

EXPERIMENTUL DEMONSTRATIV LA TEMA: MIȘCAREA UNUI CORP SUB ACȚIUNEA FORȚEI DE GREUTATE

Mihail POPA, conf. univ. dr.,
Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți,
Republica Moldova

***Abstract:** This article presents demonstration experiment at vertical motion of a body and the movement of parabolic trajectories*

***Termeni-cheie:** experiment, tubul lui Newton, parabolă, unghi, viteză inițială, bătaie orizontală, înălțime maximă*

Introducere

Importanța fizicii pentru civilizația zilelor noastre este bine cunoscută. Astăzi nu există domeniu de activitate, nu există laborator de cercetare, nu există cercuri de fizică și tehnică, unde experimentul de fizică să nu fie prezent. Deci sursa de cunoștințe și metoda de cercetare o constituie experimentul. Este cunoscut și faptul că fizica, la fel ca și alte științe ale naturii, a devenit știință, desprinzându-se de filosofie, atunci când Galileo Galilei a pus experimentul la baza studierii fenomenelor din natură. De aceea, considerăm că experimentul trebuie să fie o componentă obligatorie la majoritatea tipurilor de lecții de fizică.

Experimentul demonstrativ reprezintă o reproducere cu ajutorul unor aparate speciale a fenomenului fizic în timpul lecției, în condițiile cele mai favorabile pentru studierea lui. El servește simultan ca sursă de cunoștințe, metoda de predare – învățare – evaluare și mijloc principal de formare la elevi a reprezentărilor concrete. Aceste reprezentări reflectă în mod adecvat în conștiința elevilor fenomenele și procesele fizice reale. Activitatea de predare-învățare a fizicii trebuie să se bazeze pe experiment, deoarece unele din etapele de formare a noțiunilor fizice și anume: observarea fenomenului, stabilirea proprietăților esențiale și neesențiale, introducerea mărimilor fizice caracteristice, nu pot fi eficiente fără folosirea experimentului.

Efectuarea acestor experimente favorizează formarea la elevi a abilităților intelectuale, practice și creative. Profesorul trebuie să elaboreze metodică de efectuare

a experimentelor, astfel încât să lase elevilor posibilitatea de manifestare a inițiativei și independenței în efectuarea lor.

În procesul de efectuare a experimentelor demonstrative elevii se conving de obiectivitatea legilor fizicii, își formează o reprezentare despre modelele folosite în cercetarea științifică, fac cunoștință cu măsurările fizice și metodele de evaluare cantitativă a fenomenelor fizice, dobândesc abilități de observare, de măsurare și de experimentare.

Tema Mișcarea unui corp sub acțiunea forței de greutate se studiază la liceu sub forma a două teme complementare:

1. Mișcarea unui corp pe verticală;
2. Mișcarea unui corp pe traiectorii parabolice.

Obiectivul principal al lucrării, care a fost formulat după studierea literaturii de specialitate, este studiul experimentelor demonstrative clasice și de alternativă la tema respectivă.

1. Experimentul demonstrativ la mișcarea pe verticală

Un exemplu remarcabil de mișcare rectilinie uniform accelerată observată în natură îl constituie căderea liberă a corpului și mișcarea unui corp aruncat vertical în sus. Dacă vom lua o bilă de oțel, o minge de fotbal, un ziar desfăcut, o pană de pasăre și vom arunca toate aceste obiecte de la înălțimea de câțiva metri și vom urmări mișcarea lor, vom observa că accelerațiile lor sînt diferite. Aceasta se explică prin faptul că în drum spre Pămînt corpurile trec prin aer care împiedică mișcarea lor. Dacă însă s-ar putea înlătura influența aerului, atunci accelerațiile tuturor corpurilor ar fi aceleași. Pentru a convinge și elevii de acest lucru putem demonstra la lecție următoarele experimente:

Experimentul 1.1. Pentru experiment pregătim din timp un disc metalic (care poate fi tăiat din orice foaie metalică) și un disc din hîrtie (carton), de același (diametru de circa 6-10 cm). Luăm într-o mînă discul metalic, iar în cealaltă discul de hîrtie și le punem în poziție orizontală. De la o înălțime de circa un metru dăm drumul

în același timp la ambele discuri și observăm, când discul metalic atinge masa, celălalt se mai află în cădere.

