

**UNIVERSITATEA „BABEȘ- BOLYAI”, CLUJ-NAPOCA
FACULTATEA DE PSIHOLOGIE ȘI ȘTIINȚE ALE EDUCAȚIEI**

TEZĂ DE DOCTORAT

**ELABORAREA ȘI UTILIZAREA SOFTWARE-ULUI
EDUCAȚIONAL PENTRU INSTRUIREA DIFERENȚIATĂ LA
FIZICĂ ÎN LICEU**

-rezumat-

**Conducător științific,
Prof. univ. dr. MIRON IONESCU**

**Doctorand,
Coșeriu (Lung) Liliana Dana**

**Cluj-Napoca
2011**

CUPRINS

SECȚIUNEA A: FUNDAMENTAREA TEORETICĂ

CAPITOLUL I

DE LA INSTRUIREA PROGRAMATĂ LA MOBILE LEARNING

I.1 SCURT ISTORIC

I.2. INSTRUIREA PROGRAMATĂ (PROGRAMAREA PEDAGOGICĂ)

I.2.1. PRINCIPIILE INSTRUIRII PROGRAMATE

I.2.2. CLASIFICAREA PROGRAMELOR

I.2.3. MIJLOACE DE ÎNVĂȚĂMÂNT ÎN INSTRUIREA PROGRAMATĂ

I.3. INSTRUIREA ASISTATĂ DE CALCULATOR (IAC)

I.3.1. NOTIUNI, CONCEPTE UTILIZATE ÎN IAC

I.3.2. CALCULATORUL – MIJLOC DE INSTRUIRE ASISTATĂ

I.3.3. METODEDE ȘI TIPURI DE IAC

I.3.4. SISTEME EXPERT EDUCAȚIONALE

I.4. E-LEARNING ȘI M-LEARNING (ÎNVĂȚĂMÂNTUL VIRTUAL)

I.4.1. E-LEARNING ȘI TEHNOLOGIILE IT&C

I.4.2. MOBILE LEARNING

I.4.3. MIJLOACE DE INSTRUIRE UTILIZATE ÎN MOBILE LEARNING

I.4.4. IMPLEMENTAREA SISTEMULUI DE E-LEARNING. CLASA VIRTUALĂ

I.5. IMPLICAȚII EDUCAȚIONALE ALE EVOLUȚIEI DE LA INSTRUIREA PROGRAMATĂ LA ÎNVĂȚAREA VIRTUALĂ

CAPITOLUL II

INSTRUIRE DIFERENȚIATĂ VERSUS INSTRUIRE FRONTALĂ

II.1. NECESITATEA INSTRUIRII DIFERENȚIATE

II.2. INSTRUIREA FRONTALĂ ȘI INSTRUIREA DIFERENȚIATĂ – ABORDARE COMPARATIVĂ

II.2.1. INSTRUIREA FRONTALĂ – ALTERNATIVĂ STRATEGICĂ TRADIȚIONALĂ

II.2.1.1. COORDONATE PSIHOPEDAGOGICE ALE INSTRUIRII FRONTALE

II.2.1.2. RELAȚIA EDUCAȚIONALĂ PROFESOR – ELEV ÎN CADRUL INSTRUIRII

FRONTALE

II.2.1.3. AVANTAJE ȘI LIMITE ALE INSTRUIRII FRONTALE

II.2.2. INSTRUIREA DIFERENȚIATĂ – STRATEGIE MODERNĂ DE EFICIENTIZARE DIDACTICĂ

II.2.2.1. COORDONATE PSIHOPEDAGOGICE ALE INSTRUIRII DIFERENȚIATE

II.2.2.2. STRATEGII DE INSTRUIRE DIFERENȚIATĂ

II.2.2.3. RELAȚIA EDUCAȚIONALĂ PROFESOR – ELEV ÎN CADRUL INSTRUIRII DIFERENȚIATE

II.2.2.4. AVANTAJE ȘI LIMITE ALE INSTRUIRII DIFERENȚIATE

II.3. CONSIDERAȚII DIN PERSPECTIVA DISCIPLINEI *FIZICĂ* ASUPRA INSTRUIRII DIFERENȚIATE

CAPITOLUL III

SOFTWARE EDUCAȚIONAL. PARTICULARIZĂRI PENTRU INSTRUIREA FRONTALĂ ȘI DIFERENȚIATĂ LA FIZICĂ

III.1. DEFINIȚII ALE SOFTWARE-ULUI EDUCAȚIONAL

III.2. PROIECTAREA SOFTWARE-ULUI EDUCAȚIONAL

III.2.1. STRUCTURA ȘI ETAPELE REALIZĂRII SOFTWARE-ULUI EDUCAȚIONAL

III.2.2. DIALOGUL (INTERACȚIUNEA) OM-CALCULATOR

III.3. CLASIFICAREA SOFTWARE-ULUI EDUCAȚIONAL

III.4. SPECIFICUL UTILIZĂRII SOFTWARE-ULUI EDUCAȚIONAL LA LECȚIA DE FIZICĂ

III.5. REALIZAREA UNEI BIBLIOTECI DIGITALE INTERACTIVE LA FIZICĂ

III.5.1. PROGRAME ȘI PLATFORME UTILIZATE PENTRU PROIECTAREA SOFTWARE-ULUI EDUCAȚIONAL

III.5.2. BIBLIOTECĂ DE APLICAȚII INTERACTIVE LA FIZICĂ – PRODUSE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

III.6. POSIBILITĂȚI DE DIFERENȚIERE A INSTRUIRII LA FIZICĂ CU AJUTORUL SOFTWARE-ULUI EDUCAȚIONAL

III.7. FACTORI FAVORIZANȚI ȘI FACTORI PERTURBATORI ÎN VALORIFICAREA SOFTWARE-ULUI EDUCAȚIONAL

SECȚIUNEA B: PREZENTAREA CERCETĂRII DIDACTICE PE TEMA STUDIUL EFICIENȚEI INSTRUIRII DIFERENȚIATE LA FIZICĂ ÎN LICEU (CLASELE A IX-A ȘI A X-A) CU AJUTORUL SOFTWARE-ULUI EDUCAȚIONAL DE CONCEPȚIE PROPRIE

CAPITOLUL IV

COORDONATELE CERCETĂRII DIDACTICE

IV.1. DELIMITAREA TEMEI, PROBLEMEI DE CERCETAT

IV.2. PROIECTAREA CERCETĂRII DIDACTICE

IV.2.1. OBIECTIVUL CERCETĂRII DIDACTICE

IV.2.2. FORMULAREA IPOTEZEI CERCETĂRII

IV.2.3. TIPOLOGIA, METODOLOGIA ȘI CRONOLOGIA CERCETĂRII PEDAGOGICE

IV.3. VARIABILA INDEPENDENTĂ ȘI VARIABILELE DEPENDENTE

CAPITOLUL V

ETAPA CONSTATIVĂ A EXPERIMENTULUI DIDACTIC

V.1 OBIECTIVELE PROPUSE

V.2. METODE ȘI INSTRUMENTE DE INVESTIGARE UTILIZATE

V.3. DESCRIEREA EȘANTIONULUI DE SUBIECȚI

V.4. DESCRIEREA EȘANTIONULUI DE CONȚINUT

V.5. ANALIZA PRODUSELOR CURRICULARE PRINCIPALE PENTRU DISCIPLINA FIZICĂ. SELECȚIA CONȚINUTURILOR VALORIFICABILE ÎN SOFTWARE EDUCAȚIONAL

