

## Unitatea de învățare: X.1

### Noțiuni termodinamice de bază

**„Ce mărimi fizice caracterizează un corp din punct de vedere termodinamic?”**

Clasa: **a X-a.**

Numărul orelor/lecțiilor: **5.**

Conținuturi repartizate: Sistem termodinamic. Parametri de stare. Proces termodinamic. Temperatura empirică. Căldura. Energia internă. Lucrul mecanic în termodinamică. (Programa de fizică pentru clasa a X-a/4598/31.08.2004).

Modelul de predare-învățare asociat unității de învățare: **Investigația științifică.**

Structura unității de învățare:

| Secvențele unității de învățare     | Tipul lecției                                                                                                                                    | Competențele vizate de model (etapele investigației științifice)                                                                                                     |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>I. Evocare – Anticipare</b>      | <b>Lecția 1. Evaluarea inițială a situației de învățare,</b> stabilirea obiectivelor / formarea unei prime reprezentări a situației de rezolvat; | <b>1. Formularea întrebării de investigat</b> și avansarea unor ipoteze (răspunsuri) alternative; <b>proiectarea investigației;</b>                                  |
| <b>II. Explorare– Experimentare</b> | <b>Lecția 2. Dezvoltarea strategiilor cognitive</b> (de abordare a situațiilor-problemă, a sarcinilor);                                          | <b>2. Colectarea probelor</b> necesare testării explicațiilor posibile, analizarea și interpretarea informațiilor, formularea unor concluzii preliminare (parțiale); |
| <b>III. Reflecție– Explicare</b>    | <b>Lecția 3. Elaborarea/enunțarea</b> noilor cunoștințe (definiții, generalizări);                                                               | <b>3. Sinteza datelor</b> și propunerea unei explicații (generalizări);                                                                                              |
| <b>IV. Aplicare– Transfer</b>       | <b>Lecția 4. Sistematizarea și consolidarea</b> noilor cunoștințe;                                                                               | <b>4. Includerea altor informații,</b> situații, cazuri particulare, extinderea sferei noilor cunoștințe; <b>comunicarea</b> rezultatelor;                           |
|                                     | <b>Lecția 5. Dezvoltarea atitudinilor, a percepției valorilor. Evaluarea rezultatelor învățării.</b>                                             | <b>5. Impactul (importanța, interesul) și valorificarea noilor cunoștințe</b> (concepțe, proceduri, procese și strategii cognitive; valori și limite). <sup>1</sup>  |

*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): termometre, calorimetre, spirtiere, pirometre, cronometre, ceară, corpuri din materiale diferite, vase din sticlă.

*O privire de ansamblu asupra strategiei de cunoaștere:* Succesiunea lecțiilor corespunde etapelor investigației științifice, declanșată în clasă pentru a răspunde la întrebarea: „Ce mărimi fizice caracterizează un corp din punct de vedere termodinamic?”. Strategia abordării întrebării este **proactivă**. Elevii sunt stimulați ca, plecând de la **ceea ce se cunoaște**, de exemplu caracterizarea corpurilor din punct de vedere mecanic și natura moleculară a acestora, să descopere **ceea ce se cere**, parametrii de stare, mărimile de stare sau de proces caracteristice corpului în termodinamică etc.

*Derivarea activităților de învățare din modelul de învățare:*

#### I. Evocare–Anticipare

##### **Ce știu sau cred eu despre asta?**

<sup>1</sup> 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. Confruntarea cu întrebarea de investigat.

### „Cum se caracterizează corpurile în termodinamică?”

În această lecție, procesul cognitiv (tipul de raționament, demersul de gândire) ce trebuie activat la elevi, implicat în formarea **competențelor investigative** este *planificarea* (sau *anticiparea*). Aceasta constă în:

- i) identificarea 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 (*variantă de abordare*):

#### **Activitatea 1 (Tabloul conceptelor – 10 min.)**

- **evocă** aspecte legate de proprietățile microscopice și macroscopice ale corpurilor aflate în diverse stări de agregare;

#### **Activitatea 2 (Investigație în grup – 25 min.)**

- **observă** posibilitatea clasificării corpurilor (sistemelor termodinamice) în funcție de existența/inexistența schimbului de substanță (molecule) sau de energie cu alte corpuri (mediul înconjurător) etc.;

- **observă** posibilitatea clasificării mărimilor fizice caracteristice sistemelor termodinamice (parametri de stare) dacă se referă la sistem ca întreg sau punctual, sau în funcție de relația de dependență dintre aceștia;

- **observă** posibilitatea modificării mărimilor fizice caracteristice sistemelor termodinamice (transformare de stare) și clasifică transformările după modul de trecere a sistemului dintr-o stare termodinamică în alta;