Apoi, punem discul de hârtie peste discul metalic și dăm drumul momentan la discuri. Observăm că discurile, menținându-și poziția orizontală, cad în același moment de timp pe Pământ.

Concluzia 1.1: Cauza căderii nesimultane a corpurilor pe Pământ este rezistența aerului. Dacă am înlătura forța de rezistență ambele corpuri ar cădea simultan pe Pământ.



Fig. 1 ([1])

Experimentul 1.2. În laboratorul de fizică găsim un dispozitiv special, numit tubul lui Newton, care reprezintă un tub cu pereți groși de circa un metru lungime, un capăt al căruia este sudat, iar celălalt este prevăzut cu un robinet.

Introducem în tub trei obiecte diferite, de exemplu, o alică de plumb, o bucăciță de plută și o pană de pasăre. Apoi răsturnăm repede tubul. Toate cele trei corpuri vor cădea pe fundul tubului, dar în intervale de timp diferite: mai întâi cade alicea, apoi pluta și, în sfârșit, pana (Fig. 1.b). Experimentul se repetă de 2-3 ori și se demonstrează că în aer corpurile cad diferit.

Unim tubul lui Newton cu un furtun și evacuăm cu o pompă aerul din tub pînă ce manometru indică presiunea de circa 5-6 mm. col. Hg. Închidem robinetul, scoatem furtunul și răsturnăm din nou tubul. Observăm că toate cele trei corpuri cad concomitent (Fig. 1.a). Experimentul se repetă de 2-3 ori și se demonstrează că în vid corpurile cad la fel. Se recomandă ca experimentul să fie efectuat cît mai aproape de elevi, pentru ca elevii să audă cît mai bine posibil lovitura și instalația să se vadă pe un fon întunecat.

Concluzia 1.2: În vid toate corpurile cad cu aceeași accelerație $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, iar o astfel de cădere a corpurilor în vid se numește **cădere liberă**.

Experimentul 1.3. Se i-au într-o mână două bile de același diametru, dar cu mase diferite, și se dau drumul acestora concomitent. Bilele cad, iar sunetul cu podeaua se aude concomitent. Experiențe analoage a efectuat și Galilei, care dădea drumul la bile de pe turnul din Pisa.

Concluzia 1.3: Dacă rezistența aerului este mult mai mică decât greutatea corpului, atunci toate corpurile cad cu aceeași accelerație $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

2. Experimentul demonstrativ la mișcarea pe traiectorii parabolice

Experimentul 2.1. Pentru demonstrarea și cercetarea mișcării unui corp pe o parabolă în școli, de obicei, se utilizează dispozitivul descris în fig. 2. Baza dispozitivului reprezintă un panou vertical **1** (fig. 2) care are un orificiu dreptunghiular **2** pentru fixarea în cleștele stativului și două orificii **3** pentru fixarea lui în șuruburile dintr-un colț al tablei clasei. Pe panou este suspendată o tijă verticală **4**. Capătul de jos al tijeii este îndoit sub 90° și pe el se îmbracă liber o bilă din oțel **5** pe circa $2/3$ din diametrul bilei. A doua bilă **6** se instalează pe

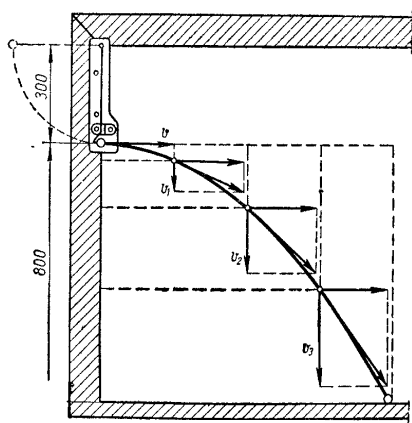


Fig. 3 ([2], [3])

polița orizontală **7** a panoului și pentru ca această bilă să nu cadă pe poliță este făcută o gropiță. Ambele bile, de obicei, sunt călite. Scoaba elastică **8** servește ca opritor, care limitează mișcarea tijeii în dreapta, cât și ca fixator pentru păstrarea bilelor.

