

CZU 37.03

## DESPRE FAMILIARIZAREA ELEVILOR CLASELOR A XI-XII (LICEU, PROFIL REAL) CU METODA "MODELARE ÎN BAZA ANALOGIEI DIRECTE"

Fotescu Emil

Articolul tratează problema familiarizării elevilor din clasele XI-XII (liceu, profil real) cu metoda "modelarea în baza analogiei directe". Drept suport informațional servește materialul de studiu reflectat în cursul opțional pentru licee "Bazele tehnicii". Ca exemple sînt prezentate analogii selectate din domeniile electrotehnică, termotehnică, mecanică tehnică.

Данная статья посвящена ознакомлению лицейстов (11-12 классы, реальный профиль) с методом «моделирование на основе прямой аналогии». Необходимая информация была выбрана из факультативного куррикулума для лицеев «Основы техники». В качестве примеров представлены аналогии из областей электротехники, теплотехники, технической механики.

The article describes teaching experience in the 11-12 form at the lyceum on the basis of research method "models by direct analogy". The necessary information has been chosen from the optional lyceum curriculum "Basics of Technique". The article provides examples of analogy taken from electrical engineering, mechanics and thermo technology.

### Introducere

În "lumea tehnică" contemporană există un grup de obiecte tehnice speciale (mașini analoage, simulatoare electronice) destinate pentru utilizare la cercetarea diverselor procese fizice și a comportărilor sistemelor tehnice care se studiază cu mari dificultăți prin metode tradiționale. La baza utilizării acestor obiecte tehnice stă metoda "modelarea în baza analogiei directe". În baza faptului că mulți liceeni manifestă un interes deosebit față de tehnică e binevenit ca ei să fie familiarizați cu metoda susnumită. Familiarizarea elevilor claselor a XI-XII din licee (profil real) cu această metodă prezintă un obiectiv educațional important și poate fi realizat în baza cursului opțional "Bazele tehnicii", deoarece curriculum-ul acestui curs conține informații tehnice de bază din diverse domenii ale tehnicii (mecanică, termotehnică, electrotehnică etc.).

### Partea metodică

Prin metoda "modelare în baza analogiei directe", numită și "modelare matematică" [1], și metodă "analogie" [2], se subînțelege metoda de cercetare experimentală a proceselor de natură fizică diferită, dar care se desfășoară conform ecuațiilor matematice de aceeași formă.

Metoda "modelare în baza analogiei directe" se deosebește de metoda "modelare fizică" prin aceea că:

- ◆ "modelarea fizică" presupune utilizarea modelelor fizice în care fenomenele sunt aceleași ca și în obiectul supus cercetării; drept exemplu de modelare fizică poate servi cercetarea comportării aparatelor de zbor în țevi aerodinamice speciale; astfel, zborul aparatelor în condiții atmosferice reale se înlocuiește cu mișcarea aparatului de zbor în condiții asemănătoare cu cele reale;
- ◆ "modelarea în baza analogiei directe" presupune utilizarea modelelor fizice în care fenomenele fizice se deosebesc de cele ce decurg în obiectul supus cercetării, dar sunt descrise de ecuații matematice de aceeași formă; de exemplu, pentru cercetarea transferului de căldură conductiv prin pereți metalici se utilizează un model fizic constituit din componente electrice, comportarea căruia se reprezintă de o ecuație matematică care are aceeași formă ca și ecuația matematică ce descrie procesul termic supus cercetării.

După natura sistemelor tehnice supuse cercetărilor cu ajutorul metodei "modelare în baza analogiei directe", se disting analogii electromecanice, electrohidraulice, electroacustice etc. Analogiile legate de domeniul electric prezintă un interes deosebit, deoarece modelele fizice constituite din componente electrice se confecționează relativ ușor, iar cercetarea comportării lor se efectuează fără dificultăți mari.

Mai jos sunt prezentate unele puncte de reper ce ar servi drept bază la familiarizarea elevilor cu metoda "modelare în baza analogiei directe". Drept exemplu se iau modelele electrice ale transferului de căldură conductiv printr-un perete metalic omogen (analogie electrotermică) și ale accelerometrului rudimentar (analogie electromecanică).

Familiarizarea elevilor cu metoda susnumită se desfășoară conform următoarelor etape:

- determinarea ecuației matematice ce descrie cu anumite aproximații procesul fizic supus cercetării;
- determinarea modelului din alt domeniu, comportarea căruia poate fi cercetată ușor și care se descrie printr-o ecuație matematică de aceeași formă ca și ecuația ce descrie procesul supus cercetării;
- determinarea mărimilor analoage din ecuațiile considerate.

