

ISSN 2738-2923

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ,
ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՄՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

ՎԱՆԱԶՈՐԻ Հ. ԹՈՒՄԱՆՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ
ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ



ՎԱՆԱԶՈՐԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ

ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ

Բնական և ճշգրիտ գիտություններ

2

ՎԱՆԱԶՈՐ – 2023

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ,
ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

ՎԱՆԱԶՈՐԻ Հ. ԹՈՒՄԱՆՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ
ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՎԱՆԱԶՈՐԻ ՊԵՏԱԿԱՆ
ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ
ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ

Բնական և ճշգրիտ գիտություններ

2

ՎԱՆԱԶՈՐ – 2023

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ,
КУЛЬТУРЫ И СПОРТА РА**

**ВАНАДЗОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ О. ТУМАНЯНА**

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ

**ВАНАДЗОРСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Естественные и точные науки

2

ВАНАДЗОР – 2023

**RA MINISTRY OF EDUCATION, SCIENCE,
CULTURE AND SPORT**

**VANADZOR STATE UNIVERSITY
AFTER H. TUMANYAN**

**SCIENTIFIC PROCEEDINGS OF
VANADZOR STATE UNIVERSITY**

Natural and Exact Sciences

2

VANADZOR – 2023

Տպագրվում է Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան
պետական համալսարանի գիտական խորհրդի որոշմամբ

Խմբագրական խորհուրդ

Սահակյան Ռ. Ռ., տեխն. գ. դ. (խմբագրական խորհրդի նախագահ, գլխավոր
խմբագիր)

Հովսեփյան Վ. Վ., կ. գ. թ. (խմբագրական խորհրդի նախագահի տեղակալ)

Թովմասյան Մ. Հ., ֆ-մ. գ. թ. (պատասխանատու քարտուղար)

Խմբագրական խորհրդի անդամներ

Օսիպյան Լ. Լ., կ. գ. դ., ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս

Ցիրլին Ա. Մ. տեխն. գ. դ.

Ժաբկո Ա. Պ., ֆ-մ. գ. դ.

Քամայան Ռ. Ջ., տեխն. գ. դ.

Կիպրուշկինա Ե. Ի., տեխն. գ. դ.

Հակոբյան Ռ. Ս., ֆ-մ. գ. դ.

Սուքիասյան Գ.Ս., տեխն. գ. դ.

Հունանյան Ս. Ա., գ. գ. դ.

Հարությունյան Լ. Ռ., ք. գ. դ.

Դալլաքյան Ռ. Վ., ֆ-մ. գ. դ.

Ղազարյան Հ. Ա., ք. գ. դ.

Վարդանյան Ջ. Ս., կ. գ. դ.

Թադևոսյան Գ. Պ., ա. գ. թ.

Ծատուրյան Ա. Մ., մ. գ. դ.

Կյուրեղյան Ա. Ս., ֆ-մ. գ. թ.

Ղազարյան Ա. Հ., ք. գ. թ.

Սամիկոնյան Հ. Ա., ֆ-մ. գ. թ.

Սայադյան Մ. Կ., մ. գ. թ.

Սաքանյան Մ. Ա., ֆ-մ. գ. թ.

Փարսադանյան Ս. Մ., ֆ-մ. գ. թ.

Օհանյան Հ. Հ., տեխն. գ. թ.

ՎԱՆԱԶՈՐԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ

/ Բնական և ճշգրիտ գիտություններ, 2 // ՀՀ կրթության, գիտության, մշակույթի
և սպորտի նախարարություն, Վանաձորի պետական համալսարան/: Խմբ.
խորհուրդ՝ Ռ. Սահակյան և այլք. – Վանաձոր: 2023. –94 էջ:

Ժողովածուն ամփոփում է մաթեմատիկական, բնագիտական, տեխնիկա-
կան գիտությունների տարաբնույթ հարցերին վերաբերող գիտական և գիտամե-
թոդական հոդվածներ, որոնք խմբագրական խորհրդի անդամները գրախոսել,
խմբագրել և երաշխավորել են տպագրության:

ISSN 2738-2923

© Հեղինակային խումբ, 2023

© Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարան, 2023

Печатается по решению ученого совета
Ванадзорского государственного университета имени О. Туманяна

Редакционный совет

- Р. Р. Саакян**, д. тех. н. (председатель редакционного совета, главный редактор)
В. В. Овсепян, к. б. н. (заместитель председателя редакционного совета)
М. А. Товмасян, к. физ.-мат. н. (ответственный секретарь)

Члены редакционного совета

- Л. Л. Осипян**, д. б. н., член-корр. НАН РА
А. М. Цирилин, д. тех. н.
А. П. Жабко, д. физ.-мат. н.
Р. З. Камалян, д. тех. н.
Е. И. Кипрушкина, д. тех. н.
Р. С. Акопян, д. физ.-мат. н.
Г. С. Сукиасян, д. тех. н.
С. А. Унанян, д. с./х. н.
Л. Р. Арутюнян, д. х. н.
Р. В. Даллакян, д. физ.-мат. н.
Г. А. Казарян, д. х. н.
З. С. Варданян, д. б. н.
Г. П. Тадевосян, к. г. н.
А. М. Цатурян, д. пед. н.
А. С. Кюрегян, к. физ.-мат. н.
А. Г. Казарян, к. х. н.
А. А. Мамиконян, к. физ.-мат. н.
М. К. Саядян, к. пед. н.
М. А. Саканян, к. физ.-мат. н.
С. М. Парсаданян, к. физ.-мат. н.
Э. Г. Оганян, к. тех. н.

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ ВАНАДЗОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА / Естественные и точные науки, 2 // Министерство
образования, науки, культуры и спорта РА, Ванадзорский государственный
университет/. Ред. совет – Р. Саакян и др. – Ванадзор, 2023. – 94 с.

В сборнике представлены научные и научно-методические статьи, относящиеся
к различным вопросам математических, естественных, технических наук,
которые после рецензирования и редактирования были рекомендованы к печати
по решению редакционного совета.

ISSN 2738-2923 © Авторская группа, 2023

© Ванадзорский государственный университет имени О. Туманяна, 2023

Editorial Board

- R. R. Saakyan**, Doctor of Technical Sciences (Chairman of the Editorial Board,
Chief Editor)
V. V. Hovsepyan, Candidate of Biological Sciences (Deputy Chairman of the Editorial
Board)
M. H. Tovmasyan, Candidate of Physical and Mathematical Sciences (Secretary-in-Charge)

Editorial Board Members

- L. L. Osipyan**, Doctor of Biological Sciences, Member of NAS
A. M. Tsirilin, Doctor of Technical Sciences
A. P. Zhabko, Doctor of Physical and Mathematical Sciences
R. Z. Kamalyan, Doctor of Technical Sciences
E. I. Kiprushkina, Doctor of Technical Sciences
R. S. Hakobyan, Doctor of Physical and Mathematical Sciences
G. S. Sukiasyan, Doctor of Technical Sciences
S. A. Hunanyan, Doctor of Agricultural Sciences
L. R. Harutyunyan, Doctor of Chemical Sciences
R. V. Dallakyan, Doctor of Physical and Mathematical Sciences
H. A. Ghazaryan, Doctor of Chemical Sciences
Z. S. Vardanyan, Doctor of Biological Sciences
G. P. Tadevosyan, Candidate of Geographical Sciences
A. M. Tsureghyan, Doctor of Pedagogical Sciences
A. S. Kyureghyan, Candidate of Physical and Mathematical Sciences
A. H. Ghazaryan, Candidate of Chemical Sciences
H. A. Mamikonyan, Candidate of Physical and Mathematical Sciences
M. K. Sayadyan, Candidate of Pedagogical Sciences
M. A. Saqanyan, Candidate of Physical and Mathematical Sciences
S. M. Parsadanyan, Candidate of Physical and Mathematical Sciences
H. H. Ohanyan, Candidate of Technical Sciences

SCIENTIFIC PROCEEDINGS OF VANADZOR STATE UNIVERSITY / Natural
and Exact Sciences, 2 / RA Ministry of Education, Science, Culture and Sport,
Vanadzor State University/. Editorial Board: R. Saakyan, etc. – Vanadzor. 2023. –
94 p.

The collection summarizes various issues on Mathematical, Natural and Technical
Sciences, as well as the scientific, scientific and methodological articles, which have
been reviewed, edited and recommended for publication by the members of the
Editorial Board.

ՔԻՄԻԱ

ХИМИЯ

CHEMISTRY

**Մտանց արտաքին հոսանքի աղբյուրի մետաղները
Էլեկտրաքիմիական կոռոզիայից պաշտպանելու
հնարավորության մասին**

*Էդիկ Խաչատրյան
Վիլեն Քոչարյան
Մարտուն Թովմասյան*

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-ne2023.2-8>

Հանգուցային բառեր. *Էլեկտրոլիտ, էլեկտրական հոսանք, էլեկտրոդային պոտենցիալ, կաթոդ, անոդ, էլեկտրաքիմիական պաշտպանություն, գալվանական շղթա*

Մետաղների էլեկտրաքիմիական կոռոզիան կոռոզիայի թերևս ամենատարածված և ամենավտանգավոր տարատեսակներից մեկն է, որը չափազանց մեծ վնաս է պատճառում ժողովրդական տնտեսությանը [3]: Կոռոզիայի այս տարատեսակը մշտապես ի հայտ է գալիս բոլոր այն դեպքերում, երբ մետաղներն ու համաձուլվածքները հալվում են էլեկտրահաղորդող միջավայրերի հետ, և ինչպես յուրաքանչյուր ինքնաբերաբար տեղի ունեցող պրոցես, ընթանում է Գիբբսի պոտենցիալի նվազմամբ ($\Delta G = -nFE < 0$):

Դեռևս 1830 թվականին շվեցարացի գիտնական Դե-Լյա-Ռիվը գտնում էր, որ էլեկտրաքիմիական կոռոզիայի պատճառն այն միկրոգալվանական մարտկոցներն են, որոնք առաջանում են մետաղի մակերեսի վրա էլեկտրոլիտների հետ դրանց շփման ժամանակ: Բանն այն է, որ ցանկացած մետաղի մակերևույթ ըստ էության կազմված է տարբեր պոտենցիալ ունեցող, տարածականորեն միմյանցից անջատ տեղամասերից՝ ավելի էլեկտրաբացասական (անոդային) և ավելի էլեկտրադրական (կատոդային) տեղամասերից: Ֆիզիկական և քիմիական հատկություններով միմյանցից տարբեր այս տեղամասերում տեղի են ունենում համապատասխանաբար՝ անոդային-օքսիդացման և կատոդային-վերականգնման պրոցեսներ, որոնք անմիջականորեն պատասխանատու են մետաղների էլեկտրաքիմիական կոռոզիայի համար և ուղեկցվում են դրանց ինտենսիվությունը բնութագրող էլեկտրական հոսանքի առաջացմամբ: Ընդ որում, մետաղի լուծման անոդային հոսանքի խտությունը (ի տարբերություն քիմիական ռեակցիաների արագության), կախված է ոչ միայն փոխազդող ռեագենտների կոնցենտրացիաներից, այլ նաև այդ մետաղի էլեկտրոդային պոտենցիալից և աճում է դրա զարգացմանը զուգընթաց ըստ հետևյալ հավասարման [4]՝

$$i_a = K_1 \cdot C_{Red} \cdot \exp(\beta nFE/RT), \quad (1)$$

իսկ կատոդային հոսանքը նվազում է՝

$$i_k = K_2 \cdot C_{ox} \cdot \exp(-\alpha nFE/RT), \quad (2)$$

որտեղ՝ K_1, K_2 – համապատասխան ռեակցիաների արագության հաստատուններն են, C_{ox}, C_{Red} – միջավայրում գտնվող օքսիդիչ և վերականգնիչ բաղադրիչների կոնցենտրացիաներն են, n – կոռոզիոն պրոցեսին մասնակցող էլեկտրոնների թիվն է; F – Ֆարադեյի թիվն է, E – էլեկտրոդային պոտենցիալն է, R – ունիվերսալ գազային հաստատունն է, T – բացարձակ ջերմաստիճանն է; β և α – տեղափոխման թվերն են, պայմանով, որ $\alpha + \beta = 1$:

Մինչդեռ էլեկտրաքիմիական կոռոզիայի իրական արագությունը կախված է ոչ միայն մետաղական նյութերի թերմոդինամիկական անկայունության աստիճանից, այլ նաև մի շարք կինետիկական գործոններից, որոնք արգելք են հանդիսանում կոռոզիոն ընդհանուր պրոցեսի ընթացքին նրա տարբեր փուլերում: Շարադրվածին համապատասխան, էլեկտրաքիմիական կոռոզիայի ընդհանրացված արագությունը ներկայացվում է հետևյալ հավասարման միջոցով [5].

$$I = \frac{E_k - E_a}{R + P_k + P_a}, \quad (3)$$

որտեղ՝ I – ն կոռոզիոն գալվանական մարտկոցի հոսանքի խտությունն է: $(E_k - E_a)$ – տարբերությունը՝ մարտկոցի էլեկտրաշարժ ուժն է, որը համեմատական է համակարգի ազատ էներգիայի նվազմանը, իսկ նույն արտահայտության հայտարարը իրենից ներկայացնում է էլեկտրաքիմիական ընդհանուր կոռոզիոն պրոցեսի կինետիկական դիմադրությունը, որն իր մեջ ներառում է երեք բաղադրիչներ՝ համապատասխանաբար միջավայրի օհմային (R), կատոդային (P_k) և անոդային (P_a) պրոցեսների կինետիկական դիմադրությունները: Այս դիմադրությունները, որոնք հաճախ կոչվում են բևեռացման դիմադրություններ, առաջանում են մետաղների մեջ էլեկտրոնների շարժման և անոդային ու կատոդային տեղամասերում տեղի ունեցող էլեկտրոդային պրոցեսների արագությունների տարբերության հետևանքով: Շղթայով անցնող էլեկտրական հոսանքը աստիճանաբար մերձեցնում է մետաղի անոդային ու կատոդային տեղամասերի էլեկտրոդային պոտենցիալների տարբերությունը, որն իր հերթին բերում է կոռոզիոն հոսանքի նվազմանը: Ըստ էության սա է գալվանական մարտկոցի բևեռացման էությունը: Շարադրվածին համապատասխան՝ ներկայումս մշակված են և իրագործվում են մետաղները էլեկտրաքիմիական կոռոզիայից պաշտպանելու բազմաթիվ եղանակներ՝ այդ թվում նաև էլեկտրա-

քիմիական, որոնք բավականին արդյունավետ են, հուսալի, բայց և էներգատար [2-5]:

Ինչպես երևում է (3)-ից, կոռոզիոն հոսանքը մեծապես կախված է մետաղի անոդային և կատոդային տեղամասերի պոտենցիալների տարբերությունից, և այն զրոյական արժեք կընդունի միայն այն դեպքերում, երբ մարտկոցի ընդհանուր կինետիկական դիմադրությունը հավասար լինի անվերջության $R + P_k + P_s = \infty$, կամ երբ զրոյի հավասար լինի անոդային և կատոդային տեղամասերի պոտենցիալների տարբերությունը $E = 0$: Դա գործնականում իրագործվում է մետաղների նկատմամբ արտաքինից պաշտպանիչ հոսանքների կիրառման միջոցով, որն էլ հենց հանդիսանում է մետաղները էլեկտրաքիմիական կոռոզիայից պաշտպանման մեթոդի էությունը: Դրա համար էլեկտրաքիմիական կոռոզիայից պաշտպանման ենթակա մետաղական շինությունը միացվում է հաստատուն հոսանքի արտաքին աղբյուրին և կախված նրանից, թե այս դեպքում որ ուղղությամբ է տեղաշարժվում մետաղի էլեկտրոդային պոտենցիալը՝ դրական թե բացասական, ըստ այդմ էլ տարբերվում է անոդային և կատոդային էլեկտրաքիմիական պաշտպանություն:

Կատոդային պաշտպանությունը [3; 5] կիրառվում է այն դեպքերում, երբ պաշտպանման ենթակա մետաղը հակում չունի դեպի պասսիվացումը: Այս դեպքում մետաղական շինությունը միացվում է արտաքին հոսանքի աղբյուրի բացասական բևեռին, որն էլ բևեռացնում է կոռոզիոն մարտկոցի կատոդային տեղամասերը՝ այն մոտեցնելով անոդային տեղամասերի պոտենցիալին: Հոսանքի աղբյուրի դրական բևեռը այս դեպքում միացվում է անոդին, որն էլ ժամանակի ընթացքում քայքայվում է, մինչդեռ պաշտպանման ենթակա մետաղի կոռոզիայի արագությունը գրեթե հանգում է զրոյական արժեքի:

Կատոդային պաշտպանության տարատեսակներից մեկը պրոտեկտորային պաշտպանությունն է [2; 3]: Պաշտպանության այս տարատեսակը ենթադրում է պաշտպանման ենթակա մետաղի կամ մետաղական շինության միակցումը էլ ավելի էլեկտրաբացասական պոտենցիալ ունեցող մետաղի հետ: Ընդ որում, այս դեպքում քայքայվում է ոչ թե մետաղական շինությունը, այլ այսպես կոչված պրոտեկտորը, որն իրենից ներկայացնում է օգտագործման համար ոչ պիտանի մետաղի կամ մետաղական համաձուլվածքի ջարդոն:

Անոդային պաշտպանության դեպքում [3], պաշտպանման ենթակա մետաղի պոտենցիալը տեղաշարժվում է էլ ավելի դրական պոտենցիալների տիրույթ, քանի դեռ մետաղը չի հասել իր կայուն պասսիվ վիճակին, որին համապատասխանում է կոռոզիայի նվազագույն արագություն:

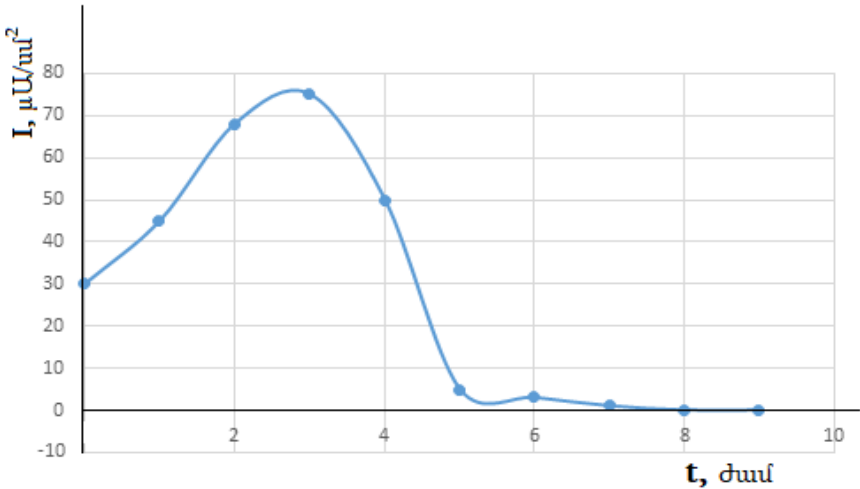
Այսպիսով, կարելի է արձանագրել, որ էլեկտրաքիմիական պաշտպանությունը մետաղները էլեկտրաքիմիական կոռոզիայից պաշտպանելու արդյունավետ և հուսալի եղանակ է, որը սակայն, որոշ բացառություններով հանդերձ (պրոտեկտորային պաշտպանություն), բնորոշվում է իր մեծ էներգատարությամբ:

Սակայն երկու միատեսակ էլեկտրոդներից և էլեկտրահաղորդող միջավայրերից բաղկացած էլեկտրաքիմիական համակարգերի՝ մեր կողմից կատարված մանրամասն ուսումնասիրությունները [1, 76-82; 6, 41-43] ցույց են տալիս, որ նման էլեկտրաքիմիական համակարգերը նույնպես գործում են գալվանական մարտկոցի ռեժիմում և բնութագրվում են իրենց ոչ մեծ էլՇՈՒ-ներով և ոչ մեծ գալվանական հոսանքներով: Թեև բնական է ենթադրել, որ ստատիկ պայմաններում այսպիսի համակարգերում էլեկտրոդների միջև պոտենցիալների թռիչք չպետք է առաջանա, քանի որ էլեկտրոդները պատրաստված են նույն նյութից և ընկղմված են նույն էլեկտրոլիտի մեջ (հետևաբար, նույնն են նաև դրանց քիմիական պոտենցիալները):

Սակայն, պարզվում է, որ այդ էլեկտրոդները, պատրաստված լինելով նույն մետաղից, ամենևին էլ նույնական չեն և միմյանցից կարող են տարբերվել, թեկուզ, իրենց ներքին կառուցվածքով (օրինակ՝ բյուրեղային ցանցի տարբեր թերություններով): Տարբեր կարող է լինել նաև այդ էլեկտրոդների վրա արտաքին գործոնների ազդեցությունը (մթնոլորտում գտնվող ազատ լիցքերի, ինչպես նաև տարբեր դաշտերի անհավասարաչափ ազդեցությունը): Այս ամենի պատճառով էլեկտրոդների վրա մշտապես առկա է լիցքերի տարբերություն, որն էլ գրանցվում է չափիչ սարքի կողմից պոտենցիալների տարբերության և դրան համապատասխան հոսանքի ձևով: Ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս նաև, որ որոշ ժամանակ անց, համակարգում տեղի ունեցող զանգվածափոխության և լիցքափոխության արդյունքում արձանագրվում է կոռոզիոն հոսանքի նվազման միտում, ընդհուպ մինչև նրա զրոյական արժեքը: Մի փաստ, որը վկայում է համակարգում տեղի ունեցող էլեկտրաքիմիական պրոցեսների դադարի մասին: Այս իրողությունը մեզ մոտ ձևավորել է մետաղները էլեկտրաքիմիական կոռոզիայից պաշտպանելու նոր, էլեկտրախնայող մոտեցում՝ պաշտպանման ենթակա օբյեկտը (մետաղական շինությունը), տվյալ միջավայրում միացնելով երկրորդ՝ առանձին դեպքերում չափսերով անհամեմատ փոքր, նույնանուն մետաղի (զույգի) հետ, համապատասխան գալվանական շղթա կազմելու պայմանով:

Այս ենթադրությունը ստուգելու համար, ներկա աշխատանքում, մենք նախ 0.5 լ տարողությամբ, 20%-անոց ծծմբաթթվի լուծույթ պարու-

նակող ապակե բաժակի մեջ, համապատասխան մշակումից, համարակալումից, կշռումից և աղաթթվով ակտիվացնելուց հետո, իջեցրել ենք երեք համանման այլումինե էլեկտրոդներ՝ ձողերի տեսքով՝ $0,4$ սմ, $h = 14$ սմ: Առաջին և երկրորդ էլեկտրոդները (մետաղն ու զույգը) միմյանց հետ միացրել ենք զգայուն գալվանաչափի միջոցով, իսկ երրորդ էլեկտրոդը ծառայել է որպես ստուգողական էլեկտրոդ:



Նկար 1. Երկու միատեսակ այլումինե էլեկտրոդներից և 20%-անոց ծծմբական թթվի ջրային լուծույթից բաղկացած էլեկտրաքիմիական համակարգում հոսանքի ուժի փոփոխությունը ժամանակի ընթացքում

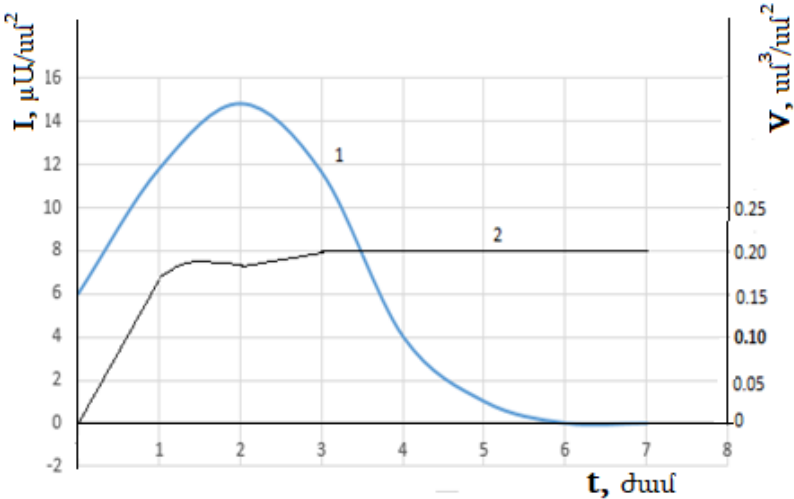
Ինչպես երևում է նկար 1-ից, քննարկվող դեպքում շղթայով անցնող հոսանքը ժամանակի ընթացքում նախ աճում է՝ հասնելով իր առավելագույն արժեքին, ապա նվազում է և փորձի սկզբից 5-6 ժամ անց ընդունում է գրեթե զրոյական արժեք, որը վկայում է համակարգում տեղի ունեցող էլեկտրաքիմիական պրոցեսների արագության կտրուկ նվազման մասին: Շարադրվածին համապատասխան, մեկամսյա փորձարկումները ցույց են տալիս, որ գալվանական մարտկոց կազմող էլեկտրոդների կոռոզիոն կորուստները, ուսումնասիրվող միջավայրում, կազմում են ընդամենը 0.0354 գ, այն դեպքում, երբ ստուգողական էլեկտրոդի մոտ այն հասնում է 0.0468 գ-ի:

