Unitatea de învăţare: IX.14
Teorema variaţiei impulsului. Legea conservării impulsului. Ciocniri[1]

„Ce legătură este între un barcagiu, jocul de biliard şi o rachetă?”

Clasa: **a IX-a**.

Numărul orelor/lecţiilor: **7+1**.

Conţinuturi repartizate: ***Teorema variației impulsului. *Legea conservării impulsului. Ciocniri.** Conceptul de impuls al unui punct material şi al unui sistem de puncte materiale. Teorema variației impulsului. Legea conservării. Ciocniri elastice. Ciocniri plastice. (Programa de fizică pentru clasa a IX-a/3458/09.03.2004).

Strategia didactică asociată unităţii de învăţare, bazată predominant pe **modelare**[2].

Structura unităţii de învăţare:

Secvenţele unităţii de învăţare	Sarcini didactice dominante	Obiective vizate în cadrul unităţii de învăţare (secvenţe ale modelării)
I. Evocare–Anticipare	**Lecţia 1. Evaluarea iniţială a situaţiei de învăţare**, stabilirea obiectivelor / formarea unei prime reprezentări a situaţiei de rezolvat;	1. **Sesizarea modelului** (conceptual, procedural, comportamental) de exersat;
II. Explorare–Experimentare	**Lecţia 2. Dezvoltarea strategiilor cognitive** (de abordare a situaţiilor-problemă, a sarcinilor);	2. **Identificarea componentelor** modelului de exersat (concepte, secvenţe, proceduri);
III. Reflecţie–Explicare	**Lecţia 3. Elaborarea/enunţarea** noilor cunoştinţe (definiţii, generalizări);	3. **Organizarea datelor** obţinute prin exersare, compararea cu modelul original şi propunerea unor generalizări;
IV. Aplicare–Transfer	**Lecţia 4–7.**[3] **Sistematizarea şi consolidarea** noilor cunoştinţe;	4. **Testarea modelului** obţinut, prin includerea altor cazuri particulare;
	Dezvoltarea atitudinilor, a percepţiei valorilor. **Evaluarea rezultatelor învăţării**.	5. **Extinderea sferei noilor cunoştinţe prin includerea altor informaţii.**

Mijloace de învăţământ: computer cu acces la Internet şi videoproiector (facultativ), fişe de lucru pentru elevi, manuale şi alte resurse cu informaţii vizând tema.

Pentru fiecare grupă de elevi: 2 maşinute cu arc de mase diferite sau 2 bile de mase diferite, balon, sfoară de diverse tipuri, paie, două pendule gravitaţionale de lungime egală, care au ca obiecte oscilante două bile din oţel cimentat (foarte elastice), o bucată de plastilină, două bile grele din oţel cimentat, coli de hârtie albă şi de indigo.

[1] Studiul ciocnirilor este facultativ conform programei de fizică pentru clasa a IX-a/3458/09.03.2004.

[2] Strategia didactică aferentă fiecărei lecţii va fi completată cu alte metode, procedee şi tehnici de predare-învăţare (tradiţionale sau moderne), selectate de către fiecare profesor în funcţie de diverse variabile ale contextului educaţional

[3] În cazul în care nu se dorește parcurgerea studiului ciocnirilor, lecțiile 4–6 se pot elimina.

O privire de ansamblu asupra strategiei didactice: succesiunea lecţiilor corespunde etapelor *modelării*. Interesul elevilor pentru noţiunile temei poate fi declanşat de o situaţie-problemă: „Un barcagiu merge în barca lui, dar constată că şi barca se deplasează, însă în sens opus. La biliard, uneori bila care ciocneşte rămâne pe loc, alteori deviază. O rachetă cosmică, având o masă imensă, este pusă în mişcare de gazele care sunt formate din molecule foarte mici!". Pe parcurs, gândirea elevilor se dezvoltă către înţelegerea aplicării principiului acţiunilor reciproce din dinamică, sub forma conceptelor mai cuprinzătoare de impuls şi a teoremelor lui.

De asemenea, pe parcursul lecţiilor şi la finalul acestora (aprox. **10 min.**) elevii sunt implicaţi în realizarea unor momente de *feedback metacognitiv*, necesare anticipării sarcinilor (competenţelor de însuşit) şi proiectării lecţiilor următoare.