Pentru demonstrarea mișcării corpului cu viteză inițială orizontală dispozitivul se fixează cu ajutorul a două șuruburi în colțul stâng de sus al tablei, ca în fig 3. Bila **6** este fixată în cavitatea scoabei **8**, eliberând

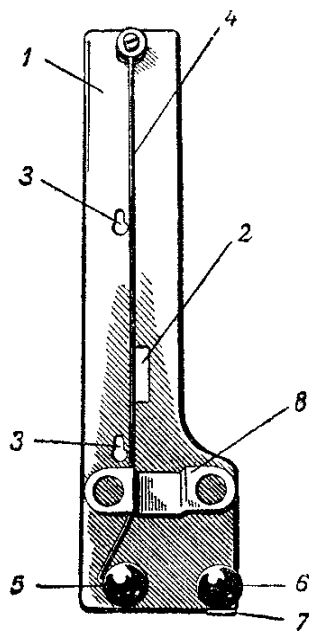


Fig. 2 ([2], [3])

drumul pentru bila **5**. La distanța de circa 98 cm unde va cădea bila se pune o cârpă mare puțin umedă.

Bila **5** se îmbracă în tijă, iar tijă cu bilă se ridică la înălțimea egală cu lungimea tijei (circa 30 cm) și apoi se dă drumul.

Bila împreună cu tija cade, descriind un arc de cerc. Ciocnind scoaba **8** tija se oprește, iar bila **5**, după inerție, continuă să se miște cu viteză orizontală și sub acțiunea forței de greutate descrie o parabolă. Cârpă groasă umedă de la locul de aterizare absoarbe complet energia bilei și, astfel, bila rămîne la locul de cădere.

Cercetarea traiectoriei de mișcare a bilei se face foarte simplu: se împarte drumul $s = 98$ cm în patru părți, iar înălțimea $H = 80$ cm în șaisprezece părți, indicînd punctele care corespund poziției bilei peste intervale de timp egale. Trasînd prin aceste puncte o linie curbă obținem traiectoria mișcării bilei. Mai departe experiența se repetă și se trage o concluzie.

Concluzia 2.1: Traiectoria reală de mișcare a bilei coincide cu curba calculată și desenată teoretic.

Partea experimentală cu aceste măsurători se termină, însă este util de continuat analiza rezultatelor măsurătorilor.

1. Timpul de cădere a bilei se determină după formula:

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8m}{10 \frac{m}{s^2}}} = 0,4 \text{ s}; \quad (1)$$

2. Calculul bătăii orizontale se zbor a bilei se face conform relației:

$$s = 2\sqrt{Hh} = \sqrt{0,3 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ m}} = 0,98 \text{ m}; \quad (2)$$

unde h reprezintă înălțimea la care este ridicată bila înainte de pornirea măsurării, iar H – înălțimea de cădere.

3. Viteza de decolare a bilei se face conform relației:

$$v = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 0,3 \text{ m}} \approx 2,4 \frac{m}{s}; \quad (3)$$

4. Componenta verticală a vitezei finale se determină

$$v = gt = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,4 \text{ s} \approx 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}. \quad (4)$$

Experimentul 2.1. Pentru demonstrarea căderii concomitente a două corpuri, unul mișcându-se pe o parabolă, iar celălalt – pe verticală, se folosește același dispozitiv ca și în experimentul precedent. Se folosesc ambele bile, bila **6** se așează pe polița orizontală **7**, iar bila **5** se îmbracă în tija metalică **4**. Se verifică ca ambele bile să fie la aceeași înălțime.

Se ridică tija cu bilă și i se dă drumul. Atingând opritorul, tija se oprește, iar bila **5** continuă după inerție mișcarea, ciocnind bila **6** de pe poliță. La ciocnirea elastică centrală prima bilă cedează tot impulsul bilei a doua. Ca rezultat, prima bilă începe căderea verticală în jos și simultan cea de-a doua bilă începe mișcarea pe o parabolă. Concomitent se aud ciocnirile ambelor bile cu suprafața de aterizare. Experiența se repetă de mai multe ori și se formulează o concluzie.

