

IMPORTANȚA METODEI GRAFICE LA PREDAREA – ÎNVĂȚAREA FIZICII

Mihail POPA,
dr., conf. univ.

Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți

***Abstract.** The paper demonstrates the importance of applying the graphical method in teaching - learning of physics. The practical part presents some graphical deductions of physical laws.*

Introducere

Aplicarea metodei grafice la predarea fizicii și la studiu individual al studenților are un impact fructuos asupra realizării conexiunilor interdisciplinare dintre fizică și matematică. Această metodă cuprinde diverse imagini grafice, începând cu diagramele și graficele legilor fizice într-un sistem dreptunghiular de coordonate și terminând cu nomogramele, precum și construcțiile geometrice utilizate în mecanică, termodinamică, electricitate și magnetism, optică, fizica atomului și alte domenii ale fizicii.

Integritatea aplicării metodei grafice în predare derivă din conținutul și metodele fizicii, bazele cărora sunt studiate încă în liceu. În fizică, pe lângă experiment, se utilizează pe scară largă imaginile grafice, atât pentru prelucrarea rezultatelor experimentale, cât și ca instrument de cercetare și reprezentare ilustrativă ale fundamentelor teoretice ale fizicii. În anumite perioade de dezvoltare ale fizicii imaginile grafice și geometrice au jucat un rol crucial. Este suficient să subliniem conceptul lui Faraday care oferă câmpului o interpretare geometrică, precum și teoria lui Abbe cu privire la construcțiile geometrice ale imaginilor etc.

Deosebit de intuitiv se manifestă metoda grafică la predarea diferitor capitole ale fizicii. Pe scurt, ne vom opri la două exemple. Imaginile grafice ale proceselor oscilatorii și ondulatorii sunt nu doar mijloace metodice de vizualizare, dar, în plus, au și un înțeles fizic profund. De fapt, estimarea spectrală a acestor procese este în prezent una dintre metodele de ghidare în studiul oscilațiilor și a undelor.

Conceptul de „spectru” se referă nu numai la lumina vizibilă, ci și la toate tipurile de radiații electromagnetice – de la undele radio până la radiațiile gama. Așa-numita "abordare spectrală" este în prezent comună nu numai în optică, ci și în întreaga teorie a oscilațiilor. Este folosită în mod fructuos în mecanică, acustică, electro- și radiotehnică, de exemplu, la studierea compoziției sunetului, naturii curentului alternativ de joasă frecvență în circuitele electrice, formei semnalelor radio (impulsuri), la descrierea proprietăților echipamentului și a componentelor sale individuale. Conceptul de "spectru", "oscilogramă", care ne dă o imagine a oscilațiilor, și "spectrograma", care caracterizează distribuția valorilor amplitudinilor oscilațiilor componente după frecvențe, au sens pentru un întreg grup de fenomene fizice și, prin urmare, au o mare valoare educațională generală [1].

Formarea conceptelor fizice, legate de explicarea naturii oscilațiilor și estimarea lor spectrală, cum ar fi amplitudinea, faza, perioada, atenuarea, modularea, armonicile, rezonanța și altele, ar trebui să se desfășoare în practica pe baza unei combinații strânse dintre experimentul fizic și imaginile grafice. Pentru înregistrarea acestora din urmă, sunt utilizate diferite dispozitive. În predarea fizicii se recomandă utilizarea pe scară largă a metodelor mecanice, electrice, optice de înregistrare a

oscilațiilor – înregistrarea oscilațiilor cu pendulul cu ladă cu nisip, camertonul, înregistrarea cu ajutorul unei raze optice și, în final, cu ajutorul osciloscopului electronic. Trecerea treptată de la aplicarea unei metode de înregistrare a oscilațiilor la alta va conduce studenții la înțelegerea fenomenelor care se studiază folosind osciloscopul electronic. Aici imaginile grafice joacă un rol primordial [2].

Imaginile grafice ale proceselor oscilatorii și ondulatorii sunt direct legate de terminologia utilizată în acest domeniu. Se poate fără exagerare spune, că formarea unor astfel de concepte fizice, precum rezonanța, defasajul de fază, funcționarea lămpii pe porțiunea liniară a spectrului de amplitudine și alte caracteristici este imposibilă fără utilizarea largă a graficelor. Graficele înlocuiesc uneori un lanț lung de raționamente. Ele nu constituie un material educațional suplimentar, ci un mijloc de a clarifica conținutul subiectului studiat [2].