Ավելին, այս եղանակով մենք փորձել ենք էլեկտրաքիմիական կոռոզիայից պաշտպանել նաև այլումինե թասը, որը լցրել ենք $1,5$ լ, $pH = 2,2$ արժեք ունեցող ծծմբական թթվով (այս պայմաններում այլումինը

գտնվում է ակտիվ վիճակում [3; 4]), և որի՝ էլկտրոլիտի հետ շփման ընդհանուր մակերեսը կազմել է 386 սմ²:

Գալվանական շղթայի մյուս էլեկտրոդը իրենից ներկայացրել է 0,4 սմ տրամագիծ ունեցող ալյումինե մի լար, որը մակերեսային հպման մեջ է դրվել էլեկտրոլիտի հետ: 168 ժամյա ուսումնասիրության արդյունքում մենք թասի մեջ գտնվող հեղուկի գունափոխություն կամ նստվածքագոյացում չենք արձանագրել, իսկ թասի հատակը պահպանել էր իր մետաղական փայլը:

20 %-անոց աղաթթվի մեջ իջեցված Сг-3 մակնիշի ցածրաձխածնային պողպատից պատրաստված էլեկտրոդները, սենյակային ջերմաստիճաններում ինտենսիվորեն լուծվում են և ուղեկցվում ջրածնի անջատմամբ: Սակայն ջրածնի անջատումը, հետևաբար նաև մետաղի լուծումը, որոշ ժամանակ անց դադարում է այն բանից հետո, երբ վերոհիշյալ էլեկտրոդները ընդգրկվում են գալվանական շղթայի մեջ:



Նկար 2. BT-1 մակնիշի տիտանի երկու համանման էլեկտրոդներից և 40 %-անոց ծծմբական թթվի լուծույթից բաղկացած համակարգում կոռոզիոն հոսանքի խտության, $\mu\text{A}/\text{սմ}^2$ -1 և կոռոզիայի արագություն փոփոխությունը՝ ըստ անջատված ջրածնի ծավալի, $\text{սմ}^3/\text{սմ}^2$ -2՝ կախված ժամանակից

Նկար 2-ում բերված է BT-1 մակնիշի տիտանի երկու համանման էլեկտրոդներից և 40 %-անոց ծծմբական թթվից բաղկացած համակարգում կոռոզիոն հոսանքի փոփոխությունը ժամանակի ընթացքում, սենյակային ջերմաստիճանում: Նույն նկարում, կինետիկական կորի տեսքով,

բերված են նաև կոռոզիոն չափումների արդյունքները, որոնք մենք կառուցել ենք՝ ըստ պրոցեսի հետևանքով անջատված ջրածնի ծավալի: Կարելի է նկատել, որ փորձի սկզբից ընդամենը 2-3 ժամ անց, գալվանաչափը արձանագրում է շղթայում հոսանքի բացակայությունը, իսկ ջրածնի անջատումը գործնականորեն դադարում է, որը վկայում է էլեկտրաքիմիական պրոցեսի ճնշման մասին: Համակարգը անցնում է կայուն պասսիվ վիճակի: Այն ձեռք է բերում «ինքնաբուժման» ընդունակություն: Հարցն այն է, որ լուծույթում գտնվող էլեկտրոդներից մեկի մակերեսի վրա մեր կողմից կատարված մեխանիկական քերծվածքները բերում են համակարգի ակտիվացմանը, որին, սակայն, քիչ անց հաջորդում է ինքնապասսիվացման երևույթը:

Նույն ձևով էլեկտրաքիմիական կոռոզիայից կարելի է պաշտպանել նաև մետաղական պղինձը, ընդ որում, պասսիվացումից հետո մետաղը այդ վիճակում կարող է մնալ տևական ժամանակ:

Պատկերները համանման են: Սակայն միանգամայն տարբեր են այն ժամանակամիջոցները, որոնց ընթացքում այդ համակարգերը անցնում են պասսիվ վիճակի: Հետաքրքիր է նաև, որ առանձին դեպքերում շղթայով անցնող կոռոզիոն հոսանքը մինչև իր նվազագույն արժեքին հասնելը փոխում է իր ուղղությունը՝ արձանագրելով ֆլուդկտացիա միջին հավասարակշռականի, տվյալ դեպքում գրոյական արժեքի շուրջը:

Սակայն շարադրվածը ամեննին էլ չի նշանակում, որ այս ձևով կարելի է կանխել էլեկտրոլիտներում տեղի ունեցող մետաղների կոռոզիոն պրոցեսները: Այստեղ խոսքը վերաբերում է միայն էլեկտրաքիմիական կոռոզիային: Մինչդեռ, ինչպես հայտնի է [3], մետաղները էլեկտրոլիտների ջրային լուծույթներում լուծվում են միաժամանակ երկու տարբեր մեխանիզմներով՝ էլեկտրաքիմիական և քիմիական մեխանիզմներով: Այդ է վկայում, մասնավորապես, այն անհամապատասխանությունը, որը մենք արձանագրել ենք անալիտիկ և էլեկտրաքիմիական չափումների միջև, մեր կողմից կատարված ուսումնասիրությունների ժամանակ:

Հետևաբար, քննարկվող եղանակով, ճնշելով լուծման էլեկտրաքիմիական մեխանիզմը, մետաղը շարունակվում է լուծվել գուտ քիմիական մեխանիզմով: Հետևաբար, ճնշելով լուծման էլեկտրաքիմիական մեխանիզմը, հնարավորություններ են բացվում ավելի հանգամանորեն ուսումնասիրելու էլեկտրոլիտներում մետաղների լուծման քիմիական մեխանիզմի մանրամասները:

Գրականություն

1. Խաչատրյան Է., Երկու միևնույն մետաղական էլեկտրոդներից և հեղուկ էլեկտրահաղորդող միջավայրից բաղկացած էլեկտրաքիմիական համակարգերի վարքագծի առանձնահատկությունները, Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարանի գիտական տեղեկագիր, պրակ Բ., Երևան, «Միսմա» ՍՊԸ, 2022, էջ 76-82:
2. Жук Н.П. Курс теории и защиты металлов; Учебн.пособие для вузов/ Н.П. Жук. -М.: Металлургия, 1976, - 472 с.
3. Основы электрохимической коррозии металлов и сплавов: Учебн. пособие/Л.Г. Петрова, Г. Ю. Тимофеева, и др.; под общ. ред. Г.Ю.Тимофеевой, М.: МАДИ, 2016, - 148 с.
4. Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии / И.В. Семенова, Г.М. Флорянович, А. В. Хорошилова. - М.: Физматлит, 2002, - 336 с.
5. Томашов Н.Д. Теория коррозии и коррозионностойкие конструкционные сплавы/ Н.Д. Томашов, Г.П. Чернова. -М.: Металлургия, 1986, - 359 с.
6. Хачатрян Э. Влияние гидродинамических условий на процессы, протекающие в электрохимических системах, состоящих из двух одинаковых металлических электродов и жидкой электропроводящей среды. “Advances in Science and Technology”, XLV Международная научно-практическая конференция. 3 июля 2022. Научно-издательский центр “Актуальность”. РФ. Сборник статей, с. 41-43.

О возможности защиты металлов от электрохимической коррозии без внешнего источника тока

*Эдик Хачатрян
Вилен Кочарян
Мартун Товмасын*

Резюме

Ключевые слова: *электролит, электрический ток, электродный потенциал, катод, анод, электрохимическая защита, гальваническая цепь*

Электрохимическая коррозия металлов – один из самых распространенных и опасных видов коррозии, наносящий огромный ущерб народному хозяйству. Этот вид коррозии возникает во всех случаях, когда металлы и сплавы контактируют с проводящими средами.

Для защиты металлов от электрохимической коррозии существуют методы, при которых защищаемую от коррозии металлическую конструкцию подключают к внешнему источнику постоянного тока, и в зависимости от направления движения электродного потенциала металла (в этом случае положительный или отрицательный), различают анодную и катодную электрохимическую защиту. Использование внешнего источника питания делает процесс энергоемким и нерентабельным.

Данная работа основывается на наших предыдущих исследованиях, в которых мы показали, что электрохимические системы, состоящие из двух однотипных электродов и проводящей среды, также работают в режиме гальванической батареи и характеризуются малыми гальваническими токами. Учитывая это обстоятельство, для защиты металлов от электрохимической коррозии мы соединяли защищаемый объект в данной среде со вторым, в некоторых случаях меньшим, одноименным металлом при условии образования подходящей гальванической цепи.

Исследования показали, что коррозионные потери электродов в исследуемой кислой среде составили всего 0,035г, тогда как у контрольного электрода – 0,0468г. Через 2-3 часа после начала опыта гальванометр фиксирует отсутствие тока в цепи, и система переходит в устойчивое пассивное состояние. Это обстоятельство позволяет применить новый метод защиты металлов от электрохимической коррозии, позволяющий осуществлять ее без использования внешнего источника тока.

On the Possibility of Protecting Metals From Electrochemical Corrosion without an External Power Source

Edik Khachatryan

Vilen Kocharyan

Martun Tovmasyan

Summary

Key words: *electrolyte, electric current, electrode potential, cathode, anode, electrochemical protection, galvanic circuit*

Electrochemical corrosion of metals is one of the most common and dangerous types of corrosion, causing enormous damage to the national economy. This type of corrosion occurs in all cases, in which metals and alloys come into contact with conductive media.

Anodic and cathodic electrochemical protection are the techniques for shielding metal structures from electrochemical corrosion. In these methods, the metal structure being protected is connected to an external direct current source, and depending on the direction of movement of the electrode potential of the metal (in this case, positive or negative), anodic and cathodic electrochemical protections are distinguished. The use of an external power source makes the process energy-intensive and unprofitable.

This work is based on our previous studies, in which we showed that electrochemical systems, consisting of two electrodes of the same type and a conductive medium also operate in galvanic battery mode and are characterized by low galvanic currents. Given these conditions, we connected the protected object in this medium to another metal of the same name that was either smaller or larger in certain situations in order to prevent electrochemical corrosion of metals, provided that a proper galvanic circuit was formed.

Studies have shown that the corrosion losses of the electrodes in the studied acid environment amounted to only 0.035 g, while the control electrode to – 0.0468 g. Approximately 2 or 3 hours after the start of the experiment, the galvanometer detects the absence of current in the circuit and the system goes into a stable passive state. The mentioned circumstance makes it possible to apply a new method of protecting metals from electrochemical corrosion, which allows it to be carried out without the use of an external current source.

Ներկայացվել է 12.10.2023 թ.

Գրախոսվել է 03.11.2023 թ.

Ընդունվել է տպագրության 23.11.2023 թ.

ԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

БИОЛОГИЯ

BIOLOGY

Contamination of Armenian Red Pepper by Microfungi and Aflatoxin B₁

Karine Grigoryan

Varduhi Hovsepian

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-ne2023.2-19>

Key words: *paprika, hot red pepper, filamentous fungi, aflatoxin B₁ strains, contamination*

Introduction

Aflatoxins are often found on different types of red peppers during harvest and processing. According to the studies conducted in the UK [2], Portugal [13], Spain [20], India [18], Hungary [6] and Ireland [15] a high frequency of aflatoxin occurrence was observed in ground red pepper, which is a serious problem for public health.

Aflatoxins are produced by fungal strains of *Aspergillus flavus*, *A. nomius*, *A. parasiticus* and others under favorable conditions for their development.

According to Dimicr [3], from paprika and black pepper have been isolated species basically from genus *Aspergillus*: *A. glaucus*, *A. restrictus*, *A. flavus*, *A. ochraceus*, including the strains – producers of aflatoxins. The author noticed that contamination of spices by fungi occurs at the raised moisture content or storage of spices' samples in warehouse with high level of relative humidity. Species of *Cladosporium* were identified in 40 % of the analysed samples, *Candida* - in 40 %, *Penicillium* - in 18 %, *Acremonium* - in 18 %, *Fusarium* - in 18 %, *Aspergillus*-in 12 %. The total quantity of diaspors of mould in 1 g of red pepper was 8×10^3 cfu/g. Only one strain of *A. flavus*, in experimental conditions, demonstrated the ability to produce aflatoxins.

According to Shundo [21], totally 70 samples of the red pepper were selected in Brazil for analyzing aflatoxins (AFs) and ochatoxin A (OTA) content. AFs were found in 82.9 % of samples, and AF in 61.4 %, among the analyzed samples, in range from 0.5 to 7.3 µg/kg, OTA - in 85.7 %, in range from 0.24 to 97.2 µg/kg. Out of the 182 analyzed samples of chili pepper selected from markets in India, 59 % were found to be contaminated with aflatoxin B₁. In 18% of the samples, the toxin levels exceeded the acceptable permissible limits. A high concentration of AFB₁ measuring 970 µg/kg, was found in a single sample of red pepper [18].

Unsatisfactory hygienic conditions during drying, transportations and storages of the red pepper, can lead to contamination by bacteria and toxigenic

microfungi [9]. Ardic et al. [1], has carried out monitoring of 75 samples of the red pepper on the maintenance AFB₁. 72 samples out of 75 analyzed, (i.e. 96 %) contained AFB₁ in quantity from 0.11 to 24.7 µg/kg. The content of AFs in eleven samples, i.e. in 14.7 %, exceeded the marginal levels established by legislative structures of EU. It is established that observance of hygienic conditions at all stages (processing, packing and storing) are the important factors influencing microbiological and chemical safety of spices. Zinedine et al., [23] identified AFB₁ in samples of black pepper at the level of 0.09 mkg/kg, red pepper - 2.88 µg/kg, and caraway seeds - 0.03 mkg/kg. In separate samples of red pepper the maintenance of AF B₁ exceeded 9.68 µg/kg. The toxicological analysis of 70 strains isolated from soil and red pepper has shown that 16 strains (i.e. 36.6 %) from 44 strains *A. flavus*, allocated from soil and 25 % strains *A. flavus* - from 26 samples of red pepper chilli, produced AFs. A survey of 90 chilli products sold in Australia showed extensive contamination with aflatoxins. Overall only 9% of samples complied with the 5µg/kg maximum level as set out by Australian standards and another 12% were considered marginal. On the whole spice powders performed worse compared with minced and sauce samples having higher passing rates. Whole and crushed fruit also performed better than ground samples. The mean level of AFB₁ recorded was 19µg/kg with a maximum of 89µg/kg [12].

The European Union has set strict limitations on aflatoxins levels in various foodstuffs, such as groundnuts, nuts, dried fruits, cereals, milk and spices, including paprika and chili [5].

Contamination of pepper by aflatoxin-forming fungi has been of increasing concern in international trade circles [12, 22]. The incidence of *A. flavus* and the occurrence of aflatoxin in black and red pepper have been well documented [10].

The aim of this work was to assess the intensity and frequency of contamination of dry red pepper by moulds and mycotoxins in Armenian markets.

Material and Methods

Totally 45 local samples of red pepper were analyzed. The samples have been taken from the markets of Yerevan between 2019-2020 years.

Sampling

Samples were collected at least 100 gm from each of 3 containers in sterile jars and were tightly sealed. If spices were in small packages, they had been delivered to the laboratory in unopened packages.

Fungal Isolation: Dilution Plating

Two-gram samples of ground spices were blended in 99 ml of 0.1% (w/v) peptone broth in a wiring blender for 2 minutes at high speed. Serial dilution down to 10 was made, and 1 ml of each dilution was used on sterile Petri-dishes with four replicates per dilution. Plates were swirled to ensure even distribution of conidiospore (ISO 21527-2:2008) [11].

Fungal Isolation: Direct Plating

Whole pepper corns were sterilized in 25 (v/v) sodium hypochlorite , which include 0.5 % active chlorine for two minutes and rinsed twice in sterile distilled water before being plated onto tap Petri dish with Czapek –Yeast extract agar (CYA), glucose-yeast agar GYA [19].

Identification of pure culture of fungi was done according to the Manuals: Pitt and Hocking, Samson 1996, Elis 1976. [4, 16, 17,19].

Determination of the AFB₁ in fungal extracts from isolated strains of microfungi and samples of red pepper was conducted by using the method of TLC.

Results and Discussion

45 samples of red ground pepper were analyzed. 23 from the analyzed samples have been packed in to paper bags: it is worth noting that 22 were without packaging. 1126 strains of filamentous fungi, which belong to 13 species of micromycetes from five genera, have been isolated from samples of red pepper. It was noticed that *Mucor plumbeus* and *Absidia corymbifera* were predominant species from class *Zygomycetes* isolated from red pepper. In most cases, contamination by the mentioned species has been noticed in unpacked samples. Filamentous fungi from family *Moniliaceae* were represented by *Aspergillus* (7 spp.) and *Penicillium* (3 spp.) genera (Table 1).

Table 1

Systematic list of fungal species, contaminating red pepper

Classes	Femaly	Genus	Quantity	
			species	strains
<i>Zygomycetes</i>	<i>Mucoraceae</i>	<i>Absidia</i>	1	15
		<i>Mucor</i>	1	57
<i>Deuteromycetes</i>	<i>Moniliaceae</i>	<i>Aspergillus</i>	7	1012
		<i>Penicillium</i>	3	23
	<i>Dematiaceae</i>	<i>Alternaria</i>	1	19
Total: 2	3	5	13	1126

From identified fungal species, *A. niger* and *A. flavus* were prevalent in red pepper (Fig. 1). *A. niger* occurred in 88% and *A. flavus* in 79% of observed samples of red pepper. Frequency of occurrence of other species from genus *Aspergillus* can be expressed in the following order: *A. fumigatus* (18%), *A.ochraceus* (11%), *A. carbonarius* (10%). The rest of the species from genus *Aspergillus* was characterized with less frequent occurrence. The genus *Penicillium* was represented by the following 3 species: *P. citrinum* (3%), *P. lanosum* (3%) and *P. verrucosum var. cyclopium* (2%). The abovementioned species were being isolated mainly from packaged samples of red pepper.

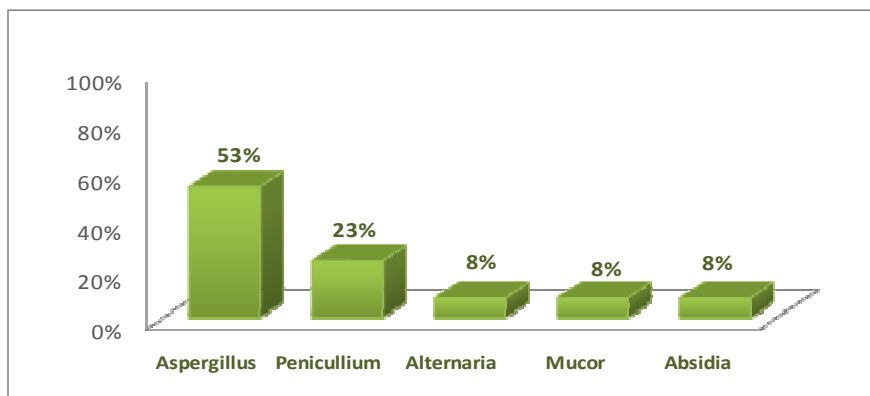


Figure 1. Percentage of filamentous fungi genus isolated from red pepper

The family *Dematiaceae* was represented by genus *Alternaria*, which includes one species of *A. alternata*. *A. alternata* often contaminates chilli pepper, both during vegetation and storage periods [16].

The total count of colony was assessed - forming units of microfungi in 1 g spices (CFU.g-1).

In accordance with (Technical Regulation TR/Ts 021) acceptable values of filamentous fungi in 1 g of ready to use spices, do not have to exceed 1×10^3 cfu/g. Contamination degree of red pepper by microfungi in 91% of analyzed samples surpassed maximum values. The content of fungal conidiospores in different samples was more than 1×10^3 cfu/g and reached 1.4×10^4 cfu/g. Only in two samples of red pepper, contamination level had very low values. Results of contamination of red pepper are presented in Table 2.

Table 2
Composition and occurrence frequency of species of fungi determination in red pepper

Species of fungi	Frequency of occurrence of fungi in red pepper*
<i>Absidia corymbifera</i> Saccardo	26 %
<i>Alternaria alternata</i> Keissler	31 %
<i>Aspergillus candidus</i> Link	8 %
<i>Aspergillus carbonarius</i> (Bainier) Thom	13 %
<i>Aspergillus flavus</i> Link	82 %
<i>Aspergillus fumigatus</i> var. <i>griseobrunes</i> Rai et Singh	56 %
<i>Aspergillus niger</i> Thom	88 %
<i>Aspergillus ochraceus</i> Wilhelm	15 %
<i>Aspergillus terricola</i> Marshall et Raper	13%
<i>Mucor plumbeus</i> Bon	12 %
<i>Penicillium citrinum</i> Thom	3 %
<i>Penicillium verrucosum</i> var. <i>Cyclopium</i>	4 %
<i>Penicillium lanosum</i> Westl.	27 %

- >50% - high frequency of occurrence
- 25-49% - moderate frequency of occurrence
- 12-24% - low frequency of occurrence
- < 12% - rare frequency of occurrence [14]

The determination of aflatoxin B₁ was carried out in 19 fungal extracts of *A. flavus* strains isolated from local red pepper, by TLC method. In 13 extracts (68.4%) of examined strains of *A. flavus* it was occurrence of aflatoxin B₁. Its quantity varied from 5 to 55µg/100ml of liquid media. There was no occurrence of aflatoxins in six extracts of *A. flavus* isolated generally from red pepper or paprika. 45% of *A. flavus* strains isolated from red pepper were producers of aflatoxins (Table 3).

Table 3

**Content of AFB₁ in extracts of strains *A. flavus*, isolated from local samples.
Paprika and chilli pepper**

Numbers of <i>A. flavus</i> strains	Samples	AFB₁ ng/100ml
7-3	Paprika	55
1-5	Hot red pepper	50
4-1	Paprika	45
1-2	Hot red pepper	34
1-8	Hot red pepper	32
6-4	Hot red pepper	31
15-4	Paprika	20.1
2-2	Paprika	10
65	Hot red pepper	7.3
1-1	Paprika	5.5
34'	Paprika	5.5
4-2	Paprika	5.5
2-3	Paprika	5
18	Hot red pepper	ND
15-5	Paprika	ND
15-1	Paprika	ND
11	Paprika	ND
64	Hot red pepper	ND
1-14	Paprika	ND

Numerous surveys carried out by foreign researchers, shown that all varieties of dry red pepper were exposed by aflatoxin producing fungi. There is much evidence of detection of aflatoxin B₁ in the following quantities: 525 µg/kg in Ethiopia [8], 48 µg/kg in pepper from India [21], 243 µg/kg from Italy [7].

It was carried out the chemical analysis of 17 samples of powdery dry red pepper. The results show that in 9 samples of red pepper it was detection of aflatoxin B₁. In 8 samples concentration of aflatoxin B₁ varied from 10 to 50 µg/kg, exceeding acceptable values (5µg/kg). In samples of chilli concentration of aflatoxin B₁ reached 50 µg/kg.

Conclusions

The present work indicated that dried examined red pepper were contaminated with several fungi especially with members of *Aspergillus*, *Penicillium* and *Mucor*. A number of these fungi are capable of producing mycotoxins such as aflatoxin B₁. These findings indicate that there may be a risk of human exposure to mycotoxins through the consumption of dry red pepper. This indicates that continuous monitoring of ground red pepper for toxigenic fungi is necessary to minimize mycotoxin contamination.

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-ne2023.2-19>

References

1. Ardic M., Karakaya Y., Atasever M., Durmaz H. Determination of aflatoxin B₁ levels in deep-red ground pepper (isot) using immunoaffinity column combined with ELISA, *Food and Chemical Toxicology*, 2008, Volume 46, Issue 5, pp. 1596-1599.
2. Costa J., Rodríguez R., Garcia-Cela E., Medin A., Magan N., Lima N., P. Battilani, C. Santos. Overview of fungi and mycotoxin contamination in *capsicum* pepper and in its derivatives, *Toxins (Basel)*, 2019, 11(1), p. 27.
3. Dimicr G.R., Kocici –Tanackov S.D., Tepici A.N., Vujicy B.L., Dimicr Z.M., Mycopopulation of spices. *Acta periodica technologica*, 2008, BIBLID 39, pp. 1-9.
4. Ellis M.B. More Dematiaceous Hyphomycetes, Kew: Coomnw. Mycol. Inst., 1976, p. 607.
5. European Commission, Commission Regulation (EU) No 105/2010 of 5 February 2010 amending Regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards ochratoxin A. *Off. J. European Union L.*, 2010, 35: pp. 7-8.
6. Fazekas, B., Tar A., Kovacs M. Aflatoxin and Ochratoxin. A content of spices in Hungary. *Food Addit. Contam.*, 22, 2005, pp. 856-863.
7. Finoli C., Ferrari, M. Aflatosine in spezie ed erbe aromatiche. *Industrie Alimentari*, 1994. 33 (328), pp. 732-736.
8. Fufa H., Urga K., Screening of aflatoxins in Shiro and ground red pepper in Addis Ababa. *Ethiopian Med. J.*, 1996, 34, pp. 243-249.
9. Gambacorta L., Magistà D., Perrone G., Murgolo S., Logrieco A.F., Solfrizzo M. Co-occurrence of toxigenic moulds, aflatoxins, ochratoxin A, *Fusarium* and *Alternaria* mycotoxins in fresh sweet peppers (*Capsicum annuum*) and their processed products. *World Mycotoxin J.* 2018; 11, pp. 159-174.