Concluzia 2.2: Timpul căderii libere a unui corp este egal cu timpul mișcării pe o parabolă a corpului aruncat orizontal.

Experimentul 2.3. După descrierea experimentului II.1, în care mișcarea corpului aruncat orizontal

a fost cercetat detaliat, experimentul cu mișcarea corpului aruncat sub unghi față de orizont poate fi demonstrată cu ajutorul unui jet de apă care curge printr-un ajutor al tubului din cauciuc, conectat cu un robinet la sursa cu apă. În acest experiment trebuie cercetată

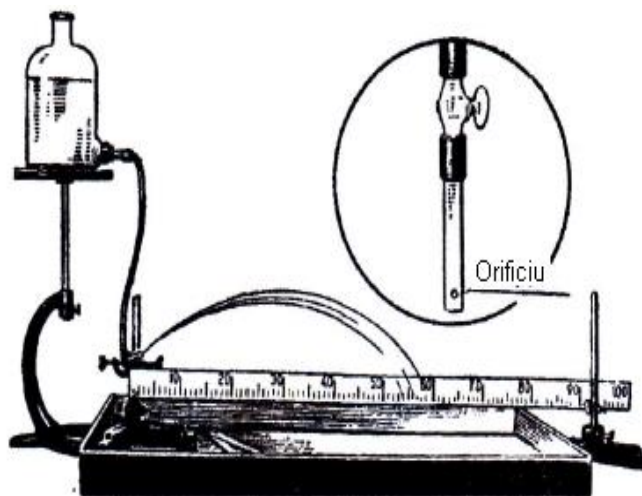


Fig. 4 ([2], [4])

dependența bătăii orizontale și a înălțimii maxime de ridicare de unghiul de lansare.

Instalația pentru efectuarea experimentului respectiv este reprezentată în Fig. 4. Ajutajul pentru obținerea jetului subțire de apă reprezintă în sine un tub metalic închis la un capăt, dar prevăzut pe suprafața laterală cu un orificiu de circa 1 mm grosime. Acesta este conectat cu un furtun din cauciuc la robinetul din ebonită a unui rezervor cu apă. Ajutajul este fixat în diferite poziții cu ajutorul unui stativ cu mufă și clește. Traectoria mișcării particulelor de apă care ies din ajutorul tubului de cauciuc este o parabolă. Metrul demonstrativ se instalează orizontal în două mufe, astfel încât diviziunea zero să fie în dreptul ajutorului. Pentru a evita împrăștierea apei în laborator pe masa de lucru se instalează o vană paralelipipedică din masă plastică (fig. 4).

Deschidem robinetul și rotind ajutorul în diferite poziții se obține bătaia orizontală maximă a jetului de apă. Pentru respectiva poziție ajutorul se fixează în mufă, iar rezervorul cu apă se instalează într-o așa poziție, pentru care bătaia maximă va fi de circa 60 cm (un număr, divizibil la mai multe numere naturale). Robinetul de închide și cu aceasta finisează etapa de pregătire.

Inițial jetul de apă se îndreaptă orizontal, după care se mărește unghiul de înclinare față de orizont de la 0 la 90°. Se demonstrează și de atrage atenție elevilor că bătaia orizontală inițial crește, apoi se micșorează, iar la unghiul de 90° devine nulă. Înălțimea însă crește continuu și atinge valoarea maximă la 90°.

Repetând de mai multe ori experimentele se concluzionează că bătaia orizontală maximă (de 60 cm) se obține pentru unghiul de înclinare de 45°. În acest caz înălțimea maximă de ridicare atinge valoarea de circa 15 cm. Când jetul de apă este orientat vertical în sus înălțimea de ridicare atinge valoarea de 30 cm – adică jumătate din bătaia maximă.