Obiectivele acestei lucrări se referă la explicarea importanței aplicării metodei grafice la predarea diferitor teme din fizică.

Deducerea alternativă ale unor legi fizice

În continuare, voi descrie metode de alternativă metodelor clasice de deducere ale unor legi fizice. Acestea, de obicei, nu sunt prezentate în manualele și cursurile de fizică, dar pot fi utilizate cu succes de orice student și profesor de fizică.

I. Deducerea grafică a formulei lui Galilei

Pentru deducerea formulei respective construim graficul dependenței de timp a deplasării în mișcarea rectilinie uniform variată (Fig. 1) [3]. Observăm că viteza în mișcarea respectivă variază de la valoarea v_{0x} la valoarea $v_x = v_{0x} + a_x t$. Deplasarea în mișcarea respectivă este egală ariei figurii hașurate, adică este egală cu aria trapezului, bazele cărui sunt v_{0x} și v_x , iar înălțimea este t , adică

$$s_x = \frac{v_{0x} + v_x}{2} \cdot t. \quad (1)$$

Din ecuația vitezei în mișcarea rectilinie uniform variată rezultă

$$t = \frac{v_x - v_{0x}}{a_x}. \quad (2)$$

Substituim relația (2) în (1) și obținem:

$$s_x = \frac{v_x + v_{0x}}{2} \cdot \frac{v_x - v_{0x}}{a_x} = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}, \quad (3)$$

de unde obținem **formula lui Galilei**:

$$v_x^2 - v_{0x}^2 = 2a_x s_x. \quad (4)$$

II. Interpretarea geometrică a legilor gazelor

Fenomenele fizice pot fi mai ușor înțelese folosind în predarea fizicii diferite modele geometrice. Prezentarea grafică a multiplelor legi (formule) fizice dezvoltă memoria vizuală, ce asigură asimilarea mai durabilă a materiei studiate. Ca exemplu, la studierea legilor gazelor în

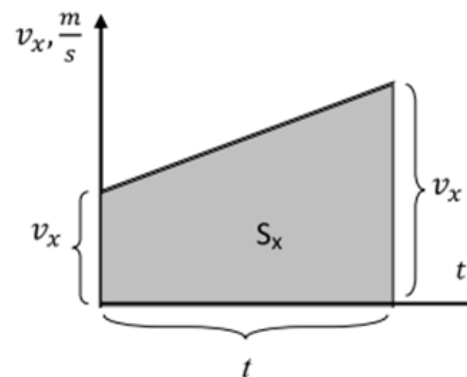


Fig. 1. Graficul vitezei pentru deducerea formulei lui Galilei

Fizica moleculară și Termodinamică o atenție sporită trebuie de acordat graficelor, și în mod special, interpretării grafice ale legilor respective.

Legea lui Boyle-Mariotte, de obicei, se prezintă în formă matematică de forma

$$PV = \text{const}, \text{ pentru } m = \text{const} \text{ și } T = \text{const}, \quad (5)$$

însoțită de enunțul acestei legi și reprezentarea grafică a izotermei și sau izotermelor pentru diferite temperaturi.

Însă, este foarte important să se facă interpretarea geometrică a legii lui Boyle-Mariotte ca „legea ariilor egale” (Fig. 2) [4]. Produsul dintre presiune și volum din punct de vedere grafic este egal cu aria dreptunghiului. Ținând cont că legea (5) se mai poate scrie sub forma

$$P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3, \quad (6)$$

rezultă că sunt egale și ariile figurilor

$$S_1 = S_2 = S_3, \quad (7)$$

unde S_1, S_2 și S_3 sunt ariile dreptunghiurilor $OB_1A_1C_1, OB_2A_2C_2$ și $OB_3A_3C_3$.

Legea lui Gay-Lussac poate fi interpretată și ea grafic, și chiar poate fi dedusă grafic din asemănarea triunghiurilor aflate sub izobară OA_1T_1 și OA_2T_2 , obținându-se relația:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}, \quad (8)$$

Folosind raționamente similare poate fi interpretată analog și Legea lui Charles.

