



UNIVERSITATEA DIN BUCUREȘTI
Facultatea de Fizică
Școala Doctorală de Fizică



Marilena COLȚ

**PERSPECTIVE ACTUALE ÎN STUDIUL
INTERDISCIPLINAR AL FIZICII ÎN LICEU**

Rezumat

Teză de doctorat

**Conducător științific:
Prof. Univ. Dr. Valentin BARNA**

București, 2022

Cuprins rezumat

CUVÂNT ÎNAINTE	iv
INTRODUCERE	1
CAPITOLUL I Beneficii ale predării și învățării interdisciplinare a Fizicii în liceu – strategii, mijloace și exemple de subiecte interdisciplinare	3
1.1 Noțiuni introductive.....	3
1.2 Legături interdisciplinare exemple de subiecte interdisciplinare.....	3
1.1.1 Interdisciplinaritate fizică – matematică.....	4
1.1.2 Interdisciplinaritate fizică – chimie.....	5
1.1.3 Interdisciplinaritate fizică – biologie.....	5
1.1.4 Interdisciplinaritate fizică – astronomie.....	6
1.1.5 Interdisciplinaritate fizică – geografie.....	6
1.1.6 Interdisciplinaritate fizică – ecologie.....	6
1.3 Experimentul interdisciplinar – premisă a dezvoltării ingeniozității grupului.....	7
1.3.1 Smartphone-ul-dispozitiv utilizat în experimente interdisciplinare...7	
1.3.2 Tableta Einstein utilizată în experimente interdisciplinare.....	8
1.4 Concluzii.....	8
Bibliografie.....	10
CAPITOLUL II Analiza parametrilor fizici ai stației meteorologice profesionale Excelvan pentru determinarea condițiilor atmosferice care influențează calitatea aerului în orașul Ploiești	13
Studiul calității aerului în orașul Ploiești	13
2.1 Studiul stației meteorologice Excelvan și al parametrilor meteorologici.....	14
Software-ul WeatherSmart și aplicația Weather Display.....	15
2.2 Metode moderne și modele folosite în studiul stării atmosferei.....	16
2.2.1 Aplicația Excel.....	16
2.2.2 Modelul HYSPLIT.....	16
2.2.3 Modelul US GFS (Global Forecast System).....	16
2.3 Evenimente de poluare în Ploiești și în zona adiacentă.....	17
2.4 Concluzii.....	21
Bibliografie.....	23

CAPITOLUL III Tableta Einstein - instrument alternativ folosit în studiul interdisciplinar al Fizicii în liceu.....25

3.1 Metode și tehnici ale experimentului didactic	25
3.2 Experimentul didactic bazat pe achiziție de date – metodă de explorare a realității.....	25
3.2.1 Utilizarea Tabletei Einstein în context interdisciplinar folosind senzorul de lumină.....	26
3.2.2 Măsurători de presiune prin intermediul tehnologiei digitale în scopuri educaționale.....	28
3.2.3 Activitatea electrică a inimii explicată într-un studiu interdisciplinar la nivel de liceu.....	29
3.3 Concluzii.....	33
Bibliografie.....	34

CAPITOLUL IV Telefonul mobil inteligent ca laborator științific portabil.....37

4.1 Învățarea M - o nouă paradigmă în educație.....	37
4.2 Aplicația Phyphox.....	37
4.3 Senzorii telefonului mobil inteligent.....	38
4.4 Telefonul mobil inteligent utilizat în experimente de fizică.....	38
4.4.1 Studiul ciocnirii inelastice.....	39
4.4.2 Determinarea constantei elastice a unui resort.....	39
4.4.3 Măsurarea accelerației gravitaționale în căderea liberă.....	40
4.4.4 Absorbția luminii, studiul legii Bouguer – Lambert.....	41
4.4.5 Determinarea valorii unghiului unui plan înclinat.....	42
4.4.6 Determinarea coeficientului de frecare statică folosind ”Inclination” din aplicația Phyphox.....	42
4.4.7 Determinarea coeficientului de frecare dintre roți și suprafață folosind accelerometrul.....	42
4.4.8 Determinarea vitezei sunetului în aer.....	43
4.4.9 Determinarea vitezei unei role pe plan orizontal și pe plan înclinat.....	44
4.4.10 Cinematica mișcării rectilinii accelerate, a mișcării uniforme și a mișcării frânate ale unui lift.....	45
4.4.11 Spectrul magnetic.....	46
4.4.12 Studiul interdisciplinar al oscilațiilor mecanice amortizate folosind accelerometrul smartphone-ului.....	46
4.4.13 Studiul interdisciplinar al oscilațiilor mecanice amortizate folosind	

magnetometrul smartphone-ului	48
4.4.14 Determinarea lungimii de undă a radiației infraroșii emise de telecomandă.....	51
4.4.15 Experimente de fizică inteligente realizate prin folosirea a doi senzori încorporați ai unui smartphone: magnetic și de lumină ambientală	52
4.5 Concluzii.....	54
Bibliografie.....	56
CAPITOLUL V Abordarea structurată a studiului interdisciplinar al Fizicii prin hărți conceptuale interactive.....	61
5.1. Constructivismul ca paradigmă a învățării.....	61
5.2 Hărțile conceptuale – apariție, evoluție și utilizare în scop educațional... 61	61
5.2.1 Pași în elaborarea unei hărți conceptuale.....	62
5.2.2 Caracteristici ale hărților conceptuale	62
5.2.3 Modele de hărți conceptuale.....	62
5.2.4 Funcții ale hărților conceptuale.....	62
5.2.5 Avantaje versus dezavantaje ale integrării hărților conceptuale în demersul didactic.....	62
5.2.6 Modele și animații 3D introduse în hărțile conceptuale.....	62
5.3 Hărți conceptuale interactive pe teme interdisciplinare.....	63
5.3.1 Studiul influenței poluării asupra calității aerului în orașul Ploiești și în zona limitrofă, folosind Smart Ideas software	63
5.3.2 Studiul interdisciplinar al dinamicii fluidelor utilizând hărțile conceptuale interactive.....	64
5.3.3 Învățarea interdisciplinară a electrostaticii și electrocineticii celulei nervoase folosind hărți conceptuale interactive	67
5.4 Concluzii.....	69
Bibliografie.....	70
CONCLUZII GENERALE.....	73

Anexă

Lista contribuțiilor proprii.....	77
6.1 Articole publicate în reviste indexate ISI.....	77
6.2 Lucrări prezentate la conferințe.....	77
6.2.1 Conferințe internaționale cu publicare în ”proceedings”- uri indexate ISI.....	77
6.2.2 Conferințe internaționale, fără publicare în ”proceedings”- uri... 77	77
6.2.3 Conferințe naționale, fără publicare în ”proceedings”- uri	78

Cuvânt Înainte

În primul rând doresc să le mulțumesc celor doi conducători științifici de doctorat pe care i-am avut, domnului Prof. Univ. Dr. Valentin Barna și domnului Prof. Univ. Dr. Ștefan Antohe de la Facultatea de Fizică, Universitatea București pentru profesionalism, încredere, calitatea științifică, pentru înțelegerea, răbdarea de care au dat dovadă și sprijinul pe care mi l-au acordat, ori de câte ori am avut nevoie, pe parcursul anilor în care mi-am desfășurat munca de cercetare.

De asemenea le mulțumesc membrilor comisiei de îndrumare Prof. Univ. Dr. Sabina Ștefan, Lector Univ. Dr. Gabriela Iorga care m-au ajutat în munca de rulare și prelucrare a datelor meteorologice preluate de la stația meteorologică a Colegiului Național „I.L. Caragiale” din Ploiești și pentru sprijinul profesional și moral pe care mi l-au oferit în perioada studiilor doctorale. O parte a acestei teze nu ar fi fost posibilă fără ajutorul doamnei Conf. Dr. Cristina Miron, căreia îi mulțumesc pentru colaborare și pentru sprijinul oferit. Am o deosebită considerație pentru întreaga echipă a Școlii Doctorale de Fizică a Universității București și le sunt profund recunoscătoare tuturor membrilor acesteia.

Doresc să mulțumesc și colegilor mei de la Direcția de studii Fizică Educațională, Corina Radu, Fabiola și Bogdan Chiriacescu, alături de care am participat la câteva Conferințe Internaționale, pentru colaborare și pentru sprijinul intelectual, moral și altruist acordat din momentul în care i-am cunoscut. Vreau să adresez un sincer mulțumesc kolegei mele Bianca Mihalache, de la Direcția de studii Fizica Atmosferei și a Pământului – Surse Regenerabile de Energie, pentru că a preluat task-uri suplimentare ori de câte ori a fost necesar, pentru flexibilitatea în gândire și comportament. Mă bucur nespun pentru că am avut o persoană amabilă, înțelegătoare și sensibilă în mediul în care mi-am desfășurat activitatea.

Un deosebit respect am pentru Prof. Dr. Daniela Stoica, șef comisie metodică fizică la Colegiul Național „I.L. Caragiale” din Ploiești și responsabil cerc pedagogic, care m-a sprijinit în realizarea unei importante părți experimentale.

Nu în subsidiar, am prilejul și momentul deosebit să îi mulțumesc doamnei profesor Smaranda Strazzaboschi, fost inspector de specialitate - fizică - al Inspectoratului Școlar Județean Prahova timp de aproximativ treizeci de ani și autor de manuale, care mi-a călăuzit pașii de când am părăsit treptele facultății și până în prezent, care mi-a insuflat dorința de cunoaștere, cercetare și realizare profesională. Încurajarea și încrederea ce mi-au fost oferite m-au făcut să cresc nu numai pe plan profesional dar și ca om. Prețuirea ce i-o port, cu certitudine, nu poate fi redată în câteva cuvinte.

Mulțumesc pe această cale mamei și părinților mei spirituali, pentru care de asemenea am o prețuire nespusă, care m-au încurajat să-mi urmez visele de-a lungul vieții. Le mulțumesc pentru înțelegerea de care am beneficiat atâta vreme în care majoritatea timpului mi-am dedicat-o studiului și muncii de cercetare.

Introducere

Departamentele de fizică ale unor universități au constatat că un număr mare al studenților acestora nu pot să transfere ceea ce studiază la fizică fenomenelor întâlnite în alte domenii, cum ar fi chimia, biologia etc. Se impune promovarea aplicării modelelor către fenomenele complexe ale lumii reale astfel încât cercetătorii, fizicienii și inginerii în devenire să-și utilizeze cunoștințele în afara propriilor discipline [1,2]. Locuitorii din mediul urban, în proporție de peste 80%, sunt expuși la concentrații de poluanți peste liniile directoare ale Organizației Mondiale a Sănătății. Pe lângă poluarea provocată de industrie, încă trei milioane de oameni ard combustibili solizi pentru gătit și încălzire [3]. Literatura de specialitate menționează existența unor activități de sensibilizare a populației, create de serviciile meteo și de institutele de cercetare, pentru a crește rezistența comunității la apariția evenimentelor meteorologice extreme [4-6].

Deoarece elevii de liceu sunt familiarizați cu utilizarea computerelor, tabletelor, telefoanelor mobile inteligente, introducerea instrumentelor digitale în școală poate crea condițiile de trecere la un mod de predare bazat pe cercetare prin utilizarea senzorilor integrați sau externi [7-9].

Hărțile conceptuale asigură noi perspective în evoluția transmiterii informației și pot fi folosite la orice disciplină din planul de învățământ [10].

Prin această cercetare doctorală mi-am propus ca prim obiectiv promovarea învățării interdisciplinare prin dezvoltarea de noi metode și tehnici de predare a Fizicii și crearea unui mediu de învățare constructivist, utilizând hărțile conceptuale interactive. Al doilea obiectiv a presupus realizarea unui conținut interactiv prin folosirea unor mijloace didactice interfațate cu calculatorul sau alte device-uri cum sunt Tableta Einstein, telefonul mobil inteligent, monitorul portabil pentru EKG, pulsoximetrul precum și stația meteorologică profesională a școlii. În scopul atingerii obiectivelor am transmis informații privitoare la problemele mediului înconjurător într-un mod accesibil, adaptat cerințelor de vârstă ale elevilor de liceu, am creat competențe de utilizare a unor programe de prelucrare a datelor și am studiat influența unor parametri meteorologici asupra unor evenimente de poluare din orașul Ploiești și zonele adiacente. Am dezvoltat noi metode și tehnici de predare a fizicii în context interdisciplinar folosind Tableta Einstein și telefonul mobil inteligent asociat cu aplicația Phyphox. Prin intermediul acestor echipamente am putut eficientiza activitatea de predare-învățare, oferind totodată posibilitatea formării unei atitudini științifice a elevilor de liceu în vederea îndrumării onora dintre ei către o carieră științifică de succes. Un aspect important a constat în evidențierea aspectelor interdisciplinare prin intermediul unor metode interactive - hărți conceptuale, grafică interactivă - ce au condus la dezvoltarea gândirii critice a elevilor mei.

În primul capitol am încercat să abordez o temă la modă, interdisciplinaritatea. Adaptarea lecțiilor la ritmul de dezvoltare a tehnologiilor, dezvoltarea gândirii critice, adecvarea instruirii la nevoile fiecărui elev se îndreaptă către tendințele reformelor curriculum-ului european [11]. Au fost menționate beneficiile predării și învățării interdisciplinare a Fizicii în liceu, strategiile și mijloacele folosite. Am construit hărți conceptuale care reliefează legătura dintre Fizică și alte discipline ce pot aborda teme interdisciplinare.

În capitolul al doilea am realizat cercetări interdisciplinare asupra parametrilor meteorologici furnizați de către stația meteorologică Excelvan a școlii și influența acestora asupra calității aerului din orașul Ploiești și din zona adiacentă acestuia. Activitatea în domeniu a implicat cercetarea condițiilor și fenomenelor meteorologice, prelevarea, analizarea, evaluarea și interpretarea datelor meteorologice specifice regiunii. Pe baza datelor înregistrate am realizat grafice ale variației unor parametri meteorologici ca presiune, temperatură, temperatură potențială, umiditate, viteză a vântului pe diferite intervale de timp, folosind programe de vizualizare și prelucrare a datelor științifice cum ar fi Excel, R, SciDAVis, Origin și am comparat rezultatele obținute cu acelea care au reieșit în urma rulării unor modele matematice de cercetare, care au la bază inteligența artificială, cum sunt HYSPLIT, modelul US GFS (Global Forecast System) și modelul DWD (German Weather Service).

În al treilea capitol am prezentat un instrument alternativ care poate fi folosit în studiul interdisciplinar al Fizicii în liceu, făcând uz de experiment: Tableta Einstein cu senzori încorporați sau externi. Device-ul a fost special proiectat pentru educația prin experiment astfel încât elevii de toate vârstele au putut fi antrenați în procesul științific, utilizând dispozitive de colectare a datelor și folosind aplicații interactive [12].

Capitolul al patrulea prezintă o nouă paradigmă în domeniul educațional, numită „învățarea mobilă”, care a apărut o dată cu dezvoltarea spectaculoasă a telefoniei mobile. Smartphone-ul, considerat și un instrument didactic excelent, cu aplicații speciale în domeniul fizicii, a fost utilizat în diferite experimente ce au putut fi realizate în diverse capitole ale Fizicii.

Capitolul cinci presupune o abordare structurată a studiului interdisciplinar al Fizicii prin hărți conceptuale interactive, folosind Cmap Tools și SMART Ideas Concept-Mapping Software. S-au conceput hărți conceptuale, pe subiecte interdisciplinare fizică-biologie, ca exemple având dinamica fluidelor aplicată sistemului circulator al organismului uman sau electrostatica și electrocinetica aplicate unei porțiuni de membrană a celulei nervoase.

Disciplina Fizică este ideală pentru a arăta validitatea generală a conceptelor fizicii folosind exemple interdisciplinare. Cum dinamica socială a ultimelor decenii a adus în fața lumii contemporane o serie de provocări, consider că domeniul educației nu poate și nu trebuie să rămână indiferent.

CAPITOLUL I Beneficii ale predării și învățării interdisciplinare a Fizicii în liceu – strategii, mijloace și exemple de subiecte interdisciplinare

1.1 Noțiuni introductive

Conceptul interdisciplinar, apărut în cărțile de pedagogie, este utilizat pentru a descrie studii care folosesc metode ale mai multor discipline sau domenii tradiționale. În scopul conectării mai multor școli academice, fiecare cu perspectivă specifică, interdisciplinaritatea implică profesori și cercetători care lucrează pentru o sarcină comună. Acest concept se referă la asamblarea conceptelor din diferite discipline în rezolvarea unor probleme nestructurate corespunzător [13-17].

În ultimul deceniu, „învățarea mobilă” s-a dezvoltat de la un interes minor în cercetare la proiecte importante în muzee, orașe, locuri de muncă și școli, proiecte care au demonstrat că tehnologia mobilă oferă oportunități de învățare extinse dincolo de sala de clasă [18].

Frontierele biologice ale fizicii precum și frontierele fizice ale biologiei constituie, la momentul actual, domenii active de cercetare interdisciplinară [19,20]. Datorită naturii interdisciplinare a subiectelor de cercetare s-au abordat, într-o manieră prietenoasă, subiecte de fizică-chimie-matematică aparținând unor capitole ale fizicii cum sunt mecanica și magnetismul [21-23]. Dar nu doar aceste capitole ale fizicii se pretează studiului interdisciplinar. Statica și, mai ales dinamica fluidelor conduc către un subiect extrem de popular în lecțiile de fizică și anatomie și anume sistemul circulator al organismelor vii [24]. Tot mai mult, experimentul s-a mutat în centrul strategiilor de învățare activă și este departe de a fi considerat doar un supliment în procesul de achiziție a cunoștințelor. Pe lângă experiment, motivația elevilor poate fi facilitată și de folosirea tehnologiei informației computerizate. Aceasta susține atmosfera de învățare și încurajează dezvoltarea mediilor constructiviste [25-27].

Un proces de cercetare interdisciplinar nu poate fi dus la bun sfârșit de către un singur om, ceea ce conduce spre un nou concept numit „creativitate de grup”, ceea ce presupune o anumită disponibilitate de timp pentru lucrul în echipă. De asemenea, pot apărea dificultăți în găsirea unui subiect adecvat [28].

1.2 Legături interdisciplinare – exemple de subiecte interdisciplinare

Formarea la elevi a unor reprezentări complete privitoare la fenomenele naturii se asigură prin legături interdisciplinare.

În harta conceptuală de nivel 1 din figura 1.1 am prezentat două tipuri de legături interdisciplinare descrise în cărți de didactica disciplinei: legătura temporală numită și legătură cronologică și legătura noțională. Prima legătură se referă la punerea de acord a programelor școlare în momentul introducerii unor cunoștințe. Cel de al doilea tip de legătură presupune o tratare identică a noțiunilor științifice la toate disciplinele [29].

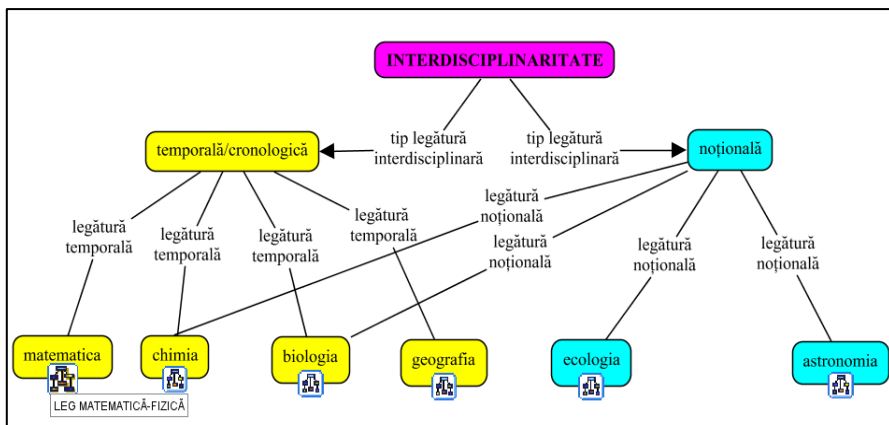


Figura 1.1: Harta conceptuală nivel 1 - legături temporale și noționale

1.2.1 Interdisciplinaritate fizică-matematică:

Ca știință naturală, fizica se folosește de limbajul matematicii. Teoriile fizice, studiul teoretic al fenomenelor și legilor care le guvernează, se bazează pe modele matematice.

O legătură temporală consecventă între fizică și matematică se realizează destul de greu deoarece la fiecare disciplină trebuie să se respecte logica științei respective care, la rândul ei, asigură o anumită succesiune a conținutului de studiat. Conținutul manualelor de matematică nu este perfect adaptat nevoilor de predare ale unui profesor de fizică [30]. Mergând către competențe specifice de investigare experimentală în laboratoare reale sau virtuale, de rezolvare de probleme atât teoretice cât și practice, reiese necesitatea de realizare a transferurilor interdisciplinare prin utilizarea cunoștințelor de matematică menționate mai sus în mecanică, termodinamică, electricitate, magnetism, optică.

Harta conceptuală din figura 1.2 prezintă legătura temporală dintre fizică și matematică.

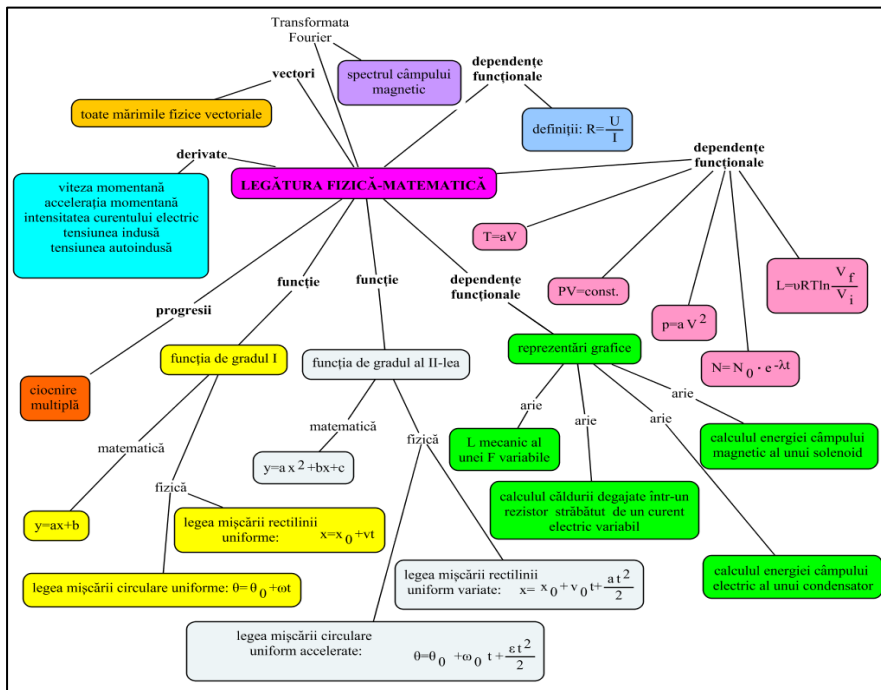


Figura 1.2: Harta concetuală nivel 2 - legătura temporală fizică-matematică

1.2.2 Interdisciplinaritate fizică-chimie:

Electrochimia este un domeniu de interferență între electricitate și chimie. S-a demonstrat că elevii înțeleg cel mai bine conceptul de energie dacă acesta este introdus într-o abordare interdisciplinară [34-36]. În predarea științelor, s-a luat în considerare în special domeniul cognitiv, care accentuează designul mediilor de învățare bazate pe tematici interdisciplinare. Interdisciplinaritatea fizică-chimie precum și legăturile noționale și temporale au fost evidențiate tot prin intermediul unei hărți conceptuale de nivel 2.

1.2.3 Interdisciplinaritate fizică-biologie:

Frontierele biologiei devin din ce în ce mai largi. Biologia și fizica sunt științe care se bazează pe observație și măsurători. Pornind de la acestea se construiesc modele, modelarea fiind fundamentală în fizică și în biologie. Ambele discipline se bazează pe măsurători pentru a explica și pentru a face predicții [37].

În ultima vreme abordările sistemice ale biologiei au crescut în intensitate și a devenit posibilă integrarea datelor moleculare ale sistemelor biologice în modele dinamice rulate pe computer. Biologia sistemelor necesită, pe lângă abilitățile biologilor, abilități ale fizicienilor, informaticienilor, matematicienilor, statisticienilor și inginerilor [38-40]. Poate fi împărțit în trei direcții principale conținutul biofizic din manualele de fizică. Acest lucru este prezentat într-o hartă conceptuală de nivel 2.

Echipamentele de cercetare și instrumentele de analiză relevante în biologie funcționează tot pe principii fizice [41,42].

1.2.4 Interdisciplinaritate fizică-astronomie:

Cu toate că astronomia este una dintre cele mai vechi științe, astăzi se regăsește, în context educațional, la muzeu sau la observatoarele astronomice. Privitor la predarea și învățarea astronomiei există puțină cercetare sistematică în jurnalele de specialitate [43]. Tot printr-o hartă conceptuală de nivel 2, s-au scos în evidență multiplele legături între fizică și astronomie.

1.2.5 Interdisciplinaritate fizică-geografie:

Pentru cercetarea și monitorizarea unor procese naturale ce țin de atmosferă, climă, hidrologie, biosferă, mediu și geologie se folosesc tehnicile de teledetecție [44]. Într-o hartă conceptuală de nivel 2, este prezentată legătura noțională dintre fizică și geografie. Vorbind de propagările undulatorii din atmosferă, avem undele acustice și cele gravitaționale. Dinamica atmosferei utilizează legile de mișcare a maselor de aer, cu scopul de a prevedea evoluția vremii, prin intermediul forțelor care acționează asupra particulelor de aer: forțele de gradient baric, gravitaționale, de frecare, centrifuge și Coriolis [45].