Printre tehnicile recomandate de includere a feedback-ului metacognitiv în cadrul lecţiilor sunt: ***Harta „Ştiu. Vreau să ştiu. Am învăţat"*** și ***"Eseul de 5 minute".***

În funcţie de specificul lecţiilor, pot fi folosite şi alte instrumente de evaluare formativă, potrivit inventarului de sugestii de evaluare.[4]

I. Evocare–Anticipare
Ce ştiu sau cred eu despre asta?

Lecţia 1. Sesizarea modelului (conceptual, material, procedural) de exersat/însuşit de către elevi.

„Ce legătură este între un barcagiu, jocul de biliard şi o rachetă?"

În cadrul acestei lecții, , au loc următoarele procese:

i) precizarea scopului urmărit (găsirea unor răspunsuri la întrebarea de investigat);

ii) identificarea procedurilor care trebuie imaginate pentru acesta (controlul variabilelor);

iii) proiectarea demersului de rezolvare (stabilirea etapelor, a mijloacelor, anticiparea riscurilor, integrarea constrângerilor care apar).

În acest scop elevii vor desfășura următoarele activități, fiind stimulați (***variantă de abordare***):

Activitatea 1 (***Gândiți, lucrați în perechi comunicați*** **– 5 min**.)

- **să evoce** cunoștințele anterioare necesare parcurgerii unității de învățare: punct material, principiul inerției, principiul fundamental al dinamicii, principiul acțiunii și reacțiunii, accelerația;

Activitatea 2 (***Investigație în grup*** **– 10 min**.)

- **să observe** că există o proprietate care se transmite de la un corp la altul – tendința acestuia de a-și păstra starea de mișcare (mersul pe o placă cu roți sau pe un skateboard, leagănul lui Newton);

- **să observe** că la oprirea bruscă a corpului se dezvoltă o forță cu atât mai mare, cu cât masa corpului este mai mare și, respectiv, cu cât viteza sa este mai mare (se pot utiliza 2 mașinute cu arc de mase diferite sau 2 bile de mase diferite în cădere liberă oprite de o placă pe care s-au aplicat o coală albă de hârtie și o coală de indigo);

Activitatea 3 (***Prelegere interactivă*** **– 10 min**.)

- **să definească** impulsul unui punct material și variația impulsului unui punct material:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad \Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \Delta(m \cdot \vec{v});$$

- **să realizeze** că în cazul mecanicii clasice noțiunea de punct material implică faptul că masa *m* este constantă, deci: $\Delta(m \cdot \vec{v}) = m \cdot \Delta\vec{v}$ **;**

[4] Aceste precizări sunt valabile pentru finalul fiecărei lectii din unitate; excepție face ultima lecție.

- **să rescrie** expresia matematică a principiului fundamental al dinamicii pentru un punct material utilizând impulsul:

$$\vec{F}_{medie} = m \cdot \vec{a}_{medie} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta(m \cdot \vec{v})}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t};$$

- **să deducă** legea conservării impulsului mecanic pentru un punct material:

$$\vec{F}_{medie} = o \Rightarrow \Delta \vec{p} = 0 \Leftrightarrow \vec{p}_2 = \vec{p}_1 \Leftrightarrow \vec{v}_2 = \vec{v}_1;$$

Activitatea 4 (***Investigaţie în grup*** **– 15 min**.)

- **să rezolve** probleme simple de determinare a impulsului unui corp pe baza relației de definiție și de deplasare a unui corp, pe baza principiului fundamental al dinamicii în forma nouă, sub acțiunea unor forțe constante de tracțiune (cu și fără frecare);
- **să comunice** concluziile echipei și **să le compare** cu cele obținute de celelalte echipe.

Evaluarea de la finalul lecţiei (10 min.)

II. Explorare–Experimentare

Cum se potriveşte această informaţie cu ceea ce ştiu sau cred eu despre ea?

Lecţia 2. Identificarea componentelor/secvențelor modelului de exersat.