V.6 ADMINISTRAREA PRETESTULUI

V.6.1. ELABORAREA TESTULUI PEDAGOGIC DE CUNOȘȚINȚE. MATRICEA DE SPECIFICAȚII

V.6.2. REZULTATELE ADMINISTRĂRII PRETESTULUI. ANALIZA ECHIVALENȚEI CLASELOR

V.6.3. STRATIFICAREA EȘANTIONULUI EXPERIMENTAL DE SUBIECȚI

V.7. APLICAREA SCĂRII DE EVALUARE ȘI A CHESTIONARULUI DE INTERESE. REZULTATE ÎNREGISTRATE

V.8. CONCLUZIILE ETAPEI CONSTATIVE

CAPITOLUL VI

EXPERIMENTUL PROPRIU-ZIS

VI.1. DESCRIEREA EȘANTIONULUI DE CONȚINUT

VI.2. DESIGNUL EXPERIMENTAL

VI.3. CONCEPEREA ȘI APLICAREA SOFTWARE-ULUI EDUCAȚIONAL

VI.3.1. PROIECTAREA DIDACTICĂ ȘI PROIECTAREA INFORMATICĂ A SOFTWARE-ULUI EDUCAȚIONAL

VI.3.2. PRELUCRAREA DIDACTICĂ A UNITĂȚILOR DE ÎNVĂȚARE CE VOR FI TRANSPUSE ÎN SOFTWARE EDUCAȚIONAL

VI.3.3 CONTRIBUȚIA ELEVILOR LA REALIZAREA SOFTWARE-ULUI EDUCAȚIONAL

VI.3.4. TESTAREA ȘI EVALUAREA SOFTWARE-ULUI EDUCAȚIONAL

VI.3.5. PREZENTAREA APLICAȚIILOR INFORMATICE EDUCAȚIONALE. DESFĂȘURAREA ACTIVITĂȚILOR LA CLASELE EXPERIMENTALE

VI.4 ADMINISTRAREA POSTTESTULUI

VI.5. ADMINISTRAREA RETESTULUI

CAPITOLUL VII

ANALIZA ȘI INTERPRETAREA REZULTATELOR CERCETĂRII

VII.1. REZULTATE OBȚINUTE PRIN APLICAREA INSTRUMENTELOR CERCETĂRII ÎN CADRUL DESIGNULUI EXPERIMENTAL INTERSUBIECȚI

VII.2. REZULTATE OBȚINUTE PRIN APLICAREA INSTRUMENTELOR CERCETĂRII ÎN CADRUL DESIGNULUI EXPERIMENTAL INTRASUBIECȚI

VII.3. ANALIZA COMPARATIVĂ A REZULTATELOR OBȚINUTE PENTRU CELE DOUĂ SCENARII EXPERIMENTALE COMPLEMENTARE (DESIGNUL EXPERIMENTAL INTERSUBIECȚI ȘI DESIGNUL EXPERIMENTAL INTRASUBIECȚI)

CONCLUZII FINALE

BIBLIOGRAFIE

ANEXE

Cuvinte cheie: instruire diferențiată, e-learning, m-learning, software educațional, software de instruire interactivă, fișe electronice de autoinstruire, proiectare didactică, proiectare informatică, (auto)evaluare formativă, teste pedagogice de cunoștințe, matrice de specificații, cercetare acțiune, experiment formativ, fizică, LabVIEW.

Sinteze ale părților principale ale tezei de doctorat

Teza de doctorat intitulată *Elaborarea și utilizarea software-ului educațional pentru instruirea diferențiată la fizică în liceu* este structurată pe două secțiuni: secțiunea A, *Fundamentarea teoretică*, și secțiunea B, *Prezentarea cercetării didactice pe tema Studiul eficienței instruirii diferențiate la fizică în liceu (clasele a IX-a și a X-a) cu ajutorul software-ului educațional de concepție proprie.*

În **capitolul I**, *De la instruirea programată la mobile learning*, se surprinde evoluția cronologică a învățământului virtual între cele două extreme ale sale. Nu se sugerează o evoluție liniară simplă, respectiv o înglobare a etapei/etapelor precedente ci, dimpotrivă, o evoluție în spirală care presupune depășirea, uneori totală, a achizițiilor din etapa precedentă. Progresul vizează, din punct de vedere tehnic, mijloacele de învățare utilizate, forma de prelucrare și prezentare a conținuturilor, accesul la informație și posibilitățile de comunicare, în sensul schimbului de informații între profesor și elevi și elevi și elevi. În diferitele etape, de la instruirea programată la învățarea virtuală, elevul este dependent de profesor sau autonom în contexte educaționale diferite. Autonomia este prezentată în următoarea accepțiune: deținerea unor capacități de obținere de informații, de prelucrare a lor, de utilizare a aplicațiilor informatice și chiar modificarea sau crearea de software educațional.

În secțiunea B a tezei este prezentat un experiment formativ în care se aplică software educațional de concepție proprie. Conținuturile transpuse în program informatic ramificat urmăresc curriculumul național, proiectarea informatică și didactică integrează strategii interactive formative care asigură autonomia parțială a elevului față de profesor. Aplicațiile informatice sunt utilizate în cadru formal, sala de clasă. Încadrăm experiența descrisă în categoria e-learning; calculatorul nu este doar instrumentul pe care elevii își bazează învățarea, ci un mediu cu care interacționează activ și care mediază comunicarea cu profesorul, oferindu-i feedback în funcție de comportamentul adoptat.

În **capitolul II** se abordează comparativ instruirea diferențiată și instruirea frontală. Sunt menționate repere psihopedagogice ale celor două forme de organizare ale procesului de învățământ și relația educațională profesor-elev. Se surprind avantajele și limitele celor două tipuri de instruire. Urmărind factorii de decizie utilizați în planificarea și implementarea instruirii

diferențiate, se prezintă câteva considerații din perspectiva disciplinei, ilustrându-se cu modalități concrete de aplicare a strategiilor de instruire diferențiată la lecția de fizică.

Aplicațiile software educaționale elaborate pentru aplicarea în etapa experimentului propriu-zis se înscriu într-o strategie didactică centrată pe elev. Activitatea este organizată individual, elevul poate alege din 2 trasee de învățare, diferențiate prin modul de prelucrare al conținuturilor, prin numărul și complexitatea sarcinilor de lucru, pe cel care i se potrivește, corespunzător nivelului cognitiv, având ca reper „prescripția” profesorului.

Capitolul III este dedicat software-ului educațional. Pornind de la definiții din literatura de specialitate se propune o definiție sintetică a software-ului educațional. Bazându-ne pe principiile softurilor educaționale, am precizat câteva direcții de abordare urmărite în realizarea acestora, care pun în centrul activității elevul cu capacitățile cognitive, nevoile și interesele sale. Sunt descrise, în detaliu, etapele realizării software-ului educațional, etape urmărite în elaborarea aplicațiilor informatice de concepție proprie, și structura acestuia. Interacțiunea instructională elev-calculator permite diversificarea și nuanțarea strategiei didactice, facilitând accesul elevului la informații mai ample, mai logic organizate, structurate variat, prezentate în modalități diferite de vizualizare. Nu doar computerul în sine, ca obiect fizic, înglobând informație multimedia, produce efecte pedagogice imediate, și mai ales calitatea programelor create și vehiculate corespunzător, a produselor informatice integrate, după criterii de eficiență metodică, în activitățile de instruire, respectiv în strategiile de instruire proiectate în manieră flexibilă. Am inclus, în capitolul III, taxonomii ale software-ului educațional, realizate de autori renumiți în domeniu (D. Noveanu și P. Gorny), cu ilustrații, preluate de pe Internet și de concepție proprie.