10. Ham H., Kim S., Kim M.H., Lee S., Hong S.K., Ryu J.G., Lee T. Mycobiota of ground red pepper and their aflatoxigenic potential. *J. Microbiol.* 2016, p.54, pp. 832-837.
11. ISO 21527-2:2008 Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds
12. Klieber A. Aflatoxin contamination and its management in chilli and paprika products in Australia. *Food Aust.* 2001, 53, pp. 90-92.
13. Martins M.L., Martins H.M. and Bernardo F. Aflatoxins in spices marketed in Portugal. *Food Addit. Contam.*, 2001, 18, pp. 315-319.
14. Mohamed S.S., Maraghy EL., Maghraby O.M.EL. Mycoflora and mycotoxins of sunflower (*HELANTHUS ANNUUS L.*) seeds in Egypt, sugar fungi and natural occurrence of mycotoxins // - *Qatar Univ.Sci.Bull.* 6. 1986, pp. 107-121.
15. O’Riordan M.J., M.G. Wilkinson. A survey of the incidence and level of aflatoxin contamination in a range of imported spice preparations on the Irish retail market. *Food Chem.*, 2008, 107, pp.1429-1435.
16. Pitt J.I., Hocking A.D. *Fungi and food spoilage.* 3rd ed. London, Blackie Academic and Professional. 2009, p. 524.
17. Raper K. B., Fennell D. I. The genus *Aspergillus*. Krieger Publishing Company. Huntington, New York, USA. 1977, p. 686.
18. Reddy S.V., Mayi D.K., Reddy M.U., Thirumala-Devi K and Reddy D.V.R., Aflatoxins B1 in different grades of chilies (*Capsicum annum L.*) in India as determined by indirect competitive ELISA. *Food Addit. Contam.*, 2001, 18, pp. 553-558.
19. Samson. *Introduction to Food-borne Fungi*, 1996, p. 322.
20. Santos L., Marín S., Mateo E.M., Gil-Serna J., Valle-Algarra F.M., Patiño B., Ramos A.J. Mycobiota and co-occurrence of mycotoxins in *Capsicum* powder. *Int. J. Food Microbiol.* 2011, 3, pp. 270-276.
21. Shundo L, Almeida A.P, Alaburda J, Lamardo L.C.A., Navas SA, Ruvieri V, Sabino M. Aflatoxins and ochratoxin A in Brazilian paprika, *Food Control*, 2009. 20, pp.1099-1102.
22. Singh P., Cotty P.J. Aflatoxin contamination of dried red chilies: Contrasts between the United States and Nigeria, two markets differing in regulation enforcement. *Food Control.* 2017, 80, pp. 374-379.
23. Zinedine A., Brera C., Elakhdari S., Catano C., Debegnach F., Angelini S., De Santis B., Faïd M., Benlemlih M., Minardi V. And Miraglia M. Natural occurrence of mycotoxins in cereals and spices Hcommercialized in Morocco. *Food Control*, 2006, 17, pp. 868-874.

**Հայկական կարմիր պղպեղի աղտոտումը
միկոոսկոպիկ սնկերով և աֆլատոքսին B₁-ով**

**Կարինե Գրիգորյան
Վարդուհի Հովսեփյան**

Ամփոփում

Հանգուցային բառեր. պապրիկա, կծու կարմիր պղպեղ, միցելիալ սնկեր, աֆլատոքսին B₁, շտամ, աղտոտվածություն

Այս հետազոտության նպատակն էր ուսումնասիրել աղացած կարմիր պղպեղի աղտոտվածությունը միկոոտքսիգեն սնկերով: 2019-2020 թվականների ընթացքում ուսումնասիրվել է հանրապետության տարբեր մարզերից վերցված 45 նմուշ: Աղացած կարմիր պղպեղից անջատվել են միկոմիցենների 13 տեսակներ, որոնք պատկանում են 5 ցեղերի: *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Aspergillus fumigatus var. griseobrunes*, *A. ochraceus*, *Penicillium lanosum* և *Absidia corymbifera* տեսակները առավել հաճախ անջատվել են կարմիր պղպեղի նմուշներից 2 % ազար պարունակող Czapek-Dox միջավայրում: Կատարվել է աղացած կարմիր պղպեղի 17 նմուշի քրոմատոգրաֆիկ անալիզ՝ պարզելու աֆլատոքսին B₁-ի պարունակությունը: Ուսումնասիրված 9 նմուշում հայտնաբերվել է աֆլատոքսին B₁: Պապրիկայի և կծու կարմիր պղպեղի մեջ աֆլատոքսինի կոնցենտրացիան եղել է 10-50 մկգ/կգ: Կարմիր պղպեղի նմուշներում աֆլատոքսինի պարունակությունը կախված չէր դրա կծու լինելուց: Այս հետազոտության ընթացքում այլ միկոոտքսիններ չեն հայտնաբերվել: Հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ միկոոտքսինների ազդեցության վտանգ կարող է նկատվել չորացած կարմիր պղպեղի օգտագործման ժամանակ:

Загрязнение армянского красного перца микроскопическими грибами и афлатоксином В₁

Карине Григорян
Вардуи Овсепян

Резюме

Ключевые слова: паприка, острый красный перец, мицелиальные грибы, афлатоксин В₁, штаммы, контаминация

Целью настоящего исследования было изучение контаминации молотого красного перца микотоксигенными грибами. В течение 2019-2020 гг. проанализировано 45 образцов, взятых из разных регионов республики. Из молотого красного перца выделено 13 видов микромицетов, принадлежащих к пяти родам. Виды *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. fumigatus* var. *griseobrunes*, *A. ochraceus*, *Penicillium lanosum* и *Absidia corymbifera* наиболее часто выделяли из образцов красного перца на агаризованной среде Чапека-Докса. Проведен хроматографический анализ 17 образцов молотого красного перца на наличие афлатоксина В₁. Афлатоксин В₁ был обнаружен в 9 образцах. Концентрация афлатоксина в паприке и остром красном перце находилась на уровне от 10 до 50 мкг/кг. Содержание афлатоксина в образцах красного перца не зависело от его остроты. Другие микотоксины не были идентифицированы в ходе представленного исследования. Результаты показывают, что существует риск воздействия микотоксинов на человека при употреблении молотого красного перца.

Ներկայացվել է 13.10.2023 թ.

Գրախոսվել է 16.10.2023 թ.

Շնորհունվել է տպագրության 23.11.2023 թ.

Խնձորենու տերևակեր վնասատուները Վանաձորի տարածքում

*Հասմիկ Գրիգորյան
Արմենուհի Հարությունյան
Տաթևիկ Ղազարյան*

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-ne2023.2-29>

Հանգուցային բառեր. Լոռու մարզ, հնդավորներ, ձու, թրթուր, հարսնյակ, հմագո

Լոռու մարզը բնապատմական և պատմաաշխարհագրական ուրույն շրջան է Հայաստանի Հանրապետության հյուսիսում: Տարածքը 3750 քառ. կմ է: Մարզկենտրոնը Վանաձոր քաղաքն է: Իր աշխարհագրական դիրքով Լոռու մարզն ամբողջությամբ գտնվում է մերձարևադարձային գոտում, սակայն ծովի մակարդակից ունեցած բարձր դիրքի և լեռնային բարդ ռելիեֆի պատճառով իրար են հերթափոխում չոր մերձարևադարձայինից մինչև բարձր լեռնային ձնամերձ գոտու կլիմայական պայմանները [1, 8]: Գոտու կլիմայական պայմանները բարենպաստ են հնդավորների, մասնավորապես խնձորենու աճեցման համար:

Ինչպես ամբողջ Լոռու մարզում, այնպես էլ Վանաձոր քաղաքում աճեցվում են խնձորենու տեղական և ներմուծված բազմապիսի սորտեր: Այգիները գտնվում են խիստ տարբերվող լանդշաֆտային և բնակլիմայական պայմաններում: Այս փաստը, ինչպես նաև այգիների մոտ լինելը անտառներին և թփուտներին, ստեղծել են բարենպաստ պայմաններ այդ վայրերից վնասատու միջատների, այդ թվում նաև տերևակեր տեսակների գաղթի և բազմացման համար:

Լոռու մարզում հնդավոր մշակաբույսերի թեփուկաթևավոր վնասատուների վերաբերյալ կատարվել են մի շարք ուսումնասիրություններ [2]: Սակայն ուշադրության կենտրոնում չեն եղել Վանաձոր քաղաքի տնամերձ պտղատու այգիները, մինչդեռ որոշ տարիների տարբեր տերևակեր վնասատուներ զգալի վնաս են հասցրել այս մշակաբույսերին: Բացի այդ, որոշ թեփուկաթևավոր վնասատուների թրթուրներ (ոսկետուտի, օղակավոր, տարագույգ մետաքսագործների և այլն) մասսայական բազմացման տարիներին, ծառերից ընկնելով մարդկանց վրա, իրենց թունավոր մագիկներով առաջացնում են ցան, ալերգիկ երևույթներ: Վնասատուների թիվը տարեցտարի ավելացել է, հատկապես երկրաշարժից հետո, երբ Վանաձոր քաղաքը շրջապատող պետական պտղատու այգիները շինա-

րարական աշխատանքներ կատարելու հետևանքով ոչնչացվել են: Այդ իսկ պատճառով Վանաձոր քաղաքում խնձորենու տերևակեր վնասատուների բացահայտումը և ուսումնասիրությունը արդիական են: Խնձորենու տերևակեր վնասատուների տեսակային կազմը պարզելու դեպքում հնարավոր կլինի տեղեկացնել բնակչությանը՝ ճիշտ պայքար կազմակերպելու նրանց դեմ: Հետազոտության ավյալները կարող են օգտակար լինել Լոռու մարզի կենսաբազմազանությանը հետաքրքրվող մասնագետների համար:

Աշխատանքի նպատակն է եղել՝ բացահայտել Վանաձոր քաղաքի տարբեր թաղամասերի խնձորենու տերևակեր վնասատուների տեսակային կազմը, որոշել նրանց կարգաբանական պատկանելությունը, կատարել որոշ ֆենոլոգիական դիտումներ:

Աշխատանքը կատարելու համար հետազոտվել են Վանաձոր քաղաքի տարբեր տարածքների /Մովխոզ, Դիմաց, Բագում, Կենտրոն, Լագեր թաղամասեր / տնամերձ պտղատու այգիների խնձորենիների վեգետատիվ և գեներատիվ օրգանները, հայտնաբերված թրթուրները տեղափոխել լաբորատորիա և որոշիչների օգնությամբ որոշել նրանց տեսակը: Թրթուրներին կերակրել ենք իրենց սննդային բույսերով մինչև հարսնյակավորվելը, ապա որոշել ստացված թիթեռների տեսակային պատկանելությունը, իսկ առավել լուրջ վնասատուների նկատմամբ կատարել ենք որոշ ֆենոլոգիական դիտումներ:

Հետազոտական աշխատանքները կատարվել են 2021-2023 թթ.՝ մարտ ամսից մինչև վեգետացիայի ավարտը: Վնասատուների ձվեր, թրթուրներ, հարսնյակներ կամ հասուն միջատներ հայտնաբերելու դեպքում դրանք տեղադրել ենք առանձին ապակյա բանկաներում և տեղափոխել լաբորատորիա՝ տեսակային պատկանելությունը որոշելու նպատակով: Բանկաների մեջ թրթուրները տեղադրել ենք իրենց կերաբույսի հետ միասին և բանկաները փակել ենք թանգիֆով: Ձվերը և հարսնյակները ձմռանը պահելիս աշխատել ենք հետևել այն պայմաններին, որում նրանք գտնվում են բնության մեջ: Թիթեռներ ստանալուց հետո դրանց զգուշությամբ վերցրել ենք, սեղմել կրծքից՝ պարալիզացնելու նպատակով (ինչպես որ ընդունված է միջատաբանական մեթոդիկայով) [3, 20-45; 7, 70-99]:

Մեր ուսումնասիրությունների արդյունքում հայտնաբերել ենք խնձորենու տերևակեր տարբեր վնասատուներ, որոնց տեսակային կազմը որոշվել է համապատասխան որոշիչներով [3,20-45; 7,70-99]: Խնձորենու տերևակեր վնասատուների տեսակային կազմը ցույց է տրված աղյուսակ 1-ում:

Վանաձոր քաղաքի տարբեր թաղամասերում հայտնաբերված խնձորենու տերևակեր վնասատուների տեսակային կազմը

	Կարգ	Տեսակ
1	Թեփուկաթևայիններ, կամ թիթեռներ – <i>Lepidoptera</i>	Ձմեռային երկրաչափ – <i>Operophtera brumata L.</i>
		Խժռող երկրաչափ – <i>Erannis defoliaria L.</i>
		Խնձորենու ցեց – <i>Hypomoneuta malinellus Z.</i>
		Տարագույզ մետաքսագործ – <i>Lymantria dispar L.</i>
		Օղակավոր մետաքսագործ – <i>Malacosoma neustria L.</i>
		Ոսկետուտ – <i>Euproctis chrysorrhoea L.</i>
		Ամոթխած բրդապատ – <i>Calliteara pudibunda L.</i>
		Վարդենու տերևուղոր – <i>Archips rosana L.</i>
		Ամենակեր տերևուղոր – <i>Archips podana L.</i>
		Խնձորենու ականացեց – <i>Lyonetia clerckella L.</i>
2	Կարծրաթևավորներ, կամ բզեզներ – <i>Coleoptera</i>	Խնձորենու ծաղկակեր – <i>Anthonomus pomorum L.</i>
		Մայիսյան բզեզ – <i>Melolontha melolontha L.</i>
3	Կիսակարծրաթևավորներ, կամ մլուկներ – <i>Heteroptera</i>	Բնափայտի կանաչ մլուկ – <i>Palomena prasina L.</i>
4	Հավասարաթևայիններ – <i>Homoptera</i>	Խնձորենու կանաչ լվիճ – <i>Aphis pomi Deg.</i>

Աղյուսակ 2-ում պատկերված են խնձորենու տերևակեր վնասատուների հայտնաբերման ժամկետները Վանաձոր քաղաքում:

Վանաձոր քաղաքի տարբեր թաղամասերում խնձորենու տերևակեր վնասատուների հայտնաբերման ժամկետները

Վնասատուի տեսակը	Վնասատուի հայտնաբերման ժամկետները		
	Չու	Թրթուր	Իմացո
Ձմեռային երկրաչափ – <i>Operophtera brumata L.</i>	19.07-29.07	29.07-14.08	22.05-27.05
Խժոռղ երկրաչափ – <i>Erannis defoliaria L.</i>	–	30.07-24.08	–
Խնձորենու ցեց – <i>Hypomoneuta malinellus Z.</i>	–	19.07- 28.07	–
Տարագույգ մետաքսագործ – <i>Lymantria disparL</i>	–	02 .06 -17.06	–
Օղակավոր մետաքսագործ – <i>Malacosoma neustria L.</i>	–	06.06- 28.06	–
Ոսկետուտ – <i>Euproctis chrysorrhoea L.</i>	–	04.06- 25.06	–
Ամոթխած բրդապատ – <i>Calliteara pudibunda L.</i>	–	29.07-07.10	03.05- 15.05
Վարդենու տերևուլոր – <i>Archips rosana L.</i>	–	13.07- 17.07	23.07- 28.07
Ամենակեր տերևուլոր – <i>Archips podana L.</i>	–	24.07- 29.07	18.08- 22.08
Խնձորենու ականացեց – <i>Lyonetia clerckella L.</i>	–	–	13.05- 15.05
Խնձորենու ծաղկակեր – <i>Anthonomus pomorum L.</i>	–	–	10.06- 19.06
Մայիսյան բզեզ – <i>Melolontha melolontha L.</i>	–	–	06.05- 22.05
Բնափայտի կանաչ մլուկ – <i>Palomena prasina L.</i>	10.08-15.08	–	20.09- 29.09
Խնձորենու կանաչ լվիճ – <i>Aphis pomi Deg.</i>	–	–	23.04- 27.04

Այսպիսով, Վանաձոր քաղաքի տարբեր թաղամասերում հայտնաբերվել են խնձորենու տերևակեր 14 վնասատուներ, որոնք պատկանում են թեփուկաթևավորների, կարծրաթևավորների, կիսակարծրաթևավորների և հավասարաթևավորների կարգերին:

Հայտնաբերված վնասատուներից խնձորենիներին առավել մեծ վնաս են հասցնում հետևյալ տեսակները՝ խնձորենու ցեցը (*Hypomoneuta malinellus* Z.), տարագույգ մետաքսագործը (*Lymantria dispar* L.), օղակավոր մետաքսագործը (*Malacosoma neustria* L.), ոսկետուտը (*Euproctis chrysorrhoea* L.), խնձորենու ծաղկակերը (*Anthonomus pomorum* L.), տերևուղորները, հատկապես՝ վարդենու (*Archips rosana* L.) և ամենակեր տերևուղորները (*Archips podana* L.):

Խնձորենու ցեցը վնասում է խնձորենու տերևները հուլիսի սկզբներից մինչև օգոստոսի սկզբները, տարագույգ մետաքսագործը՝ հունիսի սկզբներից մինչև հուլիսի կեսերը, օղակավոր մետաքսագործը՝ հունիսի սկզբներից մինչև օգոստոսի կեսերը:

Վնասատուների էտոմոնֆագերից հայտնաբերվել են իիննևոնիդներ և բրակոնիդներ:

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-ne2023.2-29>

Գրականություն

1. Մնացականյան Բ. Պ., Թաղևոսյան Գ. Պ., Լոռու կլիման և ջրերը, Վանաձոր, «ՄԻՄ տպագրատուն» ՍՊԸ, 2007, 292 էջ:
2. Григорян А.Дж. Чешуекрылые вредители яблони и груши в Лори-Памбакской зоне Армянской ССР, биология основных видов и меры борьбы с яблонной плодояркой и медведицей госпожой. Автореферат дисс. на соиск. ученой степени кандидата биологических наук, Тбилиси, 1984 г., 21 с.
3. Копанева Л. М., Дорохова Г. И. Инструкция по сбору, хранению и пересылке насекомых, Ленинград, Пушкин, 1979, 48 с.
4. Мамаев Б.М. и др. Определитель насекомых Европейской части СССР. Учебн. пос. для студ. биол. специальностей пед. ин-тов. Москва: Просвещение, 1976, 319 с.
5. Мамев Б.М. Определитель насекомых по личинкам. Москва: Просвещение, 1972, 400 с.
6. Палий В. Ф. Методика изучения фауны и фенологии насекомых, Воронеж: ЦЧКИ, 1970, 189 с.

Чешуекрылые вредители яблони на территории города Ванадзора

Асмик Григорян
Арменуи Арутюнян
Татевик Казарян

Резюме

Ключевые слова: Лорийский регион, семечковые, яйцо, гусеница, куколка, имаго

В специальной литературе есть данные о чешуекрылых вредителях яблони в Лорийском регионе, однако, относительно этих вредителей в г. Ванадзоре исследования не проводились, тогда как после массовой вырубki плодовых садов в окрестностях города, множество вредных насекомых, в том числе и чешуекрылых, нахлынули в частные сады г. Ванадзора. Здесь гусеницы наносят заметный ущерб частным хозяйствам. Помимо этого, гусеницы некоторых вредителей, попадая на кожу людей, особенно детей, вызывают аллергические реакции, порой очень серьезные. Изучению этого вопроса и посвящена данная работа.

В результате исследований нами выявлено 14 видов листогрызущих вредителей яблони, которые относятся к отрядам чешуекрылых, жесткокрылых, полужесткокрылых и равнокрылых. Наибольший вред наносят яблонная моль (*Hypomoneuta malinellus* Z.), непарный шелкопряд (*Lymantria dispar* L.), кольчатый шелкопряд (*Malacosoma neustria* L.), золотуха (*Euproctis chrysorrhoea* L.), яблонный цветоед (*Anthonomus pomorum* L.), листовертки, особенно розанная (*Archips rosana* L.) и всеядная (*Archips podana* L.). Получены также энтомофаги, которые относятся к браконидам и ихневмонидам.

Lepidopteran Pests of Apple Trees on the Territory of the City of Vanadzor

Hasmik Grigoryan
Armenuhi Harutyunyan
Tatevik Ghazaryan

Summary

Key Words: *Lori region, pomaceae, egg, caterpillar, pupa, imago*

Lepidopteran pests of apple trees in the Lori region have been documented in specialised literature; however, research on these pests in Vanadzor has not been done, despite the fact that many dangerous insects, including lepidoptera, flooded into private gardens in the city of Vanadzor after extensive clearing of orchards nearby. In this area, private farms suffer substantial damage from caterpillars. Additionally, some pests' caterpillars can induce allergic reactions, some of which can be very dangerous, when they come into contact with people's skin, particularly that of youngsters.

The investigation of this matter is the focus of this work.

As a result of our research, we identified 14 species of leafrollers of apple trees, which belong to the orders Lepidoptera, Coleoptera, Hemiptera and Homoptera. The greatest damage is caused by Apple ermine (*Hypomoneuta malinellus* Z.), Gypsy (spongy) moth (*Lymantria dispar* L.), Lackey moth (*Malacosoma neustria* L.), Brown-tail moth (*Euproctis chryorrhoea* L.), Apple blossom weevil (*Anthonomus pomorum* L.), Tortrix moths especially Rose tortrix moth (*Archips rosana* L.), and Large fruit-tree tortrix (*Archips podana* L.). Entomophages have also been obtained, which belong to the families of Braconidae and the Ichneumonidae.

Ներկայացվել է 02.10.2023 թ.
Գրախոսվել է 09.11.2023 թ.
Ընդունվել է տպագրության 23.11.2023 թ.

**Վանաձոր քաղաքի կանաչապատման մեջ կիրառվող
Catalpa L. և Paulownia L. ցեղերի բուսատեսակների
շնչառության և ֆոտոսինթեզի գործընթացների
առանձնահատկությունները**

***Զարուհի Վարդանյան
Արևիկ Սարգսյան***

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-ne2023.2-36>

Հանգուցային բառեր. *Կլիմայի գլոբալ փոփոխություն, կենսաբազմա-
զանություն, կանաչապատում, ինտրոդուցված տեսակներ*

Ներածություն

Քաղաքակրթության զարգացմանը զուգընթաց բնության և հասարակության միջև փոխհարաբերությունները գնալով բարդանում են, և այսօր՝ 21-րդ դարում, ստացել են սպառնացող բնույթ: Նման սպառնալի բնույթ կրող փոփոխություններից է կենսաբազմազանության տեսակային կազմի փոփոխությունը: Կենսաբազմազանության տեսակային կազմի վրա վնասակար ազդեցություն է ունենում կլիմայի գլոբալ փոփոխությունը [8, 1-7]:

Գլոբալ տաքացման արդյունքում բույսերում նկատվում է ֆիզիոլոգիական գործընթացների՝ աճի, վեգետացիայի փուլերի տևողության, ֆիզիոլոգիական գործընթացների ինտենսիվության փոփոխություն: Ըստ որոշ հետազոտողների՝ մարդու գործունեության արդյունքում մթնոլորտում ածխածնի երկօքսիդի կոնցենտրացիայի ավելացումը անմիջականորեն ազդում է բուսատեսակների ֆիզիոլոգիական գործընթացների ինտենսիվության վրա, մասնավորապես՝ նկատվում է աճման տեմպի և ֆիզիոլոգիական գործընթացների ինտենսիվության փոփոխություն [9, 1198-1212]:

Կլիմայի գլոբալ փոփոխությունը մեծացնում է ինտրոդուցված տեսակների տեսակային կազմի քանակի հնարավոր ավելացումը [3]:

Ըստ գրականության տվյալների՝ կապված կլիմայի գլոբալ տաքացման հետ՝ գրանցվում է տրոդուցված տեսակների քանակի ավելացում [4]: Ենթադրվում է, որ կանաչապատման մեջ օգտագործվող նմանատիպ բուսատեսակներից են *Paulownia L. և Catalpa L. ցեղերի բույսերը*:

Հաշվի առնելով գլոբալ տաքացման մասին կանխատեսումները՝ քաղաքային կանաչապատման նպատակով օգտագործվող բուսատեսակ-

ների ընտրությունը պետք է հիմնված լինի ոչ միայն բուսատեսակի արագ աճի տեմպերի և լավ հարմարվածության վրա, այլև անհրաժեշտ է հաշվի առնել նրանց հիմնական ֆիզիոլոգիական գործընթացների՝ ֆոտոսինթեզի և շնչառության տեմպերի ուսումնասիրությունները համապատասխան քաղաքային արեալում:

Նյութը և մեթոդը

Ուսումնասիրությունները կատարվել են Լոռու մարզի Վանաձոր քաղաքի կանաչապատ տարածքներում, մասնավորապես՝ Արցախ պուրակում:

Լոռու մարզկենտրոն Վանաձորը գտնվում է Հայաստանի հյուսիսային մասում: Հայաստանի հյուսիսային, հարավային և կենտրոնական շրջաններում 1935-2016 թթ. ընթացքում կլիման դարձել է ավելի չորային: Հայաստանի տարածքի համար 1961-1990 թթ. միջինի (5,50 °C) նկատմամբ կանխատեսվում է տարեկան միջին ջերմաստիճանի աճ մինչև 1,60 °C-ով՝ 2040 թ., 3,30 °C -ով՝ 2070 թ. և 4,70 °C -ով՝ 2100 թ.: Մթնոլորտային տեղումների դեպքում ակնկալվում է 1961-1990 թթ. տարեկան տեղումների միջին քանակի (592 մմ) նկատմամբ նվազում մինչև 2,7 %-ով՝ 2040 թ., 5,4 %-ով՝ 2070 թ. և 8,3 %-ով՝ 2100 թ.: 21-րդ դարի վերջում Հայաստանում սպասվում է տեղումների քանակի որոշակի նվազում՝ մոտ 8,3 %-ով բազիսային ժամանակահատվածի արժեքների նկատմամբ [1, 84-153]:

Ջերմաստափճանային տատանումների վրա ազդում է մթնոլորտային օդի աղտոտումը: Վանաձոր քաղաքում արձանագրվում է նաև մթնոլորտային օդի աղտոտում: Եթե նախկինում՝ մինչ էներգետիկ ճգնաժամը, մթնոլորտային օդի աղտոտման պատճառը հզոր քիմիական արդյունաբերությունն էր, ապա այսօր աղտոտման աղբյուրը գերազանցապես ավտոտրանսպորտն է: Համաձայն 2015 թ. Շրջակա միջավայրի վրա ներգործության մոնիթորինգի կենտրոնի «ՀՀ Շրջակա միջավայրի էկոլոգիական մոնիթորինգի արդյունքների մասին» տեղեկանքի՝ Վանաձոր քաղաքի մթնոլորտային օդում ծծմբի երկօքսիդի միջին տարեկան կոնցենտրացիան ՍԹԿ-ն (Սահմանային թույլատրելի կոնցենտրացիա) գերազանցել է 1,5 անգամ: Ազոտի երկօքսիդի և փոշու միջին տարեկան կոնցենտրացիաները չեն գերազանցել ըստ գրականության տվյալների: Վանաձոր քաղաքի մթնոլորտային օդում փոշու և ազոտի երկօքսիդի աղտոտվածության մակարդակները գերազանցում են բնակելի գոտու համար սահմանված նորմերը 1,07 – 1,18 ՍԹԿ անգամ [2, 3-56]:

Օդի սեզոնային և տարեկան միջին ջերմաստիճանը (ՕՇ),
 միջինացված տարբեր ժամանակահատվածներում [Error! Reference source not found.]