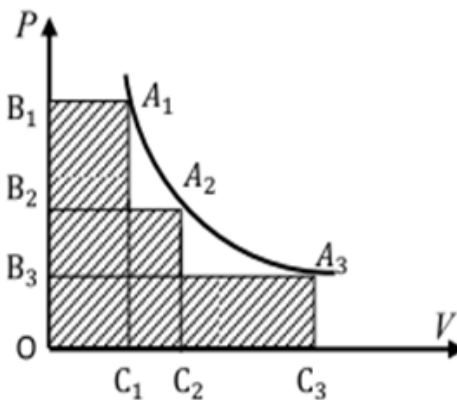


Fig. 2. Interpretarea geometrică a legii lui Boyle-Mariotte

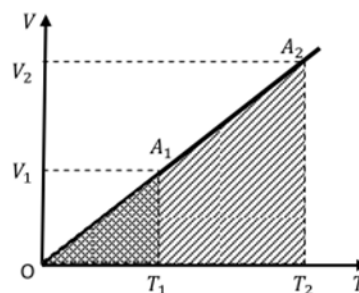


Fig. 3. Interpretarea geometrică a legii lui Gay-Lussac

III. Metodă grafică de determinare a energiei condensatorului încărcat

Înainte de prezentarea studenților a metodei grafice de determinare a energiei condensatorului încărcat, este util de propus acestora să rezolve următoarea problemă: „Determinați lucrul de deplasare a sarcinii q_0 între două puncte ale câmpului electrostatic cu diferența de potențial U_0 . Cum se determină grafic lucrul câmpului electrostatic?” [5].

Audienții trebuie să calculeze lucrul câmpului electrostatic după relația $L = q_0U_0$, să construiască graficul dependenței $U(q)$ (Fig. 4) și să ajungă la concluzia că lucrul este numeric egal

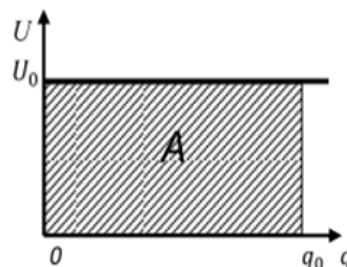


Fig. 4. Determinarea grafică a lucrului câmpului electrostatic

cu aria figurii [5].

Ulterior, pentru deducerea formulei energiei condensatorului electric, se propune studenților să precizeze mecanismul de încărcare a condensatorului. Prima porțiune de sarcină electrică q_1 la încărcarea condensatorului se distribuie pe armături. Pentru a transmite condensatorului a doua porțiune de sarcină q_2 , este necesar de efectuat lucrul de învingere a forțelor de respingere dintre sarcinile de același semn q_1 și q_2 . Analog, se petrece fenomenul și pe toate porțiunile ulterioare de sarcini. Astfel, studenții

ajung la următoarele concluzii: pentru încărcarea condensatorului este necesar de efectuat un lucru; lucrul total este egal cu suma lucrurilor necesare pentru încărcarea condensatorului cu porții separate de sarcină.

Să calculăm mărimea acestui lucru. Dacă condensatorului i se comunică prima porțiune de sarcină q_1 , atunci între armăturile condensatorului se creează diferența de potențial U_1 (Fig. 5). Următoarea porțiune de sarcină q_2 , mărește potențialul armăturilor până la U_2 , etc. Rezultă că tensiunea condensatorului depinde de sarcina încărcată pe armături, iar această dependență este chiar direct proporțională, deoarece $U = q/C$. Construim graficul dependenței U de q (Fig. 5) [5].

Analog cu problema anterioară, referitoare la lucrul de deplasare a sarcinii într-un câmp electrostatic, elevii ajung la concluzia că lucrul cheltuit pentru încărcarea condensatorului, este numeric egal cu aria triunghiului ONM . Determinăm această arie:

$$L = A_{\Delta OMN} = \frac{ON \cdot MN}{2}. \quad (9)$$

Deoarece $MN = U$ reprezintă tensiunea la armăturile condensatorului, iar $ON = q$ este mărimea sarcinii, obținem

$$L = A_{\Delta OMN} = \frac{qU}{2} \quad (10)$$

sau

$$L = \frac{CU^2}{2} \quad (11)$$

unde C este capacitatea condensatorului ($C = q/U$).