Studierea de către elevi a fenomenelor fizice implică parcurgerea unor etape cognitive delimitabile prin urmărirea logicii și demersului descoperirilor științifice. În acest capitol, am analizat, pe rând, aceste etape și am identificat diferite contribuții ale software-ului educațional în studiul fenomenelor fizice și posibilități de valorificare ale diferitelor tipuri de software educațional în cadrul unor categorii de lecții. Urmează o descriere amplă a diferitelor aplicații informatice de concepție proprie, utilizate pentru instruirea frontală și diferențiată la fizică (valențe didactice, elemente de proiectare didactică și informatică și ilustrarea interfețelor cu utilizatorul-elevul).

Datele prezentate în capitolul III au permis încadrarea aplicațiilor informatice, elaborate pentru instruirea diferențiată și implementate în cercetarea-acțiune întreprinsă, în categoria software interactiv de învățare, cu valențe în lecția de dobândire de noi cunoștințe, lecția de formare de priceperi și deprinderi, lecția de verificare sau de control și evaluare a cunoștințelor și abilităților, în toate etapele specifice studierii fenomenelor fizice.

Secțiunea B a lucrării, intitulată *Prezentarea cercetării didactice pe tema Studiul eficienței instruirii diferențiate la fizică în liceu (clasele a IX-a și a X-a) cu ajutorul software-ului educațional de concepție proprie, este structurată pe trei capitole.*

În **capitolul IV, Coordonatele cercetării didactice**, prezentăm: problema supusă de noi cercetării, obiectivele și ipoteza cercetării-acțiune, sistemul metodelor și instrumentelor cercetării și încadrarea temporală a principalelor demersuri întreprinse.

Premisa investigațiilor noastre a fost:

Formarea competențelor descrise prin programa școlară nu este posibilă doar prin utilizarea unor strategii clasice de predare-învățare-evaluare. Instruirea diferențiată individuală, pe grupe de nivel, cu ajutorul software-ului educațional realizat de profesorul de fizică, poate fi o alternativă de succes.

Obiectivul general propus:

Studierea impactului pe care îl are utilizarea sistematică a software-ului educațional în realizarea instruirii diferențiate la fizică, aplicată unui colectiv de elevi din clasele a IX-a și a X-a, din perspectiva interesului elevilor pentru această disciplină, precum și din perspectiva rezultatelor școlare obținute de aceștia.

Obiective specifice:

O1: Elaborarea, pilotarea și revizuirea software-ului educațional utilizat în studiul unităților de învățare *Mișcarea rectilinie a punctului material, Procese termodinamice, Circuitul electric simplu.*

O2: Măsurarea nivelului formării competențelor din programa școlară elevilor de clasa a IX-a și a X-a, în urma instruirii diferențiate mediate de software-ul educațional.

Ipoteza cercetării:

Utilizarea software-ului educațional interactiv pentru diferențierea instruirii duce la îmbunătățirea semnificativă a performanțelor elevilor în studiul fizicii prin creșterea eficienței activității de achiziție activă și interactivă a cunoștințelor, a formării competențelor și a interesului pentru învățarea fizicii.

Pentru verificarea ipotezei s-au construit două scenarii didactice experimentale, unul bazat pe designul experimental intersubiecti și unul bazat pe designul experimental intrasubiecti, pentru care s-a utilizat un spectru larg de metode și instrumente de cercetare.

→ **Metoda experimentului psihopedagogic:**

A. În cadrul designului experimental intersubiecti am aplicat tehnica eșantioanelor paralele (pentru două clase de elevi de a X-a, 40 de elevi) pentru a vedea, în ce măsură, variabila

independentă (instruirea diferențiată la fizică cu ajutorul software-ului educațional de concepție proprie) va influența variabila dependentă (rezultatele obținute de elevii claselor a X-a la testele pedagogice de cunoștințe aplicate). Pentru a obține validarea rezultatelor experimentale s-a schimbat rolul claselor (experimentală și de control) pentru două unități de învățare, prin tehnica rotației factorilor. S-au comparat rezultatele la testele pedagogice de cunoștințe obținute în posttest și pretest și rezultatele obținute în retest și pretest, pentru clasa experimentală și de control. Experimentul bazat pe designul intersubiecti s-a desfășurat pe parcursul anului școlar 2006-2007.

B. Am analizat, apoi, evoluția longitudinală a rezultatelor unei clase de elevi (27 de elevi) în cadrul designului intrasubiecti, de-a lungul a trei unități de învățare, măsurând diferențele înregistrate între rezultatele la testele pedagogice de cunoștințe aplicate în posttest și pretest. Experimentul didactic cu eșantion unic de subiecți s-a desfășurat pe parcursul a doi ani școlari (clasele a IX-a și a X-a), 2006-2007 și 2007-2008.

→ Metoda **testelor** a fost aplicată în toate etapele experimentale. Testele pedagogice de cunoștințe elaborate, pentru fiecare unitate de învățare a eșantionului de conținut, și utilizate în pretest, posttest și retest au fost echivalente, conținând itemi cu răspuns închis, de completare, de asociere, de alegere a răspunsului corect, precum și itemi cu răspuns deschis, în ordinea crescândă a dificultății, care au vizat cunoașterea, înțelegerea, aplicarea, analiza, sinteza și evaluarea. Echivalența acestora a fost asigurată prin proiectarea lor cu ajutorul matricii de specificații; pornind de la competențele cheie și specifice s-au formulat itemi pentru fiecare dintre nivelele taxonomice vizate. S-au proiectat 5 teste pedagogice de cunoștințe, denumite astfel: pretestul1, pentru unitatea de învățare *Studiul mișcării*, pretestul2, pentru unitatea de învățare *Noțiuni termodinamice de bază* și posttestul1, pentru u.î. *Mișcarea rectilinie a punctului material*, posttestul2, pentru u.î. *Procese termodinamice*, posttestul3, pentru u.î. *Circuitul electric simplu*.

→ **Metoda autoobservației** (valorificată la nivelul subiecților cercetării), **metoda observației** (sistematice) și **metoda anchetei** s-au aplicat în scopul evaluării rezultatelor calitative ale instruirii diferențiate cu ajutorul software-ului educațional. În acest scop, s-au utilizat fișe de observație (*Fișa de observație 1 a activității elevilor în etapa constatativă* și *Fișa de observație 2 a activității elevilor în etapa experimentală*) și autoobservație (*Filă de jurnal*, *Scara de clasificare*) și chestionarul, în diferitele etape ale cercetării acțiune și pentru cele două tipuri de eșantioane de subiecți (eșantionul unic și eșantioanele perechi).

→ Pentru validarea aplicațiilor informatice educaționale realizate, am utilizat **metoda interviului**. Pentru evaluarea software-ului educațional, din punctul de vedere al calității

prelucrării didactice și informatice, am aplicat tehnica interviului structurat, pe baza unei *liste de verificare*, iar pentru testarea experimentală am optat pentru interviu nestructurat, informal.