Վայան	Տարիներ	Ձմեռ	Գարուն	Ամառ	Աշուն	Տարեկան
Վանաձոր	1961-1985	-2,0	7,2	16,8	9,1	7,8
	1986-2010	-1,4	7,7	18,0	9,7	8,5
	2020-2050	0,0	8,9	19,2	11,2	9,8

Աղյուսակ 1-ից երևում է, որ 2020-2050 թթ. Վանաձորում կանխատեսվում է ջերմաստիճանի բարձրացում մինչև 9,8°C: Առանձին սեզոններում ավելացել են նաև մեկօրյա առավելագույն տեղումների ցուցանիշները: Այսպես, Վանաձորում առավելագույն մեկօրյա տեղումների ցուցանիշները 1986-2010 թթ. 12 մմ-ով ավելի է, քան նախորդ 25 տարիներին [Error! Reference source not found., 1-116]:

Ուսումնասիրությունները տարվել են աչքաչափական, երթուղային, կիսաստացիոնար և ստացիոնար եղանակներով ծովի մակարդակից 1350 մ բարձրության վրա [6, 5-49]:

Հետազոտվող ծառատեսակների մոտ ուսումնասիրվել է թթվածնի և ածխաթթու գազի արտազատման ինտենսիվությունը Lab Quest սարքի միջոցով: Ֆիզիոլոգիական ուսումնասիրությունները կատարվել են ՎՊՀ Քիմիայի և կենսաբանության ամբիոնի Բնագիտական համալիր և Կենսաբանա-էկոլոգիական հետազոտությունների լաբորատորիաներում:

Փորձերը կատարվել են 3-4 կրկնողությամբ, իսկ այնուհետև որոշվել են միջին թվաբանական ցուցանիշները:

Հետազոտության օբյեկտ են ընտրվել Վանաձոր քաղաքի կանաչապատման մեջ վերջին տարիներին օգտագործվող *Catalpa L.* և *Paulownia L. ցեղերի* բուսատեսակները:

Պակլովնյա *Paulownia L.*

Այս ցեղին պատկանող բուսատեսակների հայրենիքը Չինաստանն է: Ամենաարագ աճող ծառերից են: Բույսի կյանքի տևողությունը 70-ից 100 տարի է, ինչը նաև եզակի հատկանիշ է արագ աճող այլ տեսակների շրջանում: Պակլովնյա (*Paulownia L.*) ցեղը ընդգրկում է ավելի քան 20 տեսակ, որոնք ունեն նմանատիպ հատկություններ, և այդ պատճառով դրանք կոչվում են *Paulownia* հավաքական անունով՝ *P. australis*,

P. catalpifolia, *P. coreana*, *P. duclouxii*, *P. elongate*, *P. fargesii*, *P. fortune*, *P. glabrata*, *P. grandifolia*, *P. imperialis*, *P. kawakamii*, *P. lilacina*, *P. longifolia*, *P. meridionalis*, *P. mikado*, *P. recurva*, *P. rehderiana*, *P. shensiensis*, *P. silvestrii*, *P. taiwaniana*, *P. thyrsoidea*, *P. tomentosa*, *P. viscosa* [7, 3-76]:

Ցածր ջերմաստիճանների նկատմամբ հարմարվողականությունը տարբեր է՝ կախված *Paulownia*-ի տեսակներից: Օրինակ՝ *Paulownia Tomentosa*-ն կարող է դիմակայել մինչև -35°C սառնամանիքին, *Paulownia Elongate*-ը՝ մինչև -16°C , իսկ *Paulownia fortunei*-ն դիմացկուն չէ 0°C -ից ցածր ջերմաստիճաններին: Ծաղիկները մեծ են, գույնը կապտամանուշակագույն է, յասամանագույն կամ գրեթե սպիտակ: Արմատները հասնում են 4,5-6 մ խորության: Կեղևը բարակ շերտավոր, բաց մոխրագույն, հարթ, հասուն ծառերի վրա թեթևակի ճաքճքված: Բնի տրամագիծը 18 տարեկան ծառի մոտ մինչև 80 սմ է: Պտուղը՝ երկար, կեռիկավոր փայտային պարկուճներ մինչև 10 սմ: Սերմերը՝ թիթեռանման, 2-7 սմ երկարության, թաղանթավոր, թևավոր: Գործնականում չի տառապում հիվանդություններից և վնասատուներից, իրեն լավ է զգում քաղաքային պայմաններում [7, 3-76] (նկար 1):



Նկար 1. *Paulownia L.* ցեղի բուսատեսակ (2023 թ. Վանաձոր)



Նկար 2. *Catalpa L.* ցեղի բուսատեսակ (2023 թ. Վանաձոր)

Կատալպա *Catalpa L.*

Catalpa L. ցեղի բուսատեսակները պատկանում են փողածաղկազգիների ընտանիքին: Այս բուսատեսակների հայրենիքը Հյուսիսային Ամերիկան, Ճապոնիան և Չինաստանն են: Այս ցեղին պատկանում են շուրջ տասնյակ տեսակներ: Ցեղի ներկայացուցիչները հիմնականում ջերմասեր են, սակայն լավ են տանում մինչև $-20-25^{\circ}\text{C}$ -ի սառնամանիքները: Բավականին լուսասեր են, պահանջկոտ հողի նկատմամբ, խոնավասեր են, բնորոշ է արագ աճի տեմպը: Պսակը խիտ, հաճախ կլորացված թագով և բարակ, բունը մոխրաշագանակագույն է, բարենպաստ պայմանների դեպքում հասնում է մինչև 30-40 մ բարձրության: Բնորոշ առանձնահատկությունը խոշոր տերևների առկայությունն է՝ ձվաձև կամ սրտաձև: Տերևի լայնությունը միջինում տատանվում է 20-30 սմ, երկարությունը 10-ից 20 սմ, տերևը երկար ու ամուր կոթունիկի օգնությամբ ամրացվում է ընձյուղին: Ցողունի տրամագիծը հասնում է 20 սմ: *Catalpa L.*-ին պատկանող բուսատեսակները ծաղկում են տնկելուց հետո 5-6-րդ տարում: Պտուղը բազմասերմ տուփ է, ունի յուրօրինակ ձև, որը հիշեցնում է նեղ, երկար պատիճ (մինչև 50 սմ): Այս ցեղի ամենատարածված ներկայացուցիչներն են՝ *Catalpa speciosa*, *Catalpa bignonioides*, *Catalpa bungei*, *Catalpa ovata*, *Catalpa erubescens* 'Purpurea', *Catalpa bignonioides Aurea*, *Catalpa bignonioides Nana* [10, 1-35] (նկար 2):

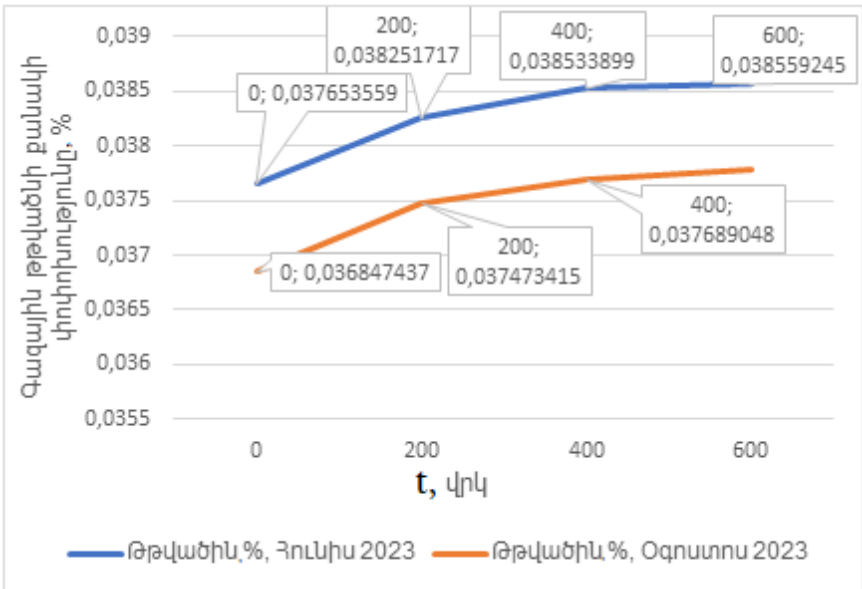
Հետազոտության արդյունքները

Վանաձոր քաղաքում կատարված ուսումնասիրությունների արդյունքում պարզվեց, որ այժմ քաղաքի կանաչապատման նպատակով օգտագործվող ծառատեսակներից են՝ *Catalpa L.* և *Paulownia L.* ցեղերի ներկայացուցիչները: Նախկինում Վանաձորում այդ ցեղերին պատկանող բուսատեսակները չեն կիրառվել կանաչապատման մեջ: Ենթադրաբար Վանաձորի բնակլիմայական պայմանները անբարենպաստ են եղել բուսատեսակների աճեցման համար: Կապված Վանաձորում տարեկան միջին ջերմաստիճանի բարձրացման հետ [1, 84-153]՝ ներկայումս Վանաձոր քաղաքի կանաչ տնկարկներում տեղ են գտել այս երկու ցեղերին պատկանող տեսակները, որոնք համարվում են ինտրոդուցված:

Փորձանմուշները վերցվել են Վանաձորի Արցախ պուրակից:

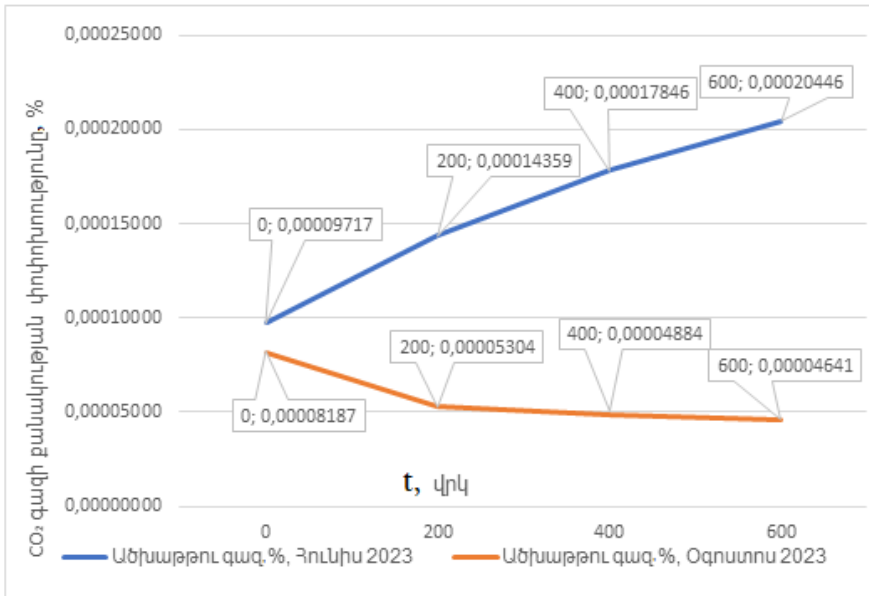
Paulownia L. և *Catalpa L.* բույսերի մոտ ուսումնասիրվել է ֆոտոսինթեզի և շնչառության ինտեսիվությունը ամռան հունիս և օգոստոս ամիսների վերջում: Հետազոտության համար վերցվել են *Catalpa L.* և

Paulownia L. ծառատեսակների տերևներ և ուսումնասիրվել թթվածնի և ածխաթթու գազի արտազատման ինտենսիվությունը Lab Quest սարքի միջոցով: Համեմատություն կատարելու նպատակով ստացված արդյունքների մշակումը իրականացվել է տերևի 1 սմ²-ի միջին հաշվարկով: Տրամագիր 1-ում բերված են *Catalpa* L. ցեղին պատկանող բույսի կողմից տերևի 1 սմ²-ի հաշվարկով գազային թթվածնի միջինացված փոփոխությունը ֆիզիոլոգիական գործընթացների ընթացքում:



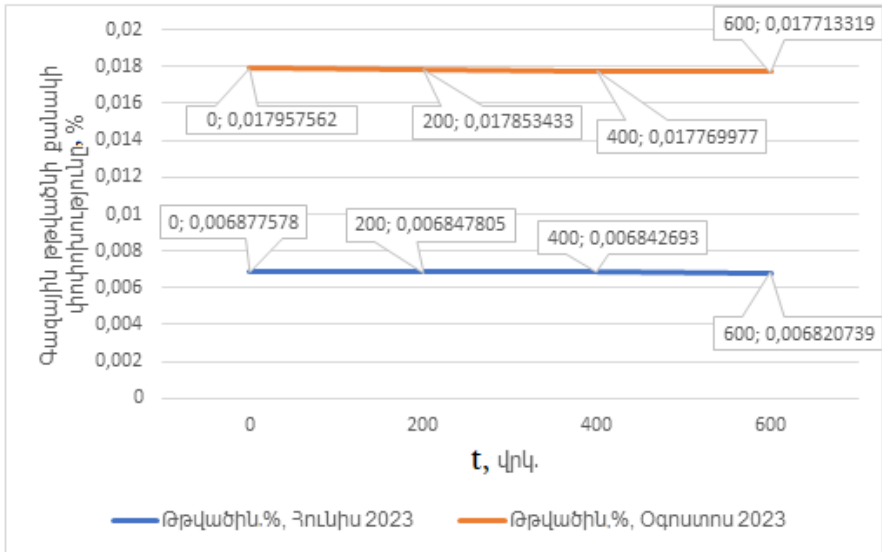
Տրամագիր 1. *Catalpa* L. ցեղի բուսատեսակների կողմից տերևի 1 սմ²-ի հաշվարկով գազային թթվածնի միջինացված փոփոխությունը ֆիզիոլոգիական գործընթացների ընթացքում 600 վրկ ժամանակահատվածում

Տրամագիր 1-ից երևում է, որ հունիսին *Catalpa* L. բույսի հետազոտության արդյունքում փորձի 200-րդ վայրկյանին թթվածնի կոնցենտրացիան ավելացել է նախնական ցուցանիշի համեմատությամբ մոտ 1,015 անգամ, փորձի 400-րդ վայրկյանին՝ մոտ 1,023 անգամ, և փորձի 600-րդ վայրկյանին՝ գրեթե 1,024 անգամ: Օգոստոսին *Catalpa* L. բույսի հետազոտության արդյունքում փորձի 200-րդ վայրկյանին թթվածնի կոնցենտրացիան ավելացել է նախնական ցուցանիշի համեմատությամբ մոտ 1,017 անգամ, փորձի 400-րդ վայրկյանին՝ մոտ 1,023 անգամ, և փորձի 600-րդ վայրկյանին՝ գրեթե 1,025 անգամ:



Տրամագիր 2. *Catalpa L.* ցեղի բուսատեսակների կողմից տերևի 1 սմ²-ի հաշվարկով CO₂-ի միջինացված փոփոխությունը ֆիզիոլոգիական գործընթացների ընթացքում 600 վրկ ժամանակահատվածում

Ուսումնասիրվել են CO₂-ի կոնցենտրացիայի փոփոխությունը 2023 թ.-ի հունիսին և օգոստոսի վերջին *Catalpa L.* ցեղին պատկանող բուսատեսակների մոտ: Հայտանբերվել է, որ հունիսին իրականացված փորձի 200-րդ վայրկյանին CO₂-ի կոնցենտրացիան ավելացել է նախնական ցուցանիշի համեմատությամբ մոտ 1,477 անգամ, փորձի 400-րդ վայրկյանին՝ մոտ 1,83 անգամ, և փորձի 600-րդ վայրկյանին՝ գրեթե 2,1 անգամ: Օգոստոսին արված փորձի արդյունքները ցույց են տալիս, որ CO₂-ի կոնցենտրացիան նվազում է 200-րդ վայրկյանին՝ մոտ 0,6478 անգամ, 400-րդ վայրկյանին՝ մոտ 0,59653 անգամ և 600-րդ րոպեին՝ մոտ 0,566 անգամ (տրամագիր 2):

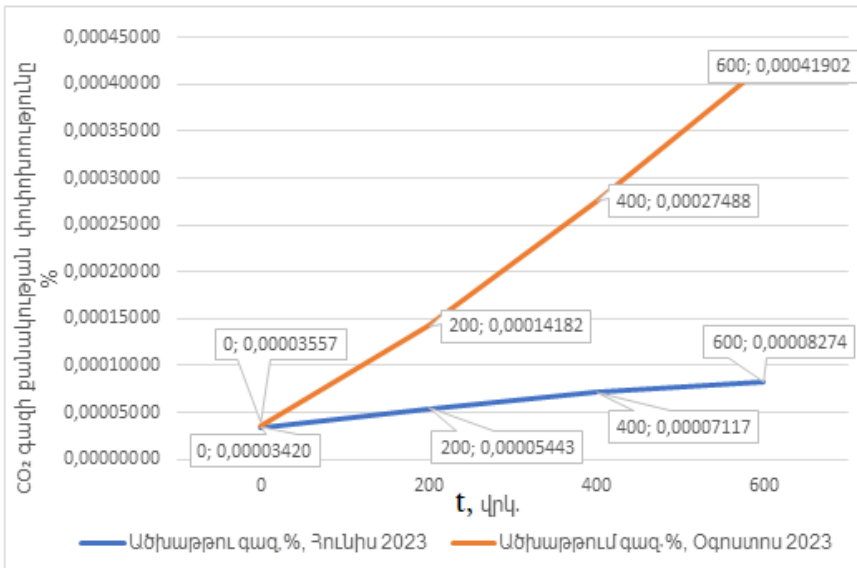


Տրամագիր 3. *Paulownia L.* ցեղի բուսատեսակների կողմից տերևի 1 սմ²-ի հաշվարկով գազային թթվածնի միջինացված փոփոխությունը ֆիզիոլոգիական գործընթացների ընթացքում 600 վրկ ժամանակահատվածում

Ուսումնասիրվել են թթվածնի կոնցենտրացիայի փոփոխության տվյալները *Paulownia L.* ցեղին պատկանող բուսատեսակների մոտ 2023 թ-ի հունիս և օգոստոս ամիսների վերջին: Իրականացված փորձի արդյունքում հունիսին *Paulownia L.* ցեղի բուսատեսակների մոտ փորձի 200-րդ վայրկյանին թթվածնի կոնցենտրացիան փոքր-ինչ նվազել է նախնական ցուցանիշի համեմատությամբ մոտ 0,995 անգամ, փորձի 400-րդ վայրկյանին՝ մոտ 0,994 անգամ, և փորձի 600-րդ վայրկյանին՝ գրեթե 0,991 անգամ: Նույն բուսատեսակների մոտ օգոստոսի վերջին արված հետազոտության արդյունքում փորձի 200-րդ վայրկյանին թթվածնի կոնցենտրացիան նույնպես նվազել է չնչին չափով, նախնական ցուցանիշի համեմատությամբ մոտ 0,9942 անգամ, փորձի 400-րդ վայրկյանին՝ մոտ 0,9895 անգամ, և փորձի 600-րդ վայրկյանին՝ գրեթե 0,9863 անգամ (տրամագիր 3):

Ուսումնասիրելով *Paulownia L.* ցեղին պատկանող բուսատեսակների մոտ CO₂-ի կոնցենտրացիայի փոփոխությունը 2023 թ.-ի հունիս և օգոստոս ամիսների վերջին՝ պարզվեց, որ հունիսի վերջին իրականացված փորձի 200-րդ վայրկյանին CO₂-ի կոնցենտրացիան ավելացել է նախնական ցուցանիշի համեմատությամբ մոտ 1,59 անգամ, փորձի 400-րդ վայրկյանին՝ մոտ 2,081 անգամ, և փորձի 600-րդ վայրկյանին՝ գրեթե 2,419

անգամ: Օգոստոսի վերջին իրականացված փորձի 200-րդ րոպեին CO₂-ի կոնցենտրացիան ավելացել է նախնական ցուցանիշի համեմատությամբ մոտ 3,98 անգամ, փորձի 400-րդ վայրկյանին՝ մոտ 7,728 անգամ, և փորձի 600-րդ վայրկյանին՝ գրեթե 11,78 անգամ (տրամագիր 4):

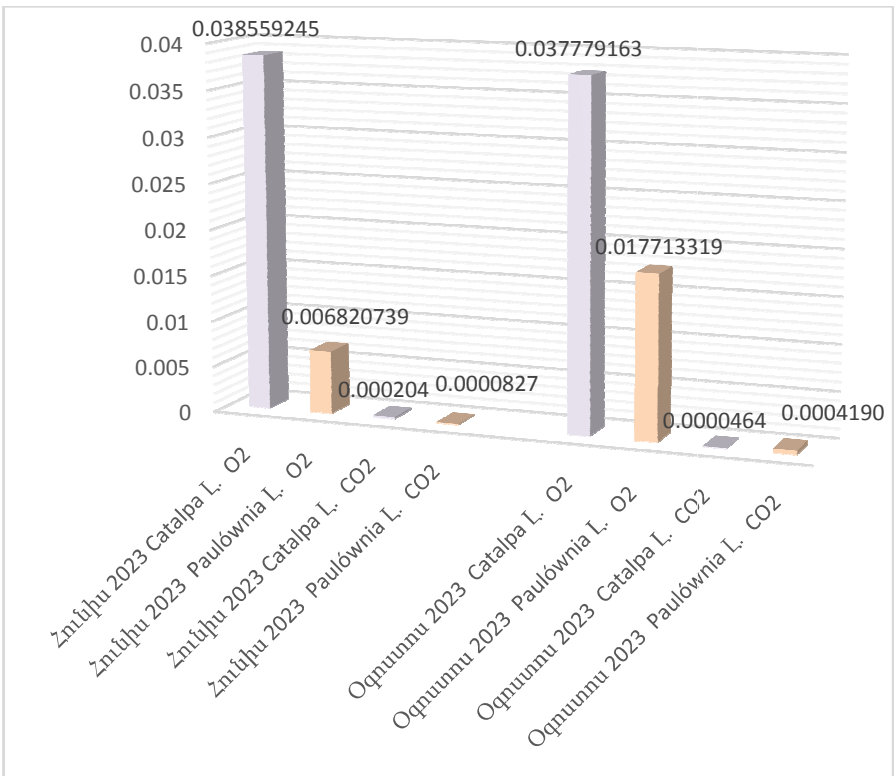


Տրամագիր 4. Paulownia L. ցեղին պատկանող բուսատեսակների կողմից տերնի 1 սմ²-ի հաշվարկով CO₂-ի միջինացված փոփոխությունը ֆիզիոլոգիական գործընթացների ընթացքում 600 վրկ. ժամանակահատվածում

Արդյունքների վերլուծություն

Հետազոտության արդյունքում պարզվեց 2023 թ.-ի հունիսի վերջին *Catalpa L.* ցեղին պատկանող բուսատեսակների կողմից ֆոտոսինթեզի ընթացքում արտադրվող թթվածնի կոնցենտրացիայի աճ է նկատվում *Paulownia L. ցեղին* պատկանող բուսատեսակների համեմատությամբ համապատասխանաբար մոտ 5,65 անգամ: Հունիսի վերջին կատարված փորձերի արդյունքում պարզվեց նաև, որ *Catalpa L.* ցեղին պատկանող բուսատեսակների կողմից արտադրված ածխաթթու գազի քանակությունը նույն ժամանակահատվածում, *Paulownia L.* ցեղին պատկանող բուսատեսակների նույն ցուցանիշի հետ համեմատած, նույնպես ավելացել է միջինում մոտ 2,47 անգամ: 2023 թ.-ի օգոստոսի վերջին կատարված հետազոտության արդյունքում *Catalpa L.* ցեղին պատկանող բուսատեսակների կողմից ֆոտոսինթեզի ընթացքում արտադրվող թթվածնի կոն-