La încărcarea completă a condensatorului, conform legii conservării energiei, energia condensatorului este egală cu lucrul de încărcare a acestuia, adică

$$W = \frac{CU^2}{2} \quad (12)$$

IV. Metoda grafică de studiu a forței Arhimede și a condițiilor de plutire ale corpurilor

După cum se știe forța Arhimede se determină prin expresia

$$F_A = \rho_l g V, \quad (13)$$

iar această expresie poate fi demonstrată atât teoretic, cât și experimental. Pentru cercetarea

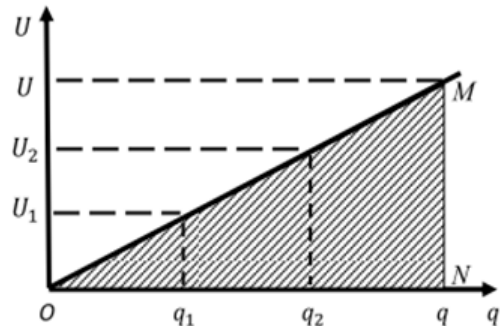


Fig. 5. Determinarea grafică a energiei câmpului electrostatic

dependenței forței Arhimede de porțiunea scufundată V a volumului corpului se poate folosi metoda grafică de cercetare a fenomenelor fizice, deoarece aceasta poate fi prezentată prin grafice ilustrative. În Fig. 6 sunt prezentate etapele 1 – 6 ale experienței de scufundare lentă a unui cilindru metalic într-un vas cu lichid. Adâncimea de scufundare a cilindrului h se depune pe axa orizontală de coordonate, iar forța Arhimede – pe axa verticală [6].

În continuare, vom explica etapele (pozițiile) scufundării corpului în lichid (Fig. 6):

1. Baza inferioară a cilindrului se află pe suprafața apei. Deoarece corpul nu este scufundat în lichid $h = 0$ și este evident că $F_A = 0$.
- 2 O parte din cilindru este scufundat în lichid și forța Arhimede este diferită de zero.
- 3 În lichid este scufundat o mare parte din cilindru, iar forța Arhimede crește liniar.
- 4 Cilindrul este scufundat complet în lichid, iar baza superioară a cilindrului se află pe suprafața apei. Forța Arhimede obține valoarea maximă.
- 5-6 La scufundarea ulterioară a corpului forța Arhimede rămâne constantă, egală cu valoarea sa maximă F_{Am} .

Astfel, la introducerea corpului în lichid forța Arhimede nu rămâne constantă, ea se modifică de la zero pînă la valoarea maximă, adică $0 < F_A < F_{Am}$, așa cum este reprezentat și în graficul dependenței forței Arhimede de volumul porțiunii scufundate (Fig. 6) [6].

Dacă vom introduce corpul într-un alt lichid, atunci forma graficului nu se va modifica, însă valoarea forței arhimedice maxime F_{Am} va fi alta. În Fig. 7 sunt reprezentate graficele dependenței forței Arhimede de densitatea lichidului dezlocuit pentru două lichide – apă și spirit. Observăm că dacă densitatea lichidului este mai mare, graficul respectiv se plasează mai sus, adică forța Arhimede maximă este mai mare [6].

Cunoscînd cum se modifică forța Arhimede putem cerceta grafic condițiile de plutire ale corpurilor. În Fig. 8.a. este prezentat cazul cînd forța de greutate G , ce acționează asupra corpului va fi mai mare decît forța Arhimede maximă, adică $G > F_{Am}$. Grafic acest caz este prezentat în Fig. 8.b. În acest caz corpul scufundat complet în lichid și lăsat liber nu va rămîne în echilibru, ci se va mișca în direcția forței mai mari și se va cufunda la fund.

Dacă forța de greutate G , ce acționează asupra corpului va fi egală cu forța Arhimede maximă, adică $G = F_{Am}$, corpul va rămîne în echilibru în interiorul lichidului (Fig. 9.a). Graficele ambelor forțe vor coincide (Fig. 9.b).