1.2.6 Interdisciplinaritate fizică-ecologie:

Studiul sistemelor complexe, caracterizate prin interacțiuni particulare dependente de timp, constituie o zonă nouă de cercetare interdisciplinară care abordează, printre altele, fizica și ecologia. Știința sistemelor complexe tratează căile de acces prin care părțile lor componente dau naștere comportamentului colectiv al sistemului. În literatura recentă, din ce în ce mai mult, se promovează opinia că nu disciplina de studiu contează, ci sistemul de noțiuni și metode utilizate pentru a descrie cantitativ un fenomen și pentru a prezice probabilistic ceea ce va urma [46-48].

Putem vorbi, de exemplu, de influența unor parametri fizici, studiați în liceu, care țin de mediul înconjurător cum sunt: presiunea, umiditatea, temperatura asupra poluării [49], de unele caracteristici optice, de influența unor factori antropogeni asupra desfășurării unor fenomene fizice din biosferă, modelarea acestora și prevederea consecințelor acestei influențe asupra biosferei. Legătura dintre fizică și ecologie este prezentată într-o altă hartă conceptuală de nivel 2.

1.3 Experimentul interdisciplinar – premisă a dezvoltării ingeniozității grupului

Implementarea tehnologiilor digitale în lecțiile de fizică bazate pe experiment conduce către o schimbare a percepției elevilor asupra subiectului studiat. Elevii pot lucra în echipe, iar interpretarea datelor experimentale, achiziționate în timp real, dezvoltă gândirea critică, aceasta fiind o premisă a dezvoltării creativității de grup și contribuie la formularea unor păreri originale [50-53].

La nivel liceal, telefonul mobil inteligent poate contribui la îmbunătățirea calității educației, constituind un instrument suplimentar ce permite accesul la un vast cumul informațional [54]. În literatura de specialitate sunt menționate trei dimensiuni în învățarea științelor: teoria, experimentul și simularea, ultima fiind inclusă datorită activității oamenilor de știință profesioniști în domeniu [55].

1.3.1 Smartphone-ul - dispozitiv utilizat în experimente interdisciplinare

Concluziile studiilor asupra impactului educațional al dispozitivelor mobile conduc către ideea că telefonul mobil inteligent poate deveni un instrument didactic excelent, cu deosebite aplicații în domeniul Fizicii [56]. Senzorii unui telefon mobil inteligent pot fi vizualizați în figura 1.3.

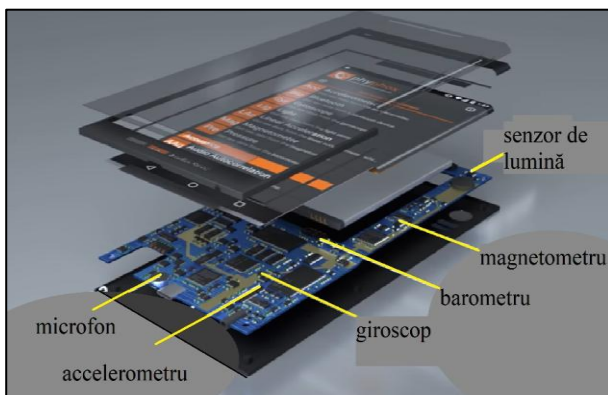


Figura 1.3: Localizarea senzorilor în telefonul mobil inteligent (adaptare după phyphox – Physical Phone Experiments)

Am realizat o cercetare calitativă și cantitativă, sub forma unui chestionar online, în scopul evaluării gradului de satisfacție a elevilor de gimnaziu și liceu față de diferite aspecte ale acestui tip de educație. Chestionarul, format din unsprezece întrebări închise și una deschisă, poate fi accesat la adresa următoare: [CHESTIONAR INVATARE ONLINE - Formulare Google](#). Unul dintre obiective a constatat în aflarea dacă beneficiarii direcți ai actului educațional ar fi stimulați să învețe prin utilizarea smartphone-urilor lor pentru realizarea unor experimente în locul utilizării echipamentelor clasice de laborator [54].

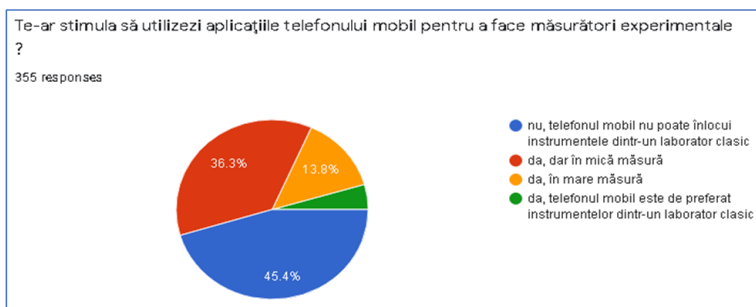


Figura 1.4: Proporția răspunsurilor celor 355 de respondenți pentru primul obiectiv [54]

Deși cele mai multe dintre problemele din practică sunt interdisciplinare, un dezavantaj al predării interdisciplinare ce presupune integrarea telefonului mobil inteligent în lecții constă în faptul că nu este ușoară găsirea exemplarelor potrivite pentru predarea la nivel introductiv [59]. Proporția răspunsurilor elevilor se poate vedea în figura 1.4.

1.3.2 Tableta Einstein utilizată în experimente interdisciplinare

Elevii de toate vârstele pot fi antrenați în procesul științific, dacă se utilizează dispozitive de colectare a datelor în timp real și aplicațiile interactive ale acestora [60]. Am folosit Tableta Einstein în educație pentru a obține, converti, stoca și transmite date în vederea procesării lor ulterioare cu programe de analiză a datelor experimentale care facilitează crearea și personalizarea graficelor.

1.4 Concluzii

Predarea și învățarea interdisciplinară impun ideea că școala trebuie să devină locul în care elevul trebuie să învețe cum anume să caute și să obțină informația, să o analizeze, să o interpreteze și să o utilizeze în alte domenii de activitate.

Tratarea interdisciplinară a clarificat mai bine anumite teme, astfel încât elevii au putut dobândi informații despre fenomene ce vor fi aprofundate în anii școlari următori. Un alt avantaj al acestui mod de învățare este acela că permite aplicarea cunoștințelor de natură teoretică în diferite domenii.

Prin experimentele interdisciplinare pe care le-am realizat, folosindu-mă de smarphone și de Tableta Einstein, am avut ca scop o participare activă a elevilor la realizarea experimentelor reale propriu-zise, o dezvoltare a deprinderilor practice de lucru și de dezvoltare a abilităților în achiziția de date, de interpretare a graficelor, toate acestea conducând către consolidarea pasiunii pentru tehnologie și știință.

Aceste experimente au susținut activitățile expositive ale profesorului în prezentarea teoretică a conceptelor, au completat experimentele din laboratorul școlar prin utilizarea autonomă a dispozitivelor, rezultând astfel o cercetare autentică a elevilor de liceu, teoria și experimentul fiind legate și testate împreună. Lucrând și în afara orelor de curs, elevii au preluat dreptul de proprietate asupra investigației, devenind capabili să manipuleze variabile și idei. Explicațiile vizuale, dinamice, construite prin tehnologiile moderne, au făcut învățarea noilor concepte mai plăcută pentru elevii de liceu. Conceptele, mai bine înțelese, au putut fi folosite ulterior în rezolvarea problemelor. Beneficiarii direcți ai actului didactic au devenit mai motivați și s-au bucurat de învățare, după cum a reieșit din sondajul prezentat anterior. Tehnologia informației are, la momentul actual, un mare grad de implicare în toate profesiile, de unde rezultă caracterul ei interdisciplinar.

Competențele utilizării aparatului matematic, competențele digitale și competențele de bază în științe și tehnologie, competențe cheie europene vizate prin studiul disciplinei, au putut fi dobândite prin experimentele interdisciplinare moderne, realizate cu ajutorul Tabletei Einstein și a telefonului mobil inteligent. Competențele cheie anterior menționate corespund obiectivelor stabilite în vederea dezvoltării sistemelor educaționale și de formare profesională în Uniunea Europeană.

Pentru realizarea unei corecte interdisciplinarități fizică - alte discipline profesorul trebuie să știe foarte bine conținutul programelor școlare de fizică, respectiv cele ale disciplinelor conexe, ca părți componente ale curriculum-ului național, inclusiv metodică predării fizicii precum și a celorlalte materii ce aparțin ariei curriculare matematică și științe. Acest lucru necesită o bogată cultură interdisciplinară a profesorului.

Am lăsat deschisă calea către noi achiziții informaționale și noi interpretări.

Bibliografie:

- [1] E. Langbeheim, S. Livne, S.A. Safran, E. Yerushalmi (2012). Introductory physics going soft, *American Journal of Physics*, **80**(1), 51-60.
- [2] L.H. Seeley, P.M. Forlano, A.H. Seeley, J.A. Sisneros (2019). Teaching acoustics in an interdisciplinary context with 'singing' fish, *European Journal of Physics*, **40**(2), 025801, 1-11.
- [3] WHO, 2016a. Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease, <https://www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/>, ISBN 978 924 1511353, accesat 2020.
- [4] S.K. Grange, D.C. Carslaw (2019). Using meteorological normalisation to detect interventions in air quality time series, *Science of The Total Environment*, **653**, 578-588.
- [5] E.C. Kent, D.I. Berry (2005). Quantifying random measurement errors in Voluntary Observing Ships' meteorological observations, *International Journal of Climatology*, **25**, 843-856.
- [6] V. Grasso, G. Bartolini, R. Benedetti, G. Betti, V. Capecchi, B. Gozzini, R. Magno, A. Orlandi, L. Rovai, C. Tei, T. Torrigiani, F. Zabini (2017). Engaging students and teachers in meteorology and atmospheric sciences: the LaMMA activities, *Advances in Science & Research, 16th EMS Annual Meeting and 11th European Conference on Applied Climatology*, 2017, **14**, 109-114.
- [7] D. Stoica, C. Miron, Al. Jipa, M.V. Popescu (2016). The study of some thermal phenomenon by computer-assisted experiments and MBLs, *Romanian Reports in Physics*, **68**(1), 425-439.
- [8] J.M. Roschelle, R.D. Pea, C.M. Hoadley, D.N. Gordin, B.M. Means (2000). Changing How and What Children Learn in School with Computer-Based Technologies, *Children and Computer Technology*, **10**(2), 76-101.
- [9] J. Perez-Losada, J. Fort (2012). Using Smart Phones To Enhance Undergraduate Learning In Laboratory Classes. *CIDUL's Journal*, **1**, ISSN: 2385-6203.
- [10] J. Valadares, F. Fonseca, M.T. Soares (2004). Using Conceptual Maps in Physics Classes, In *Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping*, Pamplona, Spain.
- [11] M. Stanciu (1999). *Reforma conținuturilor învățământului. Cadru metodologic*, Editura Polirom, Iași.
- [12] <http://einsteinworld.com/product/einsteintable2/>, accesat 2018.
- [13] R. Mikser, P. Reiska, K. Rohtla (2008). Science Teachers' Interpretations About Interdisciplinarity Teaching, In *Proceeding of The Third International Conference on Concept Mapping*, Tallinn, Estonia & Helsinki, Finland.
- [14] W.H. Newell, D.B. Luckie (2019). Pedagogy for Interdisciplinary Habits of Mind, *Journal of Interdisciplinary Studies in Education*, **8**(1), 6-20.
- [15] S. Bae (2009). Chaos: a topic for interdisciplinary education in physics, *European Journal of Physics*, **30**(4), 677.
- [16] J.P. Guilford (1967). *The Nature of Human Intelligence*, APA PsycNet (New York: McGraw-Hill).
- [17] M.L. Kysilka (2003). *Understanding integrated curriculum, Curriculum Studies. Major Themes in Education II* (ed. Scott, D), London, 292-303.
- [18] M. Sharples, I. Arnedillo-Sanchez, M. Milrad, G. Vavoula (2009). Mobile Learnig Small Devices, Big Issues, *Technology-Enhanced Learning*, Chapter 14, 233-249.
- [19] M. Oprea (2016). Wikispace Classroom - a Collaborative e-Learning Platform for the Teaching of Physics, In *Proceedings of The 12th International Scientific Conference eLearning and Software for Education*, Bucharest, 229-236.
- [20] A. Basu, D. Chowdhury (2007). Modeling protein synthesis from a physicist's perspective: A toy model, *American Journal of Physics*, **75**, 931.

- [21] R. De Luca (2009). Lorentz force on sodium and chlorine ions in a salt water solution flow under a transverse magnetic field, *European Journal of Physics*, **30**(3), 459.
- [22] R. De Luca (2016). Straight-line motion of classical point particles in a three-dimensional lattice, *European Journal of Physics*, **37**(4).
- [23] D. Vallo, L. Valovicova, H. Kramarekova (2022). Kepler's laws of planetary motion in the context of relationships between Physics, Mathematics and Geography, *AIP Conference Proceedings*, 2458, 030035.
- [24] M. Volná, F. Látal, R. Kubínek, L. Richterek (2014). The human heart and the circulatory system as an interesting interdisciplinary topic in lessons of physics and biology, *European Journal of Physics*, **35**(1).
- [25] S. Chalupková, P. Demkanin (2011). Students' hobbies as a context for physics teaching, *Scientia in educatione*, **2**(1), 15–22, ISSN 1804-7106.
- [26] I. Stal (2011). The humanistic and scientific inquiry oriented methods as a basic for an optional school 'discovery and technology' for junior high-school students: Finnish experience, *Int. J. Arts Sci.*, **4**, 328–351.
- [27] K.F. Millenbah, J.J. Millsbaugh (2003). Using experiential learning in wildlife courses to improve retention, problem solving, and decision-making, *Wildlife Society Bulletin*, **31**(1), 127–137.
- [28] P.B. Paulus, V. Brown (2003). Enhancing Ideational Creativity in Groups, *Group Creativity Innovation Through Collaboration*, Oxford University Press, 3-11.
- [29] V. Malinovski (2003). *Didactica Fizicii*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- [30] C. Miron, I. Staicu (2010). The impact of interdisciplinarity on the physics-mathematics scientific education in high schools, *Romanian Reports in Physics*, **62**(4), 906–917.
- [31] N.G. Ceffa, M. Collini, L. D'Alfonso, G. Chirico (2016). Hands-on Fourier analysis by means of farfield diffraction, *European Journal of Physics*, **37**(6).
- [32] T. Kreis (1986). Digital holographic interference-phase measurement using the Fourier-transform method, *Journal of the Optical Society of America*, **3**(6), 847-855.
- [33] J.F.S. Perez, M. Conesa1, I. Alhama (2016). Solving ordinary differential equations by electrical analogy: a multidisciplinary teaching tool, *European Journal of Physics*, **37**.
- [34] T. Braun, A. Schubert (2003). *A quantitative view on the coming of age of interdisciplinarity in the sciences 1980-1999*, Jointly published by Akadémiai Kiadó, Budapest Scientometrics, and Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, **58**(1), 183–189.
- [35] N.L. Donaldson, L.K. Felzien, M.C. Marvin, J.J. Cielocha, T. Shapiro (2019). Development of an interdisciplinary conceptual conservation of energy theme for use in undergraduate physics, chemistry, and biology courses, *American Journal of Physics*, **87**, 527.
- [36] W. Dreyfus, J. Gouvea, B.D. Geller, V. Sawtelle, C. Turpen, E.F. Redish (2014). Chemical energy in an introductory physics course for the life sciences, *American Journal of Physics*, **82**, 403.
- [37] A.M. Hoskinson, B.A. Couch, B.M. Zwickl, K.A. Hinko, M.D. Caballero (2014). Bridging physics and biology teaching through modeling, *American Journal of Physics*, **82**(5), 434.
- [38] J. Calvert (2010). Systems biology, interdisciplinarity and disciplinary identity Edinburgh Research Explorer, J.N. Parker, N. Vermeulen, B. Penders (eds), *Collaboration in New Life Sciences*, Ashgate Publishing, ISBN 978-0-7546-7870-0, 201-218.
- [39] D.A. Mazilu, G. Zamora, I. Mazilu (2012). From complex to simple: interdisciplinary stochastic models, *European Journal of Physics*, **33**(4), 793–803.
- [40] B. Pollard, I. Descamps, T. Moore (2020). Views from students and professors in a nonmajor introductory physics course: What is interdisciplinarity?, *Physical Review Physics Education Research*, **16**(2).

- [41] **M. Colt**, (2020). Pressure measurements by means of digital technology for educational purposes, In *Proceedings of The 15th International Conference on Virtual Learning ICVL*, Bucharest, 508-514.
- [42] **M. Colt**, V. Barna, F. Dragomir (2021). Electrical activity of the heart explained in an interdisciplinary study at a high school level, *Annual Scientific Conference, Program and Abstracts*, Editura Granada, ISSN 1843- 6838.
- [43] J.M. Bailey (2004). A Review of Astronomy Education Research, *Astronomy Education Review*, 2(2), 20-45.
- [44] D. Dziob, M. Krupiński, E. Woźniak, R. Gabryszewski (2020). Interdisciplinary Teaching Using Satellite Images as a Way to Introduce Remote Sensing in Secondary School, *Education Review*, MDPI, *Remote Sensing*, 12(18), 20-45.
- [45] S. Ștefan (2004). *Fizica atmosferei, vremea și clima*, Editura Universității din București.
- [46] Y. Holovatch, R. Kenna, S. Thurner (2017). Complex systems: physics beyond physics, *European Journal of Physics*, 38(2), 1-22.
- [47] S. El Yacoubi, A. El Jay (2002). Cellular Automata Modelling and Spreadability, *Mathematical and Computer Modelling*, *Science Direct*, 36(9-10), 1059-1074.
- [48] H. Kobori, J.L. Dickinson, I.W.R. Sakurai, T. Amano, N.K.W. Kitamura, S.T.K. Koyama, T. Ogawara, A.J. Miller-Rushing (2016). Citizen science: a new approach to advance ecology, education, and conservation, *Ecological Research*, 31, 1-19.
- [49] **M. Colt**, S. Ștefan, S. Antohe (2019). Analysis of physical parameters from the excelvan station for determining atmospheric conditions which influence air quality, TIM 19 Physics Conference session matrix.
- [50] **M. Colt**, C. Radu, O. Toma, C. Miron, V.A Antohe (2020). Integrating smartphone and hands-on activities to real experiments in physics, *Romanian Reports in Physics*, 72(4), 905.
- [51] **M. Colt**, C. Sebe (2019). Smartphone used in physics experiments, In *Proceedings of the 14th International Conference on Virtual Learning ICVL, Bucharest*, 524-530.
- [52] L. Henriques (2002). Preparing Tomorrow's Science Teachers to Use Technology: An Example from the Field, *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 2(1), 6-21.
- [53] M. Le Boniec, À. Gras-Velázquez, A. Joyce (2011). Impact of data loggers on science teaching and learning, *European Schoolnet* (EUN Partnership AISBL), Brussels, Belgium, 5-17.
- [54] C. Radu, **M. Colt**, I. Antohe (2020). Online Teaching and Learning - An Educational Paradigm, In *Proceedings of The 15th International Conference on Virtual Learning*, 206-213.
- [55] S.V. Samsonau (2018). Computer simulations combined with experiments for calculus-based physics laboratory course, *Physics Education*, 53(5), 1-24.
- [56] J. Perez-Losada, J. Fort (2012). Using Smart Phones To Enhance Undergraduate Learning In Laboratory Classes, *The University: An Institution Of Society, CIDUI's Journal*, 1, Barcelona, ISSN: 2385-6203.
- [57] M. Oprea, C. Miron (2013). Developing the quality of teaching and learning Phy-sics using the eLearning Moodle platform, In *Proceedings Conferința Națională de Învățământ Virtual CNIV, Virtual Learning, Virtual Reality*, București, 134-140.
- [58] U. Häsler, S. Schlunk, Z. Schulze (2014). (eds). iStage 2 - *Smartphones in Science Education, Science on Stage Deutschland e.V.*, Berlin.
- [59] G. Planin, M. Vollmer (2008). The surface-to-volume ratio in thermal physics: from cheese cube physics to animal metabolism, *European Journal of Physics*, 29, 369-384.
- [60] <http://einsteinworld.com/product/einstein-milab/>, accesat 2018.

CAPITOLUL II Analiza parametrilor fizici ai stației meteorologice profesionale Excelvan pentru determinarea condițiilor atmosferice care influențează calitatea aerului în orașul Ploiești

Studiul calității aerului în orașul Ploiești

Acumularea în atmosferă a particulelor PM_{10} în aglomerările urbane, poate determina o semnificativă degradare a calității aerului. Impactul suplimentar asupra sănătății umane, vizibilității, moștenirii culturale și climei urbane a fost recunoscut în studii din întreaga lume [1-3]. Ca surse naturale de PM_{10} se poate vorbi despre pulverizare din mare, praf de sol suflat de vânt, uneori chiar praf din Sahara [4] sau emisii vulcanice. Este foarte bine documentată dependența concentrațiilor ambientale de PM_{10} de condițiile meteorologice [5-7]. Informațiile referitoare la particulele în suspensie sunt disponibile ca set de date privind concentrațiile de masă în Baza de date europeană privind calitatea aerului [8]. Poate fi folosită pentru a crea o imagine la scară locală, pe regiuni sau o imagine de ansamblu a concentrației ambientale de particule PM_{10} la scară europeană [9,10]. În rețelele urbane din țările vest-europene nivelurile de PM_{10} ambientale au fost monitorizate din 1990 [11-14]. În România poluarea aerului cu PM_{10} este o problemă importantă de abordat, iar implementarea Directivelor Uniunii Europene s-a dovedit a fi foarte dificilă din multe motive [15]. Multe zone nu sunt încă sub observație automată la momentul actual iar pentru altele seturile de date despre poluanți nu au fost analizate. Însă un număr tot mai mare de studii raportează despre poluarea aerului în diferite zone ale țării, evaluând concentrațiile principale de poluanți, în conformitate cu reglementările UE [16-18].

În țara noastră rețeaua de monitorizare a calității aerului este formată din o sută patruzeci și două de stații automate dintre care șase se află în orașul Ploiești și în zonele limitrofe. S-au făcut studii asupra poluării aerului în diferite zone ale țării prin evaluarea concentrațiilor, în conformitate cu reglementările UE privind nivelurile de poluanți [19-22].

Am pornit de la cercetarea condițiilor și fenomenelor meteorologice, prelevarea, analizarea, evaluarea și interpretarea datelor meteorologice specifice regiunii geografice din zona orașului Ploiești [23]. În acest capitol am propus un studiu privind monitorizarea particulelor inhalabile PM_{10} , care a fost axat pe utilizarea unor parametri fizici colectați de la o stație meteorologică modernă Excelvan [24], pentru a analiza influența condițiilor meteorologice în cazul evenimentelor de poluare urbană.

Acest capitol prezintă un proiect de evaluare a calității aerului în aglomerația urbană Ploiești, în care elevii de la Colegiul Național „I.L. Caragiale” din localitate s-au implicat în colectarea datelor și prezentarea rezultatelor. Lucrarea a avut un dublu scop: științific și didactic.

2.1 Studiul stației meteorologice Excelvan și al parametrilor meteorologici

Meteorologia este o știință fizică provocatoare, din ce în ce mai importantă în lumea contemporană, iar prognoza meteo presupune știință și statistică.



Figura 2.1: Stația meteorologică Excelvan și senzorii săi (adaptare după www.foshk.com/upload/manual) [13]



Figura 2.2: Locația Colegiului Național „I.L.Caragiale” și zona înconjurătoare (adaptare după <https://www.google.ro/maps>) [13]

Locația colegiului, prezentată în figura 2.2, este înconjurată de străzi cu trafic intens și de foarte puțină verdeață. Stația meteorologică „Excelvan” este situată pe terenul de sport din spatele Colegiului Național „I.L.Caragiale” din Ploiești.

Aceasta furnizează baze de date prin intermediul programului WeatherSmart, instalat pe unul din calculatoarele laboratorului de fizică situat cel mai aproape de amplasamentul stației. Stația meteorologică este profesională, prezintă interfață PC și înregistrează parametri fix în zona orașului, punctul forte al stației fiind precizia locală. Stația permite urmărirea fenomenelor ce presupun o dinamică rapidă deoarece datele sunt colectate la intervale de timp foarte mici, ce pot fi setate după dorința utilizatorului. Este un model hibrid cu senzori de exterior și o unitate de interior [12].

Stația este conectată la internet, prin Wi-Fi, pentru monitorizarea de la distanță a parametrilor înregistrați. Senzorii sunt conectați wireless, la baza meteorologică, consola, situată în interiorul unuia dintre laboratoarele de fizică, cel mai apropiat de zona în care se află unitatea de exterior. Opțiunea de înregistrare în cloud a datelor permite accesarea acestora de pe laptop sau device-uri mobile ca smartphone și tabletă. Prin această metodă datele pot fi comparate cu cele ale altor utilizatori din aceeași zonă. Conexiunea Wi-Fi, în jur de 100 m, permite transmiterea automată și stocarea, în format electronic, a informațiilor despre starea vremii în zona în care este amplasată stația [24].

Software-ul WeatherSmart și aplicația Weather Display

Programul "WeatherSmart" este o aplicație necesară pentru înregistrarea fără fir a datelor, prin folosirea unei tehnologii avansate de senzori [25]. Acest program face parte din pachetul software care a însoțit stația.