Cercetarea didactică s-a desfășurat în perioada septembrie 2006 – iunie 2008 la Grupul Școlar Material Rulant „Unirea” din Cluj-Napoca. În capitolul IV, am prezentat cronologic, utilizând câte o variantă adaptată a diagramei Gantt, pentru fiecare scenariu experimental, demersurile întreprinse în cercetarea pedagogică, planificate pe luni și pe ani, în corelație cu resursele utilizate, subiecții și conținuturile.

Variabila independentă aplicată a fost:

Instruirea diferențiată individuală cu ajutorul software-ului educațional de concepție proprie, aplicată pentru două grupe de nivel (grupa elevilor cu performanțe slabe și grupa elevilor cu performanțe bune) în studiul fizicii, în ciclul inferior al liceului tehnologic (clasele a IX-a și a X-a).

Prezentăm și corelația realizată între variabilele dependente măsurate și instrumentele de cercetare.

Corelația variabile dependente-instrumente de cercetare

Variabile dependente	Instrumente de cercetare
Evoluția comparativă a rezultatelor la testele pedagogice de cunoștințe, obținute de clasele experimentală și de control, în cele trei etape ale experimentului didactic	pretestul2 posttestul2, posttestul3
Evoluția rezultatelor obținute, la testele pedagogice de cunoștințe, de eșantionul unic, de-a lungul experimentului formativ	pretestul1 posttestul1, posttestul2, posttestul3
Creșterea interesului elevilor eșantioanelor experimentale pentru studiul fizicii	pretestul1, pretestul2 posttestul1, posttestul2, posttestul3 Chestionarul Scara de clasificare Fișa de observație 2 Fișa de autoobservație
Dinamica transferurilor dintr-o grupă de nivel în alta	Fișa de observație 1 Fișa de observație 2 pretestul1, pretestul2 posttestul1, posttestul2, posttestul3

Capitolul V descrie demersurile întreprinse în etapa constatativă. Obiectivele etapei constatative sunt subordonate obiectivelor cercetării și s-au dezvoltat în vederea stabilirii datelor de început ale cercetării și ale eșantionării:

O1 – Determinarea nivelului de cunoștințe, deprinderi, aptitudini ale elevilor la disciplina fizică la începutul perioadei de cercetare și a structurii valorice a claselor testate prin administrarea pretestului.

O2 – Alegerea eșantionului de subiecți reprezentativ respectiv, selectarea clasei experimentale și a clasei de control echivalente, în urma administrării pretestului.

O3 – Stratificarea eșantionului de subiecți pe două nivele – elevi cu performanțe bune și elevi cu performanțe slabe, pentru etapa formativă a experimentului.

O4 – Alcătuirea eșantionului de conținut, respectiv selectarea unităților de învățare care vor fi utilizate în etapa experimentului formativ.

O5 – Investigarea, prin intermediul scării de clasificare și a chestionarului scris, a interesului elevilor pentru studiul fizicii.

Pentru atingerea obiectivelor propuse s-au utilizat un spectru larg de metode de culegere a datelor și de instrumente de cercetare.

Pentru evaluarea nivelului inițial de cunoștințe, deprinderi și atitudini am construit două teste pedagogice de cunoștințe, pentru unitățile de învățare *Studiul mișcării*, din programa clasei a IX-a, și pentru *Noțiuni termodinamice de bază*, din programa clasei a X-a. Rezultatele înregistrate ale celor două teste au fost utilizate și pentru selectarea eșantionului reprezentativ de subiecți. Indicatorii observaționali din *Fișa de observație 1*, alături de rezultatele la testele de cunoștințe din pretest, au determinat structura valorică a claselor experimentale și au stat la baza stratificării eșantionului de subiecți, din etapa experimentală, pe două grupe de nivel.

Pentru designul experimental intersubiecti, din cele trei clase de elevi de a X-a, existente la Grupul Școlar M.R. „Unirea”, cu un efectiv de 62 de elevi, s-au selectat două clase (40 de elevi), echivalente, din punctul de vedere al valorilor mărimilor statistice calculate (media, mediana, modul), și cu o distribuție statistică aproape normală a rezultatelor obținute în pretest. Cei 27 de elevi din clasa a IX-a au constituit eșantionul unic pentru designul experimental intrasubiecti. Analizând rezultatele obținute în etapa pretestului, se constată o distribuție echivalentă a elevilor celor trei clase în cele două grupe de nivel: 73% (IX A), 71% (X A), 68% (X B) dintre elevii clasei fac parte din grupa elevilor cu performanțe slabe respectiv, 37% (IX A), 29% (X A), 32% (X B) sunt încadrați în grupa de nivel a elevilor cu performanțe bune.

Selectarea conținuturilor ce vor fi prelucrate, în vederea transunerii în software educațional, a fost realizată în urma studierii produselor curriculare principale (programele școlare și planurile cadru, manualele școlare alternative, resursele educaționale AEL) pentru disciplina *Fizică*, clasele a IX-a și a X-a, liceu tehnologic, în contextul „reformei educaționale” extrem de dinamice.

Dinamica modificărilor în ceea ce privește conținuturile, din punctul de vedere al raportării cantitative a acestora la numărul de ore alocat disciplinei, a afectat, din punct de vedere

calitativ, actul educațional. Centrarea programelor școlare de pe conținuri pe competențele de dezvoltat și lipsa constrângerilor privind respectarea programelor pentru examenele naționale, permite, în schimb, profesorului să selecteze conținuturile cu care operează, să le ordoneze după logica lor internă sau să renunțe la anumite teme sau concepte pentru a le aprofunda și exersa, în situații diferite de învățare, pe altele. Nu există coerență și legătură, nici măcar cronologică, între conceptele studiate la cele trei discipline aflate în strânsă dependență, matematica, fizica și chimia; se transferă „responsabilitatea” învățării unor concepte comune de la o știință a naturii la alta, se utilizează concepte matematice, nestudiate încă, la științe.

Calitatea modestă a unor manuale școlare sau complexitatea altora, în raport cu nivelul elevilor cărora li se adresează, lipsa caracterului aplicativ, face ca acestea să devină, pentru profesorul de fizică de liceu tehnologic, o resursă selectivă la care poate, în cele din urmă, să renunțe. Resursele educaționale electronice, deși numeroase și calitative, din punctul de vedere al proiectării elementelor de multimedia, nu permit diferențierea învățării și sunt greu de integrat selectiv în lecție.

Toate aceste neajunsuri ale suporturilor învățării sunt o provocare pentru profesorul care este dispus să proiecteze și să realizeze auxiliare curriculare (în care să includă tehnologii didactice moderne interactive), adaptate nivelului colectivului de elevi cărora li se adresează. Alternativa prelucrării metodice și informatice a conținuturilor în software educațional și aplicarea lor la orele de fizică sunt demersuri ce pot să ducă la creșterea rezultatelor elevilor și a interesului acestora pentru studiul fizicii.