Dacă forța de greutate G este mai mică decît forța Arhimede maximă, adică $G < F_{Am}$, și corpul se va ridica la suprafața lichidului (Fig. 10.a.). Grafic acest caz este prezentat în Fig. 10.b. Observăm că graficul forței de greutate G se află mai jos decît graficul valorii maxime a forței Arhimede și acestea se întretaie în punctul M . Aceasta înseamnă că la o înălțime mai mică de h_m , adică h_0 ,

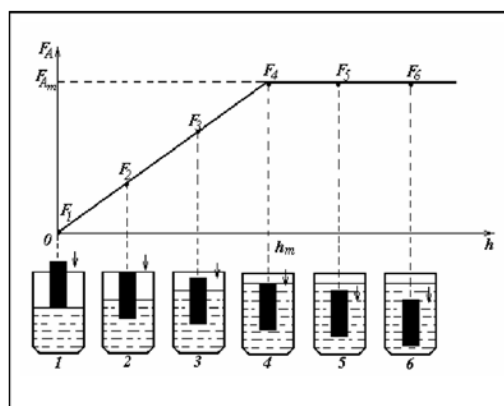


Fig. 6. Dependenta forței Arhimede de înălțimea de scufundare [6]

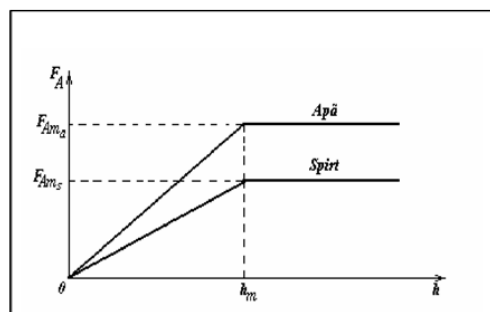


Fig. 7. Dependenta forței Arhimede maxime de densitatea lichidului [6]

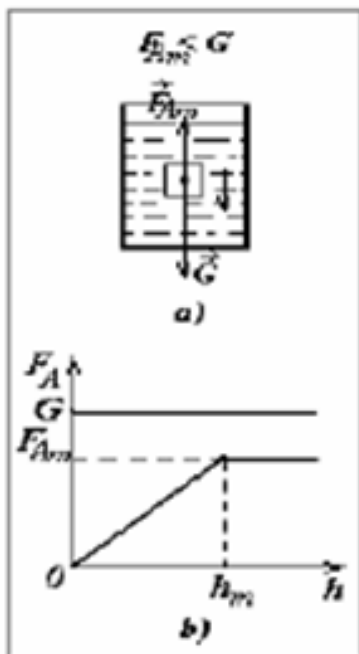


Fig. 8. [6]

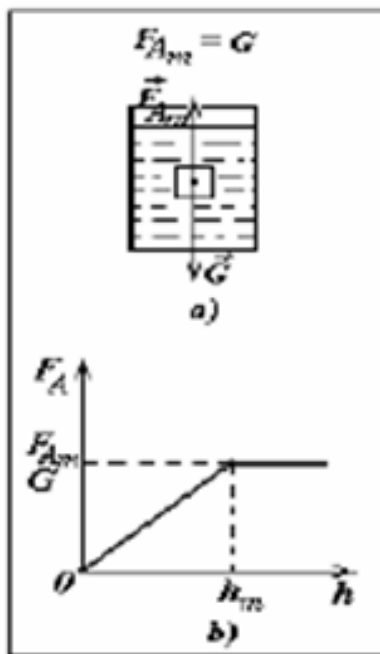


Fig. 9. [6]

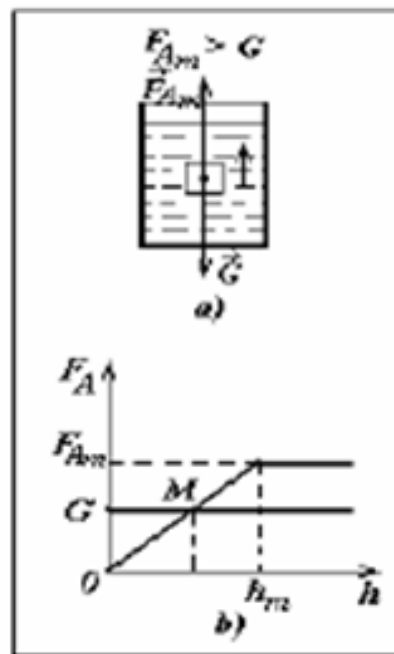


Fig. 10 [6]

corpul va rămâne în echilibru, iar pentru înălțimi mai mari corpul va pluti la suprafață.