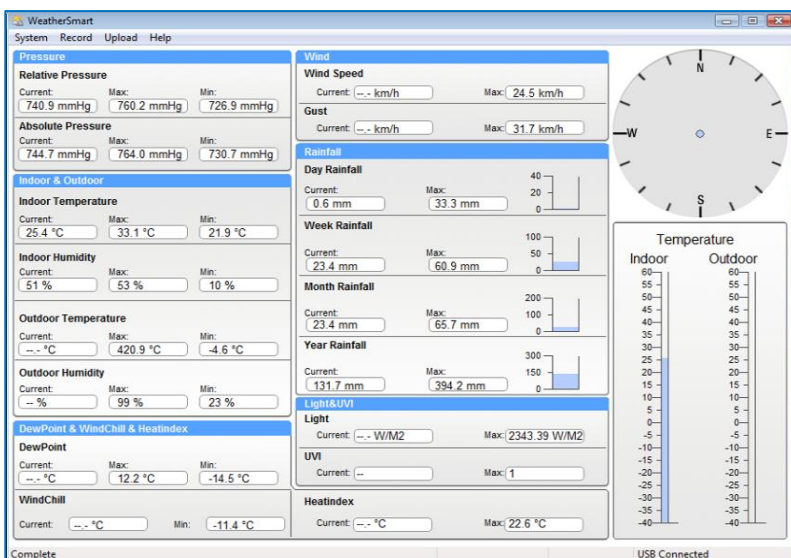


Figura 2.8: Interfața cu utilizatorul a programului WeatherSmart [13]

După instalarea programului "WeatherSmart" pe calculator [25], acesta poate afișa datele meteorologice de la stația de bază, incluzând date furnizate atât de senzorii de interior cât și de la cei aflați în exterior, după cum se observă în figura 2.8. Pentru o monitorizare la distanță este necesară instalarea aplicației "Weather Display", aplicație ce poate fi folosită de o gamă largă de stații meteorologice de la aproape toți producătorii majori [26].

2.2 Metode moderne și modele folosite în studiul stării atmosferei

2.2.1 Aplicația EXCEL

Microsoft Excel este unul dintre cele mai versatile programe din suita Office, disponibil atât pentru Windows, cât și pentru Mac OS, utilizat în procesarea numerelor și ca instrument de vizualizare și analiză a datelor. Deoarece este utilizat pe scară largă și datorită flexibilității sale este preferat în detrimentul altor programe de prelucrare a datelor [27,28]. A fost evidențiată și capacitatea de explorare a foilor de calcul prin funcțiile pe care acestea le pun la dispoziție și prin feedback-ul rapid la schimbarea datelor [29-31]. Poate fi folosit și ca instrument de simulare, fiind un program ce deține o componentă interactivă elev profesor. Baze de date privind viteza și direcția vântului, temperatura, temperatura potențială au fost analizate folosind Microsoft Excel pentru a stabili variabilitatea lor temporală [32-34].

2.2.2 Modelul HYSPLIT

ARL - "Air Resources Laboratory" se ocupă cu studiul proceselor de natură fizică și chimică, pe termen lung sau scurt, care se desfășoară în stratul limită al atmosferei. Zona de cercetare se întinde la suprafața Pământului, începând de la un metru sub sol până la o înălțime de doi kilometri în atmosferă. Sunt colectate măsurători atmosferice de pe tot globul și poate să ofere seturi de date, arhivate, relevante pentru climă și evaluări ale tendințelor climatice. Deține instrumente de evaluare bazate pe web, pe inteligență artificială, care servesc cercetărilor universitare, agențiilor federale de cercetare și tuturor celor interesați de probleme de mediu [35].

2.2.3 Modelul US GFS (Global Forecast System)

(GFS) - Sistemul Global de Prognoză este un sistem de prognoză meteo numerică globală cu un model computerizat global și o analiză variațională condusă de Serviciul Național Meteorologic al SUA. Modelul GFS este rulat de patru ori pe zi și poate realiza prognoze cu până la șaisprezece zile în avans. Rezoluția spațială este de aproximativ treisprezece kilometri. Pe verticală, modelul este împărțit în o sută douăzeci și șapte de straturi vertical [36]. Pentru primele o sută douăzeci de ore produce previziuni la fiecare oră, apoi la fiecare trei ore pentru zilele de la a cincea la a șaisprezecea. Implementarea ultimei versiuni, GFSv16, s-a realizat în martie 2021.

2.3 Evenimente de poluare în Ploiești și în zona adiacentă

În urma procesării datelor experimentale s-au obținut următoarele rezultate:

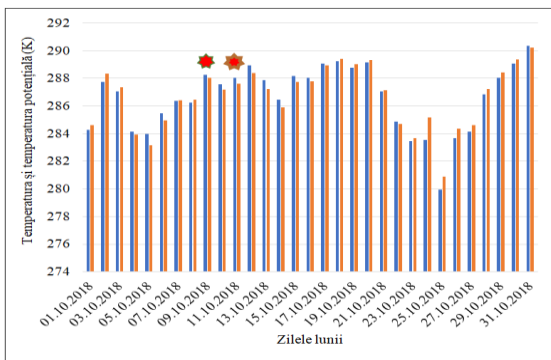


Figura 2.3: Variația temperaturii și a temperaturii potențiale în octombrie 2018 [16]

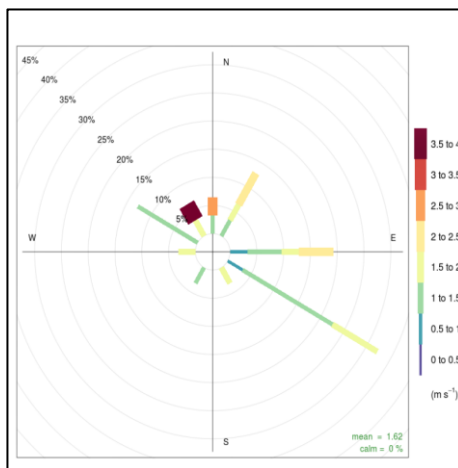


Figura 2.4: Roza vânturilor pentru valorile zilnice ale vitezei vântului indicate de stația meteorologică pentru luna octombrie 2018 (R software) [25]

În figura 2.4 se observă că direcția dominantă a vântului este sud-estică și valorile vitezei vântului sunt mici, sub 2-3 m/s. În mod normal în troposferă temperatura descrește o dată cu creșterea altitudinii. Fenomenul de inversiune termică apare atunci când temperatura crește cu creșterea înălțimii. Se obține în urma răcirii puternice a suprafeței pământului prin procese radiante [37]. Când vântul este slab, cu valori sub 3 m/s, după cum se observă în roza vânturilor din figura 2.4, amestecul turbulent va fi și el slab și aerul de la sol se răcește mai rapid decât aerul de deasupra.

În cazul în care aerul rece se acumulează sub stratul de aer cald are loc o acumulare a particulelor PM₁₀. Dispersia particulelor poluante este împiedicată deoarece stratul de inversiune termică acționează ca un capac. În marile orașe inversiunea termică generează fenomenul de smog pe fondul acumulării poluanților sub formă de aerosoli.

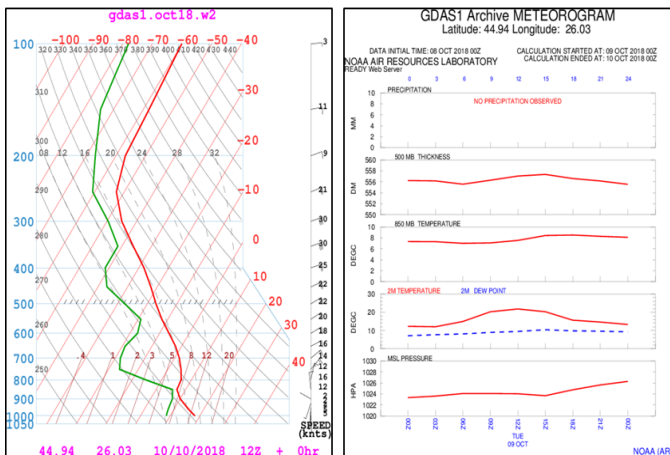


Figura 2.5: Variația cu înălțimea a temperaturii (roșu), a umidității specifice (verde) și a vântului pentru prima zi a evenimentului de poluare din luna octombrie 2018 (stânga); meteograma pentru ziua de 9 octombrie a evenimentului de poluare din luna octombrie 2018 (dreapta) (model HYSPLIT, NOAA) [16]

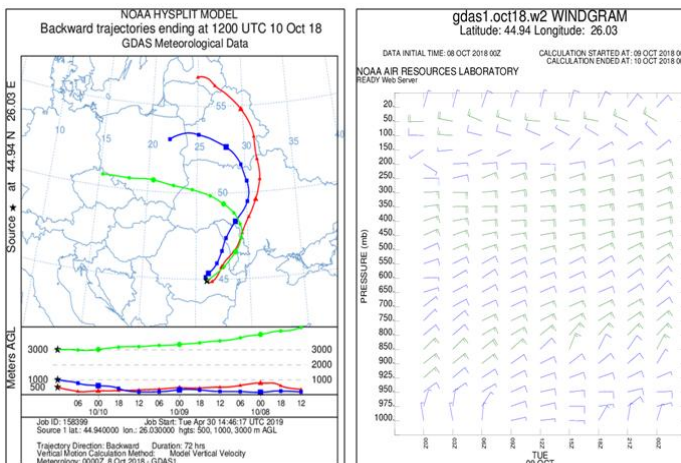


Figura 2.6: Simularea traiectoriilor maselor de aer pentru primul eveniment de poluare, 8-10 octombrie 2018(stânga); diagrama vântului pentru 9 și 10 octombrie 2018 (dreapta) (HYSPLIT model, NOAA) [16]

Meteograma înseamnă reprezentarea grafică a unor variabile meteorologice în funcție de timp pentru o anumită locație. Am folosit analiza HYSPLIT ”back-trajectory”, traiectoriile fiind alese la înălțimile de 500 m, 1000 m și la 3000 m, deasupra amplasamentului de colectare a particulelor PM₁₀ și anume stația de monitorizare a calității aerului PH 2, după cum se vede în figura 2.6. Din analiza traiectoriilor se observă că, la înălțimile menționate, masele de aer provin în direcția nord-est.

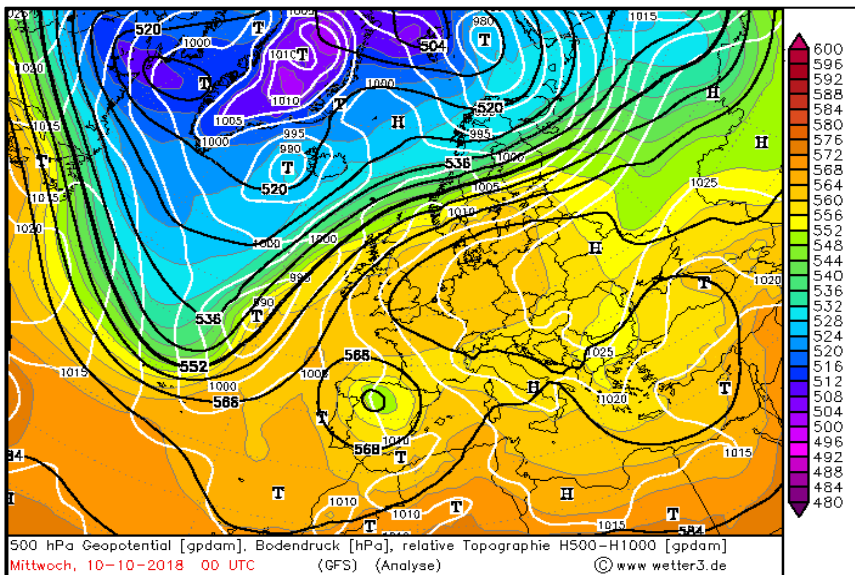


Figura 2.7: Harta sinoptică a Europei și a bazinului Atlanticului de Nord pentru episodul de poluare 8-10 octombrie 2018 (Modelul GFS-sursa www.wetter3.de) [16]

Harta sinoptică, meteorograma și diagrama vântului din figurile de mai sus confirmă evenimentul de poluare din centrul orașului Ploiești din perioada 8 - 10 octombrie 2018.

La final am realizat o cercetare calitativă, sub forma unui chestionar online, în scopul evaluării gradului de satisfacție a elevilor față de diferitele aspecte legate de stația meteorologică a școlii și de inserarea, în activitatea didactică, a unei educații de tip non-formal. Ca metodă de eșantionare am utilizat eșantionarea intenționată, intenția fiind aceea de a evalua nivelul de cunoștințe interdisciplinare referitoare la stația meteorologică a școlii pentru acei elevi ai claselor care au avut acces la informațiile furnizate de aceasta, comparativ cu aceia care nu au avut acces la aceleași informații. La chestionar au răspuns în total două sute șaiszeci și nouă de elevi. Sunt menționate link-urile la care poate fi accesat chestionarul.

Au fost formulate cinci întrebări tip grilă ale căror răspunsuri sunt prezentate în partea dreaptă a figurilor.

Întrebarea 1: Având în vedere obiectivele de monitorizare (parametrii pe care stația meteorologică a Colegiului Național „I.L. Caragiale” din Ploiești îi poate prelua: presiunea atmosferică, temperatura, umiditatea relativă, indicele de ultraviolete, direcția și viteza vântului, cantitatea de precipitații, iluminarea unei suprafețe, punctul de rouă) considerați că locația, în care sunt plasați senzorii de exterior, are importanță?

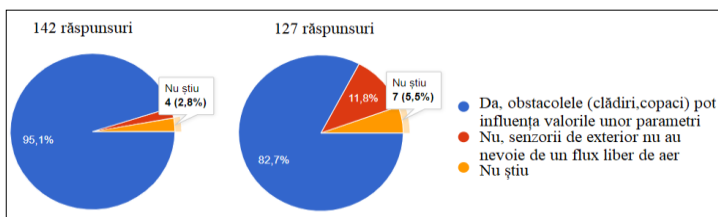


Figura 2.73: Valorile procentuale ale răspunsurilor elevilor la prima întrebare a sondajului [103]

Conform așteptărilor, procentele redată de diagramele din figura 2.73 demonstrează faptul că elevii care au participat la studiul anterior au cunoștințe mai solide privitoare la poziționarea senzorilor de exterior, de presiune, temperatură, umiditate, ai unei stații meteorologice comparativ cu ceilalți elevi.

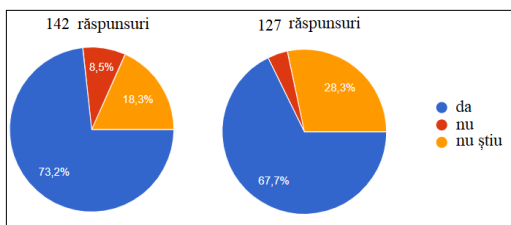


Figura 2.74: Valorile procentuale ale răspunsurilor elevilor la a doua întrebare a sondajului [103]

Întrebarea 2: Aplicația necesară pentru înregistrarea fără fir a datelor, Weather Smart, permite modificarea frecvenței de raportare a datelor (din sfert în sfert de oră, din oră în oră, zilnic)?

Cu toate că procentul de 28,3% al elevilor care nu știu că aplicația Weather Smart permite modificarea frecvenței de raportare a datelor este mai mare pentru clasele care nu au participat la cercetare decât procentul de 18,3% al elevilor din clasele care au prelucrat date furnizate de stație, contrar așteptărilor, un număr mai mare de elevi din ultima categorie au răspuns „nu”, chiar dacă au avut acces la computerul unde este instalată aplicația. Întrebați fiind de ce nu au știut acest lucru, răspunsul elevilor a fost că nu au intrat în setările aplicației din lipsă de timp.

2.4 Concluzii

Analiza datelor măsurate la toate stațiile de monitorizare arată că problema poluării aerului nu este specifică unei anumite zone a orașului. Deși există câteva zile și ore într-o zi în care poluarea este mai intensă într-o anumită locație, fenomenul este generalizat în tot orașul. Modele de cercetare numerică, cu acces deschis, de ultimă generație, cum ar fi HYSPLIT, modelul US GFS (Global Forecast System) și modelele DWD (Serviciul meteo german) au fost utilizate pentru a analiza traiectoriile maselor de aer anterioare evenimentelor de poluare și condițiile meteorologice la nivel local și scară sinoptică. S-a demonstrat că stabilitatea atmosferică are un rol important în acumularea de particule PM_{10} la scara aglomerației urbane Ploiești.

Concentrația particulelor PM_{10} înregistrate de stația de monitorizare PH 2 este determinată de mijloacele de transport rutier din centrul orașului iar emisiile eliberate în atmosferă provin din construcții și surse antropice, cum ar fi sistemul de încălzire a populației. Stația de monitorizare PH 5 este amplasată lângă drumul național DN1, șosea tranzitată nu numai de mașini, ci și de utilaje grele. În aceeași zonă se află și Gara de Sud, traversată atât de trenuri de pasageri, cât și de marfă. La poluarea cu praf contribuie activitățile industriale din zona de sud a orașului. Concentrațiile de particule PM_{10} sunt semnificativ corelate cu viteza vântului și depind relativ invers proporțional de temperatura aerului. Referitor la corelația între concentrația de particule PM_{10} și valoarea presiunii atmosferice, se observă că valori mai mici ale presiunii atmosferice, mai ales dacă sunt însoțite de precipitații, determină o scădere a concentrației de particule PM_{10} . Viteze ale vântului între 2-3 m/s pot spori resuspendarea de particule fine în atmosferă.

Elevii au învățat să proceseze produsele stației meteorologice a școlii lor prin programe precum Excel, software-ul R și software-ul Origin. Rezultatele lor au fost comparate cu acelea date de modelul computerizat HYSPLIT și cu acelea furnizate de sistemul global de prognoză meteo numerică (GFS). Astfel elevii au învățat că un rol deosebit în acumularea poluanților atmosferici în mediul urban îl are stabilitatea atmosferică. Aceasta influențează dispersia sau depunerea particulelor poluante. Așa cum era de așteptat, poluanții asociați cu traficul au fost la cele mai ridicate concentrații ambientale atunci când viteza vântului a fost scăzută.

Contrar așteptărilor ca în luna februarie, reprezentativă pentru iarnă, concentrația poluantului studiat să fie mai mică datorită condițiilor nefavorabile de dispersie meteorologică, din dinamica locală a acestui studiu a reieșit faptul că Ploieștiul este la fel de poluat și toamna și iarna și nu numai în zona centrală. Frecarea dintre componentele mecanice ale autoturismelor, camioanelor precum și

frecarea anvelopelor de asfalt, împreună cu procesele de ardere internă și industria sunt cele mai importante surse de emisii de particule PM_{10} din Ploiești și din zona limitrofă.

De asemenea s-a constatat că toate evenimentele de poluare s-au produs la sfârșitul toamnei și în lunile de iarnă, când au apărut inversiunile termice din zonele de șes în sezonul rece. Creșterea numărului de lucrări în construcție, a drumurilor în reparație, a traficului din ultimii ani au condus la creșterea numărului de surse de poluare a aerului. Atmosfera prăfuită este vizibilă mai ales în timpul perioadelor uscate. Există și o lege care prevede că locuitorii orașului Ploiești, cei ai comunei Brazi precum și a unor comune limitrofe, situate pe o rază de opt kilometri, vor ieși la pensie mai devreme cu doi ani, fără penalizare. Este vorba despre persoanele care au locuit în zonele afectate de poluare cel puțin treizeci de ani. Acest lucru este precizat în articolul 65 din Legea nr. 263/2010, privind sistemul unitar de pensii publice, la alineatul (5).

Viteza vântului, temperatura și presiunea sunt principalii factori care influențează nivelul poluanților de tip PM_{10} .

Din acest motiv efectele adverse ale acestor poluanți asupra sănătății organismelor, criteriile pe care se bazează pragul de alertă și măsurile adoptate pentru a scădea emisiile ar trebui să ia în considerare originea particulelor în suspensie PM_{10} .

Bibliografie selectivă:

- [1] C.A. Pope, D.W. Dockery (2006). Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect, *Journal Air & Waste Management Association*, 56(6), 709–742.
- [2] G. Iorga (2016). Book Chapter (28 pg.) *Air Quality - Measurement and Modeling*, P. Sallis (Ed.), InTech.
- [3] Shan, X. Wang, Z. Wang , L. Liang, J. Li, J. Sun (2020). The pattern and mechanism of air pollution in developed coastal areas of China: From the perspective of urban agglomeration, *Plos One*.
- [4] M. Gothard, A. Nemuc, C. Radu, S. Dascalu (2014). An intensive case of saharan dust intrusion over South-East Romania, *Romanian Reports in Physics*, 66(2), 509-519.
- [5] P.A. Baron, W.K. Willeke (2001). *Aerosol Measurement: Principles, Techniques, and Applications*, John Wiley & Sons, Third Edition, Canada.
- [6] A.P.K. Tai, L.J. Mickley, D.J. Jacob (2010). Correlations between fine particulate matter (PM_{2.5}) and meteorological variables in the United States: Implications for the sensitivity of PM_{2.5} to climate change, *Atmospheric Environment*, 44(32), 3976-3984.
- [7] R. Boga, A. Keresztesi, Z. Bodor, S. Tonk, R. Szep, M.M. Micheu (2021). Source identification and exposure assessment to PM₁₀ in the Eastern Carpathians, Romania, *Journal of Atmospheric Chemistry*, 78, 77-97.
- [8] www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/airbase-the-european-air-quality-database, last accessed January 2022.
- [9] M. Crippa, G. Janssens-Maenhout, F. Dentener, D. Guizzardi, K. Sindelarova, M. Muntean, R. Van Dingenen, C. Granier (2016). Forty years of improvements in European air quality: the role of EU policy–industry interplay, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(6), 3825–3841.
- [10] P. Lenschow, H.J. Abraham, K. Kutzner, M. Lutz, J.D. Preux, W. Reichenbacher (2001). Some ideas about the sources of PM₁₀, *Atmospheric Environment*, 35(1), S23–S33.
- [11] S. Rodriguez, X. Querol, A. Alastuey, G. Kallos, O. Kakaliagou (2001). Saharan dust contributions to PM₁₀ and TSP levels in Southern and Eastern Spain, *Atmospheric Environment*, 35, 2433-2447.
- [12] D. Vienneau, K. de Hoogh, M.J. Bechle, R. Beelen, A. van Donkelaar, R.V. Martin, D.B. Millet, G. Hoek, J.D. Marshall (2013). Western European Land Use Regression Incorporating Satellite - and Ground-Based Measurements of NO₂ and PM₁₀, *Environmental Science & Technology*, 47(23), 51-59.
- [13] A. Beloconi, N. Chrysoulakis, A. Lyapustin, J. Utzinger, P. Vounatsou (2018). Bayesian geostatistical modelling of PM₁₀ and PM_{2.5} surface level concentrations in Europe using high-resolution satellite-derived products, *Environment International*, 121(1), 57-70.
- [14] Kostecki, M. Nowak, A. Szymańska, P. Bogawski (2019). Biological and Chemical Air Pollutants in an Urban Area of Central Europe: Co-exposure Assessment, *Aerosol and Air Quality Research*, 19(7), 1526–1537.
- [15] G. Iorga (2021). Book Chapter (23 pg.) In Todor, A. and Helepciuc, Europeanization of Environmental Policies and their Limitations: Capacity Building, F.E. (Eds.). Springer Nature Switzerland AG, Cham., ISBN 978-3-030- 68585-0.
- [16] F. Popescu, I. Ionel, C. Ungureanu (2009). Ambient air quality measurements in Timisoara. Current situation and perspectives, *Health & Environmental Reserach Online*, 10(1), 1–13.
- [17] R. Barladeanu , S. Stefan, R. Radulescu (2012). Correlation between the particulate matter (PM₁₀) mass concentrations and aerosol optical depth in Bucharest, Romania, *Romanian Journal of Physics*, 64(4), 1085–1096.

- [18] M.C. Balanica Dragomir, C. Muntenită, A.G. Simionescu, D.E. Zeca, I. Kramar, N. Marynenko (2019). Seasonal and spatial variation of PM10 in an urban area from Romania, *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University*, 6(3-4). [19] G. Nastasea, A. Serban, A.F. Nastasea, G. Dragomir, A.I. Brezeanu (2018). Air quality, primary air pollutants and ambient concentrations inventory for Romania, *Atmospheric Environment*, 184, 292-303.
- [20] G. Iorga, C.B. Raicu, S. Stefan (2015). Annual air pollution level of major primary pollutants in Greater Area of Bucharest, *Atmospheric Pollution Research*, 6(5), 824-834.
- [21] F. Popescu, I. Ionel, N. Lontis, I. Calin, I.L. Dungan (2011). Air quality monitoring in an urban agglomeration, *Romanian Journal of Physics*, 56(3-4), 495-506.
- [22] I. Ionel, D. Nicolae, F. Popescu, C. Talianu, L. Belegante, G. Apostol (2011). Measuring air pollutants in an International Romania Airport with point and open path instruments, *Romanian Journal of Physics*, 56(3-4), 507-519.
- [23] **M.Colt**, S. Stefan, S. Antohe (2019). Analysis of physical parameters from the Excelvan station for determining atmospheric conditions which influence air quality, TIM 19 Physics Conference, session matrix, Timișoara.
- [24] user manual professional weather Excelvan.
- [25] <https://weathersmart.software.informer.com/1.8/>, accesat 2018.
- [26] <http://www.weather-display.com/files.php>, accesat 2018.
- [27] O.A. Haugland (2011). A Simple Tool for Integration and Differentiation of Tabular Values in Microsoft Excel, *The Physics Teacher*, 49(9), 580.
- [28] G. Robinson, Z. Jovanoski (2011). The Use of Microsoft Excel to Illustrate Wave Motion and Fraunhofer Diffraction in First Year Physics Courses, *Spreadsheets in Education (eJSiE)*, 4(3), 5.
- [29] L. Webb (1993). Spreadsheets in physics teaching, IOP Publishing Ltd, *Physics Education*, 28(2), 77-82.
- [30] B.A. Cooke (1997). Some ideas for using spreadsheets in Physics, IOP Publishing Ltd, *Physics Education*, 32(2), 80-87.
- [31] M. Lingard (2003). Using spreadsheet modelling to teach about feedback in Physics, IOP Publishing Ltd, *Physics Education*, 38(5), 418-422.
- [32] M.Y. Mkonda, X. He (2017). Are Rainfall and Temperature Really Changing? Farmer's Perceptions, Meteorological Data, and Policy Implications in the Tanzanian Semi-Arid Zone, *Sustainability*, 9, 1412, 1-16.
- [33] Z. Uddin, M. Ahsanuddin, D.A. Khan (2017). Teaching physics using Microsoft Excel, IOP Publishing Ltd, *Physics Education*, 52(5).
- [34] J.E. Wagner (2007). Using Spreadsheets to Assess Learning, *The Physics Teacher*, 45(1), 34-37.
- [35] Air Resources Laboratory – Advancing Atmospheric Science and Technology through Research (noaa.gov), accesat 2018.
- [36] Wetter3- aktuelle Wetterkarten, accesat 2018.
- [37] L. Sfică, I. Iordache, P. Ichim, A. Leahu, M.M. Cazacu, S. Gurlui, C.R. Trif (2018). The influence of weather conditions and local climate on particulate matter (PM10) concentration in metropolitan area of Iasi, Romania, *Present Environment and Sustainable Development*, 12(2), 47-70.