Pentru realizarea software-ului educațional interactiv, diferențiat, adaptat grupului țintă de elevi, am realizat și o comparație între conținuturile studiate la *Fizică* în ciclul inferior al liceului, și am decis asupra următoarelor unități de învățare reprezentative, din trei domenii majore ale fizicii: *Mișcarea rectilinie a punctului material*, *Procese termodinamice*, *Circuitul electric simplu*. Am optat pentru prelucrarea acestor teme echivalente, din punctul de vedere al legăturii între concepte, al complexității acestora, al posibilității de transpunere în program informatic, deoarece gradul de abstractizare al conținuturilor este mai mare, se utilizează modelări matematice ale conceptelor, dispozitivele experimentale pentru studierea dependențelor cauzale sunt complicate, astfel încât elevii, în loc să observe și să măsoare fenomenul, “observă” complexitatea montajului experimental. În schimb, conceptele învățate au valoare interdisciplinară, operându-se cu ele în studiul disciplinelor tehnice și cu mare aplicabilitate practică.

Aspectele urmărite, prin aplicarea scării de clasificare, celor 27 de elevi ai eșantionului unic, nu au primit scoruri mari în urma autoobservației. Pentru mai puțin de 50% dintre elevi,

lecțiile abordate cu metode clasice de instruire au fost interesante, sub 50% dintre ei s-au implicat activ în descoperirea cunoștințelor. Metodele și mijloacele utilizate nu au fost o provocare pentru elevi și nu i-au motivat pentru studiul disciplinei. Rezultatele calitative, înregistrate în urma autoobservației se reflectă și la nivelul rezultatelor medii la cele două teste administrate.

Chestionarul, aplicat celor 40 de elevi din clasa experimentală (X A) și clasa martor (X B), în etapa constatativă, a relevat următoarele: elevii nu menționează fizica între primele 5 discipline preferate pentru că „este grea” și „nu o înțeleg”, dar 28 dintre elevi situează în acest interval informatica, iar 6 susțin că instruirea asistată de calculator ar fi una dintre metodele care i-ar ajuta în studiul fizicii - utilizarea informaticii în studiul fizicii este o premisă a modificării poziției acestei discipline între cele preferate de elevi, elevii percep fizica ca având un nivel maxim de complexitate (12 elevi din 40) și furnizează și motive pentru aceasta și nu se înregistrează scoruri între 1 și 4, corespunzătoare unui nivel accesibil.

Capitolul VI, *Experimentul propriu-zis*, este centrat pe două coordonate principale: elaborarea și validarea software-ului educațional și aplicarea acestuia în etapa experimentului formativ.

S-au respectat etapele proiectării didactice și informatice, elaborându-se software educațional diferențiat, pe două grupe de nivel, pentru cele trei conținuturi reprezentative: *Mișcarea rectilinie a punctului material* (5 lecții, 7 ore de instruire interactivă), *Procese termodinamice* (6 lecții, 10 ore), *Circuitul electric simplu* (6 lecții, 10 ore). Aplicațiile informatice educaționale realizate pentru fiecare dintre unitățile de învățare sunt colecții de pagini web și prezentări care ghidează elevul, cu link-uri către aplicații interactive LabVIEW, în care sunt inserate obiecte de tip OLE (Object Linked and Embedded) și elemente de multimedia, și legături către o bază de date Microsoft Access, în care elevul sistematizează conceptele fizice învățate, ca produs al instruirii. În total, s-au realizat: 5 pagini web, 13 diapozitive, 41 de aplicații LabVIEW interactive, 1 bază de date MSAccess cu 13 formulare și 4 rapoarte, toate de concepție proprie. S-au inclus elemente de multimedia: imagini, animații. Aplicațiile informatice elaborate propun trasee de instruire diferențiate pe două grupe de nivel și pot fi parcurse individual de către fiecare elev.

Unul dintre aspectele care diferențiază teza de celelalte lucrări, pe aceeași tematică, este implicarea elevilor în elaborarea software-ului educațional. Am pornit de la premisa că elevii pot deveni asistenți ai profesorului în realizarea și utilizarea software-ului educațional pentru lecțiile de fizică. Pentru că, în perioada desfășurării cercetării didactice, planul cadru și planurile de învățământ pentru liceul tehnologic permiteau proiectarea unor opționale interdisciplinare și

multidisciplinare numai în cadrul ariei curriculare *Tehnologii*, discipline care să contribuie la dezvoltarea competențelor cheie prin competențe specifice integrate, am proiectat curriculumul disciplinei „Laboratorul virtual de matematică și fizică. Programare grafică în LabVIEW”. Această disciplină urmărește dezvoltarea competențelor în domeniul realizării programelor, în scopul dezvoltării de software educațional interactiv la fizică și, implicit, urmărește creșterea interesului și nivelului performanței pentru această disciplină. După dezvoltarea competențelor de lucru cu aplicația și de programare, elevii, organizați în grupe eterogene, au realizat proiecte – aplicații interactive pentru lecțiile de matematică și fizică. Produsele învățării au fost utilizate pentru elaborarea aplicațiilor interactive, utilizate în etapa experimentală. Pentru a respecta exigențele software-ului educațional, profesorul a inserat secvențe din proiectele realizate de către elevi în aplicațiile software utilizate, prelucrându-le didactic și adaptându-le instruirii pe două grupe de nivel.

Validarea experimentală a software-ului educațional de concepție proprie este o condiție necesară și a fost realizată în două etape: în prima etapă s-a realizat evaluarea software-ului educațional de concepție proprie (listă de control), proiectat pentru cele trei unități de învățare ce vor face obiectul investigației iar în a doua etapă, s-au testat aplicațiile informatice realizate (experiment pilot, interviu). Pentru analiza aplicațiilor informatice educaționale elaborate am adaptat listele de verificare standardizate din literatura de specialitate, urmărind două mari aspecte: calitatea instrucțională și calitatea tehnică a software-ului elaborat. Rezultatele interviului și testării experimentale au fost valorificate pentru „ajustarea” pedagogică și informatică a aplicațiilor interactive elaborate.

Subiecții investigației au fost 67 de elevi ai Grupului Școlar Material Rulant “Unirea” din Cluj-Napoca. S-au utilizat eșantioanele clasă, în cadrul cărora s-a realizat o stratificare pe două grupe de nivel (elevi cu performanțe slabe și elevi cu performanțe bune).

Fiind singura clasă de liceu tehnologic existentă în anul școlar 2006-2007, clasei a IX-a A i s-a aplicat variabila independentă, respectându-se metoda experimentului didactic cu design intrasubiecți bazată pe tehnica grupului unic. S-a urmărit evoluția comportamentului elevilor de-a lungul celor trei unități de învățare, pentru care s-au elaborat aplicații informatice educaționale, comparându-se rezultatele obținute în etapa de posttest cu cele din etapa de pretest.

În etapa experimentului formativ bazat pe designul intersubiecți, eșantionului experimental, clasa a X-a A, i s-a aplicat variabila independentă: instruirea diferențiată individuală cu ajutorul software-ului educațional, iar pentru eșantionul de control s-au utilizat metode clasice de predare într-o formă de organizare frontală a colectivului de elevi, pentru unitatea de învățare

Procese termodinamice. Pentru o unitate de învățare viitoare, *Circuitul electric simplu*, rolul claselor s-a schimbat. S-au comparat rezultatele înregistrate de clasele experimentală și de control în etapa de posttest și etapa de retest cu rezultatele din pretest. Exersarea aplicării variabilei independente în contexte experimentale diferite a avut ca scop validarea rezultatelor obținute.

