

Unitatea de învățare: X.2

Principiul I al termodinamicii

„Formularea matematică a Principiului I – o ecuație de bilanț energetic”

Clasa: **a X-a.**

Numărul orelor/lecțiilor repartizate: **5+1.**

Conținuturi repartizate unității de învățare: **Principiul I al termodinamicii:** Enunțuri. Coeficienții calorici. Aplicații ale principiului I la transformările simple ale gazului ideal. (Programa de fizică pentru clasa a X-a/4598/31.08.2004).

Modelul de predare-învățare asociat unității de învățare: **Exercițiul (Prelegerea interactivă).**

Structura unității de învățare:

Secvențele unității de învățare	Tipul lecției	Competențe vizate de model (secvențele exercițiului)
I. Evocare – Anticipare	Lecția 1. Evaluarea inițială a situației de învățare , stabilirea obiectivelor / formarea unei prime reprezentări a situației de rezolvat;	1. Observarea modelului (conceptual, procedural, comportamental) de exersat;
II. Explorare– Experimentare	Lecția 2. Dezvoltarea strategiilor cognitive (de abordare a situațiilor-problemă, a sarcinilor);	2. Explorarea modelului de exersat (identificarea componentelor, analiza secvențelor);
III. Reflecție– Explicare	Lecția 3. Elaborarea/enunțarea noilor cunoștințe (definiții, generalizări);	3. Compararea modelului obținut cu modelul original;
IV. Aplicare– Transfer	Lecția 4. Sistematizarea și consolidarea noilor cunoștințe; Lecția 5. Dezvoltarea atitudinilor , a percepției valorilor. Evaluarea rezultatelor învățării.	4. Testarea modelului obținut (în diferite contexte) și comunicarea rezultatelor; 5. Impactul (importanța, interesul) și valorificarea noilor cunoștințe (concepte, proceduri, procese și strategii cognitive; valori și limite). ¹

Mijloace didactice: computer cu acces la Internet și videoproiector (facultativ); fișe de lucru pentru elevi; manuale și alte resurse cu informații vizând tema.

Materiale didactice (pentru grupe de elevi): soft educațional adecvat pentru simularea fenomenelor termice.

O privire de ansamblu asupra strategiei de cunoaștere: Succesiunea lecțiilor corespunde etapelor exercițiului declanșat în clasă pentru a explica, de exemplu, afirmația: „*Formularea matematică a Principiului I al termodinamicii este o ecuație de bilanț energetic*”. Strategia abordării este **proactivă**: elevii își însușesc enunțul Principiului I al termodinamicii plecând de la noțiunile de energie internă, căldură și lucru mecanic studiate anterior și aplică ecuația matematică a principiului pentru deducerea relației lui Robert Mayer și pentru analiza transformărilor simple ale gazului ideal din punct de vedere energetic.

Derivarea activităților de învățare din modelul de învățare:

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

¹ De-a lungul celor 4 secvențe sunt implicate mai multe tipuri de raționamente: anticipare (planificare); inducție (generalizare); deducție (particularizare); analogie cu anticiparea efectului, fără anticiparea mijloacelor; analogie cu anticiparea mijloacelor, fără anticiparea efectului.

Lecția 1. Prezentarea modelului (conceptual, material, procedural) de exersat/însușit de către elevi.

„Energia internă a gazului ideal și gradele de libertate moleculară.”

În această lecție, procesul cognitiv (tipul de raționament, demersul de gândire) ce trebuie activat la elevi, implicat în formarea competențelor este *planificarea* (sau *anticiparea*). Aceasta constă în: i) identificarea scopului urmărit (exprimarea energiei interne a gazului ideal pentru gazul monoatomic, biatomic, respectiv poliatomic); ii) identificarea procedurilor care trebuie imaginate pentru îndeplinirea scopului (utilizarea noțiunii de grad de libertate moleculară); iii) proiectarea demersului de rezolvare (etapele experimentării, mijloace necesare, anticiparea riscurilor/dificultăților/erorilor, integrarea constrângerilor care apar) plecând de la relația dintre energia internă a gazului ideal și energia cinetică medie a moleculelor gazului monoatomic.