CAPITOLUL III Tableta Einstein - instrument alternativ folosit în studiul interdisciplinar al Fizicii în liceu

3.1 Metode și tehnici ale experimentului didactic

Fizica nu este o știință dogmatică, ci o disciplină experimentală, unele afirmații teoretice fiind confirmate prin experimente. Înțelegerea eficientă a noțiunilor în fizică presupune observarea fenomenului, stabilirea proprietăților neesențiale și a celor esențiale urmată de introducerea mărimilor fizice [1,2].

Literatura de specialitate prezintă observații ale comportamentului gazelor încă din secolul al XVII-lea. Acestea au fost experimente observaționale. Cu toate că fizicienii au efectuat aceste experimente, ei nu au putut face predicții teoretice referitoare la ceea ce avea să se întâmple [3].

În predarea tradițională a fizicii în liceu experimentele sunt folosite ca demonstrații la clasă sau ca experimente de laborator [4-6]. În modul clasic, elevii observă un experiment și apoi profesorul explică ceea ce s-a întâmplat și de ce. În învățământul reformat, elevii prezic ceea ce se va întâmpla înainte de experiment iar apoi observă dacă predicțiile lor sunt în concordanță cu observațiile experimentale [7,8]. La nivel preuniversitar, experimentele de laborator tradiționale au drept scop verificarea unui concept sau a unui principiu. Accentul este pus pe analiza cantitativă a datelor experimentale, elevii primind îndrumări cu privire la modul de executare a experimentului.

3.2 Experimentul didactic bazat pe achiziție de date – metodă de explorare a realității

Tehnologia a devenit din ce în ce mai răspândită în viața noastră de zi cu zi. Este folosită în aproape toate domeniile de activitate, de exemplu, pentru comunicații - unii cu alții prin text, imagini sau videoclipuri, pentru prognoze meteo, pentru a asculta muzică, pentru a face cumpărături și a plăti pentru articolele achiziționate etc [9]. Activitățile bazate pe tehnologie vin în completarea metodelor tradiționale de învățare, oferind elevilor un număr de alternative cum ar fi vizualizarea conceptelor abstracte, analiza informațiilor, aplicarea cunoștințelor acumulate în situații noi [10]. Dotarea școlilor cu instrumente digitale pentru orele de fizică poate avea un impact semnificativ în ceea ce privește transformarea predării și declanșează noi comportamente de învățare și interes în rândul elevilor [11]. Cercetările arată că utilizarea tehnologiei contribuie și încurajează dezvoltarea mediilor constructiviste și susține atmosfera de învățare în clasă [12]. În timpul realizării unui experiment, tehnologia digitală, bazată pe data logger și senzori, poate ajuta în procesul de colectare și prelucrare a datelor [13,14].

3.2.1 Utilizarea Tabletei Einstein în context interdisciplinar folosind senzorul de lumină

Conform curriculum-ului românesc, fizica, matematica, chimia și mai puțin biologia sunt considerate, de către elevii din învățământul preuniversitar, ca fiind discipline destul de dificile. Pentru a crește interesul elevilor pentru studiul fizicii, profesorii ar trebui să coreleze conținutul lecțiilor lor cu viața de zi cu zi [15,16]. În prezent, elevii aparțin generației cu acces aproape nelimitat la telefoane mobile, tablete, laptop-uri și alte instrumente din era digitală. Dispozitivele mobile, tabletele și smartphone-urile, oferă utilizatorilor un acces continuu la internet, care este o parte integrantă a vieții de zi cu zi [17,18]. Utilizarea instrumentelor digitale permite elevilor să colecteze și să analizeze date, concentrându-se mai mult pe interpretarea lor și pe efectuarea de observații pe perioade mai mici sau mai mari de timp, în funcție de necesitate [19-21].

Laboratoarele de fizică ale Colegiului Național „I.L. Caragiale” din Ploiești dispun de echipamente moderne de predare și cercetare educațională. Unul dintre aceste instrumente este Tableta Einstein de la Fourier Education (SUA) [22].

MiLAB™ este aplicația Fourier Education pentru dispozitive Android, inclusiv Tableta Einstein, care se bazează pe software-ul de analiză MultiLab™. Tableta Einstein, cu senzori încorporați, a Fourier Education Company (SUA) este special concepută pentru predare-învățare prin experiment, astfel încât elevii de toate vârstele să poată fi antrenați în procesul științific, utilizând dispozitive de colectare a datelor și folosind aplicații interactive [23].

Prin intermediul unui experiment de fotometrie, s-a verificat relația dintre intensitatea luminii și distanța de la sursa de lumină la un corp iluminat. În al doilea experiment am determinat frecvența de emisie a luminii de către o lampă cu lumină intermitentă iar în al treilea experiment am calculat frecvența de rotație a palelor unor ventilatoare.

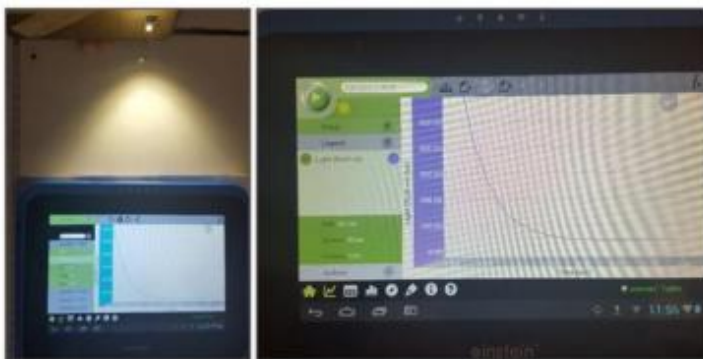


Figura 3.1: Dispozitivul experimental folosit în studiul legii fotometriei (stânga); variația iluminării în timpul modificării distanței dintre sursa de lumină și corpul iluminat (dreapta) [24]

Dispozitivul experimental este prezentat în figura 3.1. Curba obținută este prezentată în partea dreaptă a figurii 3.1, de unde rezultă că iluminarea scade cu pătratul distanței. S-au procesat datele folosind software-ul SciDAVis, după cum se observă în figura 3.2.

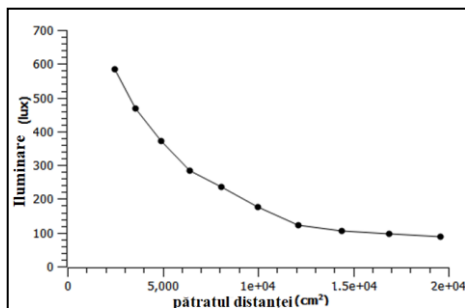


Figura 3.2: Dependența invers proporțională a iluminării cu pătratul distanței; procesarea datelor realizată cu SciDAVis software [24]

Printr-un alt experiment realizat s-a determinat frecvența de emisie a luminii, din domeniul vizibil, de către o sursă de lumină intermitentă. Ecranul Tabletei Einstein a afișat, în timp real, graficul iluminării în funcție de timp, prezentat în figura 3.3.

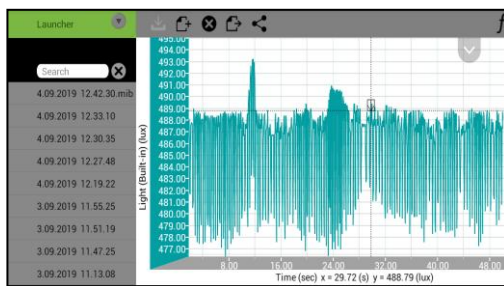


Figura 3.3: Graficul variației iluminării în timp; captură de ecran MiLAB™ [24]

Tot cu ajutorul Tabletei Einstein am determinat frecvența de rotație a palelor unui ventilator cu patru pale. Pentru realizarea dispozitivului experimental, elevii au folosit un ventilator cu patru pale, o lanternă și senzorul de lumină al Tabletei Einstein, o fotodiodă de înaltă precizie. Dispozitivul experimental este prezentat în figura 3.4. Ecranul Tabletei Einstein a afișat, în timp real, graficul iluminare-timp.

În următoarea activitate ne-am propus să calculăm câte rotații pe secundă face o pală. Din graficul care reprezintă variația periodică a iluminării pe senzor, se observă intervalul de timp la care se obțin obturațiile fasciculului. În figura 3.4 este prezentat graficul care arată modularea intensității luminoase într-un interval de timp de câteva secunde. În final s-a determinat perioada de rotație a palelor ventilatorului.

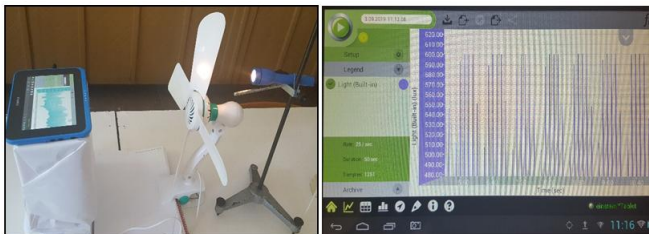


Figura 3.4: *Tableta Einstein, ventilatorul cu patru pale și lanterna (stânga); graficul iluminării suprafeței senzului ca funcție de timp pentru ventilatorul cu patru pale; captură de ecran MiLAB™ (dreapta) [24]*

3.2.2 Măsurători de presiune prin intermediul tehnologiei digitale în scopuri educaționale

În ultima vreme experimentul nu a mai fost considerat doar ca un supliment la procesul de învățare. Experimentul s-a mutat chiar în centrul învățării școlare în strategiile de învățare activă [25,26]. Am folosit Tableta Einstein căreia i-am atașat senzorii de ritm cardiac și înregistratorul de date LabMate, care poate fi conectat la un computer pentru măsurarea tensiunii arteriale. Distingem presiunile diastolică și sistolică, cauzate de contracțiile mecanice ale inimii. Aceste contracții apar ca rezultat al undelor electrice care circulă de-a lungul mușchiului inimii [15]. Analiza pulsului periferic pentru a evalua tensiunea arterială a fost descrisă pentru prima dată în secolul al XIX-lea [27]. Verificarea noninvazivă a sănătății duce la ideea monitorizării în timp real a undelor pulsului, care are un efect crucial pentru prevenirea precoce a tensiunii arteriale crescute și îmbunătățirea eficienței tratamentului [28,29].



Figura 3.5: *Părțile componente ale dispozitivului experimental: pulsometrul (stânga sus), senzorul de frecvență cardiacă (stânga sus) și tensiometrul (stânga jos); dispozitivul experimental folosit pentru determinarea tensiunii arteriale (dreapta) [30]*

Datele pot fi exportate sau partajate cu alte persoane prin WhatsApp, email, Bluetooth sau prin sisteme de management al învățării - platforme pentru învățarea digitală ca Rețeaua open source Canvas, serviciul gratuit de la Google – Google Classroom, Moodle, Absorbi sau Watershed Collaborative.

Senzorul este compatibil cu MultiLAB pentru computere sau MiLAB pentru tablete [31]. Deoarece organismele sunt diferite, tensiunea arterială variază de la persoană la persoană și poate fi afectată de factori precum înălțimea, vârstă și este chiar influențată de diete [32].

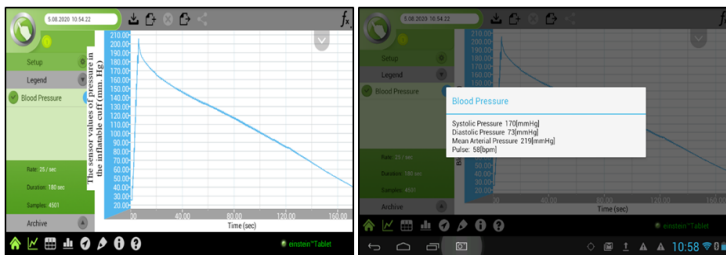


Figura 3.6: Graficul presiunii din manșeta gonflabilă în funcție de timp (stânga); valorile obținute pentru presiunea sistolică, presiunea diastolică și puls la sfârșitul măsurătorilor; captură de ecran MiLAB™ [30]

Am studiat modul în care funcționează senzorul atunci când inima pompează sânge în capilarele din degetele noastre cu ajutorul unui monitor de ritm cardiac. Frecvența unei pulsului obținută în experimentul realizat a fost de 58 bpm, după cum se vede în figura 3.6. Rata normală a pulsului este de 60-80 bătăi pe minut [32,33].



Figura 3.7: Amplasarea sursei de lumină și a senzorului de lumină în interiorul unui monitor de ritm cardiac (adaptare <https://www.youtube.com/watch?v=uOFBhM3cG>) (stânga); graficul pentru ritmul cardiac (bpm) și presiunea în manșetă în funcție de timp; captură de ecran MiLAB™ (dreapta)[30]

3.2.3 Activitatea electrică a inimii explicată într-un studiu interdisciplinar la nivel de liceu

În domeniul biologiei putem vorbi despre periodicitate în activitatea sistemului respirator (~25 Hz), în activitatea de termoreglare (~ 0,05 Hz) și în bătăile inimii [34-37].

O investigație de aproximativ cinci minute, EKG-ul, poate indica 90% din afecțiunile inimii. EKG-ul sau electrocardiograma înregistrează activitatea electrică, periodică, a fibrelor musculare ale inimii care se contractă pentru a asigura circulația sângelui [38].

Monitorul ECG portabil PM10 este un dispozitiv care înregistrează, analizează și afișează, în timp real, forma de undă EKG a utilizatorului. Este necesară descărcarea aplicației ”Portable ECG monitor PM10 software” [39].

Pulsoximetrul CMS50D+ este un dispozitiv portabil care poate monitoriza, în timp real, pulsul și saturația de oxigen a hemoglobinei arteriale. Dacă se dorește vizualizarea variației în timp a pulsului și a saturației de oxigen, dispozitivul poate fi conectat, prin intermediul unui cablu USB, la un calculator ce are instalată aplicația ”SpO₂ Assistant” [40]. Folosind un instrument medical acustic sau digital pentru amplificarea sunetelor produse în interiorul organismelor, stetoscopul, se percep zgomote care se repetă în mod regulat [41]. Ritmul cardiac diferă de la oameni la animale. Pentru un adult sănătos ritmul cardiac este de 72-79 bătăi pe minut, pentru adolescenți este mai mare, aproximativ 90 bătăi pe minut [42]. Tahicardia este o afecțiune a inimii care presupune o valoare mai mare a ritmului cardiac în stare de odihnă, iar bradicardia presupune o valoare mai scăzută a ritmului cardiac [43]. În timpul antrenamentelor ritmul ritmul bătăilor inimii crește gradual, determinând atât oxigenarea celulelor cât și eliminarea bioxidului de carbon obținut în urma respirației celulare [44].

Un om sănătos are un nivel al SpO₂ situat între valorile 90 și 100. Dacă valoarea este sub 90, vorbim de hipoxemie, stare care necesită tratament imediat prin îmbogățirea aerului inhalat cu oxigen suplimentar. Oximetria constă în măsurarea saturației oxigenului în sânge. Puloximetria se folosește aproape universal în sala de operații și în secțiile de terapie intensivă [45].

Ca orice semnal electric, activitatea electrică a cordului poate fi înregistrată cu ajutorul electrozilor. Deoarece aceștia sunt plasați pe suprafața corpului, electrocardiograma este o metodă de investigație noninvazivă. Electrozii înregistrează variațiile câmpului electric creat de miocard la nivelul tegumentelor [46-48].

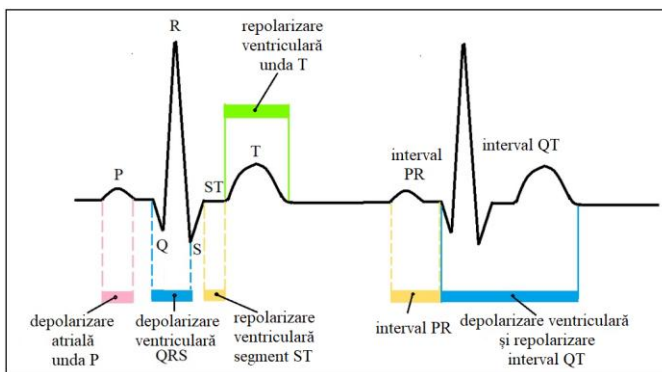


Figura 3.8: Aspectul unei electrocardiogramme normale; deflexiuni, segmente și intervale; adaptare după <https://www.bing.com/images/> Versiunea color completă poate fi accesată la <http://www.rrp.nipne.ro> [49]

Înregistrarea în timp a diferenței de potențial dintre doi electrozi reprezintă electrocardiograma scalară (figura 3.8). Undei P de pe electrocardiogramă îi corespunde depolarizarea atrială. Are formă rotunjită, o durată de 0,08–0,11 s și o amplitudine de 0,1–0,25 mV. Datorită neliniarității și complexității semnalelor EKG interpretarea acestora este subiectivă [50]. Pe legenda EKG-ului scala de timp este de 25 mm/s. Se măsoară distanța d în mm dintre două unde P succesive, adică lungimea intervalului PP. Se calculează durata în secunde a ritmului cardiac [50].

Dacă frecvența cardiacă este mai mare de 100 bătăi pe minut atunci persoana are tahicardie sinusală, iar dacă frecvența cardiacă este mai mică de 60 bătăi pe minut atunci persoana are bradicardie sinusală [51].

Componenta pulsatilă a tensiunii arteriale a primit o deosebită atenție ca factor de risc al bolilor cardiovasculare [52]. Umflarea și dezumflarea regulată a unei artere datorată băților inimii reprezintă unda pulsului, care se utilizează în medicina clinică pentru evaluarea fiziologică și oferă o mulțime de informații pentru sistemul cardiovascular [53]. Pulsul poate fi măsurat în mod direct prin numărarea băților inimii [54-56]. Unda energetică a pulsului este sincronă cu sistola ventriculară. Dilatarea aortei datorată creșterii presiunii sângelui expulzat de ventricul determină o vibrație care se propagă de-a lungul pereților vasculari în întregul sistem vascular cu presiune ridicată [57,58]. Fotopletismografia digitală este folosită și pentru determinarea saturației în oxigen a sângelui arterial (SpO_2). În acest caz, dispozitivul se numește pulsximetru [59].

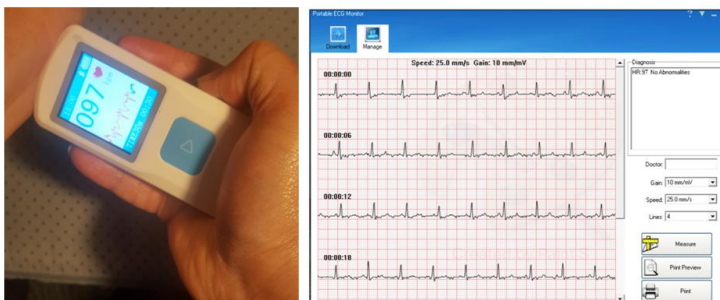


Figura 3.9: Monitorul EKG portabil PM10 și poziționarea electrozilor (stânga); vizualizarea electrocardiogramelor; captură de ecran PM10 software (dreapta). Versiunea color completă poate fi accesată la <http://www.rrp.nipne.ro> [49]

Numărul de bătăi pe minut ale inimii, calculat din electrocardiogramă, a fost comparat cu acela obținut în urma unei monitorizări cu un pulsximetru. Prima parte a experimentului a presupus obținerea electrocardiogramelor cu monitorul EKG portabil tip PM10.

O a doua parte a aceluiași experiment a constat în obținerea electrocardiogramelor cu Tableta Einstein.



Figura 3.10: Interpretarea electrocardiografei obținută cu monitorul portabil EKG, prin metoda directă, în cazul unei persoane cu ritm cardiac normal; Valoarea pulsului indicată de aplicația de pe telefonul mobil inteligent; captură de ecran Samsung Health. Versiunea color completă poate fi accesată la <http://www.rrp.nipne.ro> [49]

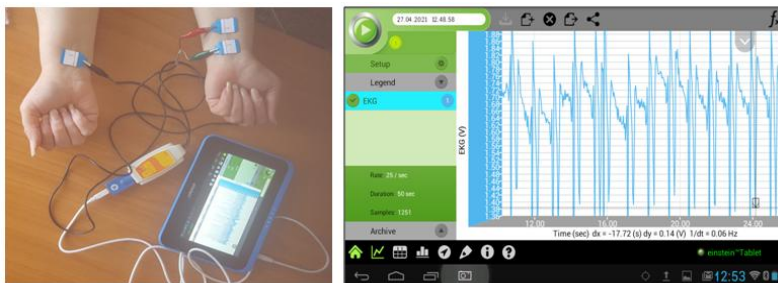


Figura 3.11: Dispozitivul experimental: Tableta Einstein cu senzorul extern EKG atașat și cei trei electrozi (stânga); Electrocardiograma obținută cu senzorul extern EKG atașat Tabletei Einstein; captură de ecran MiLAB™. Versiunea color completă poate fi accesată la <http://www.rrp.nipne.ro> [49]

A treia parte a experimentului a presupus determinarea pulsului și a saturației de oxigen a hemoglobinei din sânge cu pulsoximetrul. Graficele și valorile din figura 3.12 s-au obținut în cazul în care pulsoximetrul a fost conectat la device-ul pe care se vizualizează graficele.

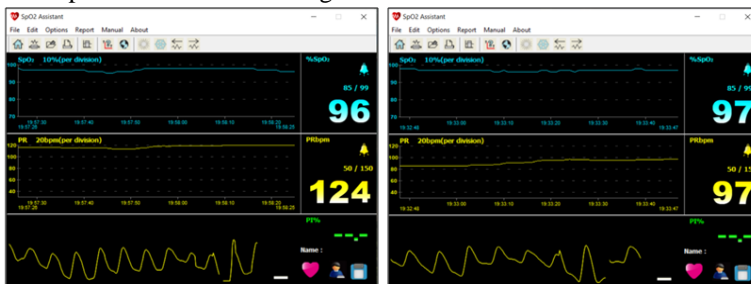


Figura 3.12: Valoarea pulsului și a saturației de oxigen a hemoglobinei din sânge, indicate de pulsoximetru, în cazul unei persoane cu ritm cardiac normal și în cazul unei persoane cu tahicardie; captură de ecran SpO2Assistant. Versiunea color completă poate fi accesată la <http://www.rrp.nipne.ro> [49]

3.3 Concluzii

Atât proiectarea cât și realizarea experimentelor interdisciplinare anterior prezentate au avut ca obiectiv demonstrarea faptului că noțiuni din fizică se pot regăsi în fiziologie: noțiuni de electrostatică, cum sunt potențialul electric și diferența de potențial dintre două puncte, sau din electrocineză, legate de curentul electric, au putut fi utilizate în studiul activității electrice a inimii.

Experimentele menționate, care s-au bazat pe senzorul de lumină, au fost rapide și ușor de realizat deoarece am folosit un sistem actualizat de înregistrare a datelor și de reprezentare grafică: de exemplu, Tableta Einstein, cu software-ul său intern, a afișat, în timp real, rezultatele măsurătorilor obținute prin efectuarea experimentelor, fiind echivalentă cu un laborator științific complet.

Prin primul experiment, care s-a bazat pe senzorul de presiune, am reușit să investigăm modul în care conceptul de presiune din fizică a putut fi aplicat în biologie, mai exact în fiziologia umană. Unda pulsului a fost studiată prin intermediul a două dispozitive portabile, utilizate ca tehnologii moderne în educație: pulsoximetrul pentru a vizualiza forma undei pulsului și Tableta Einstein pentru a obține, procesa, stoca, converti și transmite date privitoare la unda pulsului și la ritmul cardiac. Prin intermediul unui experiment s-a putut studia variația tensiunii arteriale în timpul activităților fizice, de exemplu, prin măsurarea tensiunii arteriale atât înainte, cât și după efort.

S-a studiat variabilitatea ritmului cardiac de la repaus la efort fizic și s-a demonstrat că electrocardiograma oferă informații importante despre activitatea inimii. După realizarea acestei lucrări experimentale elevii au acumulat cunoștințe elementare despre analiza electrocardiogramelor, au putut determina ritmul cardiac instantaneu al unei persoane, au învățat să facă o analiză descriptivă a EKG-ului precum și o analiză scalară de timp a înregistrărilor electrice. Studiul realizat a condus la înțelegerea interacțiunilor care duc la variabilitatea ritmului cardiac, ceea ce ar putea ajuta la prevenirea, diagnosticarea, prognosticul și tratamentul bolilor care implică sistemul cardiovascular. Beneficiarii actului didactic au conștientizat faptul că afecțiunile legate de stilul de viață pot fi prevenite prin educarea populației privind factorii de risc.