Am descris, în detaliu, activitățile desfășurate la clasele experimentale și am prezentat software-ul educațional de concepție proprie. Pentru fiecare aplicație informatică, se respectă structura: descriere, elemente de proiectare didactică (obiective operaționale diferențiate/obiective de evaluare, metode, activități de învățare) și elemente de proiectare informatică (interfața cu utilizatorul, codul sursă, interacțiunea cu calculatorul). Traseele diferențiate sunt semnalate corespunzător pe hărțile celor 3 aplicații software. Pe parcursul instruirii diferențiate interactive, fiecare elev parcurge, în întregime, fiecare aplicație interactivă, completează, salvează datele introduse, rulează aplicația, actualizează datele și apoi salvează fiecare fișier. Fișierele salvate de elevi și verificate de profesor se vor constitui în portofoliu electronic individual. Fiecare pagină a aplicației interactive va fi apoi listată pentru portofoliul pe suport de hârtie al elevului.

Pentru etapa posttestului am proiectat și aplicat trei teste pedagogice de cunoștințe, sumative și normative, echivalente între ele și cu cele aplicate în pretest, din punctul de vedere al nivelelor taxonomice pe care le vizează, ca nivel de dificultate și ca pondere a diferitelor tipuri de itemi. Scopul aplicării acestora a fost monitorizarea evoluției rezultatelor elevilor în timp și a modificărilor de comportament care au apărut în urma aplicării variabilei independente, în diferitele etape ale experimentului formativ, pentru verificarea ipotezei cercetării. Etapă specifică designului experimental intersubiecți, retestul vine să întărească semnificația rezultatelor obținute în posttest de clasele experimentale, datorate introducerii variabilei independente, instruirea diferențiată individuală cu ajutorul software-ului educațional, și pentru a stabili gradul de asimilare, consolidare, operaționalizare a conceptelor învățate în etapa experimentului formativ. Instrumentul de evaluare, testul pedagogic de cunoștințe, aplicat în etapa de retestare celor două clase paralele echivalente, a fost identic cu cel din etapa de posttest.

În **capitolul VII**, *Analiza și interpretarea rezultatelor cercetării*, am evaluat efectul aplicării variabilei independente, în cele două configurații experimentale, și am validat ipoteza formulată.

Am utilizat următoarele metode de măsurare ale datelor cercetării: numărarea, clasificarea grupată, compararea. Am organizat rezultatele obținute sub formă de tabele statistice analitice și sintetice, grafice de frecvențe, diagrame de comparație și am calculat indici statistici: tendința/valoarea centrală (media aritmetică, mediana, modul, varianța, abaterea standard,

limitele de încredere ale mediei, diferența medie etc.). Am urmărit semnificația diferenței dintre medii, utilizând criteriul t pentru eșantioane corelate și pentru eșantioane independente, testul Wilcoxon pentru eșantioane corelate și testul Mann Witney pentru eșantioane independente. Datele statistice au fost prelucrate cu SPSS (mărimi statistice, tabelul frecvențelor, histogramele, testele t, testul Wilcoxon și testul Mann Witney) și MsExcell (mărimi statistice, diagrame).

Pentru experimentul bazat pe designul intersubiecți:

1. S-au comparat rezultatele obținute de cele două colective de elevi dintre care, unuia i s-a aplicat variabila independentă. Comparațiile au fost făcute atât longitudinal (posttest-pretest și retest-pretest) cât și transversal, între clase (pentru aceeași etapă experimentală).

2. S-a analizat efectul interschimbării statutului celor două clase (din clasă experimentală în clasă de control și invers).

Pentru experimentul bazat pe designul intrasubiecți:

1. S-au comparat rezultatele obținute de cei 27 de elevi pe parcursul claselor a IX-A și a X-A, în etapa posttestului, cu rezultatele obținute în pretest, urmărindu-se modul în care variabila independentă le-a influențat rezultatele școlare.

2. Am studiat evoluția longitudinală a rezultatelor în etapa posttestului.

Am realizat, apoi, o analiza comparativă a rezultatelor obținute pentru cele două scenarii experimentale complementare (designul experimental intersubiecți și designul experimental intrasubiecți).

Observațiile calitative și cantitative au fost utilizate pentru formularea concluziilor finale.

Bibliografia și resursele web, utilizate ca surse de informare, sunt prezentate, alături de anexe, în partea finală a tezei. Anexele cuprind: detalii privind stabilirea structurii valorice a claselor în diferitele etape experimentale, date statistice prelucrate cu SPSS, instrumentele aplicate pentru culegerea datelor calitative ale cercetării, secvențe din programele școlare pentru clasele a IX-a și a X-a, liceu tehnologic, proiectele unităților de învățare ce constituie eșantionul de conținut din pretest.

CONCLUZII FINALE

Cercetarea acțiune cu tema „*Studiul eficienței instruirii diferențiate la fizică în liceu (clasele a IX-a și a X-a) cu ajutorul software-ului educațional de concepție proprie*” se înscrie în tematica cercetărilor prospective, formative și diagnostice, din următoarele motive:

- Demersurile întreprinse în etapa constatativă oferă detalii privind: deficiențele și atuurile principalelor produse curriculare, structura valorică a eșantionului de subiecți, nivelul formării și dezvoltării competențelor, interesul elevilor din ciclul inferior al liceului tehnologic pentru studiul fizicii.
- Studiul și-a propus să măsoare impactul utilizării software-ului educațional elaborat de profesor. Metodele și instrumentele de cercetare au fost diversificate, s-au cules mai multe tipuri de date ale căror valori să valideze ipoteza experimentală. S-a introdus, ca variabilă independentă, instruirea electronică diferențiată individuală, strategie didactică cu mari valențe formative.
- Rezultatele cantitative, măsurate și interpretate statistic, și calitative dau un „verdict” asupra progresului școlar la fizică al eșantionului de elevi supus cercetării (elevi de clasele a IX-a și a X-a ai liceului tehnologic) și oferă repere valorice general valabile asupra variabilei independente introduse.

A. Concluzii referitoare la impactul instruirii diferențiate cu ajutorul software-ului educațional asupra performanțelor școlare ale elevilor ciclului inferior al liceului tehnologic la fizică

Progresul privind achiziția activă și interactivă a cunoștințelor și a formării și dezvoltării competențelor a fost măsurat prin notele obținute de elevii claselor experimentale la testele pedagogice de cunoștințe, în urma instruirii diferențiate individuale cu software educațional.

În cadrul designului experimental intersubiecti am realizat atât o analiză a evoluției grupului experimental, pe parcursul desfășurării cercetării, cât și o comparație cu rezultatele grupului de control. În timp ce, în cazul claselor experimentale, se înregistrează o diferență semnificativă între medii, în etapele de posttest și pretest respectiv, retest și pretest, pentru clasele de control, diferențele dintre medii sunt nesemnificative. Rezultatele obținute de

clasele experimentale măsurate în posttest și în retest sunt semnificativ mai mari decât cele obținute de grupele de control. Tehnica rotației factorilor, aplicată în cadrul designului intersubiecti, a întărit rezultatul experimental al aplicării instruirii diferențiate cu ajutorul software-ului interactiv de învățare. Instruirea electronică diferențiată are efecte durabile, rezultatele la fizică fiind influențate de variabila independentă introdusă, chiar la intervale de timp mari de la aplicarea strategiei formative. Menținerea unor achiziții pentru o perioadă mare de timp de la aplicarea variabilei dependente demonstrează aspectul formativ al instruirii diferențiate cu ajutorul software-ului educațional.