ցենտրացիայի աճ է նկատվում *Paulownia L.* ցեղին պատկանող բուսատեսակների համեմատությամբ միջինում մոտ 2,13 անգամ, իսկ *Catalpa L.* ցեղին պատկանող բուսատեսակների կողմից արտադրված ածխաթթու գազի կոնցենտրացիան, համեմատած նույն ժամակահատվածում *Paulownia L. ցեղին* պատկանող բուսատեսակների նույն ցուցանիշի հետ, նվազել է միջինում մոտ 0,11 անգամ: Այսինքն *Catalpa L.* ցեղին պատկանող բուսատեսակների մոտ վեգետացիայի ավելի ուշ փուլերում ֆոտոսինթեզի արդյունքում արտադրվող թթվածնի քանակի ավելացմանը զուգընթաց նկատվում է ածխաթթու գազի կոնցենտրացիայի նվազում, ինչը վկայում է այն մասին, որ ֆոտոսինթեզի գործընթացի ինտենսիվությունն ավելի բարձր է միաժամանակ տեղի ունեցող շնչառության համեմատությամբ (տրամագիր 5):



Տրամագիր 5. *Catalpa L.* և *Paulownia L.* ցեղերի բուսատեսակների 2023 թ.-ի հունիսին և օգոստոսին կատարված փորձի արդյունքում թթվածնի և ածխաթթու գազի քանակության համեմատություն %-ով արտահայտված

Եզրակացություն

Այսպիսով, *Catalpa L.* ցեղին պատկանող բուսատեսակները ֆիզիոլոգիական գործընթացների տեսակետից ունեն առավելություն *Paulownia L.* ցեղին պատկանող բուսատեսակների համեմատությամբ, և Վանաձոր քաղաքում վեգետացիայի ավարտին ֆոտոսինթետիկ ակտիվությունը գրանցում է աճ 1,025 անգամ: Սա կարևոր է, քանի որ օգտագործելով տվյալ բուսատեսակը քաղաքի կանաչապատման համար, կապահովի մթնոլորտում CO₂-ի կոնցենտրացիայի նվազում: Մյուս հակառակ *Paulownia L.* ցեղին պատկանող բուսատեսակների մոտ կատարված ֆիզիոլոգիական հիմնական պրոցեսների ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս տվյալ բուսատեսակի կողմից շնչառության ինտենսիվության, հետևաբար նաև մթնոլորտ CO₂ գազի արտանետման բարձր տեմպ:

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-ne2023.2-36>

Գրականություն

1. Հայաստանի Հանրապետություն Շրջակա միջավայրի նախարարություն «Կլիմայի փոփոխության մասին չորրորդ ազգային հաղորդագրություն» ըստ կլիմայի փոփոխության մասին ՄԱԿ-ի շրջանակային կոնվենցիայի Կլիմայի փոփոխության չորրորդ ազգային հաղորդագրություն, Երևան, ՄԱԶԾ Հայաստան, 2020, էջ 84-153:
2. Վանաձոր քաղաքի խոցելիության և կարողությունների գնահատում աղետների նկատմամբ /պատրաստեց Վ. Ղարաջյան/ Vanadzor VCA report draft 2/2012, էջ 3-56:
3. Վարդանյան Ժ. Հ., Ծառագիտություն: Դասագիրք բարձրագույն ուսումնական հաստատությունների «Անտառային տնտեսություն և բնակավայրերի կանաչապատում» մասնագիտության ուսանողների համար, ՀՀ ԳԱԱ հրատ., Երևան, 2005, 370 էջ:
4. Վարդանյան Ժ. Հ., Ծառաբույսերի աճեցման և գեղազարդ տնկարկների ստեղծման առանձնահատկությունները Հայաստանում, ՀՀ ԳԱԱ Թախտաջյանի անվան բուսաբանության ինստիտուտ, Երևան, 2020, 208 էջ:
5. Динамика местных тенденций изменения климата, природных катастроф и анализ экологических, социально-экономических последствий в трансграничном целевом ареале реки Кура/ Лорийский марз (Республика Армения)/, 2012, с. 1-116.

6. Сукачев В.Н. Основные понятия лесной биогеоценологии. В кн.: Осн. лесн. биогеоценологии, М., 1964, с. 5-49.
7. Barton I. L., Nicholas I. D. and Ecroyd C. E. "Paulownia" FOREST RESEARCH BULLETIN No. 231, Ensis, Private Bag 3020, Rotorua, New Zealand, 2007, pp. 3-76.
8. Ioannis A., Aikaterini F., Jovanna A., Niki S. Climate Change and Adverse Public Health Impacts on Human Health and Water Resources. Environ. Sci. Proc., 2023, 26(1), 178; <https://doi.org/10.3390/environsciproc2023026178> Published: 6 September 2023, pp. 1-7.
9. Jacqueline E. Mohan, James S. Clark, and Schlesinger W. H. Long-term CO₂ enrichment of a forest ecosystem: implications for forest regeneration and succession. Ecological Applications, 2007 by the Ecological Society of America, pp. 1198–1212.
10. Olsen T. R., Kirkbride jr J. H. Taxonomic revision of the genus *Catalpa* (Bignoniaceae), U.S. National Arboretum, 3501 New York Avenue NE, Washington, DC 20002-1958, USA, pp. 1-35.

**Особенности процессов дыхания и фотосинтеза растений родов
Catalpa L. и *Paulownia L.*, используемых в озеленении города Ванадзора**
Заруи Варданян
Аревик Саргсян

Резюме

Ключевые слова: глобальное изменение климата, биоразнообразие, озеленение, интродуцированные виды

На видовой состав биоразнообразия негативно влияет глобальное изменение климата.

В результате глобального потепления происходят изменения физиологических процессов многих видов растений. В связи с глобальным потеплением зафиксировано, что многие интродуцированные виды растений хорошо адаптированы как в дикой природе, так и пригодны для выращивания. Считается, что к таким видам растений относятся растения, принадлежащие к родам *Catalpa L.* и *Paulownia L.*. Учитывая прогнозы глобального потепления, выбор видов растений, используемых для озеленения городов, должен основываться не только на быстрых темпах роста и хорошей приспособляемости видов растений, но и на исследования их основных физиологических процессов: фотосинтеза и дыхания на соответствующей городской территории. В результате исследований, проведенных в городе Ванадзоре в конце июня и августе 2023 года, установлено, что растения, принадлежащие к родам *Catalpa L.* и *Paulownia L.* входят в число интродуцированных растений, используемых для озеленения города. Раньше виды растений, принадлежащие этим родам, в озеленении не использовались. Предположительно, климатические условия Ванадзора были неблагоприятны для выращивания этих растений. В связи с повышением среднегодовой температуры в зеленых насаждениях города Ванадзора были обнаружены растения, принадлежащие к этим двум родам. У деревьев принадлежащим роду *Catalpa L.* в городе Ванадзоре, зафиксировано увеличение фотосинтетической активности в 1,025 раз в конце вегетации. Это важно, ведь использование этого вида растений для озеленения города обеспечит снижение концентрации CO_2 в атмосфере. С другой стороны, изучения основных физиологических процессов у деревьев принадлежащим роду *Paulownia L.*, показывают высокую скорость интенсивности дыхания и, следовательно, выделения газа CO_2 в атмосферу у данных видов растений. Эти данные обосновывают тот факт, что озеленение необходимо проводить на научной основе с учетом прогнозируемых изменений климата в городе Ванадзор.

**Peculiarities of Respiration and Photosynthesis Processes of Plants
Belonging to the Genera *Catalpa L.* and *Paulownia L.* Used in Landscaping
of the City of Vanadzor**

**Zaruhi Vardanyan
Arevik Sargsyan**

Summary

Key words: *global climate change, biodiversity, greening, introduced species*

The species composition of biodiversity is negatively affected by global climate change.

As a result of global warming, changes in the physiological processes of many plant species occur. Due to global warming, it has been recorded that many introduced plant species are well adaptable in the wild and suitable for cultivation. Presumably plants, belonging to the genera *Catalpa L.* and *Paulownia L.* are such species of plants. Given the projections of global warming, the selection of plant species for urban greening should prioritize not only their fast growth rate and adaptability but also an examination of their fundamental physiological processes, specifically focusing on photosynthesis and respiration, within the specific urban environment. Based on the research conducted in the city of Vanadzor in June and August 2023, it has been determined that plants from the genera *Catalpa L.* and *Paulownia L.* are among the introduced species utilized for the city's landscaping. Previously, plant species belonging to these genera were not used in landscaping. In all likelihood, the climatic conditions of Vanadzor were unfavorable for growing these plants. Due to the increase in average annual temperature, plants belonging to these two genera were discovered in the green spaces of the city of Vanadzor. In the trees belonging to the genus *Catalpa L.* in the city of Vanadzor, there was a recorded increase in photosynthetic activity by 1.025 times at the end of the growing season. This is significant because the utilization of this plant type for city greening can help reduce CO₂ concentration in the atmosphere. On the other hand, the examination of the basic physiological processes in trees belonging to the genus *Paulownia L.* indicates a high rate of respiration intensity, resulting in the release of CO₂ gas into the atmosphere in these plant species. These findings emphasize the need for a scientific approach to landscaping, taking into account the projected climate changes in the city of Vanadzor.

Ներկայացվել է 10.10.2023 թ.

Գրախոսվել է 08.11.2023 թ.

Ընդունվել է տպագրության 23.11.2023 թ.

ՄԱՆԿԱՎԱՐԺՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՄԵԹՈՂԻԿԱ

ПЕДАГОГИКА И МЕТОДИКА

PEDAGOGY AND METHODOLOGY

**Վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի որոշ
կիրառություններ ֆիզիկայի և մաթեմատիկայի դասընթացում***

Վարդան Մանուկյան

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-ne2023.2-51>

*Հանգուցային բառեր. խնդիր, ուժ, ստատիկա, աշխատանք, համա-
մասնություն, անհավասարություն, ապացույց*

Նախաբան

Վիրտուալ տեղափոխությունների (կամ վիրտուալ աշխատանքի) սկզբունքը տեսական մեխանիկայի վարիացիոն սկզբունքներից է, որն ունի ոչ միայն գործնական, այլև կարևոր տեսական ֆիզիկական նշանակություն: Վերջինս պայմանավորված է ֆիզիկայում էներգետիկ մոտեցումների կարևորությամբ, որոնց առնչվում է այս սկզբունքը: Այս սկզբունքի խիստ և ամբողջական ապացույցը, ինչպես նաև դրա տարբեր կիրառությունները, կարող են դիտարկվել միայն հոծ միջավայրի մեխանիկայի կամ ինժեներական և կիրառական մեխանիկայի համալսարանական դասընթացներում: Այնուամենայնիվ, եթե սկզբունքի էությունը մեկնաբանվի պարզ ձևով, ապա նույնիսկ դպրոցական ֆիզիկայի դասընթացի շրջանակում այն կարող է արդյունավետորեն օգտագործվել ստատիկայի խնդիրների լուծման գործընթացում: Հարկ է նշել, որ ստատիկայի որոշ խնդիրներ շատ դժվար է լուծել ուժերի և մոմենտների հավասարակշռության ստանդարտ պայմանների քննարկման ճանապարհով: Նման դեպքերում վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի կիրառումը դառնում է այդ խնդիրների լուծման գործնականում միակ հնարավոր մոտեցումը: Հոչակավոր ֆիզիկոս Ռ. Ֆեյնմանը իր հայտնի դասախոսություններում ներկայացրել է վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքը էներգիայի պահպանման օրենքը մեկնաբանելիս և կոնդենսատորի թիթեղների միջև գործող ուժը որոշելիս [7]: Բացի այդ, իր խմբի կողմից հեղինակած հայտնի խնդրագրքի ստատիկայի որոշ խնդիրներ նա առաջարկել է լուծել կիրառելիվ հենց այդ սկզբունքը [8]: [3] և [5] աշխատանքները ներկայացնում են վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի կիրառումը դպրոցական ֆիզիկայի որոշ խնդիրների լուծման գործընթացում: [6, 59-87] գրքի մի ամբողջ գլուխ նվիրված է վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքին և դրա ֆիզիկական կիրառությանը: Թեև նշված

* Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ գիտության կոմիտեի ֆինանսական աջակցությամբ 21T-5C039 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում:

սկզբունքը կարող է ունենալ հետաքրքիր կիրառություն, այն դեռ չի հասցրել պատշաճ տարածում ստանալ ֆիզիկայի դասավանդման գործընթացում: Սույն աշխատանքում, հաշվի առնելով սկզբունքի բովանդակային գեղեցկությունը և օգտակարությունը, փորձ է արված, մնալով դպրոցական ֆիզիկայի շրջանակում, հնարավորինս հիմնավոր և մատչելի կերպով ներկայացնել այն և ապա համակարգված կերպով բերել դրա կիրառությունները ստատիկայի աստիճանական բարդացման սկզբունքով կազմված խնդիրներում, ինչպես նաև մաթեմատիկական անհավասարումների լուծման գործընթացում, ինչն էլ հանդիսանում է աշխատանքի գիտամեթոդական նորույթը: Ստորև նախ կներկայացնենք վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքը, այն կլուսաբանենք պարզ օրինակով և ապա կդիտարկենք հողակապային կախիչի վերաբերյալ մի խնդիր՝ իր զարգացումներով: Այնուհետև, փորձելով հաստատել որոշակի համանմանություններ, սույն սկզբունքի գաղափարները կփորձենք տարածել դպրոցական մաթեմատիկայի անհավասարումների լուծման վրա:

Վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքը

Դիտարկենք մեխանիկական համակարգ, որը գտնվում է հավասարակշռության վիճակում: Սովորաբար մեխանիկական համակարգերի վրա դրվում են տարբեր արտաքին կապեր՝ կոշտպատերի, չդեֆորմացվող թելերի և ձողերի, հողակապերի և այլնի տեսքով: Համակարգի վրա կարող են ազդել ինչպես արտաքին ակտիվ ուժերը, օրինակ՝ ծանրության ուժ, շփման ուժ, արքիմեդյան ուժ և այլն, այնպես էլ կապերի հակազդեցության ուժերը, որոնց մեծությունները կախված են ակտիվ ուժերից: Այժմ ենթադրենք, որ համակարգը մի փոքր շեղվում է հավասարակշռության դիրքից, այնպես, որ համակարգի կետերի տեղաշարժերը լինեն չկաշկանդված մեխանիկական կապերի կողմից դրված սահմանփակումներով: Այլ կերպ ասած՝ այդ տեղափոխությունների արդյունքում կապերը չպետք է խզվեն (պատերը չփլուզվեն, թելերը չկտրվեն, իդեալական ձողերը չկտրվեն, չկարճանան, չերկարեն կամ չծռվեն և այլն): Նման շարժումները կոչվում են վիրտուալ և տարբերվում են համակարգի մասերի իրական շարժումներից, որոնք իրականում տեղի են ունենում կիրառված ուժերի ազդեցության ներքո: Վիրտուալ տեղաշարժերը համակարգի վրա դրված կապերի կողմից թույլատրելի փոքրիկ «մտացածին» տեղափոխություններ են, որոնք ներմուծվում են՝ հավասարակշռության պայմաններում ուժերի միջև կապերը բացահայտելու համար: Վիրտուալ տեղաշարժերը վերցվում են անսահման փոքր, որպեսզի համակարգի վրա ազդող ուժերը համարվեն անփոփոխ:

Ստացվում է այնպես, որ մեխանիկական համակարգի հավասարա-

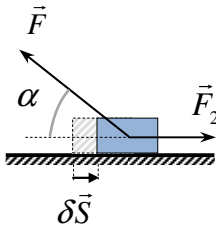
կշռության դիրքից ցանկացած վիրտուալ տեղաշարժի դեպքում բոլոր հակազդեցության ուժերի աշխատանքը հավասար է զրոյի: Դա պայմանավորված է նրանով, որ հակազդեցության ուժերը ուղղահայաց են հնարավոր տարրական տեղափոխություններին: Փաստորեն վիրտուալ տեղափոխությունների ընթացքում աշխատանք են կատարում միայն արտաքին ակտիվ ուժերը, որոնց էլ վերաբերում է վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքը: Վերջինս կարելի է ձևակերպել հետևյալ կերպ.

Հավասարակշռության դիրքից ցանկացած անսահման փոքր վիրտուալ տեղաշարժի դեպքում մեխանիկական համակարգի վրա գործող բոլոր ակտիվ ուժերի աշխատանքների գումարը հավասար է զրոյի:

Դիտարկենք այս սկզբունքի կիրառումը մեկ պարզ խնդրի լուծման օրինակով:

Խնդիր 1: Հորիզոնական հարթության վրա դրված չորսուի վրա ազդում է դեպի վեր ուղղված F ուժ, որը հարթության հետ կազմում է α անկյուն: Որքան է չորսուի վրա ազդող շփման ուժը, եթե չորսուն գտնվում է դադարի վիճակում:

Լուծում: Չորսուի վրա ազդում են \vec{F} ուժը, ծանրության ուժը, հատակի կողմից ազդող հակազդեցության և դադարի շփման ուժերը: Պատկերացնենք, որ չորսուն ենթարկվում է շատ փոքր $\delta\vec{S}$ վիրտուալ տեղափոխության, օրինակ, դեպի աջ ուղղությամբ (նկար 1): Ինչպես արդեն նշել էինք, հակազդեցության ուժը աշխատանք չի կատարում: Այս դեպքում աշխատանք չի կատարում նաև ծանրության ուժը, քանի որ այն նույնպես ուղղահայաց է մարմնի վիրտուալ տեղափոխությանը: Այսպիսով աշխատանք են կատարում միայն \vec{F} ուժն ու շփման ուժը: Վերջիններս հեշտ է որոշել՝ օգտվելով աշխատանքի սահմանումից և գծագրից.



Նկար 1. \vec{F} և \vec{F}_2 ուժերը

կատարում են աշխատանք $\delta\vec{S}$ վիրտուալ տեղափոխության ընթացքում

$$A_F = \vec{F} \cdot \delta\vec{S} = F \delta S \cos(180 - \alpha) = -F \delta S \cos \alpha,$$

$$A_2 = \vec{F}_2 \cdot \delta\vec{S} = F_2 \delta S :$$

Համաձայն վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի՝ այս աշխա-

տանքների գումարը պետք է հավասար լինի զրոյի՝

$$A_F + A_2 = 0,$$

Որից էլ որոնելի շփման ուժի համար ստանում ենք հետևյալ արտահայտությունը.

$$F_2 = F \cos \alpha:$$

Նշենք, որ մենք դիտարկեցինք մարմնի վիրտուալ տեղաշարժը՝ չփոխելով նրա վրա ազդող ուժերը: Հակառակ դեպքում, եթե դիտարկեինք մարմնի իրական սահքը դեպի աջ ուղղությամբ, ապա շփման ուժը կփոխեր իր ուղղությունը դեպի հակառակ կողմը:

Այս խնդիրը, իհարկե, կարելի է լուծել սովորական եղանակով՝ օգտվելով մարմինների հավասարակշռության ստանդարտ պայմաններից: Այս դեպքում երկու մեթոդների կիրառումներն էլ բարդության առումով համարժեք են: Դեռ ավելին, ուժային պրոյեկտման ստանդարտ ճանապարհը նույնիսկ ավելի կարճ է ու պարզ: Այնուամենայնիվ, շատ դեպքերում վիրտուալ տեղափոխությունների մեթոդի կիրառումը հանգեցնում է ավելի ռացիոնալ լուծման և երբեմն նույնիսկ թույլ է տալիս լուծել խնդիրներ, որոնք սկզբունքորեն անլուծելի են սովորական հավասարակշռության պայմանների կիրառման ճանապարհով: Մինչև ստատիկայի նման խնդրի քննարկումը ներկայացնենք սկզբունքի մի դրսևորում, որը կարող է օգտակար լինել դպրոցական ֆիզիկայում դրա կիրառության տեսանկյունից:

Դիտարկենք մասնավոր այն դեպքը, երբ շփման ուժերը բացակայում են, և մեխանիկական համակարգը Երկրի ձգողության դաշտում պահվում է հավասարակշռության մեջ՝ \vec{F} ուժի օգնությամբ: Պատկերացնենք, որ \vec{F} ուժի կիրառման կետը տեղափոխվում է $\delta\vec{S}$ -ով, որի հետևանքով մեխանիկական համակարգը ստանում է վիրտուալ տեղաշարժ, իսկ այդ ուժը կատարում է $A_F = \vec{F} \cdot \delta\vec{S}$ աշխատանք: Այդ ընթացքում ծանրության ուժը նույնպես կատարում է որոշակի աշխատանք, որը հավասար է համակարգի պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությանը՝ հակառակ նշանով $A_G = -\delta E_{II}$: Վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքից ստանում ենք.

$$A_F = \delta E_{II}:$$

Ստացված բանաձևը կարելի է մեկնաբանել՝ ելնելով էներգետիկ նկատառումներից: Կարելի է պատկերացնել, որ \vec{F} ուժի շատ փոքր չափով մեծացման արդյունքում մեխանիկական համակարգը դուրս է գալիս հավասարակշռության վիճակից: Քանի որ ուժի արժեքը գրեթե չի

փոխվել, $\delta\vec{S}$ տեղափոխության ընթացքում այն կատարում է $\vec{F} \cdot \delta\vec{S}$ աշխատանք, որի հետևանքով համակարգի լրիվ մեխանիկական էներգիան աճում է: Դիտարկվող ուժը հավասարակշռության վիճակում ընդունած իր արժեքից անսահման քիչ է տարբերվում և անվերջ փոքր տեղաշարժի դեպքում համակարգի ձեռք բերած կինետիկ էներգիան կարելի է անտեսել: Հետևաբար, \vec{F} ուժի ամբողջ աշխատանքը «ծախսվում է» համակարգի պոտենցիալ էներգիայի ավելացման վրա, որտեղից էլ ստանում ենք վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի՝ վերը քննարկված մասնավոր արդյունքը:

Այսպիսով, ստատիկայի դպրոցական խնդիրները կարելի է լուծել առնվազն երկու եղանակով՝ ստանդարտ ձևով, օգտվելով հավասարակշռության պայմաններից և վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի կամ, պատկերավոր ասած, «էներգետիկ մեթոդի» օգնությամբ: Հաշվի առնելով այս հանգամանքը՝ անհրաժեշտություն է առաջանում ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացում էներգիայի պահպանման օրենքի ուսումնասիրումից հետո անդրադարձ կատարել ստատիկայի խնդիրների լուծմանը: Վերջինս կարևոր է նաև այն տեսակետից, որ ֆիզիկայի օլիմպիական բազմաթիվ խնդիրներ հնարավոր է լուծել հատկապես «էներգետիկ մեթոդի» կիրառմամբ: Պատահական չէ, որ որոշ գրքերում, այդ թվում նաև բազմաթիվ տարիների ընթացքում ֆիզիկայի օլիմպիադաների նախապատրաստվելու համար անփոխարինելի դարձած [1] ձեռնարկում մեխանիկական աշխատանքին ու էներգիային վերաբերող բաժինները նախորդում են ստատիկային: Ստորև կքննարկենք այդ ձեռնարկի մի խնդիր և ապա դրա ընդհանրացումն ու զարգացումը՝ աստիճանական բարդացման սկզբունքով [1, 97]:

Խնդիր 2ա: Գտեք թեթև հողակապային կախիչի վերին շեղանկյան հողակապերի առանցքները միացնող թելի լարման ուժը (նկար 2): Բեռի զանգվածը m է:

Լուծում: Պարզ է, որ ստանդարտ եղանակով՝ ուժերի ու մոմենտների հավասարակշռության պայմանների կիրառմամբ այս խնդիրը կամ շատ դժվար է կամ էլ գործնականում հնարավոր չէ լուծել: Մակայն խնդիրը հեշտությամբ կարելի է լուծել վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի կիրառմամբ: Բավական է դիտարկել հավասարակշռության վիճակից համակարգի փոքր շեղումը, երբ նկար 2-ում պատկերված թելի լարման \vec{T} ուժի ազդման կետը բարձրանում է δh չափով: Երկրաչափական նկատառումներից պարզ է, որ նման վիրտուալ տեղաշարժի արդյունքում m բեռը կբարձրանա $3\delta h$ -ով, և հետևաբար համակարգի պոտենցիալ

էներգիան կաճի $3mg\delta h$ -ով: Համաձայն վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի, ինչը այս իրավիճակում արտահայտում է էներգիայի փոփոխության թեորեմը, թելի լարման ուժի աշխատանքը հավասար է համակարգի պոտենցիալ էներգիայի աճին՝

$$T\delta h = 3mg\delta h,$$

Որտեղից էլ ստանում ենք

$$T = 3mg :$$

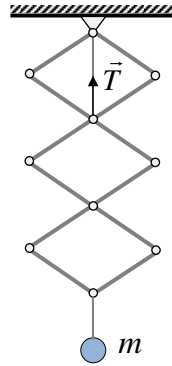
Այժմ ներկայացնենք դիտարկված խնդրի ընդհանրացումը, երբ հաշվի է առնվում կախիչի գանգվածը [2, 97-98]:

Խնդիր 2բ: Գտեք հողակապային կախիչի վերին շեղանկյան հողակապերի առանցքները միացնող թելի լարման ուժը: Կախիչի համասեռ ձողերի և դրանց միացումներում տեղադրված միանման հողակապերի գումարային գանգվածը M է, բեռի գանգվածը՝ m :