Abordarea creativă a experimentelor cu ajutorul dispozitivelor mobile, conectate la calculator sau la alte device-uri (smartphone, tabletă), a condus la o implicare mai activă a elevilor de liceu în problematica specifică a orelor de fizică. În lumea complexă și dinamică în care trăim, caracterizată de o explozie informațională, elevii au nevoie de o viziune mult mai largă. Pentru aceasta profesorul de secol XXI trebuie să aibă capacitatea de a se adapta noilor tehnologii în vederea unei gestionări productive, atât a activităților din clasă cât și a celor din online, în mijlocul acestei ere sociale digitalizate și pandemice în același timp, prin utilizarea unor dispozitive educaționale avansate.

Bibliografie selectivă:

- [1] I. Cerghit (2006). *Metode de învățământ*, Editura Polirom, Iași.
- [2] V. Malinovski (2003). *Didactica fizicii*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- [3] E. Etkina, A. Van Heuvelen, D.T. Brookes, D. Mills (2002). Role of Experiments in Physics Instruction — A Process Approach, *The Physics Teacher*, **40**(6), 351-355.
- [4] E. McKee, V.M. Williamson, L.E. Ruebush (2007). Effects of a Demonstration Laboratory on Student Learning, *Journal of Science Education and Technology*, **16**, 395-400.
- [5] The members of the American Association of Physics Teachers (1998). Goals of the Introductory Physics Laboratory, *American Journal of Physics*, **66**(6), 483-485.
- [6] J.C. Maxwell, Introductory lecture on experimental physics (1952). In *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell*, edited by W.D. Niven, **2**, Librairie Scientifique J. Hermann, Paris, 242–243.
- [7] D.R. Sokoloff, R.K. Thornton (1997). Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment, *The Physics Teacher*, **35**(6), 340–347.
- [8] A.P. Fagen, C.H. Crouch, J.P. Callan, E. Mazur (2002). Demonstrations: More than just entertainment?, *124th American Association of Physics Teachers National Meeting*.
- [9] H. Nagra (2015). UVicSpace, Technology-Enhanced, Inquiry-Based Learning in the Science Classroom (uvic.ca), 9-14.
- [10] P.S. Tambade, B.G. Wagh (2011). Assessing the Effectiveness of Computer A-assisted Instructions in Physics at Undergraduate Level, *International Journal of Physics & Chemistry Education*, **3**(2), 127-136.
- [11] M. Le Bonieac, À. Gras-Velázquez, eds. A. Joyce (2011). Impact of data loggers on science teaching and learning, *Publisher European Schoolnet* (EUN Partnership AISBL), Brussels, Belgium.
- [12] L. Flick, R. Bell (2000). Preparing Tomorrow's Science Teachers to Use Technology: Guidelines for Science Educators, *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, **1**(1), 39-60.
- [13] D. Kennedy, S. Finn, C. Corcaigh (2000). The Use of Datalogging in Teaching Physics and Chemistry in Second-Level Schools in Ireland, *Datalogging in Science*, University College Irish Science Teachers' Cork, 1-6.
- [14] C. Fiolhais, J.F. Trindade (1998). Use of Computers in Physics Education, In *TMR Euroconference new technologies for higher education*, Aveiro, FERRARI, A., ed. – New technologies for higher education: proceedings. Aveiro: Universidade, ISBN 9727890105, 103-115.
- [15] M. Volná, F. Látal, R. Kubínek, L. Richterek (2013). The human heart and the circulatory system as an interesting interdisciplinary topic in lessons of physics and biology, *European Journal of Physics*, **35**(1), 1-14.
- [16] S. Chalupková, P. Demkanin (2011). Students' hobbies as a context for physics teaching, *Scientia in educatione*, **2**(1), ISSN 1804-7106, 15–22.
- [17] M. Prensky (2001). Digital Natives, Digital Immigrants, Part 2: Do They Really Think Differently?. *On the Horizon*, MCB University Press, **9**(6), ISSN: 1074-8121.
- [18] Y. Ramma, A. Bholoa, M. Watts, P.S. Nadal (2018). Teaching and learning physics using technology: Making a case for the affective domain, *Education Inquiry*, **9**(2), 210-236.
- [19] J. Mottmann (1999). Innovations in physics teaching - a cautionary tale, *The Physics Teacher*, **37**(2), 74.
- [20] J. Bryan (2006). Technology for Physics Instruction, *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, **6**(2), 230-245.
- [21] G. Stoenescu, G. Florian (2009). *Didactica fizicii*, Editura Sitech, Craiova.
- [22] <http://einsteinworld.com/home/>, accesat 2019.
- [23] <https://einsteinworld.com/product/einstein-milab-x/>, accesat 2019.

- [24] **M. Colt**, D. Stoica, C. Sebe, M.V. Popescu (2019). Using the Einstein Tablet in an interdisciplinary context, In *Proceedings of The 14th International Conference on Virtual Learning, Virtual Learning – Virtual Reality*, 531-536.
- [25] K.F. Millenbah, J.J. Millsbaugh (2003). Using experiential learning in wildlife courses to improve retention, problem solving, and decision-making, *Wildlive Society Bulletin*, **31**(1), 127–137.
- [26] M. Millar (2005). Technology in the Lab Part I: What research says about using probeware in the science classroom, *The Science Teacher*, **72**(7), 34–37.
- [27] S.C. Millasseau, J.M. Ritter, K. Takazawa, P.J. Chowienczyk (2006). Contour analysis of the photoplethysmographic pulse measured at the finger, *Journal of Hypertension*, **24**(8), 1449–1456.
- [28] C. Meng, M. Esmaily (2019). Reduced-order modeling of flow in the circulatory system, *APS Division of Fluid Dynamics*.
- [29] <http://einsteinworld.com/product/blood-pressure/>, accesat 2020.
- [30] **M. Colt** (2020). Pressure measurements by means of digital technology for educational purposes, In *Proceedings of The 15th International Conference on Virtual Learning, Virtual Learning – Virtual Reality*, 508-514.
- [31] <http://fourieredu.com>, accesat 2020.
- [32] D.T. Lackland (2013). Hypertension: Joint National Committee on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure guidelines, *Current Opinion in Neurology*, **26**(1), 8-12.
- [33] N.F.A. Jamal, K.A. Sidek, A.Z. Jusoh (2019). Portable health monitoring kit using photoplethysmogram signal, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, **15**(2), 638-649. ISSN: 2502-4752.
- [34] M. Elstad, E.L. O’Callaghan, A.J. Smith, A. Ben-Tal, R. Ramchandra (2018). Cardiorespiratory interactions in humans and animals: rhythms for life, *American Journal of Physiology, Heart and Circulatory Physiology*, **315**(1), H6-H17.
- [35] K. Takizawa, T.E. Tezduyar, H. Uchikawa, T. Terahara, T. Sasaki, A. Yoshida (2019). Mesh refinement influence and cardiac-cycle flow periodicity in aorta flow analysis with isogeometric discretization, *Computer & Fluids*, **179**, 790-798.
- [36] M. Dikpati, P.S. Cally, S.W. McIntosh, E. Heifetz (2017). The Origin of the “Seasons” in Space Weather, *Scientific Reports*, **7**, 14750, 1-7.
- [37] G. Zhao, B. Chen, L. Chen, J. Liu, Z. Ren (2018). High-accuracy 3D Fourier forward modeling of gravity field based on the Gauss-FFT technique, *Journal of Applied Geophysics*, **150**, 294-303.
- [38] U.R. Acharya, H. Fujita, O.S. Lih, Y. Hagiwara, J.H. Tan, M. Adam (2017). Automated detection of arrhythmias using different intervals of tachycardia ECG segments with convolutional neural network, *Information Sciences*, **405**, 81-90.
- [39] [PM10 software for Windows Pc & Mac: Free Download \(2021\) | Pcmacstore.com](#), accesat 2021.
- [40] [SpO2 Assistant Download - It is an app that helps you monitor, review and analyse SpO2 \(informer.com\)](#), accesat 2021.
- [41] R.S. Vasudevan, Y. Horiuchi, F.J. Torriani, B. Cotter, S.M. Maisel, S.S. Dadwal, R. Gaynes, A.S. Maisel (2020). Persistent Value of the Stethoscope in the Age of COVID-19, *The American Journal of Medicine*, **133**(10), 1143-1150.
- [42] F. Shaffer, J.P. Ginsberg (2017). An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms, *Frontiers in Public Health*.
- [43] D. Nanchen (2018). Resting heart rate: what is normal? *BMJ Journals, Heart*, **104**(13), 1076-1085.
- [44] P. Walker, E. Wood (2010). *Facts on File Science Experiments Human Body Experiments*, Infobase Publishing, New York.

- [45] G.D. Perkins, D.F. McAuley, S. Giles, H. Routledge, F. Gao (2003). Do changes in pulse oximeter oxygen saturation predict equivalent changes in arterial oxygen saturation?, *Critical Care*, **7**, R67.
- [46] S. Majumder, T. Mondal, M.J. Deen (2017). Wearable sensors for remote health monitoring, *Sensors*, **17**(1), 1–45.
- [47] L.M. Castano, A.B. Flatau (2014) Smart fabric sensors and e-textile technologies: a review, *Smart Materials.Structures*, **23**(5), 053001, 1-27.
- [48] Kenry, J.C. Yeo, C.T. Lim (2016). Emerging flexible and wearable physical sensing platforms for healthcare and biomedical applications, *Microsystems & Nanoengineering (Nature Research)*, **2**, 16043.
- [49] **M. Colt**, F.L. Dragomir, V. Barna, (2022). Study of electrocardiogram and peri-pheral oxygen saturation values – an interdisciplinary approach at high school level, *Romanian Reports in Physics*, (accepted for publication, 2022).
- [50] I. Baran, O. Calinescu, D. Ionescu, A. Iftime, M. Mocanu, L. Nisiparu, S. Omer, M. Onu, D. Sulica, J. Vinersan (2013). *Lucrări practice de biofizică și fizică medicală*, Editura Universitară Carol Davila, București.
- [51] J.P. Varshney (2020). Generation and Shape of Electrocardiogram, *Electrocardiography in Veterinary Medicine*, chapter, 41-51.
- [52] G. Dunea (2012). History of nephrology: the middle period, Hectoen International, A Journal of Medical Humanities, Chicago, Illinois, United States.
- [53] K. Hirata, M. Kawakami, M.F. O'Rourke (2006). Pulse Wave Analysis and Pulse Wave Velocity a Review of Blood Pressure Interpretation 100 Years After Korotkov, *Circulation Journal*, **70**, 1231 – 1239.
- [54] A.H. Germano-Soares, A.H. Andrade-Lima, A.L. Meneses, M.A. Correia, B.J. Parmenter, R.M. Tassitano, G.G. Cucato, R.M. Ritti-Dias (2018). Association of time spent in physical activities and sedentary behaviors with carotid-femoral pulse wave velocity: A systematic review and meta-analysis, *Atherosclerosis*, **269**, 211–218.
- [55] K. Takazawa, H. Kobayashi, N. Shindo, N. Tanaka, A. Yamashina (2007). Relationship between Radial and Central Arterial Pulse Wave and Evaluation of Central Aortic Pressure Using the Radial Arterial Pulse Wave, *Hypertension Research*, **30**, 219-228.
- [56] T. Nakamura, M. Uematsu, T. Horikoshi, T. Yoshizaki, T. Kobayashi, Y. Saito, Y. Watanabe, K. Nakamura, J. Obata, K. Kugiyama (2020). Improvement in Brachial Endothelial Vasomotor Function and Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity Reduces the Residual Risk for Cardiovascular Events after Optimal Medical Treatment in Patients with Coronary Artery Disease, *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*, Online ISSN:1880-3873.
- [57] R.X. Li, I.Z. Apostolakis, P. Kemper, M.D.J. McGarry, A. Ip, E.S. Connolly, J.F. McKinsey, E.E. Konofagou (2019). Pulse Wave Imaging in Carotid Artery Stenosis Human Patients in Vivo, *Ultrasound in Medicine & Biology*, **45**(2), 353-366.
- [58] L.G. Klæboe, T. Edvardsen (2019). Echocardiographic assessment of left ventricular systolic function, *Journal of Echocardiography*, **17**, 10–16.
- [59] E.B. Blackford, J.R. Estep (2015). Effects of frame rate and image resolution on pulse rate measured using multiple camera imaging photoplethysmography, In *Proceedings Medical Imaging, Biomedical Applications in Molecular, Structural and Functional Imaging*, Orlando, Florida, United States, **9417**.
- [60] **M. Colt**, V. Barna, F.L. Dragomir (2021). Electrical activity of the heart explained in an interdisciplinary study at a high school level, *Annual Scientific Conference, Program and Abstracts*, Editura Granada, ISSN 1843- 6838.

CAPITOLUL IV Telefonul mobil inteligent ca laborator științific portabil

4.1 Învățarea M – o nouă paradigmă în educație

O nouă paradigmă în domeniul educațional, numită ”mobile learning”, a apărut o dată cu dezvoltarea spectaculoasă a telefoniei mobile. Literatura de specialitate prezintă diferite definiții pentru M-learning. Unele consideră această metodă de educație bazată doar pe internet. Altele includ abilitatea de a învăța oriunde, fără o conexiune la rețelele de cablu [1]. Acest tip de învățare a fost definit ca utilizarea tehnologiei mobile pentru a facilita învățarea [2]. Winters consideră M-learning ca o formă de învățare ce poate fi mediată printr-un dispozitiv mobil [3]. Dar nu tehnologia este factorul cel mai important care determină acest tip de învățare. Factorul care afectează învățarea mobilă este percepția mobilității [4,5].

Prin comparație cu educația tradițională, mobilitatea este considerată o caracteristică puternică a învățării mobile. M-learning poate oferi utilizatorilor săi o multitudine de avantaje, inclusiv activități interactive de învățare, fiindcă elevii au acces și pot face schimb de informații oricând au nevoie și de oriunde. Învățarea devine autogestionată, personalizată și colaborativă prin interacțiune. Este o metodă eficientă de trimitere și primire de cunoștințe [6-11]. Prezența dispozitivelor mobile ajută la realizarea interacțiunii și îmbunătățește accesibilitatea materialelor de învățare [12,13].

Noi metode de educație, bazate pe computer, au fost oferite de învățarea electronică, E-learning. Trecerea de la E-learning la M-learning a determinat schimbarea de paradigmă în educație [14].

4.2 Aplicația Phyphox (Physical Phone Experiments)

Phyphox software, ca aplicație relevantă pentru Fizică, este open source și disponibilă pentru atât pentru sistemul de operare Android, bazat pe nucleul Linux, cât și pentru sistemul de operare de tip Unix, iOS [15,16]. Este o aplicație care oferă acces la senzorii telefonului mobil inteligent, pune la dispoziție același set de caracteristici pe iOS sau Android, fiind utilă chiar și pentru învățarea la distanță [17-20]. Datele experimentale pot fi exportate în diferite formate pentru analiză și post-procesare cu diferite pachete software [21,22].

Exportarea datelor se poate face în format .csv, pot fi salvate sau partajate prin diferite aplicații de pe telefonul inteligent, iar experimentul poate fi controlat adesea de pe orice browser web printr-o conexiune la internet [23]. Transferul fișierelor se realizează fie prin Bluetooth, prin cablu, prin email, pe WhatsApp, Signal sau fișierele pot fi adăugate în Cloud.

4.3 Senzorii telefonului mobil inteligent

Există o piață în creștere a numărului și tipurilor de dispozitive inteligente, utile pentru navigare, căutare, monitorizarea sănătății și chiar a stilului de viață [24].

Smartphone-ul a devenit un instrument didactic excelent, cu aplicații speciale în domeniul fizicii. Cu o capacitate foarte mare de stocare a datelor, poate fi folosit și ca bază de date portabilă [25]. Prin descărcarea aplicației "Sensor Box for Android" am aflat care sunt senzorii încorporați ai telefonului utilizat în experimente [26].

Unul dintre cele mai importante experimente din fizică este cel conceput în scopul determinării valorii accelerației gravitaționale iar studiile recente, legate de metode experimentale utilizate în fizică, au arătat că există diverse metode de determinare a acesteia [27-30].

Busola digitală a telefonului inteligent, bazată pe senzorul numit magnetometru, oferă telefoanelor mobile o orientare simplă raportată la câmpul magnetic al Terrei. Pentru înregistrare magnetometrele din telefoanele mobile inteligente folosesc efectul Hall [31-34].

Giroscoful este senzorul ce oferă informațiile de orientare. Dacă GPS-ul este activat, printr-un singur click obținem latitudinea, longitudinea, altitudinea, viteza instantanee și distanța parcursă cu o precizie de 15 m [35]. Literatura de specialitate, care prezintă situații în care se regăsește o dinamică a rotației, a primit mai puțin atenție [36-42].

Un alt senzor al telefonului mobil inteligent este cel de lumină ambientală. Senzorul de lumină al unui smartphone poate fi utilizat drept o variantă extrem de simplificată de spectrofotometru [43]. Prin folosirea unor cunoștințe complementare de cinematică și optică acest senzor a fost folosit pentru determinarea vitezei medii a unui corp în mișcare [44] sau ca temporizator de mișcare pentru măsurarea perioadei unui pendul [45]. A fost realizată și o monitorizare a nivelului de salinitate a apei din mări și oceane [46].

Senzorii, așa numitele dispozitive MEMS, sunt operă de artă inginerescă ale miniaturizării electromecanice. Mărirea structurilor mecanice ale acestor cipuri este de ordinul micronilor [47].

4.4 Telefonul mobil inteligent utilizat în experimente de fizică

Într-un laborator tradițional, un elev încearcă să atingă un obiectiv propus, efectuând un experiment dat prin colectarea datelor măsurate, calculând mărimile fizice relevante cu erori, realizând reprezentări grafice, găsind sursele de erori și prezentând concluziile [48-50]. În prezent, dispozitivele electronice joacă un rol important în lecțiile care presupun demonstrarea conceptelor din fizică,

în special în orele de laborator. Astfel, tehnica modernă de automatizare și monitorizare [51,52], activitățile de învățare bazate pe modelare [53-55] și configurare asistate de smartphone [56-60] au fost propuse în ultima perioadă în domeniul cercetării în fizica din domeniul educațional.

4.4.1 Studiul ciocnirii inelastice

Experimentul prin care s-a investigat ciocnirea inelastică a avut ca scop determinarea energiei pierdute în timpul ciocnirilor inelastice ale unei bile metalice, care cade liber, cu suprafața unei mese. În aplicație, experimentul este încadrat la fenomene acustice, cu cronometru "Acoustic Stopwatch". Analizând intervalele de timp dintre sunetele produse de impact și considerând că, după fiecare ciocnire, bila va păstra același procent din energia cinetică pe care o avea înainte de ciocnire, software-ul Phyphox a determinat înălțimile de la care a căzut bila și energia cinetică a bilei, după fiecare ciocnire, ca procent din energia cinetică inițială acesteia.



Figura 4.1: Bila și rigla folosite în experimentul ciocnirii inelastice [61]

Elevii au lăsat bila să cadă liber pe suprafața mesei de la o anumită înălțime, astfel încât să se obțină cel puțin cinci ciocniri ale bilei cu suprafața. Microfonul telefonului inteligent a detectat sunetele produse la fiecare ciocnire bilă - masă și a înregistrat intervalele de timp dintre două ciocniri succesive.

4.4.2 Determinarea constantei elastice a unui resort

Pentru acest experiment a fost utilizată aplicația Phyphox care a accesat, în acest caz, accelerometrul telefonului mobil inteligent.

Elevii au determinat masa smartphone-ului folosit prin cântărire, apoi au agățat smartphone-ul împreună cu o masă variabilă de un resort elastic și au pus sistemul în oscilație, așa cum se arată în figura 4.2. S-a realizat conexiunea dintre smartphone și laptop.

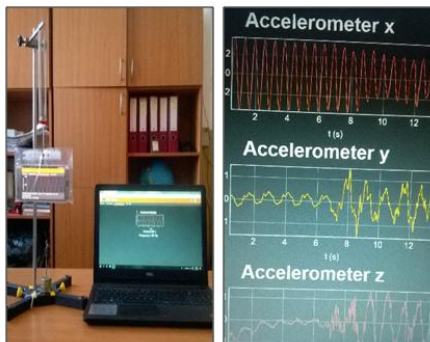


Figura 4.2: Oscilatorul elastic și conexiunea dintre smartphone și laptop (stânga); graficul dependenței accelerației în funcție de timp pe cele trei axe de coordonate (dreapta)[61]

Folosind valoarea perioadei indicate de smartphone sau alt dispozitiv conectat la smartphone prin URL și valoarea masei totale atârnată de resort, grupul de elevi a determinat constanta resortului.

4.4.3 Măsurarea accelerației gravitaționale în căderea liberă

Acest experiment a fost realizat folosind aplicația Phyphox, modul „cronometru acustic”, care poate măsura și înregistra timpul între două semnale acustice foarte scurte. Literatura de specialitate referitoare la căderea liberă arată că aceasta poate fi studiată în mai multe moduri [64,65] prin intermediul instrumentelor ”Accelerometer” sau ”Acoustic Stopwatch”.

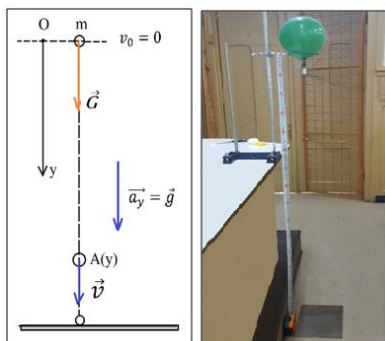


Figura 4.3: Dispozitivul experimental utilizat pentru studiul accelerației gravitaționale în căderea liberă. Versiunea color completă poate fi accesată la <http://www.rrp.nipne.ro> [63]

Spargerea balonului în momentul înțepării sale cu acul a declanșat începutul căderii libere a obiectului și, în același timp, începerea timpului de înregistrare a modulului aplicației „cronometru acustic”. Zgomotul obiectului, în momentul în care a lovit placa metalică așezată pe podea, a determinat

oprirea înregistrării timpului.

Elevii au putut reda graficul coordonată - timp al căderii libere a obiectului, așa cum se vede în figura 4.4, în partea stângă. Trasând graficul coordonatei în funcție de pătratul timpului, putem obține o linie dreaptă cu panta $g/2$. Apoi, din panta acestei drepte (figura 4.4 - dreapta), valoarea accelerației gravitaționale obținute a fost $g=9,826\text{m/s}^2$.

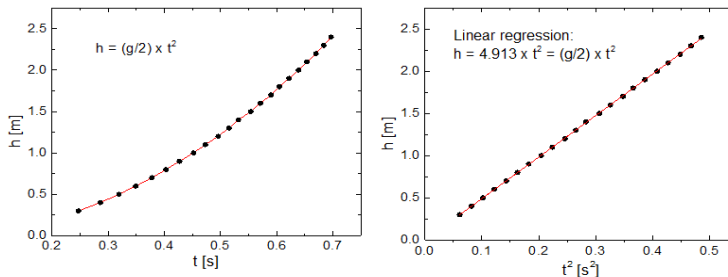


Figura 4.4: Coordonata în funcție de timp în căderea liberă (stânga); coordonata în funcție de pătratul timpului (dreapta). Versiunea color completă poate fi accesată la <http://www.rrp.nipne.ro> [63]

4.4.4 Absorbția luminii, studiul legii Bouguer - Lambert

Aceste tipuri de experimente sunt ușor de configurat, fără a fi nevoie de alte dispozitive costisitoare și, prin urmare, sunt foarte utile pentru profesorii de fizică pentru a studia fenomenul de absorbție a luminii [66]. S-a urmărit măsurarea experimentală a coeficientului de atenuare a luminii care trece prin unele plăci de sare de Himalaya și demonstrarea Legii lui Bouguer – Lambert [16].

Dispozitivul experimental a constat într-o sursă de lumină, plăci de sare de Himalaya, având grosimi cunoscute, o riglă gradată, un smartphone și un laptop [69]. Ca material absorbant am folosit pentru experiment șase plăci de sare de Himalaya.



Figura 4.5: Dispozitivul experimental folosit pentru studiul legii lui Bouguer - Lambert. Versiunea color completă poate fi accesată la <http://www.rrp.nipne.ro> [63]

Aplicația Phypox a înregistrat valoarea iluminării după ce lumina a trecut prin plăcile de sare. Pentru diferite grosimi ale plăcilor de sare se obțin diferite valori ale iluminării, ca în figura 4.6.

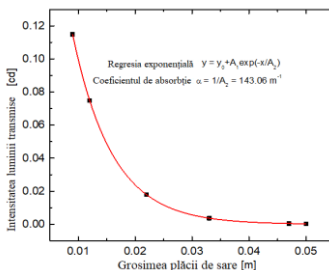


Figura 4.6: Verificarea experimentală a legii lui Bouguer Lambert.
Versiunea color completă poate fi accesată la <http://www.rrp.nipne.ro> [63]

4.4.5 Determinarea valorii unghiului unui plan înclinat utilizând aplicația Phypox

Valoarea unghiului unui plan înclinat se poate măsura și afișa, în timp real, prin simpla așezare a telefonului, paralel cu planul.