Metoda experimentului didactic intrasubiecti, aplicată eșantionului unic vine să verifice și să valideze rezultatele obținute în cadrul designului intersubiecti. În acest caz, am putut realiza o analiză longitudinală a rezultatelor grupului de elevi. Se înregistrează o evoluție continuă, crescătoare a notelor obținute de eșantionul experimental unic, pe parcursul desfășurării experimentului formativ intrasubiecti, în care s-au aplicat trei aplicații informatice educaționale. Diferența dintre mediile la testele pedagogice de cunoștințe, aplicate pe parcursul desfășurării experimentului, crește și este influențată semnificativ de variabila independentă.

Diferențele dintre mediile la testele de cunoștințe, obținute de eșantioanele experimentale de subiecți, sunt influențate semnificativ de o variabilă suplimentară, implicarea elevilor în elaborarea software-ului educațional. Totuși, implicarea în elaborarea software-ului educațional influențează rezultatul în aceeași măsură în care îl influențează și aplicarea variabilei independente pentru o perioadă mai lungă (se manifestă efectul achizițiilor anterioare).

Diferențele între medii depind și de structura valorică inițială a grupelor experimentale. Dar, indiferent de distribuția inițială pe două grupe de nivel, pe parcursul experimentului au avut loc modificări pozitive. Modificările produse în urma instruirii diferențiate cu ajutorul software-ului educațional se referă atât la deplasarea spre dreapta, spre regiunea notelor mari, a curbilor de distribuție a notelor, dar și de tranziția elevilor în grupele de nivel superioare. Rezultatul este creșterea ponderii grupei de nivel a elevilor buni și apariția, pentru fiecare eșantion experimental, a unei noi grupe de nivel, cea a elevilor cu performanțe foarte bune, care crește, numeric, cu durata aplicării variabilei independente. Elevii cu performanțe foarte bune reușesc să-și dezvolte competențe la nivele taxonomice superioare (sinteză și evaluare) din domeniul cognitiv. Grupa elevilor foarte buni, nou

formată, se diminuează dacă se renunță la instruirea diferențiată cu ajutorul software-ului educațional, dar nu dispăre.

Indiferent de designul experimental, strategia de instruire, utilizată pentru elevii ciclului inferior al liceului, are un accentuat caracter informativ și formativ. Informativ, pentru că se realizează achiziția de cunoștințe cu care se operează logic și se realizează transferuri (interpretarea unui grafic și determinarea mărimilor fizice, specifice oricărui fenomen fizic sau sistem fizic, din graficul dependențelor cauzale, prin analogie, modelarea matematică a unei relații cauzale, aplicarea în rezolvarea unor probleme a cunoștințelor, modelarea realității înconjurătoare cu ajutorul conceptelor învățate). Formativ, pentru că se formează priceperi și deprinderi (organizarea datelor experimentale, tehnici de analizare a acestora, algorimul de rezolvare al unei probleme de fizică, lucrul cu programe informatice și aplicații interactive) și atitudini (investigative - interes pentru dezvoltarea diferitelor modalități de informare și comunicare electronică, interes și curiozitate pentru aprofundarea cunoștințelor, evaluative – autoevaluarea atât a performanțelor cât și a comportamentului în timpul desfășurării experimentului).

În orice scenariu experimental, instruirea didactică diferențiată cu ajutorul software-ului educațional are un pronunțat caracter activ și interactiv. Fiecare elev a fost implicat direct și conștient în procesul de autoinstruire și descoperire de noi cunoștințe și a avut control asupra propriei activități. Elevii au putut lua cea mai corectă decizie privind încadrarea într-o anumită grupă de nivel, lecția fiind adaptată capacităților generale ale grupelor identificate. Inițial, subiecții experimentului au avut nevoie și au solicitat mai multă îndrumare din partea profesorului, pe parcurs, demersul lor în descoperirea cunoștințelor transformându-se într-unul independent sau dependent parțial de aplicație. Timpul dedicat învățării a fost utilizat mai eficient, atenția elevilor a fost menținută pentru o perioadă mai mare de timp, au fost activați elevi mai puțin dinamici (care aveau mai puține intervenții în timpul orei).

B. Concluzii referitoare la impactul instruirii diferențiate cu ajutorul software-ului educațional asupra interesului elevilor pentru studiul fizicii

Fizica, ca disciplină de studiu, s-a situat, în urma desfășurării experimentului didactic, printre primele cinci obiecte de învățământ preferate ale elevilor. Subiecții experimentului o

percep la un nivel de complexitate mai redus și furnizează motive pentru această percepție. Aceștia apreciază medierea instruirii de către calculator și software-ul educațional.

Ca participanți la experimentul didactic și observatori ai propriei prestații, elevii declară că metodele interactive și modul de prezentare al informațiilor, nivelul ridicat de interacțiune cu programul, feedback-ul imediat, oferit după atingerea fiecărui obiectiv operațional al lecției, și evaluările formative au fost favorabile învățării și i-au determinat să-și aprofundeze cunoștințele. Rezultatul a fost concretizat prin notele mai mari, obținute la testele pedagogice de cunoștințe în etapa posttestului, însoțite de dinamica pozitivă a grupelor de nivel.

Gradul înalt de activizare și implicarea în decizia traseului de instruire, modul de interacțiune cu aplicația au fost surse de creșterea a interesului pentru studiul fizicii. Elevii s-au simțit respectați, valorizați și au dobândit încredere în forțele proprii, pentru că demersul instructiv individual a avut un rezultat pozitiv, confirmat și pentru că au conștientizat că activitatea le-a fost monitorizată și evaluată.

Rezultatele obținute prin aplicarea soluției de e-learning propuse de noi ne îndreptătesc să afirmăm că utilizarea de software educațional pentru instruirea diferențiată individuală a elevilor, din ciclul inferior al liceului tehnologic, are un impact pozitiv semnificativ față de strategiile clasice de predare-învățare-evaluare. Acestea determină progresul semnificativ al elevilor, în ceea ce privește eficiența activității de achiziție activă și interactivă a cunoștințelor, a formării și dezvoltării competențelor, a interesului elevilor pentru studiul fizicii.

C. Concluzii privind predarea-învățarea fizicii în liceu, cu ajutorul software-ului educațional de concepție proprie

Aplicațiile informatice interactive au fost proiectate didactic astfel încât ciclul învățării prin investigare (observare, problematizare, construirea teoriei, experimentare, analiza datelor experimentale, formularea concluziilor) să fie parcurs pornind de la elemente diferite ale acestuia, începând de la observare și până la formularea concluziilor (în cazul definirii mișcărilor rectilinii uniforme variate și rectilinii uniforme) sau de la experimentare la construirea teoriei (în cazul rezistenței electrice, legii lui Ohm). Demersul investigativ individual a fost dirijat de profesorul realizator de software educațional.

Modelarea sistemelor sau fenomenelor fizice prin intermediul animațiilor interactive, imaginilor, dispozitivelor experimentale virtuale, reprezentărilor grafice dinamice, care să le reproducă fidel, au asigurat înțelegerea logică și de profunzime a conceptelor fizice și o învățare eficientă și temeinică a acestora. Utilizarea reprezentărilor grafice, dinamice ale legilor fizice studiate în context problematizat (schimbarea condițiilor inițiale de producere ale fenomenelor, condițiilor de desfășurare ale acestora) au sprijinit procesul decodificării, respectiv codificării informației, generalizării sau particularizării necesare definirii fenomenului și procesul de dezvoltare a competențelor integrate (utilizarea instrumentelor specifice tehnologiei și matematicii în investigarea fenomenului fizic) și a competențelor avansate (stabilirea unor legi empirice, prin prelucrarea matematică a unor date experimentale).