Լուծում: Այս դեպքում էլ խնդրի լուծման մոտեցումը մնում է նույնը, սակայն անհրաժեշտություն է առաջանում հաշվի առնել նաև վիրտուալ տեղափոխության արդյունքում կախիչի ձեռք բերած պոտենցիալ էներգիան: Քանի որ կախիչի ձողերը համասեռ են, իսկ հողակապերը՝ միատեսակ, ապա գծագրից ակնհայտ է, որ դրա գանգվածների կենտրոնը գտնվում է մեջտեղի շեղանկյան կենտրոնում: Երկրաչափական նկատառումներից պարզ է նաև, որ եթե կախիչի ներքևի հողակապը բարձրանա $3\delta h$ -ով, ապա այդ կենտրոնը կբարձրանա $3\delta h / 2$ -ով, ինչի արդյունքում կախիչի պոտենցիալ էներգիան կստանա $3Mg\delta h / 2$ աճ: Այս դեպքում արդեն համակարգի պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությունը կլինի $\delta E_{\text{ը}} = 3mg\delta h + 3Mg\delta h / 2$ և վիրտուալ տեղափոխություններ սկզբունքից կստանանք.

$$T\delta h = 3mg\delta h + 3Mg\delta h / 2 \Rightarrow T = 3g(m + M / 2):$$

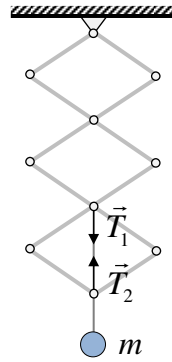
Վերը քննարկված խնդրի հետ ծանոթացումից հետո օգտակար կլինի աշակերտներին առաջադրել լուծել դրա բարդացված տարբերակը, երբ թելով ամրացված են կախիչի ստորին շեղանկյան հողակապերը: Ստորև կվերլուծենք այդ խնդիրը:



Նկար 2. Կախիչը գտնվում է հավասարակշռության վիճակում վերին շեղանկյան հողակապերը միացնող թելի օգնությամբ

Խնդիր 2գ: Գտեք հողակապալին կախիչի ներքևի շեղանկյան հողակապերի առանցքները միացնող թելի լարման ուժը (նկար 3): Կախիչի համասեռ ձողերի և դրանց միացումներում տեղադրված միանման հողակապերի գումարային զանգվածը M է, բեռի զանգվածը՝ m :

Լուծում: Առաջին հայացքից կարող է թվալ, թե նոր դրվածքով խնդիրը քիչ է տարբերվում նախորդ տարբերակից: Սակայն, եթե դիտարկենք կախիչի վիրտուալ տեղաշարժ, ապա, ի տարբերություն նախորդ դեպքի, այժմ արդեն կտեղա-



Նկար 3. Կախիչը գտնվում է հավասարակշռության վիճակում ստորին շեղանկյան հողակապերը միացնող թելի օգնությամբ

շարժվեն թելի երկու միացման կետերը և երկու լարման ուժերն (\vec{T}_1, \vec{T}_2) էլ կկատարեն աշխատանք: Պարզ է, որ եթե թելը փոխարինենք հողակապերի վրա ազդող \vec{T}_1 և \vec{T}_2 ուժերով, ապա համակարգի հավասարակշռությունը չի խախտվի: Քանի որ թելի կշիռը կարելի է անտեսել, $T_1 = T_2 = T$: Այժմ դիտարկենք կախիչի վիրտուալ տեղափոխություն, որի ընթացքում նրա վերևի շեղանկյան ներքևի հողակապը բարձրանում է δh -ով: Կինեմատիկ ակնկալները մյուս երկու շեղանկյուններին ևս կստիպեն «սեղմվել» մինևույն δh չափով: Արդյունքում \vec{T}_1 և \vec{T}_2 ուժերի ազդման կետերը համապատասխանաբար կստանան $2\delta h$ և $3\delta h$ վիրտուալ տեղափոխություններ: Քանի որ \vec{T}_2 ուժը համուղղված է տեղափոխության, իսկ \vec{T}_1 -ը՝ հակուղղված, դրանց կատարած գումարային աշխատանքը կլինի.

$$T_2 3\delta h - T_1 2\delta h = T \delta h:$$

Համակարգի պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությունը, ինչպես և նախորդ դեպքում, որոշվում է բեռի և կախիչի պոտենցիալ էներգիաների գումարային աճով՝ $\delta E_{\text{II}} = 3mg\delta h + 3Mg\delta h / 2$: Հաշվի առնելով այս ամենը՝ վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքից ստանում ենք.

$$T = 3g(m + M / 2):$$

Լուծման ընթացքից պարզ է, որ թելի լարման ուժը կլինի նույնը, եթե այն միացվի կախիչի մեջտեղի շեղանկյան վերևի ու ներքևի հոդակապերից: Կարելի է առաջարկել սովորողներին, ելնելով քննարկված խնդրի լուծման ընթացքից, կարճ դասողությունների միջոցով ցույց տալ, որ թելի լարման ուժը չի փոխվի, եթե այն միացվի կախիչի մեջտեղի շեղանկյան վերևի ու ներքևի հոդակապերից: Աշակերտները կարող են իրենք առաջարկել միացումների այլ տարբերակներ և դրանցից ընտրել այն դեպքը, երբ թելի լարումը նվազագույնն է:

***Վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի հնարավոր
կիրառությունները մաթեմատիկայի դպրոցական դասընթացում***

Աշխատանքի առաջին մասում մանրամասն ներկայացրինք վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի էությունն ու վերջինիս հնարավոր արդյունավետ կիրառությունները ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացի տարբեր ոչ տիպային խնդիրներ լուծելիս:

Ստորև, օգտվելով վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի էությունից և գիտական ճանաչողության հիմնական մեթոդներից մեկից, այն է՝ համանմանության մեթոդից, հանրահաշվական տարբեր ոչ տիպային երկու փոփոխական պարունակող անհավասարությունների ապացուցման համար կառաջարկենք այլ մոտեցում՝ ֆորմալ առումով հիմնված վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի «գործիքակազմի» վրա:

Ինչպես արդեն նշել ենք, վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի համաձայն նախապես երևույթը դիտարկում ենք, երբ մարմինը գտնվում է հավասարակշռության վիճակում, որից հետո մտովի մարմնին վիրտուալ ձևով «հաղորդում» ենք որոշակի տեղափոխություն և այդ պայմաններում նորովի ուսումնասիրում քննարկվող երևույթը: Այժմ վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի այս փուլերը «տեղայնացնենք» երկու փոփոխական պարունակող անհավասարությունների ապացուցման պրոցեսում՝ ըստ ստորև ներկայացվող աղյուսակի:

Համանմանության աղյուսակ

Ֆիզիկայում կիրառվող վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի և հանրահաշվում հանդիպող տարբեր ոչ տիպային երկու փոփոխական պարունակող անհավասարությունների ապացուցման փուլերի համանմանությունը	
I փուլ	
<i>դիտարկել մարմնի վրա ազդող ուժերը հավասարակշռության դեպքում</i>	<i>երկու փոփոխական պարունակող անհավասարությունն ապացուցել փոփոխականների հավասարության դեպքում</i>
II փուլ	
<i>մտովի մարմնին վիրտուալ ձևով «հաղորդել» որոշակի տեղափոխություն և այդ պայմաններում նորովի ուսումնասիրել քննարկվող երևույթը</i>	<i>մտովի փոփոխականներից մեկին «հաղորդել» 2ε ($\varepsilon > 0$) չափով աճ և դիտարկվող անհավասարությունն ապացուցել 2ε չափով միմյանցից տարբերվող փոփոխականների պարագայում</i>

Այժմ վերը նկարագրած փուլերի կիրառմամբ դիտարկենք և ապացուցենք մաթեմատիկայի դպրոցական դասընթացում հանդիպող երկու անհավասարություններ:

Խնդիր 1: Ապացուցել, որ կամայական x և y իրական թվերի համար, երբ $x^2 + y^2 \leq 2$ տեղի ունի հետևյալ անհավասարությունը՝ $|x + y| \leq 2$ [4, 9]:

Լուծում: Անհավասարությունն ապացուցենք աղյուսակ 1-ում նշված փուլերով:

I փուլ: Հեշտ է նկատել, որ $x = y = \alpha \in R$ դեպքում տրված ելակետային անհավասարությունը ճշմարիտ է: Իրոք, ունենք՝

$$x^2 + y^2 \leq 2 \Leftrightarrow \alpha^2 \leq 1 \Rightarrow |\alpha| \leq 1 \Rightarrow |x + y| = 2|\alpha| \leq 2:$$

II փուլ: Այժմ, առանց ընդհանրությունը խախտելու, տրված անհավասարությունն ապացուցենք $x > y$ դեպքում: Այս պարագայում x և y փոփոխականները կարող ենք ներկայացնել հետևյալ տեսքով՝ $x = \alpha + \varepsilon$ և $y = \alpha - \varepsilon$, որտեղ $\alpha, \varepsilon \in R$ և $\varepsilon > 0$: Ըստ այդմ տրված ելակետային անհավասարությունից կստանանք՝

$$x^2 + y^2 \leq 2 \Leftrightarrow \alpha^2 + \varepsilon^2 \leq 1 \Rightarrow |x + y| = 2|\alpha| = 2\sqrt{\alpha^2} = 2\sqrt{1 - \varepsilon^2} \leq 2,$$

ինչն էլ պահանջվում էր ապացուցել:

Ստորև վերոգրյալ մոտեցման կիրառմամբ ապացուցենք մաթեմատիկայի դպրոցական դասընթացում հանդիպող մեկ անհավասարություն, որի միջոցով հնարավոր է գնահատել կամայական երկու իրական թվերի միջին թվաբանականի և միջին երկրաչափականի տարբերության ստորին և վերին եզրերը:

Խնդիր2: Ապացուցել անհավասարությունը՝

$$\frac{(a-b)^2}{8a} \leq \frac{a+b}{2} - \sqrt{ab} \leq \frac{(a-b)^2}{8b}, \text{ որտեղ } a; b \in R \text{ և } a \geq b > 0 \text{ [4, 8]:}$$

Լուծում: Տրված կրկնակի անհավասարությունն ապացուցենք աղյուսակ 1-ում նշված փուլերով:

I փուլ: Հեշտ է նկատել, որ $a = b$ դեպքում տրված էլակետային կրկնակի անհավասարությունը ճշմարիտ է:

II փուլ: Այժմ տրված կրկնակի անհավասարությունն ապացուցենք $a > b$ դեպքում: Այս պարագայում, առանց ընդհանրությունը խախտելու, a և b փոփոխականները կարող ենք ներկայացնել հետևյալ տեսքով՝ $a = \alpha + \varepsilon$ և $b = \alpha - \varepsilon$, որտեղ $\alpha; \varepsilon \in R$ և $\alpha > \varepsilon > 0$: Ըստ այդմ տրված էլակետային անհավասարությունից կստանանք՝

$$\begin{aligned} \frac{\varepsilon^2}{2(\alpha + \varepsilon)} \leq \alpha - \sqrt{\alpha^2 - \varepsilon^2} \leq \frac{\varepsilon^2}{2(\alpha - \varepsilon)} &\Leftrightarrow \frac{\varepsilon^2}{2(\alpha + \varepsilon)} \leq \frac{\varepsilon^2}{\alpha + \sqrt{\alpha^2 - \varepsilon^2}} \leq \frac{\varepsilon^2}{2(\alpha - \varepsilon)} \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow 2(\alpha + \varepsilon) \geq \alpha + \sqrt{\alpha^2 - \varepsilon^2} \geq 2(\alpha - \varepsilon): \end{aligned}$$

Ունենք՝

$$\begin{aligned} 2(\alpha + \varepsilon) &= \alpha + \alpha + 2\varepsilon > \sqrt{\alpha^2 - \varepsilon^2} + \alpha + 2\varepsilon > \alpha + \sqrt{\alpha^2 - \varepsilon^2} \Rightarrow \\ &\Rightarrow 2(\alpha + \varepsilon) > \alpha + \sqrt{\alpha^2 - \varepsilon^2}, \end{aligned}$$

մյուս կողմից նկատենք, որ

$$\begin{aligned} \sqrt{\alpha^2 - \varepsilon^2} + 2\varepsilon &= \sqrt{(\sqrt{\alpha^2 - \varepsilon^2} + 2\varepsilon)^2} = \sqrt{\alpha^2 + 4\varepsilon\sqrt{\alpha^2 - \varepsilon^2} + 3\varepsilon^2} > \alpha \Rightarrow \\ &\Rightarrow \alpha + \sqrt{\alpha^2 - \varepsilon^2} \geq 2(\alpha - \varepsilon) \end{aligned}$$

և, ուրեմն,

$$2(\alpha + \varepsilon) \geq \alpha + \sqrt{\alpha^2 - \varepsilon^2} \geq 2(\alpha - \varepsilon) \Leftrightarrow \frac{(\alpha - b)^2}{8a} \leq \frac{a+b}{2} - \sqrt{ab} \leq \frac{(\alpha - b)^2}{8a},$$

հետևաբար տրված էլակետային անհավասարությունը ճշմարիտ է, ինչն էլ պահանջվում էր ապացուցել:

Եզրակացություն

Վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի հիմնական գաղափարը, որը ներկայացված է սույն հոդվածում, համապատասխան օրինակների միջոցով դրա կիրառություններն ու մեթոդական բնույթի ցուցումները կարող են օգտակար լինել սովորողներին՝ այդ մեթոդի ազատ և հմուտ կիրառման հարցում: Զարգացնելով վերլուծական և տրամաբանական մտածողություն նմանատիպ մոտեցումները՝ նաև լրացնում են սովորողների գիտելիքների պաշարը և հարստացնում հմտությունների զինանոցը, ինչը կարող է նպաստել ֆիզիկայի նկատմամբ հետաքրքրության աճին:

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-ne2023.2-51>

Գրականություն

1. Վորոբյով Ի. Ի., Զուբկով Պ. Ի., Կուսուզովա Գ. Ա., Սավչենկո Օ. Յա., Տրուբաչյով Ա. Ս., Խարիտոնով Վ. Գ., Ֆիզիկայի խնդիրներ: Ուսումնական ձեռնարկ / Օ. Յա. Սավչենկոյի խմբագրությամբ: Երևան, «Տիգրան Մեծ», 2008, 528 էջ:
2. Бутиков Е.И., Быков А.Л., Кондратьев А.С. Физика для поступающих в вузы. М.: Наука, 1982, 608 с.
3. Варламов А., Шапиро А. Метод виртуальных перемещений, Квант, 1980, N 2, с. 9-13.
4. Сивашинский И.Х. Неравенства в задачах, М.: Наука, 1967, - 304 с.
5. Chernoutsan A. Method of virtual displacements, Meeting of Modern Science and School Physics: College for School Teachers of Physics in ICTP, 2011.
6. Coopersmith J. The Lazy Universe: An Introduction to the Principle of Least Action Oxford U.P., New York, 2017, 267 p.
<https://doi.org/10.1119/1.5024210>
7. Feynman R., Leighton R. and Sands M. The Feynman Lectures on Physics boxed set: The New Millennium Edition, New Millennium ed., 2014, 1552 p.
8. Feynman R., Leighton R. and Sands M. Exercises for the Feynman Lectures on Physics: The New Millennium Edition, New Millennium ed., 2014, 320 p.

Некоторые применения принципа виртуальных перемещений в курсе физики и математики

Вардан Манукян

Резюме

Ключевые слова: задача, сила, статика, работа, аналогия, неравенство, доказательство

Данная работа посвящена школьному применению принципа виртуальных перемещений. Значение последнего обусловлено важностью энергетических подходов в физике, с которыми связан этот принцип. Строгое и полное доказательство принципа, а также различных его приложений можно осуществлять только в университетских курсах механики. Однако если суть принципа интерпретировать просто, то даже в рамках школьного курса физики его можно эффективно использовать в процессе решения задач статики. Следует отметить, что некоторые задачи статики очень трудно решить, рассматривая стандартные условия равновесия сил и моментов. В таких случаях применение принципа виртуальных перемещений становится практически единственным возможным подходом к решению этих задач. Хотя упомянутый принцип может иметь интересное применение, он еще не успел получить должного распространения в процессе преподавания физики. В данной работе, в рамках школьной физики, доступным образом изложен принцип виртуальных перемещений. Затем вышеупомянутые идеи использованы как при решении задач статики, так и в процессе решения математических неравенств, что и составляет научно-методическую новизну работы. В статье, с помощью простого примера, сначала представлена суть принципа виртуальных перемещений, а затем рассмотрен ряд постепенно усложняющихся задач статики. В последней части статьи, с помощью некоторых аналогий, применяются идеи принципа при решении неравенств в математике.

Some Applications of the Principle of Virtual Displacements in Physics and Mathematics Courses

Vardan Manukyan

Summary

Key words: *problem, force, statics, work, analogy, inequality, proof*

The work is devoted to the school application of the principle of virtual displacements. The latter is significant since it is related to the importance of energy approaches in physics with which this principle is associated. Only in university mechanics courses can the idea and its many applications be rigorously and completely proven. However, if the essence of the principle is simply interpreted, then even in the confines of a school physics course it can be effectively used in the process of solving statics problems. It should be noted that it can be challenging to answer some statics problems by taking standard equilibrium conditions of forces and torques into account. In such cases, the only viable method for the solution of these problems is to apply the virtual displacements idea. Although this principle may have interesting applications, it has not been widely used in physics teaching yet. The work's scientific and methodological novelty lies in its clear presentation of the principle of virtual displacements within the context of school physics. These concepts are then applied to the solution of mathematical inequalities as well as statics problems. Using a straightforward example, the article first explains the fundamentals of the idea of the virtual displacement, then examines a sequence of progressively intricate statics. In the article's last section, with the help of some analogies, the concepts of the principle are applied to solve mathematical inequalities.

Ներկայացվել է 09.10..2023 թ.

Գրախոսվել է 24.10.2023 թ.

Ընդունվել է տպագրության 23.11.2023 թ.

Ֆիզիկայի և մաթեմատիկայի դասընթացում վերադրման սկզբունքի որոշ կիրառությունների մասին*

Գագիկ Նիկողոսյան

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-ne2023.2-64>

Հանգուցային բառեր. խնդիր, դաշտ, հատկություն, վեկտոր, գումար, երկրաչափություն, ապացույց

Նախաբան

Ցանկացած առարկայի, այդ թվում նաև ֆիզիկայի ու մաթեմատիկայի դասավանդման գործընթացում անհրաժեշտ է պատշաճ ուշադրություն հատկացնել այն ընդհանուր գաղափարներին և սկզբունքներին, որոնք կիրառելի են դասընթացի գրեթե բոլոր բաժիններում: Սկզբունքների հետևողական ուսուցումը ոչ միայն նպաստում է առարկայի ամբողջական ընկալմանը, այլև հնարավորություն է տալիս մի բաժնում ձեռք բերած հմտությունները վերափոխել ու կիրառել մյուս բաժնի ուսուցման գործընթացում. ավելին, երբեմն նման հնարավորություններ առաջանում են ոչ միայն ներառարկայական, այլև միջառարկայական մակարդակում, երբ մի առարկայի «զինանոցից» վերցված գաղափարը կամ սկզբունքը որոշակի իմաստով հնարավոր է լինում կիրառել նաև մեկ այլ առարկայում: Նման հնարավորությունների որոնումն ու իրացումը կարող է զարգացնել միջառարկայական կապերը և նպաստել ուսուցման որակի բարելավմանը:

Մույն աշխատանքում ներկայացնելու ենք ֆիզիկայի ընդհանուր սկզբունքներից մեկը՝ վերադրման սկզբունքը, որն ունի իր տարբեր դրսևորումները ֆիզիկայի առանձին բաժիններում: Վերադրման գաղափարի ընդհանրական բովանդակությունը վեր հանելուց հետո ներկայացնելու ենք դրա կիրառությունը ինչպես աստիճանական բարդացման սկզբունքով կազմված ֆիզիկական խնդիրների, այնպես էլ մաթեմատիկայի դասընթացի որոշ խնդիրների լուծման գործընթացում, ինչն էլ հանդիսանում է աշխատանքի գիտամեթոդական նորույթը:

Ստորև նախ կներկայացնենք վերադրման սկզբունքը ֆիզիկայում և ապա կդիտարկենք դրա կոնկրետ կիրառությունները էլեկտրադինամիկայում: Ներկայացնելու ենք էլեկտրաստատիկայի մեկ խնդրաշարք՝ այն ուղեկցելով մեթոդական բնույթի ցուցումներով: Մատնանշելու ենք էլեկ-

* Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ գիտության կոմիտեի ֆինանսական աջակցությամբ՝ 21T-5C039 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում:

տրադիցիանալիկայում նմանօրինակ այլ խնդրաշարքերի կազմման հնարավոր տարբերակները: Այնուհետև, փորձելով հաստատել որոշակի համանմանություններ, սույն սկզբունքի գաղափարները տարածելու ենք երկրաչափության դպրոցական դասընթացում դիտարկվող, աստիճանական բարդացման սկզբունքով կազմված տարբեր պնդումների ապացուցման և ոչ տիպային խնդիրների լուծման վրա:

Վերադրման սկզբունքը ֆիզիկայում

Վերադրման սկզբունք ասելով ֆիզիկայում հասկանում են փորձնական ու տեսական ճանապարհներով հաստատված տարբեր կարևոր օրինաչափություններ, որոնք, ունենալով իրենց ուրույն բովանդակությունը, ունեն նաև որոշակի ընդհանրություն, ինչն արտահայտվում է առավել ընդհանուր ֆիզիկական վիճակը բնութագրող մեծության՝ մասնավոր վիճակներում նույն այդ մեծությունների նկատմամբ գծային կախվածության առկայությամբ: Նման դեպքերում, որպես կանոն, համակարգի վիճակը կամ բնութագրիչ հատկությունները միարժեքորեն նկարագրող և ի սկզբանե ներմուծվող ֆիզիկական այդ մեծությունը հանդիսանում է վեկտոր (վեկտոր եռաչափ Էվկլիդյան տարածության մեջ, երբեմն նաև սկալյար, թեև գոր, հիլբերտյան տարածության վեկտոր և այլն): Համակարգը բնութագրող վեկտորական մեծության ներմուծումից հետո տարբեր դաշտերի պարագայում դիտարկվում են առանձին աղբյուրների ստեղծած դաշտերն ու համապատասխան վեկտորական մեծությունները տարածության կամայական կետում, և ապա արդյունաբար դաշտը բնութագրող վեկտորական մեծությունը որոշվում է նշված վեկտորների գումարման միջոցով:

Ինչպես հայտնի է, եթե ֆիզիկական դաշտերը էքստրեմալ ուժեղ չեն, ապա դրանց բնութագրող ֆիզիկական տեսությունները սովորաբար գծային են, այսինքն՝ համապատասխան դիֆերենցիալ հավասարումները գծային են: Երբ ասում են, որ նման դաշտերի համար տեղի ունի վերադրման սկզբունքը, նկատի ունեն այն պարզ իրողությունը, որ եթե որևէ երկու ֆունկցիաներ դաշտի դիֆերենցիալ հավասարումների լուծումներ են, ապա դրանց գումարը նույնպես կլինի այդ հավասարման լուծում և կնկարագրի արդյունաբար դաշտ: Օրինակ, վակուումում էլեկտրամագնիսական դաշտը բնութագրող Մաքսվելի հավասարումները գծային են, և ըստ այդմ տեղի ունի այդ դաշտերի վերադրման սկզբունքը: Գրավիտացիոն դաշտը բնութագրող Այնշտայն-Հիլբերտի հավասարումը ոչ գծային է, սակայն թույլ դաշտերի դեպքում այն գծայնանում է, և տեղի է ունենում վերադրման սկզբունքը, այսինքն՝ համակարգի ստեղծած գրավիտացիոն

դաշտը հավասար է լինում համակարգը կազմող մարմինների ստեղծած դաշտերի գումարին: Համեմատաբար փոքր դեֆորմացիաների դեպքում առաձգական մարմիններում ստեղծված լարված ադեֆորմացիոն վիճակը բնութագրող հավասարումները նույնպես գծային են, և այստեղ նույնպես գործում է վերադրման սկզբունքը: Այն դեպքում, երբ ֆիզիկական տեսության հիմնական հավասարումները գծային են, վերադրման սկզբունքի բավարարումը դառնում է ակնհայտ անհրաժեշտություն: Սակայն կան դեպքեր, երբ փորձերը կամ տեսական կանխորոշումները վկայում են վերադրման մասին ու, ելնելով վերադրման սկզբունքի բավարարման անհրաժեշտությունից, համապատասխան տեսության վրա դրվում է գծային լինելու պահանջ: Օրինակ, քվանտային մեխանիկայում վիճակների վերադրման սկզբունքից կարելի է պահանջել, որ տեսության հիմնական հավասարումները (Շրեդինգերի հավասարում, Դիրակի հավասարում...) լինեն գծային: Այդ նույն պատճառով են գծային նաև քվանտային վիճակները բնութագրող բոլոր օպերատորները:

Վերադրման սկզբունքը այս կամ այն չափով կիրառվում է ֆիզիկայի գրեթե բոլոր բաժիններում: Ստորև կներկայացնենք դրա կիրառությունները ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացի էլեկտրադինամիկա բաժնում:

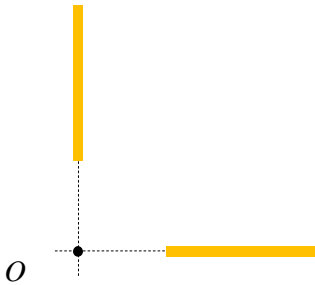
Վերադրման սկզբունքի կիրառությունները էլեկտրադինամիկայում

Քանի որ էլեկտրամագնիսական դաշտերի համար տեղի ունի վերադրման սկզբունքը, ապա այն գործում է՝ սկսած էլեկտրաստատիկայից մինչև էլեկտրամագնիսական ալիքներին առնչվող հարցերը: Հաշվի առնելով, որ լույսը էլեկտրամագնիսական ալիք է, և մեծ հաշվով վակուումում օպտիկական երևույթները էլեկտրամագնիսական երևույթներ են պարզ է, որ պետք է դիտվեն նաև օպտիկական ալիքների վերադրման երևույթներ:

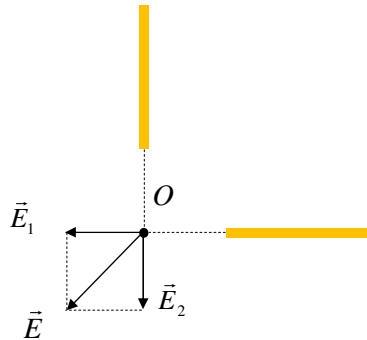
Նշենք, որ վերադրման սկզբունքն ունի ոչ միայն հիմնարար տեսական նշանակություն, այլև լայն ու անփոխարինելի կիրառություն կոնկրետ խնդիրների լուծման ժամանակ: էլեկտրաստատիկայում կետային լիցքի դաշտի լարվածության բանաձևի հետ մեկտեղ վերադրման սկզբունքի կիրառումը դաշտերի հաշվման հիմնական միջոցներից է: Շատ անգամ սովորողները, մեխանիկորեն կատարելով դաշտերի «գումարում», ուշադրություն չեն դարձնում վերադրման սկզբունքի կարևոր նշանակությանը: Ֆիզիկական ընդհանուր սկզբունքների կարևորությունը շեշտադրելու համար օգտակար կլինի ուշադրություն հատկացնել այն խնդիրներին, որոնք լուծվում են բացառապես դրանց կիրառման օգնությամբ: Եթե պայմանականորեն առանձնացնենք ֆիզիկայի խնդրի լուծման ֆիզիկական ու մաթեմատիկական մասերը, ապա նման խնդիրների

լուծման ֆիզիկական մասը, բացի սկզբունքներից, ուրիշ ոչ մի օրենքի ու օրինաչափության կամ այլ ֆիզիկական գաղափարի կիրառում չի պահանջում: Ստորև կքննարկենք աստիճանական բարդացման սկզբունքով կազմված նման մի խնդրաշարք:

Խնդիր 1: Միննույն լիցքով համասեռ լիցքավորված երկու միատեսակ դիէլեկտրիկ ձողերը ստեղծում են էլեկտրաստատիկ դաշտ, որի լարվածության մոդուլը O կետում E է (նկար 1): Որքա՞ն կդառնա այդ կետում դաշտի լարվածությունը, եթե ձողերից մեկը հեռացնենք:



Նկար 1. *Լիցքավորված ձողերը գտնվում են միննույն հարթության մեջ, փոխուղղահայաց են և նրանց առանցքների հատման O կետը հավասարահեռ է համապատասխան ծայրակետերից*



Նկար 2. *O կետում ձողերի ստեղծած էլեկտրաստատիկ դաշտերի վերադրումը*

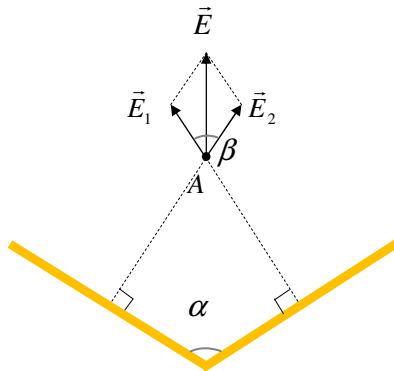
Լուծում: Դիցուք ձողերը լիցքավորված են դրականապես: Յուրաքանչյուր ձողի բոլոր մասերի լարվածությունները տվյալ կետում համուղղված են և համաձայն վերադրման սկզբունքի՝ դրանց \vec{E}_1 և \vec{E}_2 համագործերը նույնպես ուղղված կլինեն համապատասխան ձողերի երկայնքով, ինչպես պատկերված է նկար 2-ում: Ձողերի միատեսակ լիցքավորված լինելուց և գծագրից ակնհայտ է, որ $E_1 = E_2 = E_0$: O կետում էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածությունը \vec{E}_1 և \vec{E}_2 -ի վերադրման արդյունք է: Քանի որ $\vec{E}_1 \perp \vec{E}_2$ ստանում ենք

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{2}E_0 \Rightarrow E_0 = \frac{\sqrt{2}}{2}E :$$

Պարզ է, որ ձողերից մեկի հեռացման արդյունքում O կետում մնում է միայն մյուսի ստեղծած դաշտը, որի լարվածությունը E_0 է:

Ներկայացված խնդրի լուծումից հետո սովորողներին կարելի է հանձնարարել որոշել դիտարկված ձողերի ստեղծած արդյունարար դաշտը ձողերի միջնուղղահայացների հատման կետում [1, 252]: Ի տարբերություն նախորդ խնդրի՝ այս դեպքում արդեն ձողերի ստեղծած լարվածությունների ուղղությունը որոշելու համար անհրաժեշտ է օգտվել տվյալ կետի նկատմամբ լիցքերի բաշխման համաչափությունից: Ստորև կդիտարկենք ներկայացվածի և նմանատիպ մեկ այլ խնդրի [2, 253] մի փոքր ընդհանրացված տարբերակը:

Խնդիր 2: Միևնույն լիցքով համասեռ լիցքավորված երկու միատեսակ ձողերը կազմում են α անկյուն (նկ. 3): Ձողերի միջնուղղահայացների հատման կետում էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության մոդուլը E է: Որքա՞ն կդառնա այդ կետում դաշտի լարվածությունը, եթե ձողերից մեկը հեռացնենք:



Նկար 3. *Էլեկտրաստատիկ դաշտերի վերադրումը ձողերի միջնուղղահայացների հատման A կետում*

Լուծում: Կրկին որոշակիության համար կընդունենք, որ ձողերը լիցքավորված են դրական լիցքերով: Ելնելով համաչափության նկատառումներից՝ դժվար չէ պատկերացնել, որ համասեռ լիցքավորված ուղիղ ձողի միջնուղղահայացի ցանկացած կետում դաշտի լարվածությունը ուղղահայաց է ձողին և ուղղված է այդ միջնուղղահայացով: Նկար 3-ում պատկերված են լիցքավորված ձողերի ստեղծած դաշտերի լարվածություն-

ները ձողերի միջնուղղահայացների հատման A կետում և այդ դաշտերի վերադրման արդյունքում ստացված \vec{E} լարվածությունը: Գծագրից պարզ է, որ \vec{E}_1 և \vec{E}_2 վեկտորները կազմում են $\beta = 180^\circ - \alpha$ անկյուն: Նախորդ խնդրի նման այս խնդրում էլ ակնհայտ է, որ դիտարկվող կետում ձողերը ստեղծում են միատեսակ մոդուլներով դաշտեր՝ $E_1 = E_2 = E_0$: Օգտվելով կոսինուսների թեորեմից՝ \vec{E} -ի մոդուլի համար ստանում ենք.

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2 \cos(180^\circ - \beta)} = 2E_0 \sin \frac{\alpha}{2}:$$

Պարզ է, որ ձողերից մեկի հեռացման արդյունքում A կետում մնում է միայն մյուս ձողի ստեղծած դաշտը, որի լարվածությունը կլինի.

$$E_0 = \frac{E}{2 \sin \alpha / 2}:$$

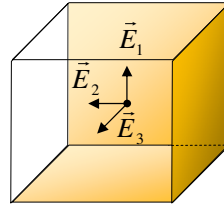
Վերևում քննարկված խնդիրներում բաղադրիչ դաշտերի լարվածության վեկտորներն ու դրանց համագործ գտնվում էին միևնույն հարթության մեջ: Որպես այս տիպի խնդիրների զարգացում՝ հաջորդ փուլում սովորողների հետ կարելի է քննարկել եռաչափ խնդիրներ, երբ գործ ենք ունենալու լիցքերի տարածական բաշխումների ստեղծած դաշտերի լարվածության վեկտորների հետ, որոնք չեն գտնվում միևնույն հարթության մեջ: Ստորև կքննարկենք համեմատաբար պարզ մի օրինակ, որը հարմար է եռաչափ դրվածքով խնդիրների դիտարկումը սկսելու համար:

Խնդիր 3: Խորանարդի նիստերից մեկը համասեռ լիցքավորելուց հետո խորանարդի կենտրոնում էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածությունը դառնում է E_0 : Որքա՞ն կդառնա այդ կետում դաշտի լարվածությունը խորանարդի երկրորդ, երրորդ և ապա մյուս նիստերի՝ նույն ձևով լիցքավորումներից հետո:

Լուծում: Հաշվի առնելով նախորդ խնդիրների լուծման մոտեցումներն ու ստացված արդյունքները՝ ուշադրություն կդարձնենք այս խնդրի լուծման բովանդակային մասին՝ չկրկնելով կարճ, տարրական հաշվարկները: Համաչափությունից պարզ է, որ խորանարդի յուրաքանչյուր նիստի ստեղծած էլեկտրական դաշտի լարվածությունը ուղղահայաց է այդ նիստին: Պարզ է, որ եթե երկրորդ լիցքավորված նիստը առաջինի դիմացինն է, ապա խորանարդի կենտրոնում դրանց ստեղծած դաշտերի վերադրման արդյունքում լարվածությունը դառնում է զրո: Եթե երկրորդը առաջինին կից նիստ է, ապա խորանարդի կենտրոնում դրանց դաշտերը լինում են մոդուլով հավասար և փոխուղղահայաց, ուստի դրանց համա-

գործի մոդուլի համար հեշտությամբ կարելի է ստանալ $\sqrt{2}E_0$: Այժմ դիտարկենք այն դեպքը, երբ լիցքավորված են խորանարդի երեք նիստերը: Եթե այդ երեքից երկուսը գուգահեռ են, ապա դրանց ստեղծած արդյունաբար դաշտը խորանարդի կենտրոնում զրո է, և մնում է միայն երրորդի ստեղծած E_0 դաշտը: Եթե լիցքավորված երեք նիստերի մեջ չկան միմյանց հանդիպակաց նիստեր, ապա խորանարդի կենտրոնում դրանք կստեղծեն մոդուլով հավասար, փոխուղղահայաց լարվածության վեկտորների եռյակ ($|\vec{E}_1| = |\vec{E}_2| = |\vec{E}_3| = E_0$) (նկ. 4):

Այս դեպքում արդեն ինչպես լիցքերը, այնպես էլ դրանց ստեղծած դաշտերի լարվածությունները, չեն գտնվում միևնույն հարթության մեջ, և խնդիրը եռաչափ է: Այս դեպքում նախ գումարում ենք լարվածության վեկտորներից որևէ



Նկար 4. Խորանարդի երեք լիցքավորված նիստերի ստեղծած էլեկտրաստատիկ դաշտերը խորանարդի կենտրոնում

երկուսը և ստանում $\sqrt{2}E_0$ մոդուլով մի վեկտոր, որը ուղղահայաց է երրորդ լարվածության վեկտորին: Վերջիններիս վերադրման արդյունքում էլ արդյունաբար դաշտի լարվածության համար ստանում ենք $\sqrt{3}E_0$: Երբ լիցքավորված են խորանարդի չորս նիստերը, ապա եթե դրանք գույգ հանդիպակաց նիստեր են, ապա արդյունաբար դաշտը զրո է, իսկ երբ գուգահեռ են միայն երկու լիցքավորված նիստերը, ապա մյուս երկու փոխուղղահայաց նիստերի ստեղծած արդյունաբար դաշտը խորանարդի կենտրոնում կլինի $\sqrt{2}E_0$: Պարզ է, որ հինգ նիստերի լիցքավորման դեպքում երկու գույգ հանդիպակաց նիստերի դաշտերը կոմպենսանում են, և մնում է միայն մի նիստի ստեղծած E_0 դաշտը, իսկ բոլոր նիստերի լիցքավորման դեպքում արդյունաբար դաշտի լարվածությունը խորանարդի կենտրոնում զրո է: Այսպիսով, տարբեր քանակությամբ նիստերի լիցքավորման դեպքում խորանարդի կենտրոնում վերադրման արդյունքում առաջացած էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության մոդուլը կարող է ընդունել $0, E_0, \sqrt{2}E_0, \sqrt{3}E_0$ արժեքներից մեկը:

Վերը ներկայացված խնդրի քննարկումից հետո առավել պատրաստված աշակերտների հետ կարելի է քննարկել նաև տարածության մեջ լից-

քերի ստեղծած դաշտերի վերադրման ավելի բարդ խնդիրներ, օրինակ՝ որոշել լարվածությունը կանոնավոր քառանիստ բուրգի կենտրոնում՝ տարբեր քանակությամբ նիստերի լիցքավորման դեպքում:

Հարկ է նշել, որ վերադրման սկզբունքը լայնորեն կիրառվում է նաև էլեկտրադինամիկայի մյուս բաժինների խնդիրների լուծման գործընթացում: Վերը դիտարկված խնդրաշարքին համանման կարելի է դիտարկել նաև մագնիսական դաշտերի վերադրման խնդիրներ: Վերադրման սկզբունքի կիրառմամբ կարելի է քննարկել նաև մի քանի աղբյուրներ պարունակող գծային շղթաների խնդիրներ՝ սկսած պարզ օրինակներից, դրանք զարգացնելով ու հասցնելով էլեկտրատեխնիկայում հետաքրքրություն ներկայացնող շղթաների դիտարկման: Կեղծ ալիքի դիտարկման հնարքի միջոցով կարելի է քննարկել նաև էլեկտրամագնիսական ալիքների տարածման, անդրադարձման ու անցման վերաբերյալ աստիճանական բարդացման սկզբունքով կազմված խնդիրների շարքեր:

Վերադրման սկզբունքի հնարավոր արդյունավետ կիրառությունները մաթեմատիկայում

Աշխատանքի առաջին մասում մանրամասն ներկայացրինք վերադրման սկզբունքի էությունը, դրա տեսական ու կիրառական նշանակությունը ֆիզիկայում և, մասնավորապես, մեկ խնդրաշարքի միջոցով վեր հանեցինք վերջինիս արդյունավետ կիրառությունը էլեկտրաստատիկայում:

Մտորև, օգտվելով վերադրման սկզբունքի էությունից և գիտական ճանաչողության հիմնական մեթոդներից մեկից, այն է՝ համանմանության մեթոդից, կառաջարկենք այլ մոտեցում մաթեմատիկայի դպրոցական դասընթացում հանդիպող հանրահաշվական և երկրաչափական տարբեր տիպային և ոչ տիպային խնդիրների լուծման և/կամ պնդումների ապացուցման համար:

Ինչպես արդեն նշել ենք, վերադրման սկզբունքի համաձայն նախապես ներմուծում են ֆիզիկական դաշտերը բնութագրող վեկտորական մեծություններ, որից հետո առանձին աղբյուրների ստեղծած դաշտերը բնութագրող այդ վեկտորները գումարելու արդյունքում որոշում են որոնելի արդյունաբար դաշտը: Այժմ վերադրման սկզբունքի այս փուլերը «տեղայնացնենք» մաթեմատիկայում՝ ապահովելով համապատասխան «գործիքակազմ»:

Աղյուսակ 1
Համանմանության աղյուսակ

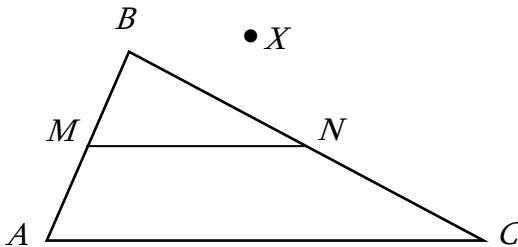
<p>Համանմանության «ապահովման» աղյուսակ ֆիզիկայում կիրառվող վերադրման սկզբունքի և երկրաչափության դպրոցական դասընթացից հայտնի վեկտորների գումարման եռանկյան կանոնի /վերադրման սկզբունքի «մաթեմատիկական գործիքակազմի»/ միջև</p>	
<p>I փուլ</p>	
<p><i>Ֆիզիկական դաշտերը նկարագրել դրանք միարժեքորեն բնութագրող վեկտորների միջոցով</i></p>	<p><i>Տարածությունում երկրաչափական մարմինների կողմերի կամ առհասարակ հատվածների դիրքն ու կողմնորոշումը նկարագրել դրանք միարժեքորեն բնութագրող վեկտորների միջոցով /նկատի ունենալով վեկտորի սահմանումը՝ որպես ուղղի ուղղորդված հատված/</i></p>
<p>II փուլ</p>	
<p><i>Ելնելով խնդրի պահանջից՝ դիտարկել տարածության որևէ կետում ֆիքսված աղբյուրների /երկու կամ ավելի/ ստեղծած դաշտերը բնութագրող վեկտորական ֆիզիկական մեծությունները, դիտարկել համապատասխան վեկտորական գումարներ ու հետագա մաթեմատիկական ձևափոխությունների արդյունքում ստանալ որոնելի մեծություն կամ ապացուցել պահանջվող պնդումը</i></p>	<p><i>Ելնելով խնդրի պահանջից՝ դիտարկել տարածության որևէ կետ, ֆիքսված կետերը այդ կետին միացնող հատվածներ և դիտարկել համապատասխան վեկտորական գումարներ ու հետագա մաթեմատիկական ձևափոխությունների արդյունքում ստանալ որոնելի մեծությունը, կամ ապացուցել պահանջվող պնդումը /նկատի ունենալով վեկտորների գումարման եռանկյան կանոնը, համաձայն որի՝ տարածության կամայական A, B ֆիքսված և X ընթացիկ կետերի համար տեղի ունի՝ $\overline{AX} + \overline{XB} = \overline{AB}$ /:</i></p>

Այժմ անդրադառնանք մաթեմատիկայի դպրոցական դասընթացում վերադրման սկզբունքի «մաթեմատիկական գործիքակազմի» հնարավոր արդյունավետ կիրառություններին: [4] աշխատանքում ցույց է տրված, որ վերադրման սկզբունքի «մաթեմատիկական գործիքակազմ» իր արդյունավետ կիրառությունն ունի հանրահաշվում, մասնավորապես

մեկից ավել մոդուլ պարունակող որոշ հավասարումների / $|f(x)| + |g(x)| = |f(x) \pm g(x)|$ և/կամ վերջավոր քանակի «գումարելիների» դեպքում/ և անհավասարումների / $|f(x)| + |g(x)| \leq |f(x) \pm g(x)|$; $|f(x)| + |g(x)| \geq |f(x) \pm g(x)|$ և այլն/ լուծման համար, վերադրման սկզբունքի «մաթեմատիկական գործիքակազմի» անմիջական կիրառմամբ, մշակվել և առաջարկվել է նորարար մոտեցում, ինչը հնարավորություն է տալիս նմանօրինակ դեպքերում խուսափել ավանդաբար կիրառվող միջակայքերի եղանակից:

Ստորև, վերադրման սկզբունքի «մաթեմատիկական գործիքակազմի» անմիջական կիրառմամբ, կառաջարկենք այլ մոտեցումներ երկրաչափության դպրոցական դասընթացում դիտարկվող տարբեր տիպային և ոչ տիպային խնդիրների լուծման և/կամ պնդումների ապացուցման համար:

Խնդիր 1: Ապացուցել, որ կամայական եռանկյան միջին գիծը գուգահեռ է երրորդ կողմին և հավասար է նրա կեսին [3, 11]:



Նկար 5. MN միջին գիծն ABC եռանկյուն, որն ընդգրկող հարթության վրա ընտրված է կամայական X կետ

Լուծում: Դիտարկենք կամայական ABC եռանկյուն, որում տարված է MN միջին գիծը և, համաձայն վերադրման սկզբունքի «մաթեմատիկական գործիքակազմի», ABC եռանկյունն ընդգրկող հարթության վրա կամայական X կետ (նկ. 5): Համաձայն աղյուսակ 1-ի, օգտվելով նաև վեկտորների գումարման գուգահեռագծի կանոնից, ունենք՝ $\overline{MN} = \overline{MX} + \overline{XN} = \overline{XN} - \overline{XM} = \frac{1}{2}(\overline{XB} + \overline{XC}) - \frac{1}{2}(\overline{XB} + \overline{XA}) = \frac{1}{2} \cdot \overline{AC}$, կնշանակի \overline{MN} և \overline{AC} վեկտորները համուղղված են, հետևաբար $\overline{MN} = \frac{1}{2} \cdot \overline{AC}$

առնչությունից կունենանք՝ $MN = \frac{1}{2} AC$ և $|\overline{MN}| = \frac{1}{2} \cdot |\overline{AC}| \Leftrightarrow MN = \frac{AC}{2}$,

ինչն էլ պահանջվում էր ապացուցել:

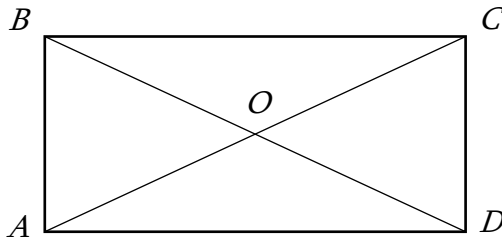
Հավելենք, որ համանման մոտեցմամբ հեշտությամբ կարելի է ապացուցել, որ

ա/ կամայական սեղանի միջին գիծը զուգահեռ է սեղանի հիմքերին և հավասար է այդ հիմքերի կիսագումարին,

բ/ կամայական քառանկյան միջին գծերը /հանդիպակաց կողմերի միջնակետերը միացնող հատվածները/ և անկյունագծերի միջնակետերը միացնող հատվածը հատվում են մեկ կետում և այդ կետով կիսվում:

Խնդիր 2: Ապացուցել, որ որևէ $ABCD$ ուղղանկյան հարթությանը պատկանող կամայական X կետի՝ A և C զագագթներից ունեցած հեռավորությունների քառակուսիների գումարը հավասար է այդ կետի՝ B և D զագագթներից ունեցած հեռավորությունների գումարին (նկ. 6) [5, 452]:

• X



Նկար 6. O անկյունագծերի հատման կետով $ABCD$ ուղղանկյուն, որն ընդգրկող հարթության վրա ընտրված է կամայական X կետ

Լուծում: Համաձայն վերադրման սկզբունքի «մաթեմատիկական գործիքակազմի», ըստ աղյուսակ 1-ի, ունենք՝

$$\overline{AC} = \overline{AX} + \overline{XC} \Rightarrow AC^2 = AX^2 + XC^2 + 2\overline{AX} \cdot \overline{XC} \Rightarrow 2\overline{XA} \cdot \overline{XC} = (XA^2 + XC^2) - AC^2:$$

Համանման ձևով կստանանք՝ $2\overline{XB} \cdot \overline{XD} = (XB^2 + XD^2) - BD^2$: Դիցուք

O -ն $ABCD$ ուղղանկյան անկյունագծերի հատման կետն է (նկ. 6): Այդ դեպքում, համաձայն վեկտորների գումարման զուգահեռագծի կանոնի, կունենանք՝

$$\frac{1}{2} \overline{XO} = \overline{XA} + \overline{XC} = \overline{XB} + \overline{XD} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow XA^2 + XC^2 + 2\overline{XA} \cdot \overline{XC} = XB^2 + XD^2 + 2\overline{XB} \cdot \overline{XD},$$

որտեղից, նկատի ունենալով վերոգրյալ առնչությունները, կստանանք՝

$$XA^2 + XC^2 + (XA^2 + XC^2) -$$

$$-AC^2 = XB^2 + XD^2 + (XB^2 + XD^2) - BD^2 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow XA^2 + XC^2 = XB^2 + XD^2,$$

ինչն էլ պահանջվում էր ապացուցել:

Հեշտ է նկատել, որ նույն կերպ համանման պնդում կարելի է ապացուցել ոչ միայն ուղղանկյան հարթությանը պատկանող կամայական X կետի համար, այլ տարածության ցանկացած կետի պարագայում:

Հավելենք, որ համանման մոտեցմամբ հեշտությամբ կարելի է ապացուցել, որ

- ա) որևէ քառակուսուն ներգծած շրջանագծի կամայական կետի՝ քառակուսու գագաթներից ունեցած հեռավորությունների քառակուսիների գումարը կախված չէ այդ կետի ընտրությունից,
- բ) որևէ քառակուսուն արտագծած շրջանագծի կամայական կետի՝ քառակուսու գագաթներից ունեցած հեռավորությունների քառակուսիների գումարը կախված չէ այդ կետի ընտրությունից:

Եզրակացություն

Դասավանդման տարիների փորձառությունը վկայում է, որ վերադրման սկզբունքի կիրառությունները բազմամակարդակ ֆիզիկական խնդիրների լուծման գործընթացում, ինչպես նաև մաթեմատիկայի դպրոցական դասընթացի որոշ տիպային և ոչ տիպային խնդիրներ լուծելիս կարող են նպաստել սովորողների ինչպես առանձին առարկայական, այնպես էլ ընդհանրական կոմպլեքսիաների զարգացմանը:

Զարգացնելով վերլուծական և տրամաբանական մտածողություն՝ ուսուցման նման ձևը լրացնում է սովորողների գիտելիքների պաշարը և հարստացնում հմտությունների զինանոցը, ինչը կարող է նպաստել ինչպես ֆիզիկամաթեմատիկական առարկաների նկատմամբ նրանց հետաքրքրության աճին, այնպես էլ, առհասարակ, ուսուցման արդյունավետության և կրթության որակի բարձրացմանը:

Գրականություն

1. Ալավերդյան Ռ. Բ., Ղազարյան Է. Ս., Մելիքյան Գ. Գ. և ուրիշ., Ֆիզիկա: Թեստային առաջադրանքների շտեմարան. - Եր.: «Էդիթ Պրինտ», 2013. մաս 1.- 429 էջ:
2. Ալավերդյան Ռ. Բ., Ղազարյան Է. Ս., Մելիքյան Գ. Գ. և ուրիշ., Ֆիզիկա: Թեստային առաջադրանքների շտեմարան. - Եր.: «Էդիթ Պրինտ», 2013. մաս 2.- 440 էջ:
3. Մանուկյան Վ., Նիկողոսյան Գ., Սերոբյան Ե., Մաթեմատիկայի և ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում վեկտորների որոշ կիրառությունների մասին, Գավառի պետական համալսարանի 26-րդ գիտաժողով /նվիրված համալսարանի հիմնադրման 30 ամյակին/, 5 մայիս, 2023:
4. Աթանասյան Լ. Ս., Բուտուզով Վ. Ֆ., Կադունց Ս. Բ., Պոզնյակ Է. Հ., Յուդինա Ի. Ի., Երկրաչափություն 8: Դասագիրք հանրակրթական դպրոցի 8-րդ դասարանի համար, Եր., «Զանգակ-97», 2007, 144 էջ:
5. Егереv В.К., Зайцев В.В., Кордемский Б.А. и др. Сборник задач по математике для поступающих во втузы /под ред. М.И. Сканави/. М.: ООО «Издательство «Мир и образование», 2013, - 608 с.