4.4.6 Determinarea coeficientului de frecare statică folosind ”Inclination” din aplicația Phypox

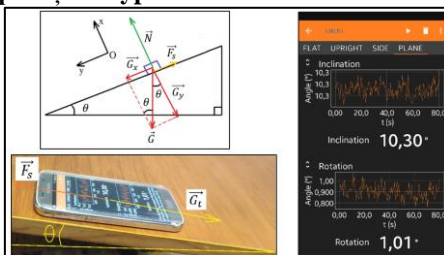


Figura 4.7: Dispozitivul experimental utilizat pentru determinarea coeficientului de frecare statică (stânga); captură de ecran Phypox (dreapta)

4.4.7 Determinarea coeficientului de frecare dintre roți și suprafață folosind accelerometrul



Figura 4.8: Dispozitivul experimental folosit pentru determinarea coeficientului de frecare la alunecare pe plan orizontal și pe plan înclinat, utilizând telefonul inteligent

Coeficientul de frecare la alunecare se poate determina în urma aplicării principiilor mecanicii clasice.

4.4.8 Determinarea vitezei sunetului în aer

Experimentul numit „Sonar” în aplicația Phyphox face parte din categoria fenomenelor acustice. Telefonul inteligent folosește doi senzori: difuzorul și microfonul. Se trimit sunete scurte prin difuzor și sunt înregistrate ecourile de către microfon. Se obține un grafic care indică la ce distanțe de emițător s-au produs unul sau mai multe ecouri sau poate fi determinată viteza sunetului în gaze.

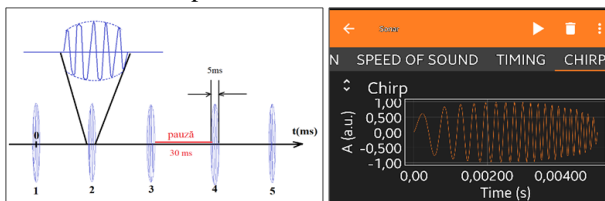


Figura 4.9: Cele cinci zgomote emise de difuzorul telefonului (stânga); amplitudinea unui singur „cîrpiț” emis de microfonul telefonului (dreapta) [71]

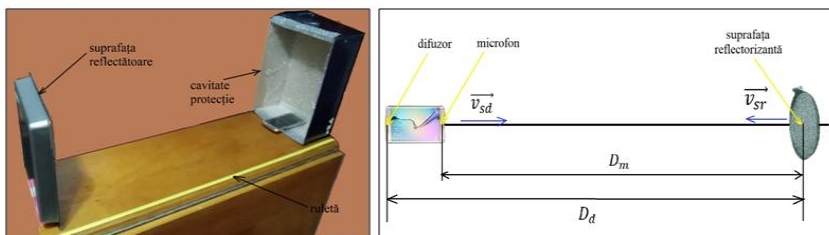


Figura 4.10: Dispozitivul experimental utilizat pentru determinarea vitezei sunetului în aer, folosind smartphone-ul Samsung S6 Edge [71]

Timpul t înmulțit cu viteza sunetului v_s dă distanța dintre locația emisie zgomotului și locația recepționării ecoului. Viteza sunetului într-un mediu depinde de proprietățile mediului de propagare, de densitatea și elasticitatea sa precum și de temperatură [72]. În gaze, la propagarea sunetului, participă deformarea volumică a mediului [73].

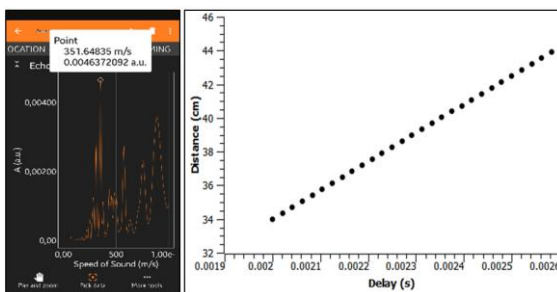


Figura 4.11: Valoarea, obținută experimental, a vitezei sunetului în aer; captură de ecran Phyphox app (stânga); locația obiectului pe care are loc ecoul, raportată la transmițător în funcție de timpul scurs între emisie și recepția sunetului din datele brute pentru ecolocație (dreapta) [71]

4.4.9 Determinarea vitezei unei role pe plan orizontal și pe plan înclinat

Deoarece unele teoreme din geometrie (Mozzi, Chasles, Euler) care arată că, în planul sau în spațiul euclidian, trecerea de la o poziție inițială la una finală a unei figuri geometrice se poate obține prin compunerea unor translații și rotații ale planului, respectiv spațiului [74-76] sunt aproape imposibil de înțeles la nivel liceal, elevii de liceu neavând noțiunea de tensori, o abordare experimentală a subiectului pare a fi mult mai apropiată nivelului de înțelegere al elevilor.

Determinarea vitezei unei role pe plan orizontal (axa de rotație este perpendiculară pe planul mișcării)

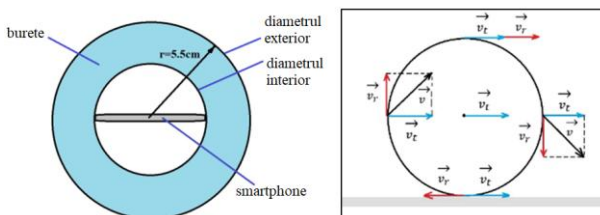


Figura 4.12: Smartphone-ul introdus în interiorul cutiei cilindrice – vedere frontală (stânga) și vectorii vitezei de translație și de rotație (dreapta) [77]

Aplicația Phyphox comandă giroscopului telefonului să-i măsoare viteza unghiulară $\omega = \dot{\theta}$ și calculează viteza tangențială v , care este viteza rolei.

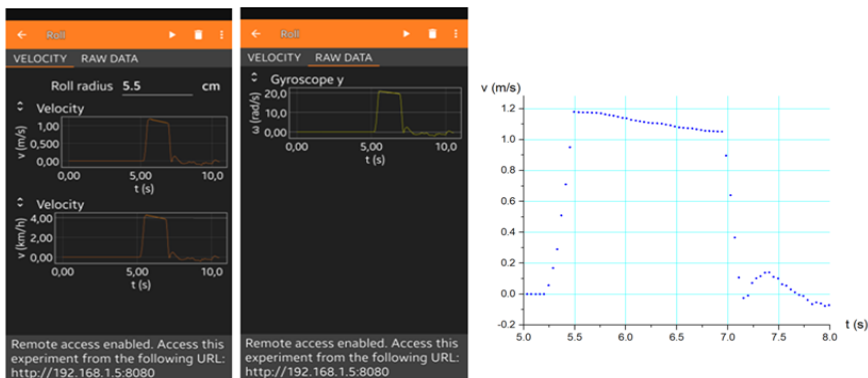


Figura 4.13: Graficul vitezei centrului de masă al rolei și al vitezei unghiulare în funcție de timp (stânga); captură de ecran Android Phyphox App; dependența de timp a vitezei centrului de masă al rolei obținută din datele brute la mișcarea pe plan orizontal (dreapta) [77]

Determinarea vitezei de rulare a rolei pe un plan înclinat

Configurarea poate fi folosită și pentru a evidenția o mișcare accelerată a solidului rigid pe un plan înclinat.

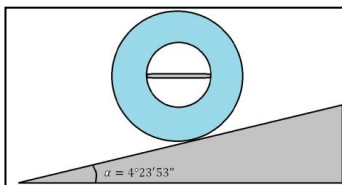


Figura 4.14: Rola aflată pe planul înclinat [77]

Dependența de timp a vitezei centrului de masă al rolei din datele brute la mișcarea pe plan înclinat este redată în figura 4.15.

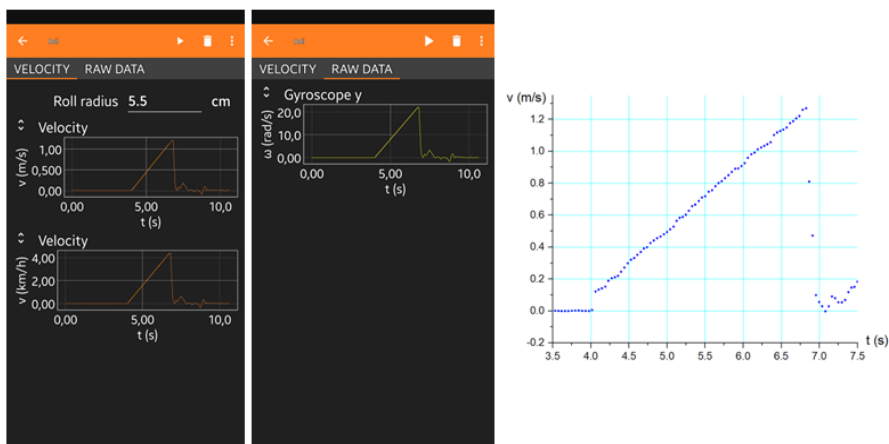


Figura 4.15: Graficul vitezei centrului de masă și al vitezei unghiulare în funcție de timp la mișcarea rolei pe plan înclinat; captură de ecran Phyphox; graficul în funcție de timp la mișcarea rolei pe planul înclinat [77]

4.4.10 Cinematica mișcării rectilinii accelerate, a mișcării uniforme și a mișcării frânate ale unui lift

Barometrul telefonului inteligent poate detecta diferența de altitudine chiar și în locurile unde GPS-ul nu funcționează. Pentru o măsurare corectă a accelerației, telefonul trebuie așezat orizontal pe podeaua liftului, senzorul detectând schimbări în presiunea atmosferică în timpul urcării sau coborârii liftului.

Viteza liftului este calculată ca derivata spațiului y în raport cu timpul, conform formulei (4.6).

$$v = \frac{dy}{dt} = \dot{y} \quad (4.6)$$

Au fost studiate toate tipurile de mișcări ale liftului pornind de la parter și ajungând la al optulea etaj.



Figura 4.16: Sistemul rectangular de axe $Oxyz$ atașat smartphone-ului (stânga); variațiile presiunii, altitudinii, vitezei și accelerației în timpul mișcării liftului (dreapta); captură de ecran Phyxox [77]

4.4.11 Spectrul magnetic

Transformata Fourier este o operație care se aplică unei funcții periodice complexe. Operația produce o altă funcție complexă care conține aceeași informație ca funcția originală dar reorganizată după frecvențele componente. Dacă funcția inițială este un semnal dependent de timp, transformata Fourier a acestei funcții descompune semnalul după frecvență și produce un spectru al semnalului.

4.4.12 Studiul interdisciplinar al oscilațiilor mecanice amortizate folosind accelerometrul smartphone-ului

Un alt studiu interdisciplinar, realizat prin intermediul aplicației Phyxox, a fost cel al oscilațiilor mecanice amortizate, utilizând accelerometrul smartphone-ului. Primul dispozitiv experimental folosit în studiul oscilațiilor amortizate este format dintr-un pendul gravitațional al unei truse de fizică Phywe.

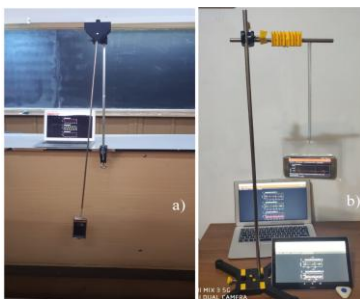


Figura 4.17: a) Conexiunea smartphone-laptop în cazul oscilațiilor pseudoperiodice ale pendulului gravitațional; b) Conexiunea smartphone-laptop-tabletă în cazul oscilațiilor pseudoperiodice ale pendulului elastic [81]

Cum accelerația sistemului mecanic este în opoziție de fază cu elongația,

am putut studia mișcările oscilatorii amortizate ale unui pendul gravitațional, respectiv elastic, urmărind valorile accelerației indicate de senzorul smartphone-ului.

Un alt dispozitiv experimental a constat într-un pendul elastic de care a fost atașat smartphone-ul, după cum se observă în figura 4.17 b). Procedura de achiziție a datelor experimentale fost aceeași. Traectoria mișcării oscilatorii unidimensionale se află de-a lungul axei Oy a smartphone-ului. După prelucrarea datelor brute s-au obținut graficele din figura 4.20.

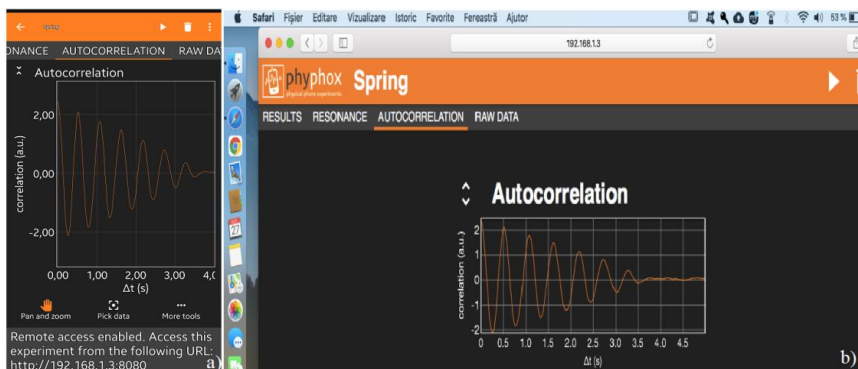


Figura 4.18: a) Captură de ecran Phyxos pe smartphone-ul care colectează datele pentru pendulul elastic; b) captură de ecran de pe laptop-ul unui elev care vizualizează mișcarea în timp real, în cazul mișcării unidimensionale cu amortizare rapidă [81]

Valorile perioadelor T' sunt determinate din datele experimentale, ca interval de timp între două valori maxime sau minime succesive ale accelerației sau între două puncte de valoare zero a accelerației. S-au calculat pseudopulsările ω' , coeficientul de amortizare b , decrementul logaritmic, timpii de viață τ și de înjumătățire $T_{1/2}$.

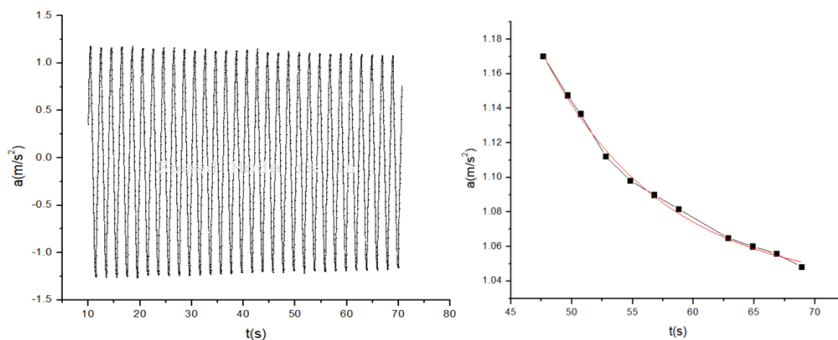


Figura 4.19: Accelerația ca funcție de timp pentru oscilațiile pseudoperiodice ale pendulului gravitațional (stânga); funcția exponențială a maximumului accelerației ca funcție de timp obținută din prelucrarea datelor brute pentru pendulul gravitațional (dreapta) [81]

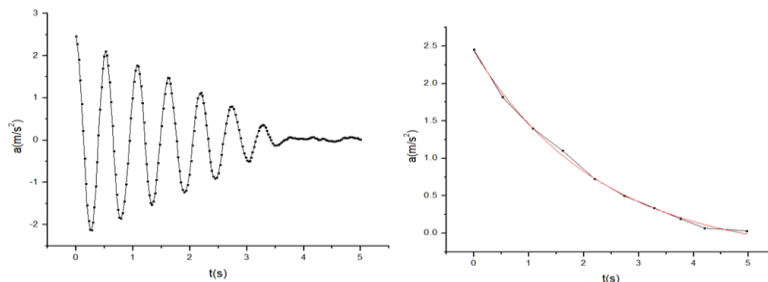


Figura 4.20: Accelerația ca funcție de timp pentru oscilațiile pseudoperiodice x ale pendulului elastic (stânga); funcția exponențială a maximumului accelerației ca funcție de timp obținută din prelucrarea datelor brute pentru pendulul elastic (dreapta) [81]

4.4.13 Studiul interdisciplinar al oscilațiilor mecanice amortizate folosind magnetometrul smartphone-ului

Mișcarea oscilatorie amortizată poate fi studiată și prin analiza variației inducției câmpului magnetic înregistrat de smartphone. Putem studia mișcările oscilatorii ale unor sisteme mecanice cum sunt pendulul gravitațional, respectiv elastic, urmărind valorile inducției câmpului magnetic indicat de senzorul magnetic. Amortizarea mișcării oscilatorii a pendulului gravitațional poate fi observată în figura 4.22, care arată valorile în scădere ale inducției câmpului magnetic pe toate cele trei axe de coordonate. Folosind o conexiune Wi-Fi sau un hotspot cu propriul telefon mobil inteligent, elevii au putut urmări, în timp real, amortizarea mișcării oscilatorii prin graficele, obținute în timp real, prin accesarea adresei IP din figura 4.22.



Figura 4.21: Dispozitivele experimentale folosite în studiul mișcării oscilatorii amortizate: pendulul gravitațional (stânga); pendulul elastic (dreapta)

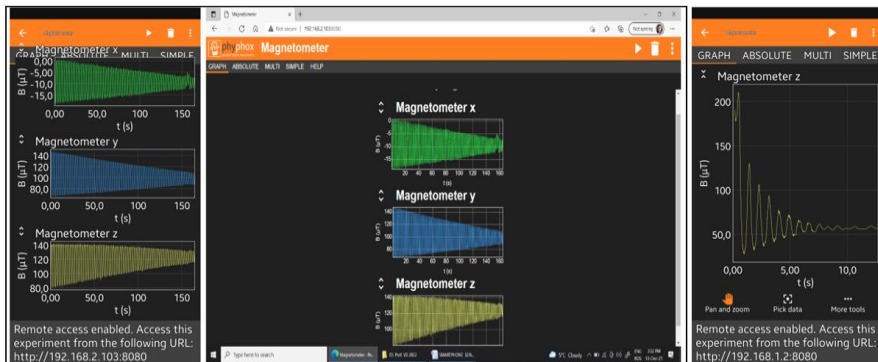


Figura 4.22: Captură de ecran Phyphox pe smartphone(stânga); captură de ecran de pe laptopul unui elev care observă mișcarea în timp real, în cazul mișcării bidimensionale cu amortizare lentă (mijloc); captură de ecran aplicația Phyphox pentru mișcarea unidimensională (dreapta) [82]

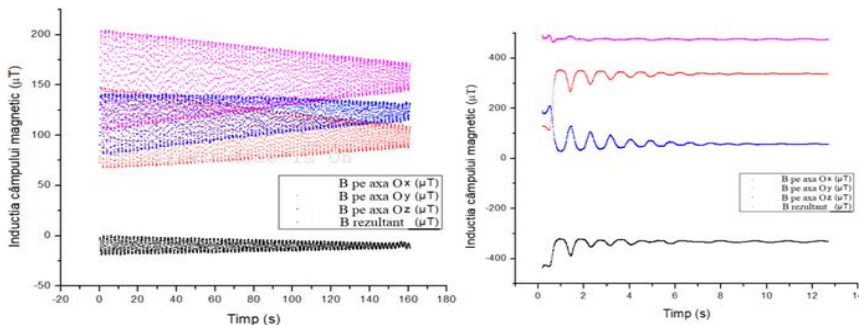


Figura 4.23: Inducția câmpului magnetic în funcție de timp pe cele trei axe de coordonate pentru pendulul gravitațional (stânga) și pendulul elastic (dreapta), obținute în urma procesării datelor brute

Un alt dispozitiv experimental a constat într-un resort fixat la unul din capete și de al cărui capăt liber a fost atașat magnetul.

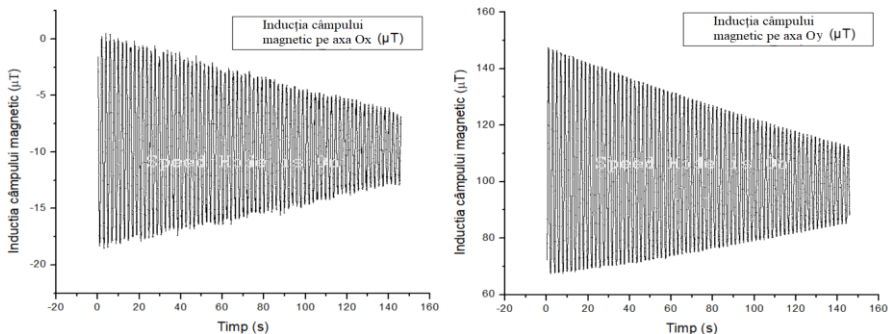


Figura 4.24: Inducția câmpului magnetic în funcție de timp pe axele Ox și Oy ale smartphone-ului pentru pendulul gravitațional [82]

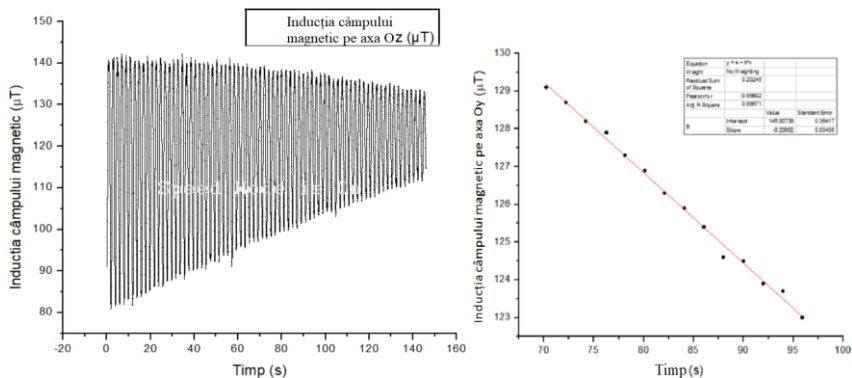


Figura 4.25: Inducția câmpului magnetic în funcție de timp pe axa Oz a smartphone-ului pentru pendulul gravitațional și atenuarea liniară [82]

Datele brute, exportate din aplicația Phythox, în format .xls, au fost procesate cu un program de vizualizare și procesare a datelor științifice. Valorile perioadelor T s-au determinat din datele experimentale, ca interval de timp între două valori succesive maxime sau minime ale inducției câmpului magnetic sau între două puncte de valoare zero ale aceleiași mărimi. Pseudopulsările ω' , coeficientul de amortizare b și decrementul logaritmic s-au obținut din calcule. După calcularea mărimilor fizice caracteristice mișcării oscilatorii amortizate, elevii au putut observa că, atunci când factorul de amortizare crește, are loc o amortizare rapidă. Decrementul logaritmic, în acest caz, crește și el. Dimpotrivă, timpul de relaxare și timpul de înjumătățire scad. Graficele din figurile 4.26 și 4.27 arată amortizarea mișcării oscilatorii nu prin scăderea amplitudinii elongației, ci prin scăderea valorilor maxime ale inducției câmpului magnetic.

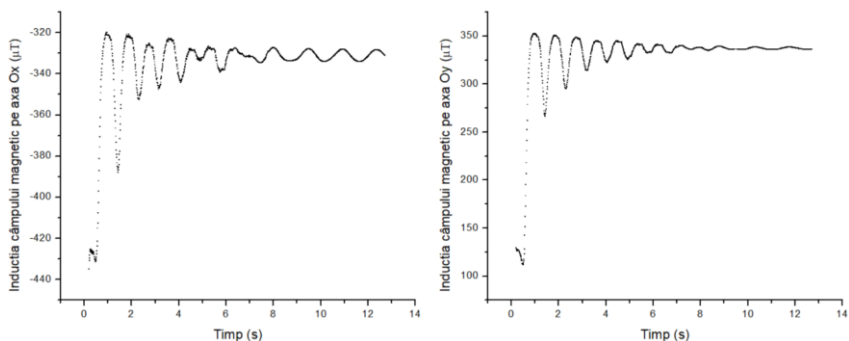


Figura 4.26: Inducția câmpului magnetic în funcție de timp pe axele de coordonate Ox și Oy obținute din prelucrarea datelor brute pentru pendulul elastic [82]

4.4.15 Experimente de fizică inteligente realizate prin folosirea a doi senzori încorporați ai unui smartphone: magnetic și de lumină ambientală

Al doilea senzor folosit în același scop, a fost senzorul care oferă informații despre intensitatea luminii și anume senzorul de lumină ambientală. Mărimea fizică măsurată este iluminarea unei suprafețe, exprimată în lux [83,84] dependentă de intensitatea luminii sursei, distanța de la izvorul de lumină la suprafață și cosinusul unghiului variabil, în cazul pendulului gravitațional, dintre raza de lumină și normala la suprafață. Resortul a fost pus în mișcare de oscilație, datele experimentale fiind preluate de magnetometru.

Într-un alt experiment, magnetul a fost înlocuit cu o lanternă. Elevii au concluzionat că variația iluminării suprafeței camerei smartphone-ului în funcție de timp se datorează apropierii sau depărtării lanternei de smartphone-ul a cărei poziție a fost fixă și au putut vedea această variație pe propriile dispozitive prin accesarea adresei IP private furnizată de aplicația Phypox.



Figura 4.30: Dispozitivul experimental utilizat pentru determinarea constantei elastice a unui resort, folosind magnetometrul încorporat al unui smartphone și conexiunea cu alte dispozitive (stânga) și folosind senzorul de lumină (dreapta) [87]

Pentru determinarea valorii accelerației gravitaționale au fost atașate, pe rând, pendulului gravitațional un magnet și o lanternă, ca în figura 4.31.