- **formulează răspunsuri** (ipoteze, explicații) la întrebarea de investigat, de exemplu: 1. Orice corp poate fi considerat un sistem termodinamic; 2. Sistemele termodinamice se pot clasifica în sisteme închise/deschise, izolate/neizolate; 3. Starea unui sistem termodinamic este reprezentată de ansamblul valorilor mărimilor fizice ce caracterizează sistemul la un moment dat; 4. Parametrii de stare se pot clasifica în intensivi/extensivi, independenți/dependenți; 5. O modificare a parametrilor de stare reprezintă o transformare de stare; 6. Transformările de stare se pot clasifica în reversibile/ireversibile, ciclice/neciclice;

#### **Activitatea 3 (Gândiți, lucrați în perechi, comunicați – 5 min.)**

- **evocă** exemple de sisteme termodinamice, parametri de stare și transformări de stare conform clasificărilor realizate 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.*)<sup>2</sup>

## II. Explorare–Experimentare

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

## Lecția 2. Explorarea soluțiilor posibile, colectarea informațiilor necesare.

### „Cum putem caracteriza corpurile plecând de la senzația de cald sau rece?”

În această lecție, întrebarea este: cum putem caracteriza din punct de vedere termodinamic corpurile plecând de la senzația de cald sau rece obținută în urma contactului cu acestea (*conflict cognitiv*)? Procesul cognitiv ce trebuie activat la elevi, implicat în formarea competențelor este *analogia cu anticiparea efectului*: elevii vor verifica posibilitatea unei ordonări a senzațiilor (un corp este mai rece/cald decât altul) și definirea unei mărimi fizice caracteristice (temperatura empirică).

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

Elevii sunt stimulați (*variantă de abordare*):

**Activitatea 1 (Interviul în perechi – 5 min.)**

- **să evoce** observații, întâmplări privind senzația de cald sau rece la contactul cu anumite corpuri;
- **să exploreze** posibilitatea ordonării senzațiilor de cald sau rece obținute la atingerea echilibrului termic cu diverse corpuri și **să justifice** necesitatea definirii unui parametru de stare intensiv care să caracterizeze starea de echilibru termic dintre corpuri – temperatura empirică;

**Activitatea 2 (Investigație în grup<sup>3</sup> – 15 min.)**

- **să studieze experimental** contactul termic dintre corpuri și să caracterizeze echilibrul termic;
- **să verifice experimental** posibilitatea măsurării temperaturii cu termometrul, **să descrie** construcția diverselor tipuri de termometre și **să definească** scara Celsius de temperatură;

**Activitatea 3 (Investigație în perechi – 5 min.)**

- **să verifice experimental** concordanța dintre indicația termometrului și senzația de cald/rece pentru corpuri aflate în echilibru termic;

**Activitatea 4 (Investigație în grup – 5 min.)**

- **să definească** (după consultarea surselor bibliografice) scara absolută de temperatură și scara Fahrenheit și să găsească o legătură între acestea și scara Celsius;

**Activitatea 5 (Interviul în grup – 10 min.)**

- **să formuleze** concluzii parțiale sau preliminare privind: *temperatura empirică (Principiul zero al termodinamicii)*, *echilibrul termic (Postulatul echilibrului termic)*, *principiul măsurării temperaturii*, *elementele unui termometru și tipuri de termometre, scări de temperatură* etc. și **să comunice** rezultatele.

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. Sinteza datelor colectate și propunerea unei explicații.**

**„Două corpuri din materiale diferite, aflate în echilibru termic, furnizează aceeași senzație de cald/rece?”**

În această etapă, întrebarea este: cum afectează natura substanței senzația de cald/rece în cazul corpurilor aflate în echilibru termic? (*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*, descoperă aspecte comune (sau „constante”) ale fenomenelor observate și disting *pattern-uri* (relații existente) între datele colectate.

Astfel, activitatea elevilor este îndrumată către sinteza datelor și formularea unor generalizări (*variantă de abordare*):

**Activitatea 1 (Investigație în grup – 30 min.)**

Li se cere elevilor:

- **să analizeze** datele colectate în experimentul anterior privind concordanța dintre temperatura măsurată și senzațiile de cald/rece pentru corpuri din materiale diferite aflate în echilibru termic;
- **să anticipeze** existența unei mărimi fizice care caracterizează schimbul de energie, dintre corpurile aflate în contact, prin agitație termică – căldura,  $Q(J)$ ;
- **să verifice experimental** (de exemplu, folosind tije din materiale diferite, sursă de căldură și ceară) dependența dintre natura materialului și viteza de propagare a căldurii;
- **să explice** diferențele observate în senzația de cald/rece prin schimbul diferit de căldură dintre corpuri din materiale diferite;

<sup>3</sup> Sarcinile sunt efectuate de **grupuri diferite de elevi**, apoi grupurile prezintă rezultatele în clasă.