În acest scop, profesorul (*variantă de abordare*):

Activitatea 1 (Prelegere interactivă – 15 min.)

- **dezbate** cu elevii noțiunea de *grade de libertate ale unei molecule*;
- **definește** *energia cinetică medie* a moleculelor gazului ideal monoatomic și **determină** cu elevii formula energiei interne a acestuia;
- **dezbate** cu elevii cazul gazului ideal biatomic, respectiv poliatomic și **scrie** relațiile energiei interne pentru aceste gaze;
- **cere** elevilor să evoce semnificația *coeficienților calorici* (relație între căldura schimbată de gazul ideal cu mediul exterior și variația de temperatură);

Activitatea 2 (Gândiți, lucrați în perechi, comunicați – 25 min.)

Le cere elevilor:

- **să anticipeze** formula energiei interne a gazului ideal în funcție de numărul de grade de libertate moleculară;
- **să scrie** expresiile capacității calorice, căldurii specifice și căldurii molare și **să deducă** unitățile de măsură ale acestor mărimi;
- **să determine** relațiile dintre coeficienții calorici;
- **să formuleze** constatări/concluzii, în raport cu previziunile anterioare: *energia internă a gazului ideal monoatomic este egală cu suma energiilor cinetice medii ale moleculelor componente; formula energiei interne pentru gazul ideal biatomic, respectiv poliatomic trebuie să țină seama de numărul de grade de libertate ale moleculelor etc.*

Pe parcursul lecției și la finalul acesteia, elevii sunt implicați în realizarea unor momente de *feedback metacognitiv*, necesare anticipării sarcinilor (competențe de însușit, procese cognitive / raționamente dezvoltate) și proiectării lecțiilor următoare:

- **evaluarea** nevoilor de învățare ale elevilor (*Știu, vreau să știu, am învățat, Eseul de 5 min., Fișe de autoevaluare* individuală și de grup și altele – 7 min.);

- **dezbaterea** portofoliului individual, a temei pentru acasă (extinderea activității în afara orelor de clasă), a protocolului evaluării finale (*Interviul în grup – 3 min.*).²

II. Explorare–Experimentare

Cum se potrivește această informație cu ceea ce știu sau cred eu despre ea?

Lecția 2. Identificarea componentelor/secvențelor modelului de exersat.

„Formulări ale Principiului I al termodinamicii.”

Care este legătura dintre energia internă a unui gaz ideal și căldura sau lucrul mecanic schimbate de acesta cu mediul exterior (*conflict cognitiv*)? Procesul cognitiv ce trebuie activat la elevi, implicat în formarea competențelor este *analogia cu anticiparea efectului*: elevii observă că energia internă este o mărime de stare a sistemului termodinamic, pe când căldura sau lucrul mecanic sunt mărimi de proces, de transformare; elevii analizează pentru început sisteme termodinamice care schimbă fie căldură, fie lucru

² Cele două activități care se referă la evaluare se regăsesc la sfârșitul fiecărei lecții și sunt asemănătoare.

meccanic cu mediul exterior, apoi sisteme care schimbă atât căldură, cât și lucru mecanic cu mediul exterior, și încearcă să formuleze Principiul I pe baza observațiilor făcute.

În acest scop, elevii sunt ghidați (*variantă de abordare*):

Activitatea 1 (Gândiți, lucrați în perechi, comunicați – 25 min.)