Astfel, condițiile de plutire a corpului reprezintă niște tendințe de obținere a egalității forței de greutate G și a forței Arhimede F_A . Reprezentarea grafică a corelațiilor dintre aceste forțe pentru diferite poziții (înălțimi de scufundare) ale corpului în lichid determină o claritate mai mare în fenomenele studiate și contribuie la o înțelegere mai bună a acestora.

De multe ori, în calitate de condiții de plutire a corpurilor, se utilizează următoarea afirmație: *un corp va pluti pe suprafața apei dacă densitatea corpului va fi mai mică decât densitatea apei*. Însă, această este adevărată numai pentru corpurile fără goluri și cele care au formă regulată.

Dar cum se aplică aceasta cu cazul bărcii care are o formă specială? Folosind condiția de mai sus este mai greu de explicat elevilor cum corăbiile din fier totuși reușesc să plutească. Chiar dacă vom introduce o nouă noțiune, densitatea medie a corpului $\rho_{med} = m/V$, aceasta se va putea fi folosită numai în cazul când volumul total va include și golurile închise. Corpul va pluti dacă $\rho_{med} < \rho_l$. Dacă însă corpul va conține goluri deschise, volumul total va fi mult mai greu de determinat. Deaceia, din punct de vedere metodic, analiza condițiilor de echilibru este mai bine să se facă prin compararea forțelor de acțiune în condițiile date.

Concluzii

Metoda grafică joacă un rol important în realizarea Curriculumului Național la Fizică din următoarele aspecte:

1. În testele de la Examenele de Bacalaureat la Fizică cel puțin una din sarcini reprezintă o problemă grafică. Această tradiție se respectă chiar de la începutul promovării acestor examene în R. Moldova.

2. La Concursurile și Olimpiadele de Fizică problemele grafice și problemele de construcții geometrice ocupă un volum important în grila de probleme propuse.
3. Problemele grafice pot servi ca un impold în prepararea și realizarea unor lucrări de laborator noi atât pentru cursul gimnazial, cât și pentru cursul liceal de fizică.
4. Este posibil și invers, studentului (elevului) i se propune una sau mai multe sarcini de reprezentare grafică și interpretare a rezultatelor experimentale de laborator.
5. Problemele grafice pot fi și probleme de cercetare, iar complexitatea acestora crește odată cu creșterea nivelului grupei. Rezultatele obținute pot servi ca un imbold pentru trezirea interesului de cercetare pentru studenți și elevi.
6. Subiectul nici pe de parte nu este epuizat. Există și alte multiple aplicații ale metodei grafice în procesul de predare.

Referințe bibliografice

1. ЕРОХИНА, Р.Я. et al., Использование графического метода и идеи симметрии при решении физических задач в школе, Воронеж, Методическое пособие, 1994, 246 с.
2. РЕЗНИКОВ, Л.И., Графический метод в преподавании физики, Москва: Учпедчиз, 1960, 348 с.
3. БОРИСЕНКОВА, Л.А., Простой вывод формулы $v^2 - v_0^2 = 2as$, Физика в школе, 1972, Nr. 4, с. 59 – 60.
4. ПУСТОВИТ, В.В., Геометрическая интерпретация газовых законов, Физика в школе, 1973, Nr. 5, с. 36 – 37.
5. ДЬЯЧЕНКО, Э.И., Графический способ определения энергии заряженного конденсатора, Физика в школе, 1968, Nr. 6, с. 34 – 35.
6. Иванов, Д. Т., Петрова, Х. Г., Графический метод изучения Архимедовой силы и условий плавания тел, Физика в школе, 2000, Nr. 5, с. 25 – 27;