Exersarea conceptelor modelate și explicitate, în secvențele de evaluare incluse în aplicațiile interactive sau prin fișele electronice de exerciții, are valențe formative. Portofoliul electronic al elevului a permis identificarea lacunelor, deficiențelor, greșelilor frecvente și s-au putut lua măsuri remediale individualizate.

În urma experienței didactice acumulate prin desfășurarea cercetării, recomandăm îmbinarea celor două forme de organizare a activității elevilor: activitatea frontală cu activitatea individuală. Raportul în care cele două forme de organizare a activității elevilor se pot combina trebuie să fie ales de profesor, în funcție de criteriile de eficiență didactică.

D. Concluzii privind schimbarea rolului celor două componente ale binomului educațional, profesor-elev, în cadrul instruirii diferențiate cu ajutorul software-ului educațional la fizică, în liceu

Soluția de e-learning propusă de noi asigură exercitarea tuturor funcțiilor managementului clasei și activității didactice de către profesor: previziune, organizare, coordonare, motivație, evaluare, cu caracter ciclic. Profesor nu este doar un “actor”, ce urmează un scenariu scris pentru el, ci îndeplinește toate rolurile necesare punerii în scenă a actului didactic: scenarist, regizor, scenograf, actor etc. Ponderea activității profesorului, creator de software educațional, în timpul desfășurării procesului de instruire este diminuată, în schimb, crește în afară orelor de curs și este centrată pe: selectarea elevilor și distribuirea pe grupe de nivel, alegerea temelor ce pot fi tratate prin instruire diferențiată cu ajutorul software-ului educațional, prelucrarea, secvențierea conținutului și adaptarea lui la particularitățile individuale sau pe diferite nivele de pregătire, conceperea programului informatic, testarea și revizuirea continuă a acestuia, evaluarea produselor învățării. În timpul desfășurării lecțiilor, profesorul are

timpul necesar observării comportamentului fiecărui elev, identificării, în urma analizei rezultatelor învățării, a deficiențelor și lacunelor, în vederea luării unor măsuri remediale, personalizate. Pentru că dialogul dintre profesor și elev este mediat de computer, în timpul desfășurării lecției profesorul joacă rolul de îndrumător, coordonator, având misiunea de a asista elevul în descoperirea cunoștințelor sau de a răspunde unor întrebări privind utilizarea în contexte diferite a unor noțiuni și concepte noi, de a facilita învățarea.

Realizator al aplicațiilor software didactice, profesorul poate modifica dinamic softul educațional, adaptându-l continuu, în funcție de capacitățile cognitive ale grupei de nivel și de evoluția colectivului de elevi. Nu softul educațional, în sine, este soluția care optimizează învățarea, ci “arta” profesorului de a proiecta software adaptat colectivului de elevi și diferențiat pe nivele cognitive, chiar individualizat.

Instruirea diferențiată cu ajutorul software-ului educațional de concepție proprie la fizică asigură nivelul maxim de activizare al tuturor elevilor, 100%; fiecare dintre elevi interacționează cu aplicația informatică și rezultatul învățării se concretizează într-un produs, portofoliul electronic. Elevul, aflat în centrul activității didactice, nu primește cunoștințe, gata prelucrate, de la profesor, ci le descoperă și le exersează în contexte diferite, printr-o multitudine de activități de învățare. Elevul se autoevaluează continuu și ia decizia traseului de instruire cel mai potrivit, fiind astfel responsabil pentru propria învățare. Greșelile nu sunt considerate eșecuri ci încercări și nu sunt penalizate, iar decizia schimbării parcursului instruirii este la liberul arbitru. Dialogul dintre profesor și elev, prin intermediul computerului este de unu la unu. Nici comunicarea între elevi nu a fost neglijată pe durata desfășurării experimentului formativ. Elevii au avut posibilitatea comunicării, în pereche, a schimbului de opinii, unii dintre elevi au devenit asistenți ai profesorului, ajutându-i pe colegii lor cu performanțe slabe, numai la cererea acestora și sub supravegherea profesorului, astfel încât, să-i ajute, pe aceștia din urmă, să rezolve sarcinile de lucru, nu să le furnizeze soluții.

E. Limitări și posibile dezvoltări ale instruirii diferențiate la fizică în liceu, cu ajutorul software-ului educațional

Instruirea diferențiată cu ajutorul software-ului educațional este mare consumatoare de resurse de timp. Această problemă ar putea fi rezolvată prin restructurarea curriculumului, pentru disciplina fizică, în sensul unui raport echilibrat între conținuturi și numărul de ore, astfel încât să permită elevilor exersarea mai multor activități de învățare și utilizarea mai multor resurse materiale disponibile, în scopul dezvoltării competențelor și nu al creșterii mulțimii

cunoștințelor. Constituirea, prin lege, a formațiunilor de studiu, claselor din învățământul preuniversitar, cu un număr mai mic de elevi (maxim 20) vine în sprijinul acestei soluții de instruire. Totodată, este absolut necesară restructurarea formelor și instrumentelor de evaluare astfel încât, să nu pună accent pe reproducerea conținuturilor disciplinei, ci pe demonstrarea competențelor.

Pentru desfășurarea acestei forme de instruire sunt necesare resurse materiale adecvate: softuri, calculatoare și periferice, acces la Internet etc., care să permită desfășurarea unui învățământ individual. Identificarea unor surse de finanțare pentru dezvoltarea de proiecte de realizare ale unor laboratoare virtuale de științe ale naturii, dotate (tehnică de calcul performantă, software educațional interactiv de calitate, tehnologie 3 D pentru vizualizarea animațiilor, senzori și plăci de achiziții de date pentru realizarea experimentelor etc.) corespunzător realizării unui învățământ individual și individualizat, trebuie să devină o prioritate a ministerului de resort și a instituțiilor de învățământ preuniversitar.

Este necesar trainingul inițial specific al profesorilor, pentru utilizarea software-ului educațional existent pe piață sau pentru proiectarea software-ului educațional adaptat colectivului de elevi; soluția este potrivită profesorului cu dorință și disponibilitate de autodezvoltare profesională și personală. Virtualizarea instruirii și formării spre care se tinde în epoca informațională presupune și organizarea unor cursuri de formare care să dezvolte competențe avansate de utilizare ale unui limbaj de programare și de utilizare a tehnologiei informaționale, necesare dezvoltării și integrării în lecție a unui software educațional performant de către profesorul de orice disciplină, și ale unor cursuri de perfecționare de didactica disciplinei, în sensul organizării și desfășurării instruirii diferențiate, chiar individualizate.

Programele și manualele încărcate, combinate cu numărul redus de ore alocate disciplinei Fizică limitează aplicarea instruirii diferențiate mediate de software educațional, cu mari valențe formative, deocamdată cu valoare de model ideal. Combinată cu instruirea frontală, instruirea diferențiată cu ajutorul software-ului educațional oferă noi posibilități de stimulare a interesului cognitiv, noi moduri de implicare activă și interactivă a elevilor în procesul de cunoaștere, fiind o strategie de predare-învățare-evaluare a fizicii de succes.