- **să evoce** convenția de semn pentru căldura sau lucrul mecanic schimbat de sistem cu mediul exterior, luând în considerare variația temperaturii sau a volumului sistemului termodinamic;

- **să observe** că energia internă a gazului ideal depinde numai de temperatură, caracterizează gazul ideal și este o mărime de stare, pe când căldura sau lucrul mecanic schimbat de gaz cu mediul exterior pot determina variația parametrilor de stare, numindu-se mărimi de proces;

- **să explice** relația dintre variația energiei interne a unui sistem termodinamic, căldura schimbată și lucrul mecanic schimbat de acesta cu mediul exterior pentru diferite situații (sistem izolat termic sau mecanic, sistem în contact cu un termostat, sistem care efectuează o transformare ciclică etc.);

Activitatea 2 (Interviul în grup – 15 min.)

- **să formuleze** enunțuri ale Principiului I al termodinamicii: *într-un sistem termodinamic izolat, energia internă se conservă; într-un sistem termodinamic neizolat care parcurge un proces ciclic, lucrul mecanic primit se transformă în căldură; energia internă a unui sistem termodinamic care efectuează un proces neciclic se poate modifica prin schimb de căldură sau lucru mecanic cu mediul exterior; este imposibilă realizarea unui perpetuum mobile de speța I, adică a unei mașini care să cedeze lucru mecanic în exterior fără a primi o formă de energie etc.*

Pe parcursul lecției și la finalul acesteia, elevii sunt implicați în realizarea unor momente de *feedback metacognitiv*, necesare anticipării sarcinilor (competențe de însușit, procese cognitive / raționamente dezvoltate) și proiectării lecțiilor următoare:

- **evaluarea** nevoilor de învățare ale elevilor (**Știu, vreau să știu, am învățat, Eseul de 5 min., Fișe de autoevaluare** individuală și de grup și altele – 7 min.);

- **dezbaterea** portofoliului individual, a temei pentru acasă (extinderea activității în afara orelor de clasă), a protocolului evaluării finale (**Interviul în grup – 3 min.**).

III. Reflecție–Explicare

Cum sunt afectate convingerile mele de aceste idei?

Lecția 3. Compararea cu modelul original.

„Forma matematică a Principiului I al termodinamicii . .

În această etapă, problema care declanșează învățarea este formularea matematică a Principiului I al termodinamicii (*conflict cognitiv*). Procesul cognitiv ce trebuie activat la elevi, implicat în formarea competențelor este *inducția* (sau *generalizarea*), un tip de raționament prin care elevii, plecând de la sinteza datelor colectate în etapa de *Explorare* și de la faptul că Principiul I al termodinamicii este o ecuație de bilanț energetic, deduc forma matematică a acestuia.

În acest scop, elevii sunt ghidați (*variantă de abordare*):

Activitatea 1 (Gândiți, lucrați în perechi, comunicați – 30 min.)

- **să determine** forma matematică a Principiului I al termodinamicii, $\Delta U = Q - L$, plecând de la formulările principiului găsite anterior și ținând seama de convenția de semn pentru căldură și lucru mecanic;

- **să observe** (în bibliografia indicată) că expresia căldurii schimbate de sistemul termodinamic depinde de tipul transformării, definindu-se astfel căldurile molare la presiune constantă, respectiv la volum constant, C_p și C_v ;

- **să deducă** relația lui Robert Mayer aplicând Principiul I al termodinamicii la transformarea izocoră, respectiv izobară a unui gaz ideal între aceleași temperaturi, $C_p - C_v = R$;

- **să scrie** expresiile căldurilor molare la presiune constantă, respectiv la volum constant pentru gazul ideal monoatomic, biatomic și poliatomic;

Activitatea 2 (Interviul în grup – 10 min.)

- **să formuleze** constatări/concluzii de forma: *coeficienții calorici depind de tipul transformării; formula lui Robert Mayer poate conduce la relația dintre căldurile specifice la presiune constantă, respectiv la volum constant, $c_p - c_v = R/\mu$ etc.*

Pe parcursul lecției și la finalul acesteia, elevii sunt implicați în realizarea unor momente de *feedback metacognitiv*, necesare anticipării sarcinilor (competențe de însușit, procese cognitive / raționamente dezvoltate) și proiectării lecțiilor următoare:

- **evaluarea** nevoilor de învățare ale elevilor (*Știu, vreau să știu, am învățat, Eseul de 5 min., Fișe de autoevaluare* individuală și de grup și altele – 7 min.);
- **dezbaterea** portofoliului individual, a temei pentru acasă (extinderea activității în afara orelor de clasă), a protocolului evaluării finale (*Interviul în grup* – 3 min.).

IV. Aplicare–Transfer

Ce convingeri îmi oferă această informație?

Lecția 4. Testarea modelului obținut și raportarea rezultatelor. „ ΔU , Q și L în transformările simple ale gazului ideal.”

În această lecție, procesul cognitiv ce trebuie activat la elevi, implicat în formarea competențelor este *deducția* sau *particularizarea* (inversul procesului inductiv): plecând de la formula Principiului I al termodinamicii, se urmărește exprimarea mărimilor ΔU , Q și L în transformările izotermă, izobară, izocoră și adiabatică ale gazului ideal.

În acest context, profesorul ghidează gândirea elevilor către (*variantă de abordare*):

Activitatea 1: exprimarea ΔU , Q și L în transformările izobară, respectiv izocoră și rezolvarea de probleme (*Gândiți, lucrați în perechi, comunicați* – 15 min.)

- **determinarea** expresiilor ΔU , Q și L în transformarea izobară, respectiv izocoră;
- **rezolvarea** de probleme de determinare a căldurii sau a lucrului mecanic schimbat de sistemul termodinamic cu mediul exterior și variația energiei sale interne, în transformări izobare sau izocore ale gazului ideal etc.;

Activitatea 2: exprimarea ΔU , Q și L în transformarea izotermă și rezolvarea de probleme (*Gândiți, lucrați în perechi, comunicați* – 10 min.)

- **observarea** egalității dintre căldura schimbată și lucrul mecanic schimbat de sistemul termodinamic cu mediul exterior ($\Delta U=0$);
- **scrierea** expresiei căldurii și lucrului mecanic și justificarea calitativă a acesteia pe baza interpretării geometrice a lucrului mecanic în termodinamică;
- **rezolvarea** de probleme de determinare a căldurii sau a lucrului mecanic schimbat de sistemul termodinamic cu mediul exterior și variația energiei sale interne, în transformarea izotermă a gazului ideal etc.;

Activitatea 3: exprimarea ΔU , Q și L în transformarea adiabatică a gazului ideal și rezolvarea de probleme (*Gândiți, lucrați în perechi, comunicați* – 15 min.)

- **scrierea** expresiei variației energiei interne și lucrului mecanic în transformarea adiabatică a gazului ideal;
- **definirea** exponentului adiabatic și **scrierea** legii transformării adiabactice;
- **rezolvarea** de probleme de determinare a căldurii sau a lucrului mecanic schimbat de sistemul termodinamic cu mediul exterior și variația energiei sale interne, în transformarea adiabatică a gazului ideal etc.

Pe parcursul lecției și la finalul acesteia, elevii sunt implicați în realizarea unor momente de *feedback metacognitiv*, necesare anticipării sarcinilor (competențe de însușit, procese cognitive / raționamente dezvoltate) și proiectării lecțiilor următoare:

- **evaluarea** nevoilor de învățare ale elevilor (*Știu, vreau să știu, am învățat, Eseul de 5 min., Fișe de autoevaluare* individuală și de grup și altele – 7 min.);
- **dezbaterea** portofoliului individual, a temei pentru acasă (extinderea activității în afara orelor de clasă), a protocolului evaluării finale (*Interviul în grup* – 3 min.).

Cum pot utiliza această informație?
Ce anume pot face în alt fel, acum când dețin această informație?

Lecția 5. Impactul noilor cunoștințe (valori și limite) și valorificarea modelului.

„Transformări politrope.”

Procesul cognitiv implicat în această etapă în formarea competențelor este *analogia cu anticiparea mijloacelor*. Elevii fac încercări de aplicare a cunoștințelor însușite în situații inedite (*conflict cognitiv*), observând și analizând reușitele parțiale ca *reprezentări succesive* ale scopului vizat.