### Analogie electrotermică

1. *Determinarea ecuației matematice ce descrie cu anumite aproximații procesul supus cercetării (în cazul nostru, proces termic).* Cercetând sistemele tehnice reale, se poate constata că comportările lor pot fi descrise prin ecuații matematice, de regulă, în baza unor aproximații. De aceea, primul pas este de a determina ipotezele corespunzătoare ce conduc la ecuațiile matematice care ne interesează fără ca să se denatureze prea mult, cel puțin sub unele aspecte, comportarea sistemului tehnic supus cercetării. De exemplu, la cercetarea comportării mașinilor și utilajelor termice cu pereți metalici, a căror grosime este foarte mică în comparație cu suprafața lor, se poate considera că fluxul termic conductiv ce trece perpendicular pe suprafața pereților este cu mult mai mare decât fluxul termic ce trece pe direcțiile tangențiale la suprafață. Această ipoteză permite de a considera că fluxul termic conductiv ce trece prin pereții metalici este unidirecțional.

În baza acestei aproximații, fluxul termic unitar conductiv  $q$ , adică densitatea fluxului de căldură transferată prin pereți metalici [3], se va exprima prin ecuația ce reiese din legea lui Fourier:

$$q = \frac{\lambda}{\sigma} (T_1 - T_2) \quad (1)$$

unde:  $q$  - flux termic unitar conductiv,  $W/m^2$ ;

$\lambda$  - conductivitatea termică în direcția perpendiculară la suprafața peretelui metalic,  $\frac{W}{mK}$ ;

$\sigma$  - grosimea peretelui,  $m$ ;

$T_1, T_2$  - temperaturile pe fețele peretelui metalic,  $K$ .

Ecuația (1) poate fi scrisă în forma:

$$q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{\sigma}{\lambda}} \quad (2)$$

2. *Determinarea modelului fizic din alt domeniu (în cazul nostru - domeniul electrotehnicii), comportarea căruia ușor poate fi cercetată și care se descrie printr-o ecuație matematică de aceeași formă ca și ecuația ce descrie procesul supus cercetării (în cazul nostru - proces termic).*

În cazul nostru, astfel de model fizic poate fi un circuit electric format dintr-o sursă de curent electric continuu cu tensiunea  $U$ , un consumator de energie electrică cu rezistența  $R$  și un

întrerupător. La conectarea întrerupătorului, prin circuit va circula un curent electric cu intensitatea  $I$ . Ecuația ce descrie comportarea acestui model fizic și care exprimă legea lui Ohm [4] are forma:

$$I = \frac{U}{R} \quad (3)$$

unde:  $I$  – intensitatea curentului electric, A;

$U$ - tensiunea electrică, V;

$R$ - rezistența electrică,  $\Omega$ .

Având în vedere că pentru curenți mici  $I$  depinde liniar de  $U$ ,  $R$  e constant, raportul  $\frac{\sigma}{\lambda}$  e constant,  $q$  depinde liniar de diferența de temperaturi  $T_1 - T_2$  se poate afirma că ecuațiile (2) și (3) au aceeași formă matematică.

3. *Determinarea mărimilor analoage din ecuațiile considerate* (în cazul nostru – ecuațiile 2 și 3). Comparând ecuațiile (2) și (3) se stabilesc următoarele analogii:

- intensitatea  $I$  este analogul electric al fluxului termic unitar conductiv  $q$ ;
- tensiunea (diferența de potențial)  $U$  este analogul electric al diferenței de temperaturi ( $T_1 - T_2$ );
- rezistența electrică  $R$  este analogul electric al raportului  $\frac{\sigma}{\lambda}$ .

### Analogie electromecanică

1. *Determinarea ecuației matematice ce descrie cu anumite aproximații procesul supus cercetării (în cazul nostru, proces mecanic)*. În principiu, accelerometrul rudimentar prezintă o glisieră situată în plan orizontal, în interiorul căreia se află un piston legat de aceasta printr-un resort. Între piston și glisieră se află lubrifianț. Pistonul servește drept element inerțial ce se mișcă rectiliniu față de glisieră. Dacă acest sistem mecanic va fi fixat pe un cărucior, atunci, la mișcarea accelerată a căruciorului pe orizontală sub acțiunea unei forțe exterioare  $F$ , comportarea accelerometrului va fi exprimată prin ecuația:

$$\frac{md^2x}{dt^2} + f\frac{dx}{dt} + rx = F_{(t)} \quad (4)$$

unde:  $m$  – masa pistonului, kg;

$x$  – abscisa pe orizontală a pistonului în raport cu glisiera, m;

$f$  – coeficientul dinamic de viscozitate, kg/s;

$r$  – coeficientul de elasticitate a resortului, N/m;

$t$  – timpul, s;

$F_{(t)}$  – forța exterioară, N.

