ավելացնել 10» սեղմակի սեղմումով ավելացնել՝ 30, 50 կամ 70 ատոմ և ուսումնասիրել տրիտիումի կամ ածխածնի միջուկի կիսատրոհման պարբերությունը: ք. α-տրոհում

1. <http://phet.colorado.edu/en/simulation/alpha-decay> կայքից ներբեռնել α-տրոհումն ուսումնասիրելու համար նախագծված Alpha Decay Ֆիզիկայի:

2. Գործարկել ներբեռնված ֆիզիկայի, արդյունքում էկրանին արտապատկերվում է Ապլետ:

3. Ծանոթանալ տրոհման միջոցներին:

4. Պատուհանի «Բազմատոմ» բաժնում կարելի է դիտել պոլոնիումի միջուկի տրոհումը:

Պոլոնիումի միջուկի α -տրոհումը դիտելու համար պետք է «Ընտրել միջուկը» պատուհանում ընտրել տրիտիումի կամ ածխածնի միջուկ, «Ավելացնել 10» սեղմակի սեղմումով ավելացնել, օրինակ, 99 ատոմ և սեղմել «Գործարկել» սեղմակը:

5. Միջուկի α -տրոհման հետևանքով, միջուկի կարգաթվի և զանգվածային թվի փոփոխությունը պարզելու համար, «Բազմատոմ» բաժնում ընտրել պոլոնիումի միջուկ, «Ավելացնել 10» սեղմակի սեղմումով ավելացնել, օրինակ, 10 ատոմ և սեղմել «Գործարկել» սեղմակը:

6.«Բազմատոմ» բաժնում «Ավելացնել 10» սեղմակի սեղմումով ավելացնել 30, 40 կամ 60 ատոմ և ուսումնասիրել կամայական քիմիական տարրի միջուկի կիսատրոհման պարբերությունը:

7. «Բազմատոմ» բաժնում «Ավելացնել 10» սեղմակի սեղմումով ավելացնել' 30, 50 կամ 70 ատոմ և ուսումնասիրել պոլոնիումի միջուկի կիսատրոհման պարբերությունը:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՎ ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Այսպիսով՝ ստեղծված վիրտուալ լաբորատորիան կօգնի սովորողներին հետաքրքիր ձևով մատուցելու ֆոտոէֆեկտի թեման, ինչպես նաև իրականացնելու թեմայում նախատեսված լաբորատոր աշխատանքը, որը, ինչպես նշվեց, դպրոցների ճնշող մեծամասնությունում հնարավոր չէ իրականացնել:

Ֆիզիկայի համար առանձնապես կարևոր է այն, որ համակարգիչն էկրանին կարող է տալ ոչ միայն թվային պատասխան, այլ նաև «բացատրել» վերջինիս կախումը խնդրի մոդելավորում և նկարում է կամայական բարդ հետազոտ, պրոցեսների գրաֆիկներ, գրաֆիկների ընտանիքներ և այլն: Համակարգչի օգտագործման շնորհիվ կարելի է հաշվի առնել ֆիզիկական պրոցեսի վրա ազդող զանազան գործոններ, ինչպես, օրինակ, միջավայրում լույսի ճառագայթի ընթացքը վերլուծելիս բեկման ցուցչի կախումը կոորդինատներից, լույսի ուժգնությունից և այլն:

ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Նազարյան Ն. «Ֆիզիկական երևույթների և պրոցեսների համակարգչային նմանեցումների կառուցումը ծրագրի օգնությամբ», «Բնագետ», 2013, թիվ 3, էջ 61-64:
2. Դեմիրճյան Գ., Նազարյան Ն., Ֆիզլետների կիրառումը դպրոցում ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում, «Բնագետ», թիվ 1, էջ 3-10:
3. Աղեկյան Գ., Ղազարյան Է., Ֆոտոէֆեկտի ուսումնասիրման վիրտուալ լաբորատորիա, «Բնագետ», 2013, թիվ 1, էջ 24-31:
4. Ղազարյան Է., Կիրակոսյան Ա., Մելիքյան Գ., Մամյան Ա., Մայիլյան Ս. Ֆիզիկա-12: Ավագ դպրոցի 12-րդ դասարանի դասագիրք ընդհանուր և բնագիտամաթեմատիկական հոսքերի համար, Եր., «Էդիթ Պրինտ», 2011, 264 էջ:
5. Աղեկյան Գ., «GeoGebra. Դինամիկ մաթեմատիկա բոլորի համար», «Անտարես», 2012:
6. Աղեկյան Գ., Աղեկյան Ն., «GeoGebra ծրագրի՝ որպես ֆիզիկայի վիրտուալ լաբորատորիայի կիրառման հնարավորությունների մասին»: Բնագիտությունը 21-րդ դարում. ուսուցման հիմնախնդիրներ և լուծումներ: Համահայկական III կրթական գիտաժողով: «Բնագետ», հատուկ թողարկում, 2012:
7. Աղեկյան Գ., Նազարյան Ն., «Հավաքող ուսանողի պատկերի կառուցման ինտերակտիվ մոդել», «Բնագետ», 2012, թիվ 3:
8. <http://phet.colorado.edu/en/simulation/photoelectric>
9. Օհանյան Հ., Վիրտուալ լաբորատորիայի դերը ֆիզիկայի դասընթացում, «Բնագետ», Հատուկ թողարկում, 2014, էջ 31-33:
10. W. Christian & M. Belloni, Physlet Physics: Interactive Illustrations, Explorations, and Problems for introductory physics. Pearson Education, Inc. 2004.

11. <http://webphysics.davidson.edu/Applets/Applets.html>
12. <http://phet.colorado.edu>
13. PhET simulations: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/alpha-decay>
14. PhET simulations: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/beta-decay>: