

**ՖԻԶԻԿԱՅՈՒՄ ՕԳՏԱԳՈՐԾՎՈՂ ՄԻ ՑՈՒՑԱԴՐԱԿԱՆ ՓՈՐՁԻ  
ԱՐԴՑՈՒՆՔՆԵՐԻ ՏԵՄԱԿԱՆ ԲԱՅԱՏՐՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ  
Դրմեյան Հ. Ռ.**

Աշխատանքը նվիրված է ֆիզիկայում օգտագործվող մի ցուցադրական փորձի տեսական վերլուծությանը: Ֆիզիկայի ուսուցչի համար առաջարկված է կոնկրետ ցուցադրական փորձի մեթոդական մշակում, ինչը, որպես տեղեկատվության լրացուցիչ աղբյուր, պետք է նպաստի աշակերտների ճանաչողական հետաքրքրությունների զարգացմանը, «Մագնիսականություն» բաժնի վերաբերյալ նրանց գիտելիքների հարստացմանը, վերջնարդյունքում՝ դասի արդյունավետության բարձրացմանը: Պարզաբանված է փորձի ժամանակ դիտված երևույթը ծնող պատճառները, տրված են փորձի արդյունքների տեսական մեկնաբանությունները: Մանրամասն նկարագրված են օգտագործվող սարքերն ու միջոցները: Կատարված են փորձում օգտագործվող միջոցների (օրինակ՝ օղակի) ֆիզիկական պարամետրերի հաշվարկ և հիմնական ֆիզիկական բնութագրերի գնահատում: Ցույց է տրված, որ քննարկվող երևույթի դիտման գործում առաջնակարգ դեր է խաղում օղակի ինդուկտիվ դիմադրությունը: Բացահայտված է օղակի միայն մեկ դիրքում հավասարակշռության մեջ գտնվելու փաստը:

**Բանալի բառեր.** փորձ, մագնիսականություն, օղակ, դիմադրություն, բարձրություն, հավասարակշռություն:

**Նախաբան:** Հայտնի է, որ ուսուցման հիմնական փուլը դասի պրոցեսն է: Այն ամենից առաջ աշակերտի համար պետք է լինի գրավիչ և նրա մեջ առաջացնի դրական էմոցիաներ, որոնք էլ կբերեն «Ֆիզիկա» առարկայի ուսուցման արդյունավետության բարձրացման [1]: Վերջինիս համար անհրաժեշտ է նաև, որ ուսուցիչը օգտագործի իր տրամադրության տակ եղած բոլոր միջոցները: Այդպիսի միջոցներից մեկը լաբորատոր փորձն է: Այն ուսուցման ընթացքում հանդես է գալիս

որպես և՛ գիտելիքների կիրառման, ընդհանրացման ու համակարգման, և՛ նոր գիտելիքների հաղորդման միջոց:

«Ֆիզիկա» առարկայի նկատմամբ հետաքրքրություն առաջացնելու լավագույն միջոց է նաև ցուցադրական փորձերի կազմակերպումն ու անցկացումը [2]: Այս ամենն էլ ավելի արդյունավետ կլինի, եթե ուսուցիչն օգտվի տեղեկատվական տեխնոլոգիաների ծրագրակազմային միջոցներից:

Ֆիզիկայի դասերին, որոնց զգալի մասն ուղեկցվում է փորձերի ցուցադրմամբ, անհրաժեշտ է հասնել ցուցադրվող նյութի լրիվ յուրացմանը և փորձերից ստացված արդյունքների ճիշտ բացատրությանը: Դրա համար անհրաժեշտ է, որ ուսուցիչը լավ տիրապետի փորձի կատարման մեթոդիկային և տեխնիկային, իսկ աշակերտները նախապես յուրացնեն այն նյութերը, որոնք կապված են տվյալ փորձի հետ, և, որ ամենակարևորն է, փորձի արդյունքները լինեն համոզիչ: Շատ կարևոր է, որ ցուցադրական փորձի արդյունքներին տրվի հիմնավորված տեսական մեկնաբանություն, ինչը կակտիվացնի աշակերտների մտածողությունը և նրանց մեջ կառաջացնի հետաքրքրություն «Ֆիզիկա» առարկայի նկատմամբ:

Այժմ ընտրենք մի ցուցադրական փորձ, որի ժամանակ աշակերտները ականատես կլինեն հետաքրքիր երևույթի. օղակը առանց որևէ պահող միջոցի կախված կմնա օդում: Այս երևույթը տեսնելուց հետո աշակերտների մոտ հարց է առաջանում՝ ինչու է օղակը կախված մնում օդում: Մինչև այս երևույթի տեսական հիմնավորումը, համառոտ ներկայացնենք փորձի իրականացման համար անհրաժեշտ սարքերն ու միջոցները: Այսպես, մեր փորձերում օղակը պատրաստել ենք այլումինից ձուլված նրբաթիթեղի մի քանի շերտից՝ ընդհանուր հաստությունը մոտավորապես 1մմ, ներքին շառավիղը 15մմ է, իսկ արտաքինը՝ 30մմ: Հաշվարկները ցույց են տալիս, որ այդպիսի պարամետրերով օղակի ակտիվ դիմադրությունը մոտավորապես մեկ միլիոնի, իսկ ինդուկտիվը մի քանի տասնյակ միլիոնի կարգի մեծություն է: Այդպիսի պարամետրերի դեպքում Ամպերի ուժը կստացվի  $10^{-2}$  նյուտոնի կարգի, ինչը լրիվ բավարար է մի քանի գրամ զանգվածով օղակը օդում պահելու համար:

Մենք փորձը կատարել ենք Նկ. 1-ում բերված սարքերի և հարմարանքների միջոցով: Կոճը, որի ներքին շառավիղը 10մմ է, արտաքինը՝ 40մմ, իսկ բարձրությունը՝ 70մմ և ունի 1,2մմ տրամագծով պղնձյա մեկուսիչ, էմալով պատված հաղորդալարից փաթույթներ,

հազցված է գլանաձև միջուկի վրա: Միջուկը կազմված է 2մմ տրամագիծ և 200մմ երկարություն ունեցող երկաթյա ձողերից: Կոճին տրվում է 100-120Վ փոփոխական լարում լաբորատոր ավտոտրանսֆորմատորի միջոցով:



Նկ. 1

Այժմ փորձենք հիմնավորված պատասխան տալ այն հարցին, թե ինչու է տրանսֆորմատորի ոչ փակ (ծայրը բաց) միջուկի վրա ազատ հազցված այլումինից օղակը մնում օդում:

Հավանաբար 11-րդ դասարանն ավարտած ցանկացած մարդ, առանց երկար մտածելու, կպատասխաներ մոտավորապես այսպես. «Օղակում կմակաձվի հոսանք, որի ստեղծած մագնիսական դաշտը կփոխազդվի արտաքին մագնիսական դաշտի հետ: Համաձայն Լենցի կանոնի՝ ինդուկցված հոսանքը միշտ ուղղված է այնպես, որ իր ազդեցությամբ խանգարի իրեն ծնող պատճառը: Տվյալ դեպքում ինդուկցիոն հոսանքներն ունեն այնպիսի ուղղություն, որ Ամպերի ուժը, այսպես ասած, հրում (վանում) է օղակը տրանսֆորմատորի կոճից: Որոշ դիրքում այդ ուժը հավասարակշռվում է օղակի ծանրության ուժի հետ, և այն կախված կմնա օդում»:

Այն, որ օղակի նման վարքը պայմանավորված է հենց ինդուկցիոն հոսանքներով, դժվար չէ համոզվել: Դրա համար բավական է պարզապես կտրել օղակը (ստեղծել ընդհատում, բացվածք), և այն ոչ մի դեպքում կախված չի մնա օդում: Մակայն բերված բացատրության մեջ կա երկու կարևոր պահ, որոնց վրա կուզենայինք հրավիրել աշակերտների ուշադրությունը: Առաջին, պարզ չէ, թե օղակի որ դիմադրությունն է խաղում որոշիչ դեր՝ակտիվը, թե ինդուկտիվը: Երկրորդ, ինչով է բացատրվում այն փորձական արդյունքը, որ օղակը հավասարակշռության մեջ է գտնվում միայն մեկ դիրքում՝ կոճից խիստ որոշակի բարձրության վրա, մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի տվյալ արժեքի դեպքում:

1. Նախ ցույց տանք, որ օղակի՝ օդում կախված մնալու երևույթը տեղի չէր ունենա, եթե օղակը ունենար միայն ակտիվ դիմադրություն: Դրանում համոզվելու համար կատարենք որոշ հաշվումներ:

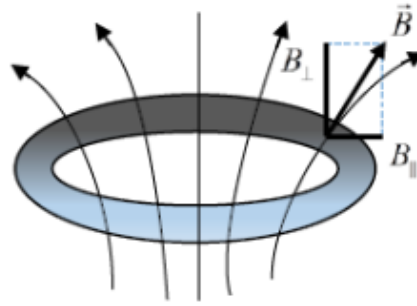
Բարակ օղակի վրա, որի երկարությունը  $\ell$  է, և նրանով հոսում է  $I$  հոսանք, կազդի Ամպերի ուժը, որը հավասար է՝

$$F = B_{\parallel} I \ell,$$

որտեղ  $B_{//}$ -ն արտաքին դաշտի մագնիսական ինդուկցիայի հորիզոնական բաղադրիչն է (նկ. 2): Մակաձման հոսանքը որոշվում է Օհմի օրենքով՝

$$I = \frac{\varepsilon}{R},$$

որտեղ  $\varepsilon$ -ը մակաձման էլՇՈւ-ն է,  $R$ -ը՝ օղակի ակտիվ դիմադրությունն է: Համաձայն էլեկտրամագնիսական մակաձման օրենքի՝ մակաձման



Նկ. 2

էլՇՈւ-ն հավասար է մագնիսական հոսքի փոփոխման արագությանը՝ վերցված հակառակ նշանով [3]՝

$$\varepsilon = -\phi' = -(B_{\perp} S)',$$

որտեղ  $B_{\perp}$  մագնիսական ինդուկցիայի ուղղաձիգ բաղադրիչն է,  $S$ -ը օղակով սահմանափակված մակերեսն է: Թող մագնիսական դաշտը փոփոխվի ներդաշնակության օրենքով  $\omega$  հաճախությամբ: Այդ դեպքում՝

$$B_{//} = B_{//m} \cos \omega t,$$

$$B_{\perp} = B_{\perp m} \cos \omega t,$$

$$\varepsilon = -(B_{\perp} \cdot S)' = B_{\perp m} S \omega \sin \omega t, \quad I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{B_{\perp m} S \omega}{R} \sin \omega t,$$

և

$$F = B_{//} I \ell = \frac{B_{//m} B_{\perp m} S \omega \ell}{2R} \sin 2\omega t, \quad (1)$$

որտեղ  $B_{//m}$  և  $B_{\perp m}$  ինդուկցիայի վեկտորի հորիզոնական և ուղղաձիգ բաղադրիչների մոդուլների առավելագույն (մաքսիմալ) արժեքներն են:

Քանի որ մեկ պարբերության ընթացքում սինուսի միջին արժեքը հավասար է զրոյի, հետևաբար ըստ (1)-ի՝ Ամպերի ուժի միջին արժեքը նույնպես հավասար է զրոյի: Հետևաբար օղակն օդում կախված մնալ չի կարող:

Այս հակասությունը կվերանա, եթե ընդունենք, որ օղակն ունի ոչ միայն ակտիվ, այլև ինդուկտիվ դիմադրություն, որն էլ առաջնակարգ դեր է խաղում վերը նշված երևույթի դիտման գործում: Բանն այն է, որ այդ դեպքում հոսանքը օղակում կփոփոխվի էլՇՈւ-ի նկատմամբ փուլային շեղումով, և Ամպերի ուժի ակնթարթային արժեքի համար կստացվի բոլորովին այլ արտահայտություն: Իրոք, այս դեպքում՝

$$I = \frac{B_{\perp m} S \omega}{Z} \sin(\omega t + \varphi),$$

հետևաբար՝

$$F = B_h I \ell = \frac{B_{//m} B_{\perp m} S \omega \ell}{Z} \cos \omega t (\sin 2\omega t + \varphi) = \frac{B_{//m} B_{\perp m} S \omega \ell}{2Z} [\sin(2\omega t + \varphi) + \sin \varphi], \quad (2)$$

որտեղ  $Z$  - օղակի լրիվ դիմադրությունն է,  $\varphi$  - հոսանքի և էլեկտրաշարժ ուժի միջև փուլային շեղումն է:

(2)-ից մեկ պարբերության ընթացքում Ամպերի ուժի միջին արժեքի համար կունենանք՝

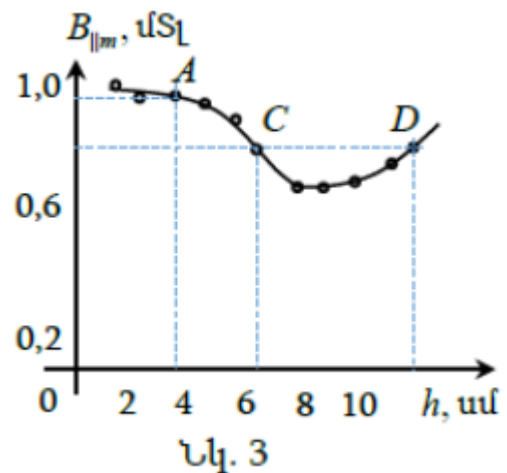
$$\bar{F} = \frac{B_{//m} B_{\perp m} S \omega \ell}{2Z} \sin \varphi,$$

որը, անկասկած, հավասար չէ զրոյի:

2. Այժմ պարզենք այն հարցը, թե ինչու է օղակը գտնվում հավասարակշռության մեջ միայն մեկ դիրքում՝ կոճից մեկ որոշակի բարձրության վրա: Այս հարցի պատասխանը մենք ստացանք փորձից:

Քանի որ Ամպերի ուժի արտահայտության մեջ մտնում են մագնիսական ինդուկցիայի վեկտորի ուղղաձիգ և հորիզոնական բաղադրիչների ամպլիտուդային արժեքները, ուստի անհրաժեշտ է պարզել, թե ինչպես են այդ արժեքները փոփոխվում բարձրությունից կախված (հաշվարկը կատարվել է որպես զրոյական մակարդակ՝ ընտրելով կոճի վերին մակերևույթը): Չափումները կատարվել են անմիջապես միջուկի մոտակայքում: Մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի ուղղաձիգ և հորիզոնական բաղադրիչների որոշման նպատակով որպես տվիչ օգտագործել ենք ևս մի կոճ (0,2մմ տրամագծով մեկուսիչ էմալով պատված հաղորդալարով ստեղծված 300 փաթույթով), որում մակաձվում է ինդուկցիոն էլՇՈւ: Այն չափելու համար կոճը միացվում է օսցիլոգրաֆի մուտքին:

Չափումների արդյունքում պարզվեց, որ ուղղաձիգ բաղադրիչը, բարձրությունից կախված, չի փոփոխվում, իսկ



հորիզոնական բաղադրիչը փոխվում է այնպես, ինչպես ցույց է տրված նկ. 3-ում, որտեղ աբսցիսների առանցքի վրա տեղադրված է կոճի մակերևույթից հաշված  $h$  բարձրությունը՝ չափված սանտիմետրերով, իսկ օրդինատների առանցքի վրա՝ մագնիսական ինդուկցիայի հորիզոնական բաղադրիչի ամպլիտուդային արժեքը ( $B_{//m}$ )՝ արտահայտված միլիտեսլաներով:

Ստացված գրաֆիկն էլ թույլ է տալիս բացատրել օղակի կայուն հավասարակշռության միակ դիրքի գոյությունը: Այսպես, ենթադրենք օղակն ունի այնպիսի զանգված, որ նրա վրա ազդող ծանրության ուժի կոմպենսացիայի համար անհրաժեշտ է, որ ինդուկցիայի վեկտորի հորիզոնական բաղադրիչը հավասար լինի մոտավորապես 0,9 մՏլ-ի: Դժվար չէ տեսնել, որ գրաֆիկի վրա միայն  $A$  կետին է համապատասխանում նման արժեք: Նշանակում է, այդ դեպքում օղակը կախված կմնա կոճի մակերևույթից 4 սմ բարձրության վրա: Հավասարակշռության այդ դիրքը կայուն է, քանի որ օղակը 4 սմ-ից ավել բարձրությունից բաց թողնելու ժամանակ այն կընկնի ավելի ուժեղ մագնիսական դաշտ, Ամպերի ուժը կմեծանա և օղակը կբարձրացնի մինչև վերը նշված դիրքը (բարձրությունը):

Հետաքրքիր է, իսկ ի՞նչ տեղի կունենա, եթե օղակի հավասարակշռության համար պահանջվի մոտավորապես 0,75 մՏլ-ին հավասար հորիզոնական բաղադրիչ:

Ինչպես երևում է նկ.3-ից, գրաֆիկի վրա այս արժեքին համապատասխանում են երկու կետեր՝  $C$  և  $D$ : Սակայն այս դեպքում էլ կայուն հավասարակշռության վիճակը միայն մեկն է՝  $C$  կետում, այսինքն՝ կոճից 6 սմ բարձրության վրա: Իսկ  $D$  կետում հավասարակշռությունը անկայուն է: Իրոք, եթե օղակն իջնում է 11,5 սմ-ից մի քիչ ներքև, ապա Ամպերի ուժը փոքրանում է և չի կարող հավասարակշռել ծանրության ուժին, հետևաբար օղակը իջնում է ավելի ներքև՝ մինչև  $C$  կետը:

## К ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ ОБЪЯСНЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ОДНОГО ДЕМОНСТРАТИВНОГО ОПЫТА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ФИЗИКЕ

Дрмеян Г. Р.

Работа посвящена теоретическому анализу одного эксперимента, применяемого в физике. Для учителя физики предлагается методическая разработка конкретного демонстрационного опыта, который, как

дополнительный источник информации, должен способствовать развитию познавательных интересов учащихся, обогащать их знания по разделу «Магнетизм» и, в конечном итоге, повышать эффективность урока. Уточнены причины наблюдаемого в эксперименте явления, даны теоретические интерпретации результатов эксперимента. Подробно описаны используемые устройства и средства. Рассчитаны физические параметры используемых средств (например, кольца), оценены основные физические характеристики. Показано, что индуктивное сопротивление кольца играет ключевую роль в рассмотренном явлении. Выявлено, что только одно положение кольца является равновесным.

**Ключевые слова:** опыт, магнетизм, кольцо, сопротивление, высота, равновесие.

### THE THEORETICAL EXPLANATION OF THE RESULTS OF ONE DEMONSTRATIVE EXPERIENCE USED IN PHYSICS

Drmeyan H. R.

The work is devoted to the theoretical analysis of one experiment used in physics. For a physics teacher, a methodological development of a specific demonstration experience is proposed, which, as an additional source of information, should contribute to the development of the cognitive interests of students, enrich their knowledge in the "Magnetism" section and ultimately increase the effectiveness of the lesson. The reasons for the experimentally observed phenomenon are clarified, and theoretical interpretations of the experimental results are given. The devices and tools used are described in detail. The physical parameters of the means used (for example, rings) were calculated, the main physical characteristics were evaluated. It is shown that the inductive reactance of the ring plays a key role in the considered phenomenon. It was revealed that only one position of the ring is in equilibrium.

**Keywords:** experience, magnetism, ring, resistance, height, balance.

*Հետազոտությունն իրականացվել է ՇՊՀ-ի կողմից տրամադրվող ֆինանսական աջակցության շնորհիվ՝ № ShSU SCI-02-2020 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում:*

## ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Дрмеян Г. Р. Задача понижения заинтересованности обучающихся относительно физики и пути их решения. II Международная научно-практическая конференция "Актуальные проблемы естественных и математических наук в России и зарубежом".- Новосибирск. 2015. Выпуск II. С. 32-36.
2. Дрмеян Г. Р. Самодельное устройство для определения величины магнитной индукции и силы ампера магнитогидродинамическим методом // Материалы XIII Международной конференции "Физика в системе современного образования (ФССО-2015)". 2015. Санкт-Петербург. Т. 1. С. 418-421.
3. Ղազարյան Է., Կիրակոսյան Ա., Մելիքյան Գ., Մամյան Ա., Մայիլյան Ս., Ֆիզիկա-11: Ավագ դպրոցի 11-րդ դաս. դասագիրք ընդհանուր և բնագիտամաթեմատիկական հոսքերի համար: Եր.: «Էդիթ Պրինտ»: 2010: 368 էջ:

### **Տեղեկություններ հեղինակի մասին**

*Դրմեյան Հ. Ռ. - տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր  
Շիրակի պետական համալսարան,  
ՀՀ ԳԱԱ Ֆիզիկայի կիրառական պրոբլեմների ինստիտուտ  
Էլ.փոստ [drm-henrik@mail.ru](mailto:drm-henrik@mail.ru)*

*Տրվել է խմբագրություն՝ 18.09.2021  
Գրախոսվել է՝ 06.12.2021*