- **să evoce** modalități ale schimbului de energie sub formă de căldură – conducție, convecție și radiație – furnizând exemple pentru fiecare dintre aceste cazuri;
- **să justifice** necesitatea convenției de semn pentru căldură, raportându-se la sensul schimbului de căldură în cazul răcirii/încălzirii corpurilor aflate în contact termic;
- **să definească** sistemul izolat adiabatic;

#### **Activitatea 2 (Gândiți, lucrați în perechi, comunicați – 10 min.)**

Li se cere elevilor:

- **să evoce** energia cinetică medie de agitație termică a unui gaz ideal;
- **să anticipeze** că un gaz ideal poate fi caracterizat din punct de vedere energetic prin suma energiilor cinetice medii ale moleculelor care îl compun – energia internă,  $U(J)$ ;
- **să observe** din expresia energiei interne că energia internă a unui gaz ideal depinde doar de temperatură și este deci o mărime de stare, pe când căldura este schimbată de corpuri cu mediul înconjurător și este o mărime de proces.

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. Includerea altor cazuri particulare, extinderea sferei noilor cunoștințe.**

##### ***„Corpurile pot schimba energie doar sub formă de căldură?”***

În lecția a 4-a, atenția elevilor se va concentra asupra consolidării noilor concepte (echilibru termic, temperatură, energie internă, căldură, contact termic) în lumina a noi probe, relativ similare celor deja experimentate. Este momentul unei „priviri sceptice” asupra conceptelor definite, prin confruntarea cu noi situații/probe, pentru a distinge limitele de aplicare ale conceptelor definite (*conflict cognitiv*), de exemplu: modificarea unor parametri de stare ai sistemului termodinamic în urma contactului mecanic dintre acesta și mediul exterior. În etapa de *Aplicare*, procesul cognitiv ce trebuie activat la elevi, implicat în formarea competențelor este *deducția* sau *particularizarea* (inversul procesului inductiv): plecând de la noțiuni precum parametri de stare, contact, energie internă, căldură, schimb de energie, transformare de stare („Dacă...”), elevii trebuie să ajungă la includerea lucrului mecanic în categoria mărimilor de proces („Atunci...”).

Ca urmare, elevii vor fi stimulați:

#### **Activitatea 1 (Investigație în grup – 40 min.)**

- **să prezinte** situații în care parametrii de stare ai unui sistem termodinamic se modifică în urma contactului mecanic dintre acesta și mediul exterior (modificarea volumului sistemului);
- **să evoce** cunoștințele despre lucrul mecanic al unei forțe constante (definiția, formula folosind produsul scalar, interpretarea geometrică, semnul în cazul forțelor active sau al celor rezistente);
- **să deducă** expresia lucrului mecanic în cazul transformării la presiune constantă a unui gaz ideal aflat într-un cilindru cu piston;
- **să exprime** convenția de semn pentru lucrul mecanic în termodinamică, ținând seama de variația volumului la destinderea sau comprimarea gazului ideal.

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.).

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

## **Lecția 5. Impactul și valorificarea noilor cunoștințe.**

**„Ce sunt gradele de libertate moleculară și cum poate fi evaluat geometric lucrul mecanic în termodinamică?”**

În lecția a 5-a, elevii sunt confrunțați cu modele de cunoaștere (relații conceptuale, scheme procedurale) mai flexibile, mai eficiente, prin testarea, extinderea și consolidarea explicațiilor anterioare în situații noi. Procesul cognitiv implicat în etapa de *Transfer* este *analogia cu anticiparea mijloacelor*. Elevii fac încercări de aplicare a cunoștințelor însușite (de exemplu, există o legătură între tipul gazului ideal – monoatomic, biatomic sau poliatomic – și expresia energiei interne a acestuia; poate fi exprimată o interpretare geometrică a lucrului mecanic în termodinamică, similară celei din mecanică) în situații inedite (*conflicte cognitive*), observând și analizând reușitele parțiale ca *reprezentări succesive* ale scopului vizat.