În cadrul acestei lecții elevii sunt organizați în grupe iar metoda de învățare este *experimentul*. Este o lecţie de formare/dezvoltare a capacităţilor de *explorare*, *experimentare*; de formare a abilităţilor de comunicare, cognitive, sociale etc.

În acest scop, elevii sunt ghidați:

Activitatea 1 (***Gândiţi, lucraţi în perechi, în patru, comunicaţi*** **– 5 min**.)

- pe un desen ce reprezintă un copil ce merge pe skateboard, **să reprezinte** pe ambele corpuri forțele ce acționează, vitezele lor, impulsurile lor;
- **să scrie** formulele impulsului şi principiului fundamental al dinamicii pentru cele două corpuri și **să compare** impulsurile lor;





Activitatea 2 (***Investigaţie în grup*** **– 5 min**.)

- să reia experimentul cu leagănul lui Newton și **să observe** ce se întâmplă dacă sunt puse în mișcare o bilă, două, trei;
- **să anticipeze** că este vorba de transmiterea și conservarea impulsului;

Activitatea 3 (***Prelegere interactivă*** **– 10 min**.)

- **să definească** sistemul izolat de două puncte materiale ca fiind sistemul în care se exercită *numai* forțe *interne* (forțe de tip acțiune-reacțiune) între cele două puncte materiale;

- **să deducă** legea conservării impulsului pentru un sistem izolat de două puncte materiale: $\vec{F}_{medie}^{12} \cdot \Delta t = m_1 \cdot (\vec{v}_1' - \vec{v}_1) = \vec{p}_1' - \vec{p}_1 = \Delta\vec{p}_1$;

$\vec{F}_{medie}^{21} \cdot \Delta t = m_2 \cdot (\vec{v}_2' - \vec{v}_2) = \vec{p}_2' - \vec{p}_2 = \Delta\vec{p}_2$;

$\vec{F}_{medie}^{12} = -\vec{F}_{medie}^{21}$

$\Rightarrow \Delta\vec{p}_1 + \Delta\vec{p}_2 = 0 \Leftrightarrow \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'$

- **să concluzioneze** că forțele interne nu pot modifica impulsul total al sistemului;

Activitatea 4 (***Investigație în grup*** **– 20 min.)**

- **să rezolve** probleme simple legate de legea conservării impulsului pentru un sistem izolat de două puncte materiale: „Un barcagiu cu masa m, care se deplasează în barca lui de masă M cu viteza v, constată că şi barca se deplasează, însă în sens opus. Care este viteza bărcii?", determinarea recului unui tun și de faptul că forțele interne nu pot modifica impulsul total al sistemului (celebra întâmplare a baronului Münchhausen în mlaştină);





- **să comunice** concluziile echipei și **să le compare** cu cele obținute de celelalte echipe.

Evaluarea de la finalul lecției (10 min.)

III. Reflecție–Explicare

Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

Lecția 3. Compararea cu modelul original.

În această lecție, elevii disting exemple ale conceptului de învățat / problemei de rezolvat / produsului de realizat, elaborează definiții / reguli de rezolvare / instrucțiuni de producere pe care le ameliorează treptat, observând exemple și contraexemple.

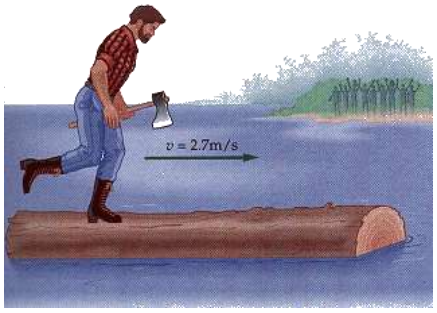
În acest scop elevii sunt ghidați:

Activitatea 1 (***Hartă conceptuală*** **– 10 min**.)

- **să sintetizeze** și **să organizeze** informațiile pe care le dețin despre impuls;

Activitatea 2 (***Investigație în grup*** **– 30 min**.)

- **să elaboreze** un algoritm de rezolvare a problemelor legate de conservarea impulsului într-un sistem izolat de două puncte materiale;
- **să rezolve** o problemă analoagă celor anterioare pe baza acestui algoritm;
- **să compună** o problemă pe baza unei imagini și să o rezolve;
- **să comunice** concluziile echipei și **să le compare** cu cele obținute de celelalte echipe.



Evaluarea de la finalul lecţiei (10 min.)

IV. Aplicare–Transfer
Ce convingeri îmi oferă această informaţie?
Ce anume pot face în alt fel, acum când deţin această informaţie?

Lecţia 4. Testarea modelului obţinut şi raportarea rezultatelor.

Ciocniri elastice și plastice

În această lecție, plecând de la enunţuri generale, elevii trebuie să ajungă la exemple particulare ale acestora. Ei observă o definiţie a conceptului de însuşit / o regulă de rezolvare a unei probleme / instrucţiuni de producţie, le aplică în exemple particulare, explicitează caracteristicile care nu sunt conforme cu definiţia/regula/instrucţiunile.

În acest scop elevii sunt ghidați:

Activitatea 1 (***Gândiți, lucrați în perechi, comunicați*** **– 5 min**.)

- **să formuleze ipoteze** privind cauze ale variaţiei impulsului unui punct material sau al unui sistem fizic;

Activitatea 2 (***Investigație experimentală*** **– 5 min**.)

- **să utilizeze** un montaj mecanic format din două pendule gravitaţionale de lungime egală, cu două bile din oţel cimentat (foarte elastice) pentru studiul ciocnirilor; una dintre bile este deviată şi eliberată din repaus; se vor realiza experimente cu bilele foarte curate, apoi cu o bucată de plastilină lipită pe una dintre bile, în zona de coliziune;
- **să observe** ce se întâmplă cu cele două bile după ciocnire;



Activitatea 3 (***Prelegere interactivă*** **– 15 min**.)

- **să identifice**, respectiv **să distingă** cele două metode de transmitere a impulsului prin interacţiunea de *lungă* durată și prin interacţiunea de *scurtă* durată (ciocniri); **să realizeze** că în ambele situaţii este valabilă ecuația $\vec{F}_{medie} \cdot \Delta t = \Delta \vec{p}$, dar ea se aplică unui singur corp în primul caz și fiecăruia dintre corpurile care se ciocnesc în cel de-al doilea caz;
- **să înțeleagă** noțiunea de *centru de masă* pentru bilele care se ciocnesc;
- **să definească** ciocnirile şi **să le clasifice** în: i) ciocniri *elastice* (în care corpurile se desprind după ciocnire) și *plastice* (în care corpurile rămân în contact după ciocnire);

- **să realizeze** că forțele de ciocnire sunt forțe interne sistemului de corpuri care se ciocnesc și că impulsul mecanic al acestuia se conservă, indiferent de tipul de ciocnire (conservarea impulsului pentru un sistem de două puncte materiale în care se exercită numai forțe interne);

Activitatea 4 (***Investigație experimentală*** **– 15 min**.)

- reluând experimentul de la Activitatea 2, **să aplice** legea de conservare a energiei mecanice şi **să calculeze** viteza bilelor înainte și după ciocnire prin măsurarea altitudinii maxime atât pentru ciocnirea elastică, cât şi pentru ciocnirea plastică;

- **să calculeze** pentru ambele cazuri, pe baza vitezelor determinate, impulsul sistemului înainte de ciocnire şi după ciocnire şi să observe că, în limita erorilor experimentale, acesta se conservă.

Evaluarea de la finalul lecției (10 min.)

Lecţia 5. Testarea modelului obţinut şi raportarea rezultatelor.

Ciocniri elastice și plastice

În această lecție, elevii imaginează diferite încercări (experimentări) ale unui concept de însuşit / problemă de rezolvat / produs de realizat, pe baza a ceea ce ştiu deja să facă, observă şi analizează reuşitele parţiale, reprezentările succesive ale rezultatului aşteptat. Este o lecţie de formare/dezvoltare a capacităţii de transfer, de percepţie a valorilor, de sistematizare şi consolidare a noilor cunoştinţe.

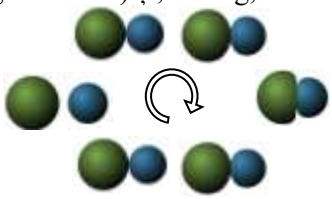
În acest scop elevii sunt ghidați:

Activitatea 1 (***Gândiți, lucrați în perechi, comunicați*** **– 5 min**.)

- **să dea exemple** de ciocniri elastice și plastice din viața cotidiană;

Activitatea 2 (***Investigație în grup*** **– 35 min**.)

- **să analizeze** şi **să interpreteze** fenomenele pe care le suferă cele două bile aflate în procesul de ciocnire perfect elastică (este cazul ideal – care nu se petrece în realitate –, în care are loc transformarea totală a energiei cinetice în energie elastică) și, analog, în ciocnirea perfect plastică;



- **să explice** ce se întâmplă cu energia mecanică în ciocnirile reale, elastice și plastice: are loc transformarea energiei mecanice în alte forme de energie, mai ales în energie termică (corpurile se încălzesc în procesele reale de ciocnire).

- pe baza unor fişe de lucru care conţin referiri la ciocniri perfect elastice, respectiv la ciocniri perfect plastice **să determine** starea finală a sistemului, utilizând următorul algoritm:

1. **Evaluează** impulsul în starea iniţială;
2. **Evaluează** energia cinetică în starea iniţială;
3. **Evaluează** impulsul în starea finală;
4. **Evaluează** energia cinetică în starea finală;
5. **Aplică** conservarea impulsului;
6. **Aplică** conservarea energiei cinetice totale;
7. **Calculează** vitezele finale.

Evaluarea de la finalul lecției (10 min.)

Lecţia 6. Extinderea sferei noilor cunoştinţe prin includerea altor informaţii.
Jocul de biliard

În această lecție, elevii imaginează diferite încercări (experimentări) ale unui concept de însuşit / problemă de rezolvat / produs de realizat, pe baza a ceea ce ştiu deja să facă, observă şi analizează reuşitele parţiale, reprezentările succesive ale rezultatului aşteptat. Este o lecţie de formare/dezvoltare a capacităţii de transfer, de percepţie a valorilor, de sistematizare şi consolidare a noilor cunoştinţe.

În acest context, profesorul implică elevii în rezolvarea următoarelor sarcini:

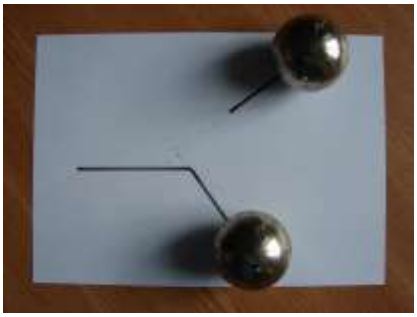
Activitatea 1 (***Ciorchine organizat*** **– 10 min**.)

- **să sintetizeze** și **să organizeze** informațiile pe care le dețin despre impuls și ciocniri;

Activitatea 2 (***Investigație în grup*** **– 30 min**.)

- **să producă** ciocniri excentrice şi **să analizeze** rezultatele utilizând material didactic pentru studierea ciocnirilor excentrice (câte două bile grele, de mase egale, din oţel cimentat, coli de hârtie albă şi de indigo);





- **să măsoare** unghiul de deviere după ciocnire şi **să constate** că are valoarea aproximativă de 90°;
- **să calculeze** teoretic acest unghi **aplicând** conservarea impulsului (bidimensional) şi a energiei cinetice şi să obţină drept rezultat că unghiul dintre direcţiile bilelor după ciocnire este de 90°;
- **să demonstreze** că viteza centrului de masă nu se schimbă dacă sistemul este izolat, considerând că masele sunt concentrate în centrul de masă;
- **să rezolve** problema unui om care se deplasează pe un buştean (vezi figura de la lecția 3, Activitatea 2) utilizând proprietatea de mai sus.

Evaluarea de la finalul lecției (10 min.)

Lecţia 7. Extinderea sferei noilor cunoştinţe prin includerea altor informaţii.
Principiul motorului cu reacție

În această lecție, elevii imaginează diferite încercări (experimentări) ale unui concept de însuşit / problemă de rezolvat / produs de realizat, pe baza a ceea ce ştiu deja să facă, observă şi analizează reuşitele parţiale, reprezentările succesive ale rezultatului aşteptat. Este o lecţie de formare/dezvoltare a capacităţii de transfer, de percepţie a valorilor, de sistematizare şi consolidare a noilor cunoştinţe.