$\frac{md^2x}{dt^2}$  - forța de inerție a pistonului; conform legii II a lui Newton, forța de inerție

este egală cu produsul dintre masă și accelerație [5];

$f\frac{dx}{dt}$  - forța de frecare vâscoasă dintre piston și glisieră; conform ipotezei lui Newton,

forța de frecare vâscoasă e proporțională cu viteza [6];  $rx$  – forța de reținere a resortului; conform legii lui Hooce, forța de elasticitate e proporțională cu alungirea corpului [5].

Având în vedere faptul că:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{dv}{dt}, \quad \frac{dx}{dt} = v, \quad x = \int v dt$$

ecuația (4) poate fi scrisă în forma:

$$\frac{mdv}{dt} + fv + r \int v dt = F_{(t)} \quad (5)$$

2. *Determinarea modelului fizic din alt domeniu* (în cazul nostru – domeniul electrotehnicii), *comportarea căruia ușor poate fi cercetată și care se descrie prin o ecuație matematică de aceeași formă ca și ecuația ce descrie procesul supus cercetării* (în cazul nostru – proces mecanic). În acest caz modelul electric al accelerometrului este circuitul electric de tipul RLC în serie compus dintr-o sursă de energie electrică cu tensiunea variabilă  $U$ , un rezistor cu rezistența electrică activă  $R$ , o bobină cu inductanța  $L$ , un condensator cu capacitatea  $C$ .

Ecuația ce descrie comportarea acestui sistem electric are forma:

$$\frac{Ldi}{dt} + Ri + \frac{1}{C} \int Idt = U \quad (6)$$

unde :  $L$  – inductanța, H;

$I$  – intensitatea curentului electric, A;

$t$  – timpul, s;

$R$  – rezistența electrică,  $\Omega$ ;

$C$  – capacitatea electrică, F;

$U$  – tensiunea electrică, V.

$\frac{Ldi}{dt}$  - căderea de tensiune pe bobină [4];

$Ri$  – căderea de tensiune pe rezistența activă [4];

$\frac{1}{C} \int Idt$  - tensiunea la bornele condensatorului [4].

După cum se vede, ecuațiile (5) și (6) au aceeași formă matematică.

3. *Determinarea mărimilor analoage din ecuațiile considerate* (în cazul nostru – ecuațiile (5) și (6)). Comparând ecuațiile (5) și (6) se stabilesc următoarele analogii:

$L \rightarrow m$ ;

$I \rightarrow v$ ;

$R \rightarrow f$ ;

$\frac{1}{C} \rightarrow r$ ;

$U \rightarrow F$ .

Valoarea practică a metodei “modelare în baza analogiei directe” constă în faptul, că în loc de a studia procesele care greu se cercetează prin metode tradiționale se realizează analogul respectiv în laborator, în baza căruia se efectuează studiile pe cale experimentală.

### Concluzii

Cele menționate mai sus arată că liceenii pot fi familiarizați cu metoda “modelare în baza analogiei directe”, exemplele fiind alese cu minuțiozitate deosebită.

### Bibliografie

1. Чекваскин А. Н. Основы автоматики. – М.: Энергия, 1977. – 448 с.
2. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике: для инженеров и студентов вузов. – 4-е изд. перераб. - М.: Наука, 1968. – 940 с.
3. Termotehnică: Manual pentru studenții instituțiilor de învățământ superior / A. M. Arharov, S. I. Isaev, I. A. Kojinov ș. a. - Chișinău: Lumina, 1991. – 496 p.
4. Simion E., Maghiar T. Electrotehnică: Pentru subingineri. – Ed. a 2-a. - Cimișlia: TipCim, 1993. – 408 p.
5. Левинсон Л. Е. Основы технической механики / Под ред. А. Е. Кобриского. – 4-е изд. перераб и доп. - М.: Высш.шк., 1966. – 360 с.
6. Anton V., Popoviciu M., Fitero I. Hidraulică și mașini hidraulice. – Chișinău: Știința, 1991. – 448 p.

Prezentat la 16.04.2004