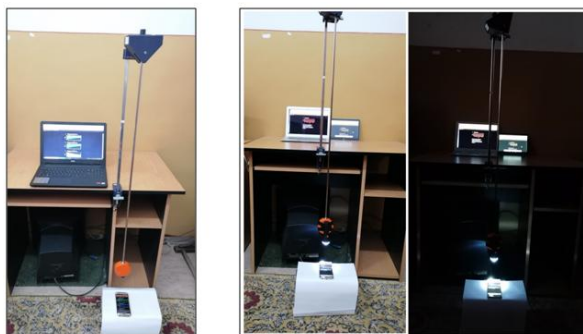


Figura 4.31: Pendulul gravitațional utilizat în scopul determinării accelerației gravitaționale, folosind magnetometrul încorporat și senzorul de lumină ambientală încorporat ale unui smartphone și conexiunea Wi-Fi smartphone-laptop [87]

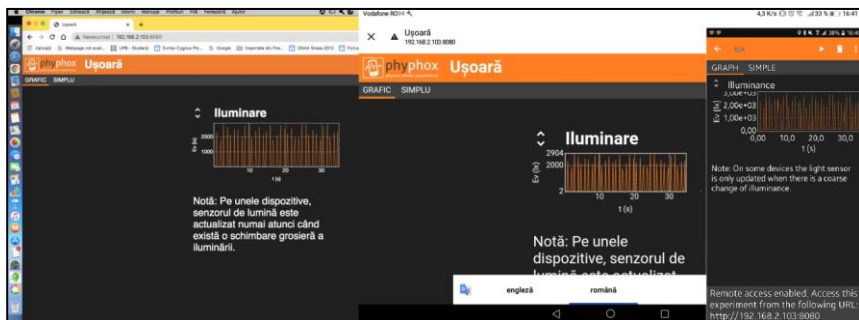
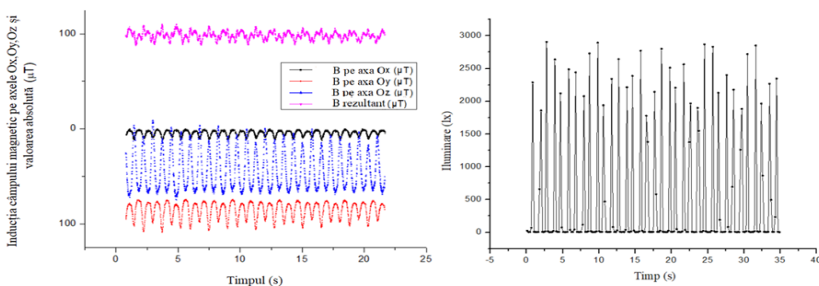


Figura 4.32: Captură de ecran, de pe device-urile unor elevi, care arată variația iluminării în planul xOy al smartphone-ului în timp real (stânga); captură de ecran a aceluiași grafic pe smartphone; URL-ul furnizat de Phypox și conexiunile Wi-Fi pentru MacBook și tabletă (dreapta) [87]

Conectarea celorlalte dispozitive la smartphone-ul profesorului a permis elevilor să observe, în timp real, graficul variației inducției magnetice în funcție de timp, grafic care a fost redat, prin intermediul aplicației Phypox, pe smartphone.



Aceste conexiuni sunt prezentate în figura 4.32.

Figura 4.33: Graficul inducției câmpului magnetic în funcție de timp, obținut după procesarea datelor brute provenite de la senzorul magnetic (stânga) și de la senzorul de lumină (dreapta) ale smartphone-ului pentru pendulul gravitațional [87]

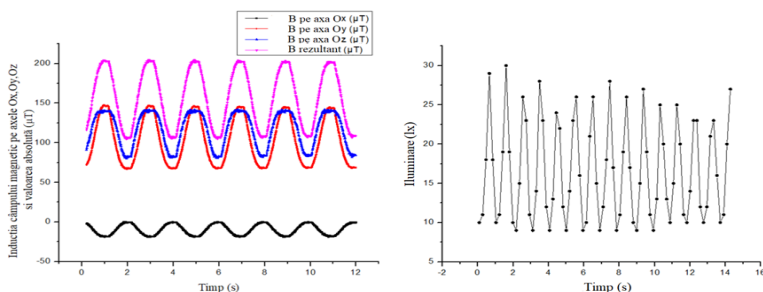


Figura 4.34: Graficul inducției câmpului magnetic în funcție de timp, obținut după procesarea datelor brute provenite de la senzorul magnetic (stânga) și de la senzorul de lumină (dreapta) ale smartphone-ului pentru pendulul elastic [87]

Pentru determinarea experimentală a accelerației gravitaționale, la altitudinea de 158 m a orașului Ploiești [85] și determinarea erorilor relative s-a calculat inițial valoarea teoretică a accelerației gravitaționale după formula (4.7) :

$$g = g_0 \frac{R_p^2}{(R_p+h)^2} \quad (4.7)$$

În subcapitolul 4.4.16 s-a studiat mișcarea rectilinie și uniformă, folosind aplicația Phypbox, prin intermediul căreia s-a accesat magnetometrul smartphone-ului.

4.5 Concluzii

Pentru a atinge obiectivele de învățare ale unei lecții moderne de fizică în liceu, lecția trebuie reinventată, creta și tabla devenind instrumente perimate. Creșterea interesului elevilor referitor la studierea fizicii în liceu trebuie argumentată începând cu o perspectivă inovatoare, de utilizare a tehnologiei moderne, iar telefoanele inteligente, cu aplicațiile lor speciale în domeniul fizicii, pot fi instrumente didactice excelente. Un argument pro privind accesul elevilor în școală cu telefoanele mobile îl constituie folosirea acestora, evident cu aplicațiile corespunzătoare instalate, în culegerea și prelucrarea datelor experimentale, în fizică, la orice nivel. Prin promovarea învățării interactive, aplicația Phypbox oferă soluții educaționale prin intermediul unui dispozitiv pe care elevii îl folosesc cel mai mult. Datele, obținute în timp real, au putut fi arătate întregii clase prin utilizarea unei funcții specifice a aplicației Phypbox. Prin eliminarea timpului necesar prelucrării datelor experimentale se poate insista asupra unor aspecte esențiale ale fenomenelor fizice prezentate, în cazul în care este necesar acest lucru. Totuși, elevii au putut obține informații privitoare la experimentele realizate din disponibilitatea datelor brute, au putut exporta aceste date sub forma unei foi de calcul în vederea unei procesări ulterioare. Profesorii pot integra astfel de experimente în lecții face-to-face ori la distanță, obținând astfel cursuri interactive și totodată creative.

Valorile experimentale obținute pentru accelerația gravitațională a unui obiect în cădere liberă au fost foarte apropiate, în limitele erorilor experimentale, de valoarea teoretică. În acest capitol am prezentat un exemplu de mișcare unidimensională cu amortizare rapidă și unul de mișcare bidimensională cu amortizare lentă în care variabilitatea câmpului magnetic joacă un rol important în studiul mișcării. Am propus o modalitate de a studia oscilațiile pseudoperiodice într-o manieră modernă de colectare a datelor cu un smartphone.

Pornind de la relații matematice teoretice, elevii au putut obține valori ale aceleiași mărimi (accelerația gravitațională) sau să studieze aceleași fenomene (mișcarea oscilatorie) folosind diferiți senzori încorporați ai unui

smartphone: accelerometrul, magnetometrul, senzorul de lumină. Elevii nu numai că au efectuat aceste experimente reale, dar au putut procesa aceste date prin intermediul software-ului Origin. Pe măsură ce elevii se familiarizează cu utilizarea computerelor, tabletelor, telefoanelor mobile, introducerea instrumentelor digitale în școală poate crea condițiile pentru trecerea la un mod de predare bazat pe cercetare prin utilizarea senzorilor integrați.

Folosind telefoane mobile inteligente în timpul orelor de fizică, elevii au efectuat experimente bazate pe anchetă, care au dezvoltat competențe cheie necesare învățării pe tot parcursul vieții: competențe matematice, aptitudini în știință și tehnologie, abilități digitale, învățarea deprinderilor practice, competențe sociale, simțul de inițiativă și antreprenariat. Introducerea smartphone-ului la nivel de liceu în lecțiile de fizică experimentală în studiul fenomenelor mecanice dezvoltă abilități tehnologice și facilitează cunoașterea, creează legături între teorie și viața reală, între cunoștințele formale și informale.

Ca avantaje ale utilizării telefonului mobil în experimente putem menționa faptul că experimentele se pot realiza în ce loc dorește experimentatorul și pot fi repetate. Experimentele pot fi mai simple sau mai complexe după cum dorește profesorul. Cu procesoarele telefoanelor mobile inteligente din ce în ce mai rapide, le putem considera platforme de lucru mobile pe care elevii pot urmări materiale didactice și cu ajutorul cărora își pot realiza propriile experimente. Profesorul modern introduce un mod comprehensiv de abordare a acestei discipline fundamentale, Fizica, stimulând aptitudinile investigativ-cognitive ale subiecților învățării.

Experimentele efectuate au adus și alte avantaje în timpul orelor de laborator la nivel de liceu. Acestea includ: îmbunătățirea interacțiunii elev-profesor și a interacțiunii elev-elev. Utilizarea smartphone-urilor personale pentru măsurători crește atât interesul, cât și motivația elevilor care efectuează experimentul. Smartphone-ul a devenit un instrument educațional eficient. O activitate standard de laborator a devenit fascinantă pentru elevi prin utilizarea propriilor dispozitive și a fost, de asemenea, o noutate. Demo-ul poate fi reprodus cu ușurință deoarece procedura și configurarea nu necesită mult timp.

Noutatea a fost că rezultatele experimentelor, realizate de o singură persoană, care poate fi profesorul sau chiar un elev care poate lucra sub îndrumarea profesorului, pot fi văzute, în timp real, de o clasă de treizeci de elevi datorită aplicației Phyphox. Toții elevii conectați la smartphone-ul persoanei care realizează experimentul își pot descărca datele experimentale pe care ulterior le pot prelucra individual, folosind diferite softuri de vizualizare și prelucrare a datelor științifice. Dezvoltarea tehnică a telefoanelor mobile inteligente ar putea schimba modul de a efectua experimentele în timpul orelor, creând noi modalități de extindere a abilităților de învățare ale elevilor.

Bibliografie:

- [1] T. Georgiev, E. Georgieva, A. Smrikarov (2004). M-Learning - a New Stage of E-Learning, *International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech '2004, IV*, 28-1 – IV, 28-5.
- [2] G.J. Hwang, C.C. Tsai (2011). Research trends in mobile and ubiquitous learning: A review of publications in selected journals from 2001 to 2010, *British Journal of Educational Technology*, **42**(4), E65-E70.
- [3] N. Winters (2007). What is mobile learning, In M. Sharples (Ed.), *Big Issues in Mobile Learning*, University of Nottingham, 4-8.
- [4] R. Kurtz, T.D. de Macedo-Soares, J.B. Ferreira, A.S. de Freitas, J.F. da Silva (2015). Impact factors on attitude and intention to use m-learning: an empirical test, *REAd, Revista Eletrônica de Administração* (Porto Alegre), **21**(1).
- [5] R.A. Ali, M.R.M. Arshad (2018). Empirical Analysis on Factors Impacting on Intention to Use M-learning in Basic Education in Egypt, *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, **19**(2), 253-270.
- [6] C. Coursaris, K. Hassanein (2002). Understanding m-Commerce: A Consumer-Centric Model, *Quarterly Journal of Electronic Commerce*, **3**, 247-272.
- [7] Y. Liu (2011). Solving the Puzzle of Mobile Learning Adoption, *Åbo Akademi University, TUCS Dissertations*, ISBN 978-952-12-2581-9 **134**, 1-30.
- [8] S. Bidin, A.A. Ziden (2013). Adoption and Application of Mobile Learning in the Education Industry, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, **90**, 720-729.
- [9] H.Y. Jeong, B.H. Hong (2013). A practical use of learning system using user preference in ubiquitous computing environment, *Multimedia Tools and Applications*, **64**, 491-504.
- [10] F. Martin, J. Ertzberger (2013). Here and now mobile learning: An experimental study on the use of mobile technology, *Computers & Education*, **68**, 76-85.
- [11] O. Viberg, Å. Grönlund (2013). Cross-cultural analysis of users' attitudes toward the use of mobile devices in second and foreign language learning in higher education: A case from Sweden and China, *Computers & Education*, **69**, 169-180.
- [12] S.S. Liaw, M. Hatala, H.M. Huang (2010). Investigating acceptance toward mobile learning to assist individual knowledge management: Based on activity theory approach, *Computers & Education*, **54**(2), 446-454.
- [13] Y.C. Kuo, A.E. Walker, K.E. Schroder, B.R. Belland (2014). Interaction, Internet self-efficacy, and self-regulated learning as predictors of student satisfaction in online education courses, *The Internet and Higher Education*, **20**, 35-50.
- [14] S.K. Sharma, F.L. Kitchens (2004). Web Services Architecture for M-Learning, *Electronic Journal of e-Learning*, **2**(1), ISSN: EISSN-1479-4403, 203-216.
- [15] B. Götze, H. Heinke, J. Riese, C. Stampfer, S. Kuhlen (2017). Smartphone-Experimente zu harmonischen Pendelschwingungen mit der App phyphox, *Didaktik der Physik*, ISSN 2191-379X.
- [16] <https://phyphox.org/>, accesat 2019.
- [17] R. Carroll, J. Lincoln (2020). Phyphox app in the physics classroom, *The Physics Teacher*, **58**(8), 606.
- [18] S. Staacks, S. Hütz, H. Heinke, C. Stampfer (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments: Phyphox, *Physics Education*, **53**(4), 1-6.
- [19] T. Pierratos, H.M. Polatoglou (2020). Utilizing the Phyphox app for measuring kinematics variables with a smartphone, *Physics Education*, **55**(2).
- [20] C. Stampfer, H. Heinke, S. Staacks (2020). A lab in the pocket, *Nature Reviews Materials*, **5**, 169-170.
- [21] D.C. Davidescu, M. Dafinei, A. Dafinei, S. Antohe (2011). Assessment Instrument MERLIN – MEtal Resistivity Analysis by Linearization, *Romanian Reports in Physics*, **63**(3), 753 – 781.

- [22] N. Korganci, C. Miron, A. Dafinei, S. Antohe (2016). STEM activities to explore high school students' perception of solar energy, *Proceeding in The 12th International Scientific Conference on eLearning and Software for Education (eLSE)*, **3**, 209 – 214.
- [23] M. Oprea, C. Miron (2017). The Study of The Uniform Circular Motion Using the Accelerometer of a Smartphone, *Proceeding in The 12th International Conference on Virtual Learning ICVL*, 441-447.
- [24] M. Khedr, N. El-Sheimy (2017). A Smartphone Step Counter Using IMU and Magnetometer for Navigation and Health Monitoring Applications, *Sensors*, **17**(11), 2573, 1-24.
- [25] M. Sharples, M. Keynes, M. Aristeidou, M. Keynes, E. Villascclaras-Fernández, C. Herodotou, E. Scanlon (2017). The Sense-it App: A Smartphone Toolkit for Citizen Inquiry Learning, *International Journal of Mobile and Blended Learning*, **9**(2), 16-37.
- [26] *Sensor Box for Android - Apps on Google Play*, accesat 2020.
- [27] S. Mau, F. Insulla, E.E. Pickens, Z. Ding, S.C. Dudley (2016). Locating a smartphone's accelerometer, *The Physics Teacher*, **54**(4), 246.
- [28] S. Saprudin, S. Liliyasi, A.S. Prihatmanto, A. Setiawan, S. Viridi, H. Safitri, I. K. Yulina, C. Rochman (2019). Gamified experimental data on physics experiment to measuring the acceleration due to gravity, *Journal of Physics: 6th International Conference on Mathematics, Science, and Education Conference Series*, **1567**, 1-8.
- [29] I.A.D. Astuti (2016). Pengembangan alat eksperimen penentuan percepatan gravitasi bumi berdasarkan teori bidang miring berbasis microcomputer based laboratoy (MBL), *Faktor Exacta*, **9**(2), 114-118, ISSN 2502-339X.
- [30] D.N. Afifah, D. Yulianawati, N. Agustina, R.D.S. Lestari, M.G. Nugraha (2015). Metode Sederhana Menentukan Percepatan Gravitasi Bumi Menggunakan Aplikasi Tracker Pada Gerak Parabola Sebagai Media dalam Pembelajaran Fisika Sma, *Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains*, Bandung, Indonesia, 305-308, ISBN: 978-602-19655-8-0.
- [31] R.D. Septianto, D. Suhendra, F. Iskandar (2016). Utilisation of the magnetic sensor in a smartphone for facile magnetostatics experiment: Magnetic field due to electrical current in straight and loop wires, *Physics Education*, **52**(1), 015015.
- [32] B. Setiawan, R.D. Septianto, D. Suhendra, F. Iskandar (2017). Measurement of 3-axis magnetic fields induced by current wires using a smartphone in magnetostatics experiments, *Physics Education*, **52**(6), 065011.
- [33] E. Arabasi, H. Al-Taani (2016). Measuring the Earth's magnetic field dip angle using a smartphone-aided setup: a simple experiment for introductory physics laboratories, *European Journal of Physics*, **38**(2), 025201.
- [34] E. Arribas Garde, I. Escobar García, C.P. Suárez, A. Nájera López, A. Beléndez (2015). Measurement of the magnetic field of small magnets with a smartphone: a very economical laboratory practice for introductory physics courses, *Euro-pean Journal of Physics*, **36**(6), 1-12.
- [35] C. Barthold, K.P. Subbu, R. Dantu (2011). Evaluation of Gyroscope-embedded Mobile Phones, *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, Anchorage, AK, USA, 1632-1638.
- [36] R. Pörn, M. Braskén (2016). Interactive modeling activities in the classroom - rotational motion and smartphone gyroscopes, *Physics Education*, **51**(6), 065021.
- [37] M. Patrinoopoulos, C. Kefalis (2015). Angular velocity direct measurement and moment of inertia calculation of a rigid body using a smartphone, *The Physics Teacher*, **53**(9), 564.
- [38] M. Monteiro, C. Cabeza, A.C. Martí, P. Vogt, J. Kuhn (2014). Angular velocity and centripetal acceleration relationship, *The Physics Teacher*, **52**(5), 312.
- [39] M. Monteiro, C. Cabeza, A.C. Martí (2014). Exploring phase space using smartphone acceleration and rotation sensors simultaneously, *European Journal of Physics*, **35**(4), 045013, 1-9.

- [40] V.L.B. de Jesus, C.A.C. Pérez, A.L. de Oliveira, D.G.G. Sasaki (2018). Understanding the gyroscope sensor: a quick guide to teaching rotation movements using a smartphone, *Physics Education*, **54**(1), 015003.
- [41] M. Monteiro, C. Cabeza, A.C. Martí (2014). Rotational energy in a physical pendulum, *The Physics Teacher*, **52**(3), 180-181.
- [42] M. Monteiro, C. Cabeza, A.C. Martí (2015). Acceleration measurements using smartphone sensors: Dealing with the equivalence principle, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, **37**(1), 1303-1+1303-6.
- [43] B.S. Hosker (2017). Demonstrating principles of spectrophotometry by constructing a simple, low-cost, functional spectrophotometer utilizing the light sensor on a smartphone, *Journal of Chemical Education*, **95**(1), 178-181.
- [44] S. Kapucu (2017). Finding the average speed of a light-emitting toy car with a smartphone light sensor, IOP Publishing Ltd, *Physics Education*, **52**(4), 045001.
- [45] U. Pili, R. Violanda (2018). A simple pendulum-based measurement of g with a smartphone light sensor, IOP Publishing Ltd, *Physics Education*, **53**(4), 043001.
- [46] I. Hussain, M. Das, K.U. Ahamad, P. Nath (2017). Water salinity detection using a smartphone, Science direct, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 239, 1042-1050.
- [47] J.W. Judy (2001). Microelectromechanical systems (MEMS): fabrication, design and applications, *Smart Materials and Structures*, **10**(6), 1115-1134.
- [48] C.G. Bostan, N. Dina, M. Bulgariu, S. Craciun, M. Dafinei, C. Chitu, I. Staicu, S. Antohe (2011). Teaching/learning photovoltaic effect in high school, *Romanian Reports in Physics*, **63**(2), 543 – 556.
- [49] V. Stefanescu, E.S. Barna, Gh. Tomsa (2017). Tools for scientific thinking-virtual laboratory for teaching physics, *Romanian Reports in Physics*, **69**, 902.
- [50] M. Dolineanu, T.O. Cheche (2019). Dynamics of the pulsejet engine in vertical motion with linear drag, *Romanian Reports in Physics*, **71**(3), 903.
- [51] D. Pantazi, S. Dinu, S. Voinea (2019). The smart aquaponics greenhouse – an interdisciplinary educational laboratory, *Romanian Reports in Physics*, **71**, 902.
- [52] S. Dinu, B. Dobrica, S. Voinea (2019). Educational laboratory system based on electrochemical devices, *Romanian Reports in Physics*, **71**, 905.
- [53] C. Kuncser, A. Kuncser, G. Maftai, S. Antohe (2012). Computer assisted methods in teaching basics of magnetism at high school level, *Romanian Reports in Physics*, **64**(4), 1119 – 1130.
- [54] F. Iofciu, C. Miron, M. Dafinei, A. Dafinei, S. Antohe (2012). Murphy – multimedia tool for advanced physics concept approach: giant magnetoresistance (GMR), *Romanian Reports in Physics*, **64**(3), 841 – 852.
- [55] D. Marciuc, C. Miron (2018). Understanding multiple reflections in two plane mirrors by building computer simulations, *Romanian Reports in Physics*, **70**, 902.
- [56] M. Oprea, C. Miron (2016). Didactic experiments for determining the speed of sound in the air, *Romanian Reports in Physics*, **68**(4), 1621-1639.
- [57] M. Osorio, C.J. Pereyra, D.L. Gau, A. Laguarda (2018). Measuring and characterizing beat phenomena with a smartphone, *European Journal of Physics*, **39**(2).
- [58] P. Vogt, J. Kuhn, S. Müller (2011). Experiments Using Cell Phones in Physics Classroom Education: The Computer-Aided g Determination, *The Physics Teacher*, **49**, 383.
- [59] U. Hänslér, S. Schlunk, Z. Schulze (2014). (eds), *iStage 2 - Smartphones in Science Teaching, Science on Stage Deutschland e.V., Berlin, Germany*, ISBN 978-3-942525-28-5.
- [60] K. Malisorn, S. Wicharn, S. Plaipichit, C. Pipatpanukul, N. Hounkamhang, C. Puttharugsa (2019). Demonstration of light absorption and light scattering using smartphones, *Physics Education*, **55**(1), 015012.
- [61] M. Colt, C. Sebe (2019). Smartphone used in physics experiments, In Proceedings of *The 14th International Conference on Virtual Learning ICVL*, Bucharest, ISSN 1844 - 8933, 524-530.
- [62] A. Hristev (1984). *Mecanică și Acustică*, Editura Didactică și Pedagogică București.

- [63] **M. Colt**, C. Radu, O. Toma, C. Miron, V.A. Antohe (2020). Integrating smartphone and hands-on activities to real experiments in physics, *Romanian Reports in Physics*, **72**(4), 905.
- [64] M. Oprea, C. Miron (2014). Mobile Phones in The Modern Teaching of Physics, *Romanian Reports in Physics*, **66**(4), 1236–1252.
- [65] M. Oprea (2016). The Study of the Kinematic Parameters of a Vehicle Using the Accelerometer of a Smartphone, In *Proceedings of The 11th International Conference on Virtual Learning ICVL*, Bucharest, 358-365.
- [66] L. Viennot, C. de Hosson (2015). From a Subtractive to Multiplicative Approach: A concept-driven interactive pathway on the selective absorption of light, *International Journal of Science Education*, **37**(1), 1 – 30.
- [67] C. Kuncser, A. Kuncser, S. Antohe (2012). Learning by scientific and experimental reasoning: practical prominence of errors and their elimination in total interference contrast microscopy, *Romanian Reports in Physics*, **64**(1), 143-154.
- [68] L. Kocsis, P. Herman, A. Eke (2006). The modified Beer–Lambert law revisited, *Physics in Medicine & Biology*, **51**(5), N91-N98.
- [69] T.S. Kuntzleman, E.C. Jacobson (2016). Teaching Beer’s Law and Absorption Spectrophotometry with a Smart Phone: A Substantially Simplified Protocol, *Journal of Chemical Education*, **93**(7), 1249 – 1252.
- [70] G.S.K. Wong (1986). Speed of sound in standard air, *The Journal of the Acoustical Society of America*, **79**(5), 1359.
- [71] **M. Colt**, M. Popescu, F.L. Dragomir (2021). Current experimental methods in physics using the smartphone sensors, In *Proceedings of The 16th International Conference on Virtual Learning ICVL, Bucharest*, 233-242.
- [72] L.E. Kinsler, A.R. Frey, A.B. Coppens, J.V. Sanders (1982). *Fundamentals of Acoustics*, Third Edition, Wiley, New York, ISBN: 978-0-471-84789-2.
- [73] M.J. Crocker (1998). *Handbook of Acoustics*, A-Wiley Interscience Publication, ISBN-13: 978-0471252931.
- [74] M. Ceccarelli (2000). Screw axis defined by Giulio Mozzi in 1763 and early studies on helicoidal motion, *Mechanism and Machine Theory*, **35**(6), 761-770.
- [75] B. Palais, R. Palais (2012). Chasles’s fixed point theorem for Euclidian motions, *Journal of Fixed Point Theory and Applications*, **12**, 27-34.
- [76] B. Palais, R. Palais, S. Rodi (2017). A Disorienting Look at Euler’s Theorem on the axis of a Rotation, *The American Mathematical Monthly*, **116**(10), 892-909.
- [77] **M. Colt**, M. Popescu, F.L. Dragomir (2021). Freeware Applications in Experimental Physics at the High School Level, In *Proceedings of The 16th International Conference on Virtual Learning ICVL, Bucharest*, 243-252.
- [78] G.P. Tolstov (2012). *Fourier Series*, Dover Publication, Ink, New York, ISBN 13:978-0-486-63317-6.
- [79] Ultimate EMF Detector Free (Real data) - Apps on Google Play, accesat 2021.
- [80] M. Roșculeț (1984). *Analiză matematică*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- [81] **M. Colt**, F. Dragomir (2021). Interdisciplinary study of pseudo-periodic harmonic oscillations by using a builtin smartphone accelerometer, *TIM 20-21 Physics Conference Session Matrix*.
- [82] **M. Colt**, V. Barna (2022). M-learning in the study of quantities characteristic of pseudo-periodic oscillating motion, Annual Scientific Conference, Program and abstracts, Editura Granada, ISSN 1843- 6838.
- [83] D. Huang, P. Yang, X. Tang, L. Luo, B. Sunden (2021). Application of infrared radiation in the drying of food products, *Trends in Food Science & Technology*, **110**, 765-777.
- [84] M. Shoaib, H. Scholten, P.J.M. Havinga (2013). Towards Physical Activity Recognition Using Smartphone Sensors, *IEEE 10th International Conference on Autonomic & Trusted Computing*, 80-87.