О некоторых применениях принципа суперпозиции в курсе физики и математики

Гагик Никогосян

Резюме

Ключевые слова: задача, поле, свойство, вектор, сумма, геометрия, доказательство

Статья посвящена эффективному применению принципа суперпозиции в процессе обучения физике и математике. В процессе преподавания любого предмета, в том числе физики и математики, необходимо уделять должное внимание общим идеям и принципам, применимым практически ко всем разделам курса. Последовательное изучение принципов не только способствует полному пониманию предмета, но и дает возможность трансформировать и применять навыки, полученные на одном разделе, в процессе обучения другого раздела. Причем иногда такие возможности возникают не только на внутрипредметном, но и на межпредметном уровне, когда идея или принцип, взятые из «арсенала» одного предмета, могут в определенном смысле быть применены и в обучении другого предмета. Поиск и реализация таких возможностей может способствовать развитию междисциплинарных связей и повышению качества преподавания.

В данной работе, после общего изложения основной идеи принципа суперпозиции, рассматриваются его конкретные приложения в электродинамике. Представлен ряд задач электростатики, решения которых сопровождаются указаниями методического характера. Указаны возможные варианты постановки других аналогичных задач электродинамики. Пытаясь установить определенные сходства, идеи этого принципа применяются в процессе решения некоторых задач курса математики, что является основным научно-методическим новшеством работы.

On Some Applications of the Superposition Principle in the Course of Physics and Mathematics

Gagik Nikoghosyan

Summary

Key words: *problem, field, property, vector, sum, geometry, proof*

The article is devoted to the effective applications of the superposition principle in teaching physics and mathematics. In the process of teaching any subject, including physics and mathematics, it is necessary to pay due attention to the general ideas and principles applying to almost all sections of the course. Sequential study of the principles not only contributes to a complete understanding of the subject, but also makes it possible to transform and apply the skills acquired in one section in the process of teaching another section. Moreover, sometimes such opportunities arise not only at the intra-subject level, but also at the inter-subject level, when an idea or principle taken from the “source” of one subject can, in a certain sense, be applied in teaching another subject. The search and realization of such opportunities can promote the development of interdisciplinary connections and teaching quality.

In this work, after a general presentation of the main idea of the superposition principle, its specific applications in electrodynamics are considered. A *set* of electrostatics problems are presented, the solutions of which are accompanied by methodological instructions. Possible options for posing other similar problems of electrodynamics are also indicated. Trying to establish certain similarities, the ideas of this principle are applied in the process of solving some problems in a mathematics course, which is the main scientific and methodological novelty of the work.

Ներկայացվել է 07.10..2023 թ.

Գրախոսվել է 24.10..2023 թ.

Ընդունվել է տպագրության 23.11.2023 թ.

ՀԱՄԱՌՈՏ ՏԵՂԵԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ՀԵՂԻՆԱԿՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

1. **Գրիգորյան Կարինե** – կենսաբանական գիտությունների թեկնածու, ԵՊՀ, foodllabs@gmail.com
2. **Գրիգորյան Հասմիկ** – կենսաբանական գիտությունների թեկնածու, Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարանի քիմիայի և կենսաբանության ամբիոնի դոցենտ, grigoryanhasmik@list.ru
3. **Թովմասյան Մարտուն** – ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների թեկնածու, Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարանի քիմիայի և կենսաբանության ամբիոնի դոցենտ, martuntovmasyan@mail.ru
4. **Խաչատրյան Էդիկ** – քիմիական գիտությունների թեկնածու, Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարանի քիմիայի և կենսաբանության ամբիոնի դոցենտ, khachatryan.edik@inbox.ru
5. **Հարությունյան Արմենուհի** – կենսաբանական գիտությունների թեկնածու, Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարանի քիմիայի և կենսաբանության ամբիոնի դոցենտ, harutyunyanarmine71@gmail.com
6. **Հովսեփյան Վարդուհի** – կենսաբանական գիտությունների թեկնածու, Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարանի քիմիայի և կենսաբանության ամբիոնի դոցենտ, varduhi@inbox.ru
7. **Ղազարյան Տաթևիկ** – կենսաբան, tatgh555@gmail.com
8. **Մանուկյան Վարդան** – ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների թեկնածու, Մ. Նալբանդյանի անվան Շիրակի պետական համալսարանի մաթեմատիկա, ֆիզիկա և տեղեկատվական տեխնոլոգիաներ ամբիոնի դոցենտ, mvardan_1972@mail.ru
9. **Նիկողոսյան Գագիկ** – ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների թեկնածու, Մ. Նալբանդյանի անվան Շիրակի պետական համալսարանի մաթեմատիկա, ֆիզիկա և տեղեկատվական տեխնոլոգիաներ ամբիոնի գիտաշխատող, gagonik@mail.ru
10. **Սարգսյան Արևիկ** – հայցորդ, Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարանի քիմիայի և կենսաբանության ամբիոնի դասախոս, arevik.sargsyan@gmail.com
11. **Վարդանյան Զարուհի** – կենսաբանական գիտությունների դոկտոր, Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարանի քիմիայի և կենսաբանության ամբիոնի պրոֆեսոր, zaruhi.vartanyan@mail.ru
12. **Քոչարյան Վիլեն** – ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների թեկնածու, Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարանի քիմիայի և կենսաբանության ամբիոնի դոցենտ, vilenkoch@gmail.com

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ СТАТЕЙ

1. **Арутюнян Арменуи** – ВГУ, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии и биологии, harutyunyanarmine71@gmail.com
2. **Варданын Заруи** – ВГУ, доктор биологических наук, профессор кафедры химии и биологии, zaruhy.vartanyan@mail.ru
3. **Григорян Асмик** – ВГУ, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии и биологии, grigoryanhasmik@list.ru
4. **Григорян Карине** – ВГУ, кандидат биологических наук, foodllabs@gmail.com
5. **Казарян Татевик** – биолог, tatgh555@gmail.com
6. **Кочарян Вилен** – ВГУ, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры химии и биологии, vilenkoch@gmail.com
7. **Манукян Вардан** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики, физики и информационных технологий Ширакского государственного университета имени М. Налбандяна, mvardan_1972@mail.ru
8. **Никогосян Гагик** – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник кафедры математики, физики и информационных технологий Ширакского государственного университета имени М. Налбандяна, gagonik@mail.ru
9. **Овсепян Вардуи** – ВГУ, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии и биологии, varduhi@inbox.ru
10. **Саргсян Аревик** – ВГУ, аспирант, преподаватель кафедры химии и биологии, arevik.sargsyan@gmail.com
11. **Товмасын Мартун** – ВГУ, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры химии и биологии, martuntovmasyan@mail.ru
12. **Хачатрян Эдик** – ВГУ, кандидат химических наук, доцент кафедры химии и биологии, khachatryan.edik@inbox.ru

BRIEF INFORMATION ABOUT THE AUTHORS OF THE ARTICLES

1. **Ghazaryan Tatevik** – Biologist, tatgh555@gmail.com
2. **Grigoryan Hasmik** – VSU, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Chair of Chemistry and Biology, grigoryanhasmik@list.ru
3. **Grigoryan Karine** – YSU, Candidate of Biological Sciences, foodllabs@gmail.com
4. **Harutyunyan Armenuhi** – VSU, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Chair of Chemistry and Biology, harutyunyanarmine71@gmail.com
5. **Hovsepyan Varduhi** – VSU, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Chair of Chemistry and Biology, varduhi@inbox.ru
6. **Khachatryan Edik** – VSU, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Chair of Chemistry and Biology, khachatryan.edik@inbox.ru
7. **Kocharyan Vilen** – VSU, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Chair of Chemistry and Biology, vilenkoch@gmail.com
8. **Manukyan Vardan** – ShSU, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Mathematics, Physics and IT, mvardan_1972@mail.ru
9. **Nikoghosyan Gagik** – ShSU, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Researcher at the Chair of Mathematics, Physics and IT, gagonik@mail.ru
10. **Sargsyan Arevik** – VSU, PhD Student, Lecturer at the Chair of Chemistry and Biology, arevik.sargsyan@gmail.com
11. **Tovmasyan Martun** – VSU, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Chair of Chemistry and Biology, martuntovmasyan@mail.ru
12. **Vardanyan Zaruhi** – VSU, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Chair of Chemistry and Biology, zaruhi.vartanyan@mail.ru

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՔԻՄԻԱ

Էդիկ Խաչատրյան, Վիլեն Քոչարյան, Մարտուն Թովմասյան
Առանց արտաքին հոսանքի աղբյուրի մետաղները էլեկտրաքիմիական կոռոզիայից պաշտպանելու հնարավորության մասին.....8

ԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Գարինե Գրիգորյան, Վարդուհի Հովսեփյան
Հայկական կարմիր պղպեղի աղտոտումը միկրոսկոպիկ սնկերով և աֆլատոքսին B₁-ով..... 19

Գրիգորյան Հասմիկ, Արմենուհի Հարությունյան, Տաթևիկ Ղազարյան
Խնձորենու տերևակեր վնասատուները Վանաձորի տարածքում29

Զարուհի Վարդանյան, Արևիկ Սարգսյան
Վանաձոր քաղաքի կանաչապատման մեջ կիրառվող
Catalpa L. և Paulownia L. ցեղերի բուսատեսակների շնչառության և
ֆոտոսինթեզի գործընթացների առանձնահատկությունները36

ՄԱՆԿԱՎԱՐԺՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՄԵԹՈԴԻԿԱ

Վարդան Մանուկյան
Վիրտուալ տեղափոխությունների սկիզբունքի որոշ կիրառություններ
ֆիզիկայի և մաթեմատիկայի դասընթացում51

Գագիկ Նիկողոսյան
Ֆիզիկայի և մաթեմատիկայի դասընթացում վերադրման սկիզբունքի
որոշ կիրառությունների մասին.....64

ՀԱՄԱՌՈՏ ՏԵՂԵԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ
ՀՈՂՎԱԾՆԵՐԻ ՀԵՂԻՆԱԿՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ.....79

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЯ

Эдик Хачатрян, Вилен Кочарян, Мартун Товмасян

О возможности защиты металлов от электрохимической коррозии
без внешнего источника тока.....8

БИОЛОГИЯ

Карине Григорян, Вардуи Овсепян

Загрязнение армянского красного перца микроскопическими грибами и
афлатоксином В₁19

Асмик Григорян, Арменуи Арутюнян, Татевик Казарян

Чешуекрылые вредители яблони на территории города Ванадзора.....29

Заруи Варданян, Аревик Саргсян

Особенности процессов дыхания и фотосинтеза растений родов
Catalpa L. и Paulownia L., используемых в озеленении города Ванадзора...36

ПЕДАГОГИКА И МЕТОДИКА

Вардан Манукян

Некоторые применения принципа виртуальных перемещений
в курсе физики и математики51

Гагик Никогосян

О некоторых применениях принципа суперпозиции
в курсе физики и математики64

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ СТАТЕЙ.....80

CONTENTS

CHEMISTRY

Edik Khachatryan, Vilen Kocharyan, Martun Tovmasyan

On the Possibility of Protecting Metals From Electrochemical Corrosion
without an External Power Source8

BIOLOGY

Karine Grigoryan, Varduhi Hovsepian

Contamination of Armenian Red Pepper by Microfungi and Aflatoxin B₁19

Hasmik Grigoryan, Armenuhi Harutyunyan, Tatevik Ghazaryan

Lepidopteran Pests of Apple Trees on the Territory of the City of Vanadzor ...29

Zaruhi Vardanyan, Arevik Sargsyan

Peculiarities of Respiration and Photosynthesis Processes
of Plants Belonging to the Genera *Catalpa L.* and *Paulownia L.* Used in
Landscaping of the City of Vanadzor36

PEDAGOGY AND METHODOLOGY

Vardan Manukyan

Some Applications of the Principle of Virtual Displacements in Physics and
Mathematics Courses51

Gagik Nikoghosyan

On Some Applications of the Superposition Principle
in the Course of Physics and Mathematics64

BRIEF INFORMATION ABOUT THE AUTHORS OF THE ARTICLES81

Ի ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

Հոդվածները տպագրվում են հայերեն, ռուսերեն կամ անգլերեն: Հոդվածը պետք է ներկայացնել էլեկտրոնային տարբերակով՝ ուղարկելով նշված էլեկտրոնային հասցեին, նշելով բոլոր հեղինակների տվյալները՝ հայերեն, ռուսերեն և անգլերեն: Համակարգչային շարվածքը՝ Microsoft Office Word 2007 ծրագրով, A4 ձևաչափի թղթի վրա, լուսանցքները վերևից (Top)՝ 20 մմ, ներքևից (Bottom)՝ 25 մմ, ձախից (Left)՝ 30 մմ, աջից (Right)՝ 10 մմ: Տառատեսակը հայերենի դեպքում՝ Unicode (Sylfaen), ռուսերենի և անգլերենի դեպքում՝ Unicode (Times New Roman), տառաչափը՝ 12, միջտողային հեռավորությունը (Line spacing)՝ 1.5, պարբերությունը (First line)՝ 0,75 սմ: Չօգտագործել մեկից ավել տառաբացակ: Աղյուսակները, նկարները, գծագրական պատկերները պետք է ունենան համարակալում, վերնագրային բացատրություն՝ 10 տառաչափով, թավ, շեղ (Bold, Italic): Դրանց բարձրությունը չպետք է գերազանցի 170 մմ-ը, լայնությունը՝ 110 մմ-ը: Աղյուսակների տեքստը պետք է լինի 10 տառաչափով: Բանաձևերը և մաթեմատիկական արտահայտությունները ներկայացվում են Microsoft Equation, շեղ, իսկ հիմնականները՝ առանձին տողով, մեջտեղում. կարող են համարակալվել նույն տողի աջ անկյունում՝ կոր () փակագծերի մեջ: Այն հոդվածների համար, որոնք պարունակում են խորհրդանշաններ և Sylfaen տառատեսակի մեջ չկան, պարտադիր է նաև դրանց էլեկտրոնային ֆոնտը: Առաջին էջի վերևում՝ Ուրրտը և ՀՏԴ, հաջորդ տողում՝ մեջտեղում, տրվում է վերնագիրը՝ թավ, առանց գլխատառերի: Հաջորդ տողում՝ աջ կողմում, անուն, ազգանուն (թավ և շեղ), գիտական աստիճան, կազմակերպություն: Հաջորդ տողում գրել «Հանգուցային բառեր.» արտահայտությունը և 6-8 հանգուցային բառեր կամ բառակապակցություններ: Հանգուցային բառերի շարք չեն ներառվում վերնագրում արդեն իսկ նշված բառերը: Հոդվածները ձևակերպվում են հստակ ենթաբաժիններով՝ ըստ ենթավերնագրերի: Տեքստում հղումները տրվում են ուղղանկյուն փակագծերում [: Ծանոթագրությունները տրվում են հերթական համարակալմամբ: Հոդվածի տեքստին հաջորդող տողի մեջտեղում գրվում է «Գրականություն» բառը՝ թավ, առանց գլխատառերի: Հաջորդ տողից բերվում է գրականության

ցանկը՝ այբբենական կարգով, համարակալված: Գրականության ցանկին հաջորդում են ամփոփումները՝ երկու լեզվով, որոնք իրենց բովանդակությամբ և հանգուցային բառերով պետք է լինեն նույնական և բաղկացած լինեն 250-300 բառից: Գրվում է հոդվածի վերնագիրը, հաջորդ տողում՝ անունը, ազգանունը (ձևավորումը՝ ըստ բնագրային հոդվածի), և առանձին տողերով՝ ա) «Ամփոփում» բառը՝ համապատասխան լեզվով, առանց գլխատառերի, բ) հանգուցային բառերը, գ) ամփոփման տեքստը: Ամփոփումները չպետք է պարունակեն հապավումներ, հղումներ և մեջբերումներ: Ամփոփումները պետք է հոդվածի մասին պատկերացում տան հոդվածից առանձին և արտացոլեն հոդվածի բովանդակությունը: Հոդվածի առավելագույն ծավալը 20 էջ է՝ առանց երկու լեզվով ամփոփումների և գրականության, աղբյուրների, համառոտագրությունների ցանկերի: Հոդվածի ծավալի՝ առաջադրված չափանիշներին չհամապատասխանելու դեպքում տպագրության վերաբերյալ որոշումը կայացնում է խմբագրական խորհուրդը:

ԽՄԲԱԳՐՈՒԹՅՈՒՆ

Մեր հասցեն՝ ՀՀ, 2001, ք. Վանաձոր, Տիգրան Մեծի 36

Հեռ.՝ (+374 322) 20917

Կայքէջ՝ www.vsu.am

Էլ. փոստ՝ teghkagarb@vsu.am

К СВЕДЕНИЮ

Статьи публикуются на армянском, русском или английском языках. Статью необходимо представить в электронном виде, отправив ее на указанный адрес электронной почты, указав данные всех авторов на армянском, русском и английском языках. Компьютерное оформление: файл Microsoft Office Word 2007. Размер бумаги – А4. Поля: сверху – 20 мм, снизу – 25 мм, слева – 30 мм, справа – 10 мм. Шрифт для армянского языка – Unicode (Sylfaen), для русского и английского языков – Unicode (Times New Roman), размер шрифта – 12, межстрочный интервал – 1,5, абзац (первая строка) – 0,75 см. Не использовать более одного пробела. Таблицы, рисунки и графические изображения должны иметь нумерацию, их заголовки должны иметь размер шрифта – 10 (Bold, Italic). Их высота не должна превышать 170 мм, ширина – 110 мм. Размер шрифта в таблице – 10. Формулы и математические выражения представляются в формате Microsoft Equation, курсивом, а основные – отдельной строкой в центре; могут быть пронумерованы в правом углу той же строки в круглых скобках (). Если статья содержит символы, не значащиеся в шрифте Sylfaen, то необходим и электронный фронт этих символов. На первой странице сверху указывается Сфера и УДК, а посередине следующей строки указывается заголовок (Bold), без заглавных букв. На следующей строке справа должны быть указаны имя и фамилия автора, ученая степень и название организации (Bold, Italic). Через строку написать словосочетание «Ключевые слова:» и 6-8 ключевых слов или словосочетаний. Слова, используемые в заголовке статьи, не должны включаться в ключевые слова. Статьи организованы в специальные подразделения в соответствии с подзаголовками. Ссылки в тексте даются в квадратных скобках []. Примечания даются с возрастающей нумерацией. После текста статьи пишется слово «Литература» по центру строки жирным шрифтом, без заглавных букв. Со следующей строки – список литературы в алфавитном порядке, пронумерованный. После списка литературы представляются резюме на двух языках. Содержание резюме и ключевые слова на двух языках должны быть идентичными и состоять из 250-300 слов. Сначала

указывается заглавие статьи, на следующей строке – имя и фамилия автора, (оформление по оригинальной статье) затем отдельными строками: а) слово «Резюме» на соответствующем языке, без заглавных букв, б) ключевые слова, в) текст резюме. Резюме не должны содержать ссылки на литературу, аббревиатуры и цитаты. Резюме статей должны отражать смысл и содержание статьи. Максимальный объем статьи – 20 страниц, без резюме на двух языках, списков литературы, источников и списков сокращений. В случае несоответствия объема статьи установленным критериям, решение о публикации принимает редакционная коллегия.

РЕДАКЦИЯ

Наш адрес: РА, 2001, г. Ванадзор, ул. Тиграна Меца 36

Телефон: (+374 322) 20917

Веб-сайт: www.vsu.am

Эл. почта: teghkagirb@vsu.am

ACKNOWLEDGEMENT

The articles are published in Armenian, Russian or English. The article must be submitted in electronic version by sending it to the indicated e-mail address, providing the data of all authors in Armenian, Russian and English. The computer layout should be in Microsoft Office Word 2007 on A4 paper, margins: top – 20 mm, bottom – 25 mm, left – 30 mm, right – 10 mm. Font in case of Armenian – Unicode (Sylfaen), in case of Russian and English – Times New Roman, font size – 12, line spacing – 1,5, paragraph (First line) – 0.75 cm. No double space. Tables, pictures and graphic images should have numbering; their titles should have the font size – 10 (Bold, Italic). Their height should not exceed 170 mm, width – 110 mm. The font size of the tables should be 10. Formulas and mathematical expressions are presented in Microsoft Equation (Italic), and the main ones are on a separate line in the middle: can be numbered in the right hand corner of the same line, in round brackets (). If the article contains some symbols not found in Sylfaen font, the electronic font of those symbols is required as well. At the top of the first page the Sphere and UDC is mentioned, while in the middle of the next line the title of the article is written in Bold, without uppercase letters. The author's surname, name, academic degree and the name of organization should be in the right hand corner of the next line (Bold, Italic). The next line should start with the phrase – “Key words”, which should comprise 6-8 key words or expressions. Words used in the title should not be included in the key words. Articles are organized into special subdivisions according to subheadings. References in the text are given in square brackets []. References are presented numbered. In the middle of the line following the text of the article, the word “Bibliography” is written in Bold, without uppercase letters. The list of literary sources is presented in alphabetical order, numbered. Bibliography is followed by summaries in two languages, which should be identical in their content and key words and consist of 250-300 words. First, the title of the article is written, the author's name and surname, then in separate lines: a) the word “Summary” in the corresponding language, without uppercase letters, b) key words, c) the text of the summary. Summaries should not contain abbreviations, references and citations. The

summaries should reflect the content of the article (should not be taken from the text). The maximum length of the article is 20 pages without summaries in two languages, lists of literary sources and abbreviations. In case the length of the article does not meet the set criteria, the decision concerning the publishing of the article is made by the editorial board.

EDITORSHIP

Our address: RA, 2001, Vanadzor, 36 Tigran Mets Str.

Telephone: (+374 322) 20917

Website: www.vsu.am

E-mail: tegheskagirb@vsu.am

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ,
ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

ՎԱՆԱԶՈՐԻ Հ. ԹՈՒՄԱՆՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ
ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՎԱՆԱԶՈՐԻ ՊԵՏԱԿԱՆ
ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ
ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ

Բնական և ճշգրիտ գիտություններ

2

ՎԱՆԱԶՈՐ – 2023

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ,
КУЛЬТУРЫ И СПОРТА РА**

**ВАНАДЗОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ О. ТУМАНЯНА**

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ

**ВАНАДЗОРСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Естественные и точные науки

2

ВАНАДЗОР – 2023

**RA MINISTRY OF EDUCATION, SCIENCE,
CULTURE AND SPORT**

**VANADZOR STATE UNIVERSITY
AFTER H. TUMANYAN**

**SCIENTIFIC PROCEEDINGS OF
VANADZOR STATE UNIVERSITY**

Natural and Exact Sciences

2

VANADZOR – 2023

Լեզվական խմբագիր՝ *Վալերի Փիլոյան*
Համակարգչային ձևավորող՝ *Աշխեն Գալստյան*
Օտարալեզու տեքստերի խմբագիր՝ *Զարա Ալեքյան*

ՎԱՆԱԶՈՐ – 2023

Языковой редактор: *Валерий Пилюян*
Компьютерный дизайнер: *Ашхен Галстян*
Корректор иноязычных текстов: *Зара Алесян*

ՎԱՆԱԶՈՐ – 2023

Linguistic Editor: *Valeri Piloyan*
Computer Designer: *Ashkhen Galstyan*
Proofreader of Texts in Foreign Languages: *Zara Alekyan*

VANADZOR – 2023

www.vsu.am