Astfel, organizați pe grupe, elevii sunt stimulați:

### **Activitatea 1 (Gândeți, lucrați în perechi, comunicați – 15 min.)**

- **să explice** că: energia internă a unui gaz ideal este suma energiilor cinetice medii ale moleculelor componente; energia cinetică medie are expresii diferite în funcție de tipul moleculelor (monoatomice, biatomice sau poliatomice); un parametru nou este cel de grade de libertate moleculară (posibilități de mișcare – translații sau rotații);

### **Activitatea 2 (Interviul în grup – 15 min.)**

- **să confirme** unele previziuni (interpolare, extrapolare, trecere la limită): în reprezentarea transformării izobare a unui gaz ideal în coordonate ( $p$ - $V$ ), aria de sub grafic are semnificația lucrului mecanic în acea transformare; valoarea numerică a lucrului mecanic este aceeași cu valoarea numerică a ariei de sub grafic; sensul de parcurgere al transformării are importanță în privința semnului lucrului mecanic; interpretarea geometrică a lucrului mecanic în termodinamică poate fi aplicată indiferent de tipul transformării;

### **Activitatea 3 (Interviul în grup – 10 min.)**

- **să prezinte** echipei compoziții (referat, poster, prezentări multimedia etc.) legate de: modalități ale schimbului de căldură – explicarea unor fenomene din natură sau tehnică și aplicații tehnice ale schimbului de căldură; impactul noilor cunoștințe (învățare, cunoaștere, protecția mediului etc.)

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.);

- **dezbaterea** 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) <http://www.youtube.com/watch?v=4JZcS8BCnjM&NR=1>
- (2) <http://www.youtube.com/watch?v=FU4Y0wYAaPQ&feature=related>
- (3) <http://gilbert.gastebois.pagesperso-orange.fr/java/accueil.htm>
- (4) <http://surendranath.tripod.com/Apps.html>
- (5) <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hph.html>
- (6) <http://www.youtube.com/watch?v=quVf-oKkTtM&NR=1>
- (7) <http://carmenmuresan.webs.com/TERMODINAMICA.jpg>

## Anexă

Relația dintre competențele modelului de învățare  
și competențe derivate din competențele specifice ale programei școlare pentru clasa a X-a 4598/31.08.2004,  
repartizate pe secvențele unității de învățare

| Competențe vizate de model                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Competențele specifice ale programelor școlare                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Secvența I. Evocare–Anticipare</b><br><b>1. Formularea întrebării de investigat și</b><br>avansarea unor ipoteze (răspunsuri)<br>alternative; <b>proiectarea investigației;</b>                                                                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descrierea sistemelor termodinamice, a parametrilor de stare și a transformărilor de stare;</li> <li>• Clasificarea sistemelor termodinamice, a parametrilor de stare și a transformărilor de stare;</li> <li>• Exemplificări;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Secvența II. Explorare–Experimentare</b><br><b>2. Colectarea probelor</b> necesare testării<br>explicațiilor posibile, analizarea și<br>interpretarea informațiilor, formularea<br>unor concluzii preliminare (parțiale);                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definirea temperaturii empirice, a contactului termic și a echilibrului termic;</li> <li>• Enunțul principiului zero al termodinamicii și al postulatului echilibrului termic;</li> <li>• Descrierea termometrului și a principiului de măsurare a temperaturii;</li> <li>• Definirea scării Celsius;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Secvența III. Reflecție–Explicare</b><br><b>3. Sinteza datelor</b> și propunerea unei<br>explicații (generalizări);                                                                                                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compararea rezultatelor teoretice cu cele experimentale și interpretarea lor;</li> <li>• Definirea noțiunilor de căldură și energie internă a gazului ideal;</li> <li>• Clasificarea energiei interne ca mărime de stare și a căldurii ca mărime de proces;</li> <li>• Stabilirea convenției de semn pentru căldură;</li> <li>• Caracterizarea modalităților de schimb de căldură;</li> </ul>                                                                                                                                  |
| <b>Secvența IV. Aplicare - Transfer</b><br><b>4. Includerea altor informații,</b> situații,<br>cazuri particulare, extinderea sferei noilor<br>cunoștințe; <b>comunicarea</b> rezultatelor;<br><b>5. Impactul (importanța, interesul) și</b><br><b>valorificarea noilor cunoștințe</b><br>(concepte, proceduri, procese și strategii<br>cognitive; valori și limite). | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definirea contactului mecanic și a lucrului mecanic în termodinamică;</li> <li>• Distincția între contact mecanic și contact termic;</li> <li>• Exprimarea convenției de semn pentru lucru mecanic;</li> <li>• Exprimarea lucrului mecanic în transformarea izobară;</li> <li>• Definirea gradelor de libertate moleculară;</li> <li>• Exprimarea energiei interne a gazului ideal în funcție de numărul gradelor de libertate moleculară;</li> <li>• Interpretarea geometrică a lucrului mecanic în termodinamică.</li> </ul> |