În acest scop elevii sunt ghidați:

Activitatea 1 (***Investigație experimentală*** **– 25 min**.)

- **să construiască** dispozitivul experimental format dintr-o sfoară legată de două scaune pe care este introdus un pai; de pai este lipit cu bandă transparentă un balon umflat;




- **să observe** ce se întâmplă dacă se dă drumul aerului din balon (aerul din balon iese, propulsând balonul de-a lungul sforii);
- **să explice** fenomenul observat utilizând cunoștințele legate de impuls;
- **să repete** experimentul cu sfori de tipuri diferite, cu paie de lungimi diferite, cu sfoara înclinată la unghiuri diferite, cu baloane de diverse forme (o echipă studiază un singur factor) și **să observe** cum influențează acești factori cât de departe (sau cât de repede) se mișcă balonul;
- **să comunice** colegilor observațiile experimentale;

Activitatea 2 (***Investigație în grup*** **– 17 min**.)

- **să explice** pe baza celor observate și a unor texte scurte sau filme principiul de funcționare al rachetei (motor cu reacție) și deplasarea caracatițelor;




- **să răspundă** la întrebarea unității de învățare: „Ce legătură este între un barcagiu, jocul de biliard şi o rachetă?”.

La finalul unităţii de învăţare (**8 min.**) elevii sunt implicaţi în realizarea unor momente de *feedback metacognitiv*, necesare evaluării sarcinilor urmărite/ realizate pe parcursul întregii unităţi de învăţare.

În acest scop, pe lângă ***Harta „Ştiu. Vreau să ştiu. Am învăţat”***sau ***”Eseul de 5 minute”***, pot fi folosite şi alte instrumente de evaluare formativă, potrivit inventarului de sugestii de evaluare.

Pentru evaluarea finală (**1 oră**), pot fi folosite o serie de instrumente de evaluare cu caracter sumativ, prezente în inventarul de sugestii de evaluare.

Bibliografie

(1) http://www.usborne.com/quicklinks/eng/catalogue/catalogue.aspx?cat=1&loc=uk&area=S&subcat=SE&id=3749 pag.122-123
(2) http://www.youtube.com/watch?v=qNou0xg3_cY;
(3) http://www.youtube.com/watch?v=seoPklidAio happy ball, sad ball;
(4) http://www.youtube.com/watch?v=2W3bq16f1Cw;

(5) http://www.youtube.com/watch?v=lUC2HaY_GXk;
(6) http://www.sciencebob.com/experiments/balloonrocket.php.

Anexă

Competenţele specifice ale programei şcolare pentru clasa a IX-a/3458/09.03.2004, repartizate pe secvenţele unităţii de învăţare

Secvențele unității de învățare	**Competenţele specifice ale programei şcolare**
Secvenţa I. Evocare–Anticipare	• Explicarea faptului că forţa poate avea ca efect modificarea produsului dintre masa şi viteza corpului*; • Identificarea produsului dintre masă şi viteză ca fiind o mărime fizică vectorială numită impuls şi a cărui viteză de variaţie în timp este egală cu rezultanta forţelor care acţionează asupra corpului*;
Secvenţa II. Explorare–Experimentare	• Calcularea impulsului punctului material şi a unui sistem de puncte materiale*; • Identificarea condiţiilor în care impulsul total se conservă*;
Secvenţa III. Reflecţie–Explicare	• Calcularea impulsului punctului material şi al unui sistem de puncte materiale*; • Identificarea condiţiilor în care impulsul total se conservă*;
Secvenţa IV. Aplicare–Transfer	• Rezolvarea unor probleme simple prin aplicarea în diferite situaţii a teoremei variaţiei impulsului şi a legii de conservare a impulsului*. • *Identificarea tipurilor de ciocniri şi a condiţiilor în care energia cinetică şi impulsul se conservă*** • *Generalizarea şi extrapolarea rezultatelor observaţiilor experimentale în cazul ciocnirilor*** • *Rezolvarea unor probleme specifice prin aplicarea în diferite situaţii a legilor de conservare a impulsului şi energiei cinetice***