În acest context, profesorul ghidează gândirea elevilor către (*variantă de abordare*):

Activitatea 1: caracterizarea transformărilor politrope (*Gândiți, lucrați în perechi, comunicați* – 20 min.)

- **definirea** transformărilor politrope (căldura molară este constantă);
- **scrierea** ecuației politropei, $pV^n = \text{const.}$;
- **deducerea** ecuației politropei în coordonate T_V și T_p ;

Activitatea 2: obținerea transformărilor simple ale gazului ideal ca situații particulare ale transformării politrope (*Brainstormingul în grup* – 10 min.)

- **determinarea** izobarei pentru $n=0$, a izotermei pentru $n=1$, a adiabatei pentru $n=\gamma$ și a izocorei pentru $n \rightarrow \pm\infty$;

Activitatea 3: exprimarea ΔU , Q și L în transformarea politropă a gazului ideal (*Interviul în grup* – 10 min.)

Pe parcursul lecției și la finalul acesteia, elevii sunt implicați în realizarea unor momente de *feedback metacognitiv*, necesare anticipării sarcinilor de către elevi (competențe de însușit, procese cognitive / raționamente dezvoltate) și proiectării lecțiilor următoare:

- **evaluarea** nevoilor de învățare ale elevilor (*Știu, vreau să știu, am învățat, Eseul de 5 min., Fișe de autoevaluare* individuală și de grup și altele – 7 min.);

- **dezbateră** portofoliului individual (*Interviul în grup* – 3 min.) pentru *evaluarea finală* din lecția următoare, vizând competențele specifice repartizate unității (metode: *Test, Turul galeriei, Cubul, Unul stă, trei circulă* și altele – 1 oră).

Bibliografie

- (1) Ionescu-Andrei, R. ș.a., *Fizica. Manual pentru clasa a X-a*, ed. Art, 2008;
- (2) Mantea, C. ș.a., *Fizica. Manual pentru clasa a X-a*, ed. All, 2006;
- (3) Chiriță, M., *Fizică. Culegere de probleme propuse și rezolvate pentru clasa a X-a și examenul de Bacalaureat*, ed. Tamar, 2011;
- (4) <http://phet.colorado.edu/en/simulation/gas-properties>;
- (5) <http://escola.edu.ro/labs/#99>.

Anexa 1

Relația dintre competențele modelului de învățare și competențele specifice ale programei școlare pentru cl. a X-a, repartizate pe secvențele unității de învățare

Competențe vizate de model	Competențele specifice ale programelor școlare
Secvența I. Evocare–Anticipare 1. Observarea modelului (conceptual, procedural, comportamental) de exersat;	• Identificarea mărimilor fizice care decurg din Principiul I al termodinamicii;
Secvența II. Explorare–Experimentare 2. Explorarea modelului de exersat (identificarea componentelor, analiza secvențelor);	• Compararea informațiilor științifice și a rezultatelor experimentale pentru transformările simple ale gazului ideal;
Secvența III. Reflecție–Explicare 3. Compararea modelului obținut cu modelul original;	• Explicarea Principiului I al termodinamicii ca lege de conservare; • Rezolvarea de probleme pe baza Principiului I al

	termodinamicii și/sau a unor relații derivate;
Secvența IV. Aplicare - Transfer 4. Testarea modelului obținut (în diferite contexte) și comunicarea rezultatelor; 5. Impactul (importanța, interesul) și valorificarea noilor cunoștințe (concepte, proceduri, procese și strategii cognitive; valori și limite).	• Aplicarea și interpretarea Principiului I al termodinamicii în transformările simple ale gazului ideal; • Rezolvarea de probleme pe baza Principiului I al termodinamicii și/sau a unor relații derivate; • Aplicarea și interpretarea Principiului I al termodinamicii în transformările simple ale gazului ideal.