În manualele de specialitate [1, 5-6] se deduc formulele pentru bătaia orizontală și înălțimea de urcare:

$$s = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} \quad (5)$$

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \quad (6)$$

Din formulele (5) și (6) rezultă că bătaia maximă orizontală și înălțimea maximă de urcare (Fig. 5) se obține pentru unghiul $\alpha = 45^\circ$ [1, 5-6]:

$$s_{max} = \frac{v_0^2}{g}. \quad (7)$$

$$h_{max} = \frac{v_0^2}{4g}. \quad (8)$$

Făcând raportul relațiilor (8) și (7) ajungem la aceeași concluzie, confirmată atât experimental, cât și teoretic:

$$h_{max} = \frac{s_{max}}{4}. \quad (9)$$

Concluzia 2.3: Pentru unghiul de înclinare de 45° înălțimea de ridicare atinge valoarea maximă, și este egală cu circa un sfert din bătaia orizontală maximă.

Pentru mișcarea verticală a jetului de apă înălțimea maximă de ridicare se deduce din relația:

$$v_0^2 = 2gH \Rightarrow H = \frac{v_0^2}{2g}. \quad (10)$$

Dacă raportăm relația (10) la (9), obținem:

$$H = 2h. \quad (11)$$

Concluzia 2.4: Înălțimea maximă de ridicare la mișcarea parabolică a jetului de apă constituie jumătate din înălțimea maximă de ridicare la mișcarea pe verticală în sus.

Concluzii

În condițiile reformelor repetate, a unui buget de austeritate alocat educației, a modificării structurii calificării solicitate pe piața muncii, a unei reticențe din ce în ce mai mare a elevilor în fața actului de instruire, reticență cauzată în esență de ierarhia inversă a valorilor indusă de reușita socială, învățământul preuniversitar trebuie să găsească cel mai bun echilibru între volumul și calitatea informațiilor pe de o parte și prezentarea atractivă, interactivă și stimulativă pe de altă parte.

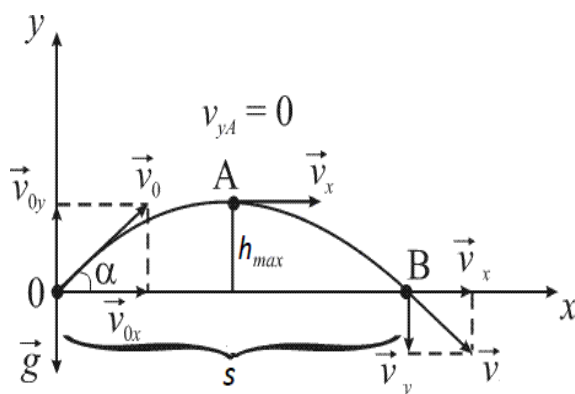


Fig. 5

Materialul prezentat în lucrare poate fi de real folos elevilor, studenților, cadrelor didactice, precum și tuturor celor care doresc să-și aprofundeze cunoștințele din domeniu. Unele experimente pot fi reformulate sub forma de:

1. lucrări de laborator pentru practicumul de fizică;
2. sarcini de cercetare științifică în vederea pregătirii pentru conferințele științifice;
3. probleme experimentale, în vederea pregătirii pentru olimpiade sau concursuri de fizică.

Bibliografie

1. HRISTEV A., FĂLIE, V., MANDA, D. *Fizică, manual pentru clasa a IX-a*, București : Editura Didactică și Pedagogică, 1997.
2. KIKOIN, I.K., KIKOIN, I.K., *Fizică, manual pentru clasa a IX-a a școlii medii*, Chișinău : Editura Lumina, 1995.
3. MARINCIUC, M., RUSU S. *Fizică, manual pentru clasa a 10-a, Profil real. Profil umanist*, Chișinău: Editura Știința, 2012.
4. БУРОВ, В.А., ЗВОРЫКИН, Б. С., ПОКРОВСКИЙ, А. А., РУМЯНЦЕВ, И. М. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы, часть I. Москва: Просвещение, 1977.
5. ЗВОРЫКИН, Б.С. *Прибор для демонстрации независимости действия сил и исследования движения тела по параболе*. В: *Физика в школе*, 1973, Nr. 5, с. 60-61;
6. ТУМАНЬЯН, Ю.А. *Изучение движения тела под действия силы тяжести*. В: *Физика в школе*, 1985, Nr. 45, p. 72-74.