- [85] R. Spreitzer (2014). PIN Skimming: Exploiting the Ambient-Light Sensor in Mobile Devices, In *Proceedings of The 4th ACM Workshop on Security and Privacy in Smartphones & Mobile Devices*, 51–62.
- [86] [Calitate Aer | Acasă](#), accesat 2022.
- [87] **M. Colt**, F.L. Dragomir, V. Barna (2022). Smart physics experiments by means of smartphone built-in magnetic and ambient light sensors, In *Proceedings of The 18th eLSE International, Scientific Conference, eLearning and Software for Education*, online session.

CAPITOLUL V Abordarea structurată a studiului interdisciplinar al Fizicii prin hărți conceptuale interactive

5.1 Constructivismul ca paradigmă a învățării

Mediile constructiviste oferă multiple reprezentări ale realității, reprezintă complexitatea lumii vii, evitând simplificarea excesivă, încurajează reflecția critică asupra experienței, permite construirea în colaborare a cunoștințelor în medii de învățare naturale și bazate pe cazuri concrete [1,2]. Așa numita „învățare experiențială” are o abordare apreciabilă în cadrul educației adultului în Europa, Australia și America de Nord [3-5]. Termenul a fost utilizat ca bază pentru formularea unei teorii a învățării organizaționale [6]. Cunoștințele învățate mecanic nu pot fi utilizate nici în teorie, nici în practică. Seriozitatea asimilării este garantată doar de posibilitatea utilizării cunoștințelor atât pe plan teoretic cât și practic [7]. Un mediu constructivist este incluziv, interactiv și receptiv și presupune un dialog continuu între elevi și profesori [8].

5.2 Hărțile conceptuale – de la apariție, evoluție și utilizare în scop educațional

Novak consideră esențială formarea legăturilor între concepte în cadrul unui proces de învățare. Ca instrumente de cercetare educațională hărțile conceptuale au fost folosite ca instrumente de analiză a datelor în anul 1972 [9-11].

Importanța cunoștințelor anterioare de care elevii dispun i-a inspirat pe Novak și Gowin (1984) să introducă alternative de predare printre care și hărțile conceptuale. Ei au observat că realizarea hărților conceptuale constituie o activitate creativă, în care elevul depune eforturi susținute în clarificarea semnificațiilor conceptelor dintr-un anumit domeniu [11]. Acestea constituie un instrument pedagogic care permite elevilor să construiască o reprezentare vizuală a înțelegerii legăturilor dintre concepte [12,13]. Începând cu anul 2000, Edmondson spune că hărțile conceptuale au fost utilizate pe scară largă pentru o predare eficientă. Harta nu era utilă numai în prezentarea aspectelor calitative ale învățării, ci putea fi folosită și ca instrument de evaluare [14]. O sinteză a literaturii de educație științifică ce ține de predarea și învățarea eficientă a relevat faptul că inițiativele de îmbunătățire a statutului de educație științifică câștigă teren la toate nivelurile de școlarizare [15-20].

O hartă oferă o lectură extensibilă și focalizată. Conceptele sunt conținute într-o imagine geometrică și sunt legate prin linii, care indică o relație între ele prin cuvinte de legătură. Conexiunile sunt realizate de linii și săgeți, dar și de cuvinte de legătură care sunt foarte importante pentru înțelegerea hărții.

Conceptele sunt considerate ca fiind elemente principale de gândire și învățare și se află întotdeauna în interiorul unor cadre [21].

5.2.1 Pași în elaborarea unei hărți conceptuale

Au fost descrise fazele elaborării unei hărți conceptuale: de brainstorming, de organizare și de așezare în pagină, obținându-se o hartă conceptuală preliminară, urmate de faza a patra, cea de legătură, care stabilește relațiile între concepte [22].

5.2.2 Caracteristici ale hărților conceptuale

Sunt prezentate caracteristicile hărților conceptuale, fiind descrise fundamentele psihologice care stau la baza construirii unui astfel de instrument, orice disciplină pretându-se predării, învățării, evaluării sub această formă [23].

5.2.3 Modele de hărți conceptuale

Literatura de specialitate grupează hărțile conceptuale în câteva categorii, clasificate după forma de redare a informațiilor [24-29].

5.2.4 Funcții ale hărților conceptuale

Sunt prezentate cele trei funcții îndeplinite de hărțile conceptuale și anume faptul că pot fi folosite ca instrument de predare-învățare, ca instrument de evaluare sau ca instrument curricular [28].

5.2.5 Avantaje versus dezavantaje ale integrării hărților conceptuale în demersul didactic

Avantajelor introducerii la clasă a hărților conceptuale le sunt dedicate spații largi în literatura de specialitate [24,25]. Au fost menționate multiplele avantaje ale introducerii hărților conceptuale în procesul didactic și câteva dezavantaje.

5.2.6 Modele și animații 3D introduse în hărțile conceptuale

Modelul 3D devine un instrument promițător în mediul educațional care poate să ofere elevilor experiențe vizuale interactive ce conduc către o înțelegere profundă a unor fenomene complexe [30,31]. În predarea și învățarea fizicii integrarea unor tehnici de animație 3D creează un mediu imersiv prin care elevii pot să dezvolte abilități de gândire la un nivel superior. Prin adăugarea unui design eficient al sunetului pot fi concepute narațiuni care, introduse la momentul potrivit

în lecții, pot inspira elevii motivați de sete de cunoaștere. Al treilea tip este cel care conține teste prin care elevii sunt evaluați referitor conținutul vizualizat [32].

5.3 Hărți conceptuale interactive pe teme interdisciplinare

Pentru obținerea hărților conceptuale interactive din acest capitol am folosit programul conceput de „Institute for Human & Machine Cognition” numit IHMC CMap Tools și programul SMART Ideas 5 [23]. Sunt prezentate în continuare câteva hărți conceptuale interactive, pe teme interdisciplinare, contribuția proprie la dezvoltarea temei de cercetare. Pentru fiecare hartă am făcut o descriere a elementelor componente.

5.3.1 Studiul influenței poluării asupra calității aerului în orașul Ploiești și în zona limitrofă, folosind SMART Ideas software

Harta conceptuală „Studiul influenței poluării asupra calității aerului în orașul Ploiești și în zona limitrofă” am realizat-o deoarece un număr foarte mare de elevi ai Colegiului Național „I.L. Caragiale” din Ploiești locuiesc în oraș sau în zona limitrofă a orașului iar Ploieștiul este înconjurat de rafinării – principalii poluatori atmosferici. Rezultatele cercetării au fost prezentate sub forma primului nivel al unei hărți conceptuale.

Am încercat promovarea unei învățări active și conștiente în investigația științifică în domeniul meteorologiei, ordonând informațiile despre parametri meteorologici mășurați de către senzorii stației și descoperind influența radiației asupra unei surse curate de energie – panoul solar.

Elevii au concluzionat faptul că poluarea este o problemă și la nivel local, nu numai european și internațional. Pentru elaborarea hărții conceptuale s-au abordat interdisciplinar conținuturi de tehnologia informației, fizică și matematică.

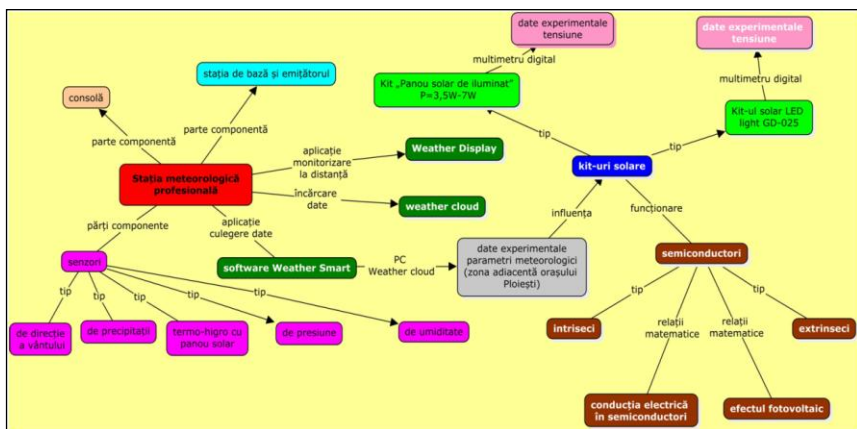


Figura 5.2: Harta conceptuală de nivel 2: stația meteorologică și influența parametrilor meteorologici asupra unor kit-uri solare [33]

Ecuția de continuitate, ce apare în harta conceptuală de nivel 1, este valabilă și în cazul circulației sângelui prin vasele de sânge.

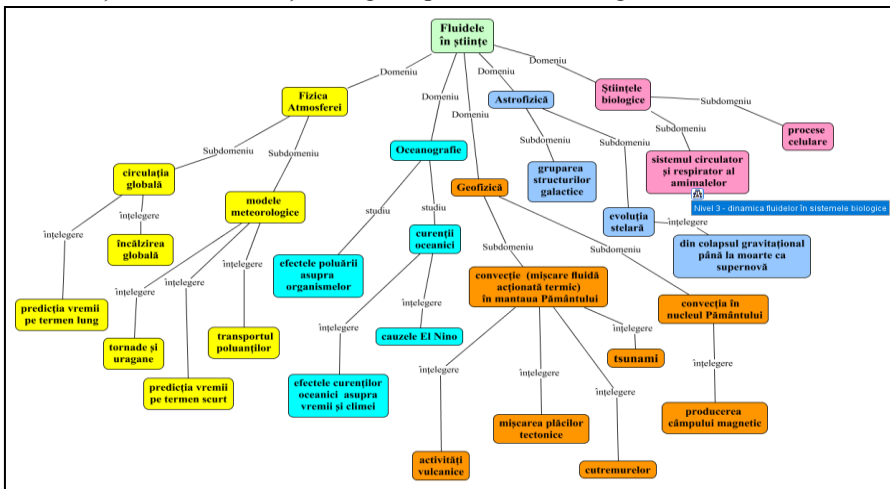


Figura 5.4: Harta conceptuală de nivel 2; fluidele în științe [35]

În aortă viteza sângelui este cuprinsă între 20 cm/s și 40 cm/s, în vena cavă superioară între 6 cm/s și 14 cm/s iar în capilare între 0,5-1 mm/s [36,37].

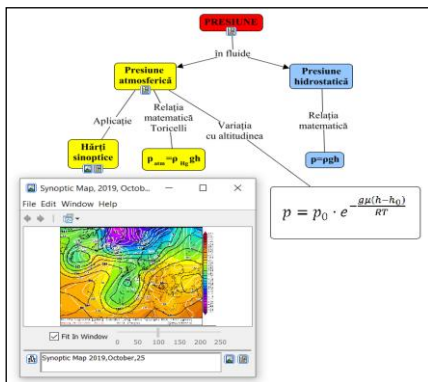


Figura 5.5: Conceptul de presiune și aplicațiile lui în fizica atmosferei; harta sinoptică și formula barometrică [35]

Valorile obținute, situate în interiorul acestor intervale, sunt prezentate în harta conceptuală de nivel 3, din figura 5.7.

Cum fluidele se regăsesc oriunde, de la nivel microscopic la nivel macroscopic, s-a cerut elevilor să găsească aplicații ale dinamicii fluidelor, aplicații ce se regăsesc în harta conceptuală de nivel 2 din figura 5.4.

Nu în ultimul rând, dinamica fluidelor se regăsește în procesele celulare și în sistemele respirator, respectiv circulator al organismelor. În Microsoft Office Power Point 365 s-a introdus un hyperlink către o animație 3D a inimii, modelele și animațiile 3D fiind preluate de pe platforma de creare lecții interactive digitale Mozabook. Modul de inserare a modelului 3D este prezentat în figura 5.6.

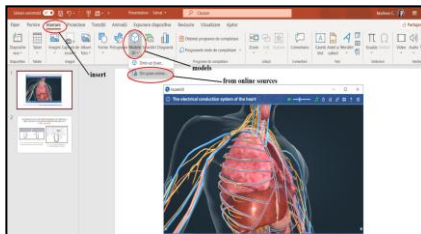


Figura 5.6: Inserarea animației 3D în Microsoft Office Power Point 365 din Mozabook [35]

Pentru vizualizarea animației 3D pe calculator trebuie instalat programul m3dviewer, care poate fi folosit atât pe Windows 10 cât și pe Android. Acest program permite vizualizarea cu ușurință de modele și animații 3D în timp real. Acestea pot fi și partajate [38].

Prima aplicație a presupus calculul vitezei de curgere a sângelui. Știind că debitul volumic al sângelui prin aortă și valoarea razei aortei, am putut calcula viteza medie de curgere a sângelui prin aortă.

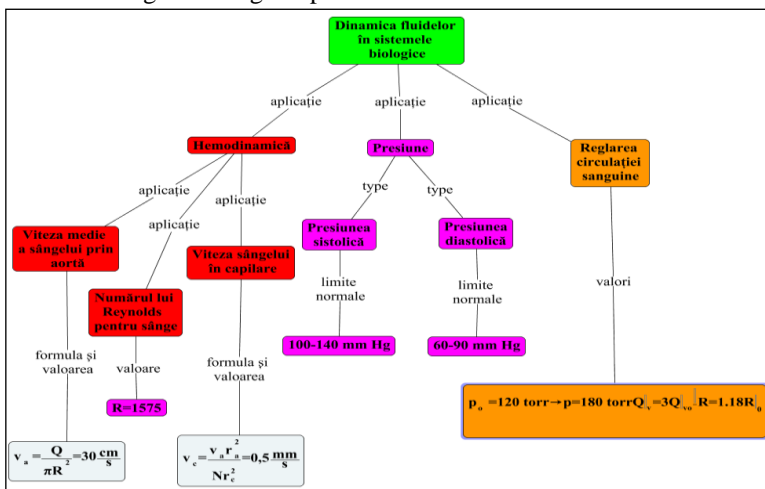


Figura 5.7: Al treilea nivel al hărții conceptuale; dinamica fluidelor aplicată sistemelor biologice [35]

Printr-o a doua aplicație s-a putut estima valoarea numărului lui Reynolds pentru curgerea sângelui prin aortă, ținând cont de densitatea sângelui, de raza aortei, de viteza sângelui și coeficientul de vâscozitate. Elevii au ajuns la următoarea concluzie: curgerea sângelui prin aortă este una laminară,

În harta conceptuală de nivel 1 se pot observa atât părțile componente ale sistemului nervos central și ale sistemului nervos periferic, cu subdiviziunile sale, prezentate tot în figura 5.13. Neuronul, din harta conceptuală de nivel 1, are atașată harta conceptuală interactivă de nivel 2, care prezintă valori ale unor mărimi fizice ce țin de electrostatica și electrocinetica membranei celulei nervoase.

Harta conceptuală de nivel doi, din figura 5.14 prezintă structura celulei nervoase prin intermediul unui model 3D din stocul propriu al Microsoft Office Power Point 365, model căruia profesorul îi poate adăuga orice informații dorește. În aceeași hartă se observă transmiterea semnalelor electrice cu ajutorul unui videoclip online de pe Youtube și transmiterea sinaptică, de natură electrică, a impulsurilor nervoase printr-o animație 3D de pe site-ul de resurse educaționale Mozaweb. Pe lângă conexiunile de natură chimică, există și conexiuni de natură electrică. Transmiterea sinaptică oferă elevilor informații despre transmiterea de natură electrică a impulsurilor care se formează în interiorul celulei nervoase de-a lungul axonului prezentat în animația 3D către butonul terminal care se observă în figura 5.15.

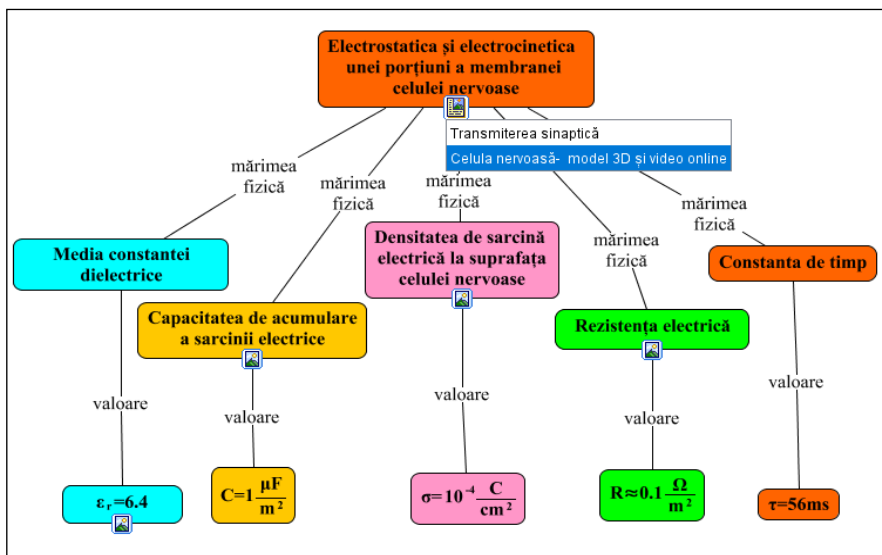


Figura 5.14: Al doilea nivel al hărții conceptuale: electrostatica și electrocinetica membranei celulei nervoase [44]

Proprietățile electrice ale axonului (figura 5.15) contribuie la capacitatea de transmitere a mesajelor [45]. În lungul membranei axonului apare un dublu strat electric polarizat [46-48]. Membrana celulei nervoase este echivalentă cu trei condensatoare conectate în serie, după cum se vede în figura 5.15.

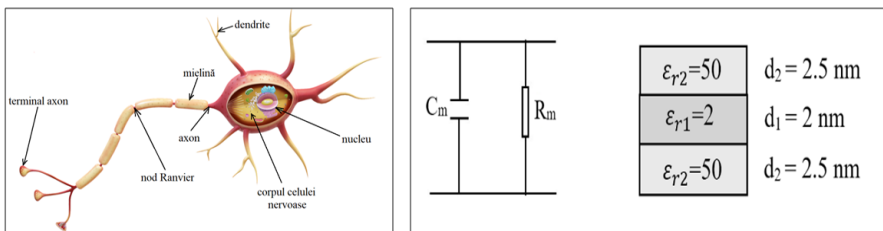


Figura 5.15: Structura celulei nervoase - model 3D adaptat din biblioteca proprie a Microsoft Office Power Point 365(stânga); membrana unei celule nervoase – schema echivalentă (dreapta)[44]

5.4 Concluzii

Ca urmare a strategiei naționale privind Agenda digitală pentru România 2020 și în contextul integrării Tehnologiei informației și a comunicațiilor în curriculum-ul școlar am considerat că introducerea strategiei hărților conceptuale în lecții este benefică pentru elevi. Aceștia au putut lucra atât în echipă, la școală, cât și independent, acasă, iar în cazul în care au dorit să comunice rezultatul efortului lor au putut folosi software-ul CmapTools, prin intermediul serverelor furnizate de IHMC în mod gratuit, având astfel posibilitatea de a face hărțile disponibile pentru oricine [49]. Instrumentele interactive au putut fi utilizate în procesul de predare, învățare și evaluare.

Din perspectivă educațională, un număr tot mai mare de cercetători în domeniu au indicat faptul că utilizarea hărților conceptuale poate facilita semnificativ învățarea [49]. Introducerea imaginilor a devenit parte integrantă a hărților conceptuale, atât pentru furnizarea de noi informații, cât și pentru a adăuga un interes vizual hărților. Se pot integra în web 2.0 sau multimedia [50].

Interacțiunea cu obiectele 3D a oferit posibilitatea de a învăța fizică și anatomie în același timp prin intermediul tehnologiei informației. Aplicarea tehnicilor de vizualizare a facilitat integrarea informațiilor în lecții, m-au ajutat în îmbunătățirea semnificativă a metodelor de predare prin utilizarea și comunicarea diferitelor resurse educaționale. Pentru mulți profesori, predarea este considerată o rutină și este foarte dificil pentru ei să-și manifeste creativitatea prin predare. Când hărțile conceptuale sunt integrate în mod semnificativ și sistematic în predare, eficacitatea este mai bună în comparație cu modurile obișnuite de predare. Cum este destul de dificil de întreținut concentrarea elevilor de liceu de-a lungul unei ore este importantă utilizarea calculatorului în timpul activităților didactice. Tehnologia determină modificări majore dacă este folosită în sala de clasă [51,52]. O rezolvare a problemelor de concentrare a elevilor presupune o manieră diferită de predare a fizicii folosind organizatori grafici. Hărțile conceptuale s-au dovedit a fi mijloace de captare și partajare a cunoștințelor [53], iar construirea lor implică logică, elevul fiind pus în situația de a găsi legăturile între concepte.

Bibliografie:

- [1] C.T. Fosnot, R.S. Perry (2005). *Constructivism: A Psychological Theory of Learning, Constructivism: Theory, Perspectives, and Practice* (Second Edition), Teachers College, Columbia University, Danvers, USA, ISBN 0-8077-4570-0.
- [2] M. Kearney, D.F. Treagust (2001). Constructivism as a referent in the design and development of a computer program using interactive digital video to enhance learning in physics, *Australian Journal of Educational Technology*, **17**(1), 64-79.
- [3] D. Boud, R. Keogh, D. Walker (1985). *Reflection: turning experience into learning*, London and New York, 7-17, ISBN 0-85038-864-3.
- [4] S.W. Weil, I. McGill (1989). *Making sense of experiential learning: Diversity in theory and practice*, Milton Keynes, Open University Press.
- [5] D. Boud, N. Miller (1996). *Working with experience. Animating learning*, London and New York: Routledge, ISBN 0-203-43906-6.
- [6] N.C. Dixon (1994). *The organizational learning cycle. How we can learn collectively*, 2nd Edition, London: McGraw-Hill Book Company, ISBN 9781315554945.
- [7] E. Von Glasersfeld, S. Joshua (1995). *Radical constructivism. A Way of Knowing and Learning*, ISBN 0 7507 0572 9, Graphicraft Typesetters Ltd. Hong Kong, 192-195.
- [8] R. Aitken, L. Deaker (2008). Creating the conditions for constructivist learning, 33rd *International Conference on Improving University Teaching Transforming Higher Education Teaching and Learning in the 21st Century*, July 29- August 1, Glasgow, Scotland.
- [9] D.P. Ausubel (1968). *Educational psychology: A cognitive view*, New York: Hoet, Rinehart & Winston.
- [10] J.D. Novak, A.J. Cañas (2006). The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct them, *Technical Report IHMC CmapTools 2006-1*, Florida Institute for Human and Machine Cognition, Pensacola.
- [11] J.D. Novak, D.B. Gowin (1984). *Learning how to learn*, Cambridge University Press New York, USA, ISBN 0 521 31926 9.
- [12] J.D. Novak (1990). Concept maps and Vee diagrams: Two metacognitive tools to facilitate meaningful learning, *Instructional Science*, **19**, 29-52.
- [13] C. Miron, I. Stoica, S. Moraru (2011). Concept maps, a must for the modern teaching-learning process, *Romanian Reports in Physics*, **63**(2), 567-576.
- [14] K.M. Edmondson (2000). Assessing science understanding through concept maps. In J.J. Mintzes, J.H. Wandersee and J.D. Novak (Eds) *Assessing science understanding: a human constructivist view*, Academic Press, San Diego.
- [15] J. Gurlitt, A. Renkl (2010). Prior knowledge activation: How different concept mapping tasks lead to substantial differences in cognitive processes, learning outcomes, and perceived self-efficacy, *Instructional Science*, **38** (4), 417-433.
- [16] K.H. Tseng, C.C. Chang, S.J. Lou, Y. Tan, C.J. Chiu (2012). How Concept-mapping Perception Navigates Student Knowledge Transfer Performance, *Educational Technology & Society*, **15**(1), 102-115.
- [17] J.C. Nesbit, O.O. Adesope (2013). Concept Maps for Learning: Theory, Research, and Design, *Learning Through Visual Displays*, Eds. I. Schraw, J. Gregory, M.T. McCrudden, and D. Robinson, Charlotte, NC: Information Age Publishing, North Carolina, 303-328.
- [18] A.J. Cañas, G. Hill, R. Carff, N. Suri, J. Lott, T. Eskridge, G. Gómez, M. Arroyo, R. Carvajal (2004). CmapTools: A Knowledge Modeling and Sharing Environment, *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology*, In *Proceedings of The First International Conference on Concept Mapping*, Pamplona, Spain.
- [19] M. Åhlberg (2004). Varieties of concept mapping, *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology*, In *Proceedings of The First International Conference on Concept Mapping*, Pamplona, Spain.

- [20] L. Giombini, A.J. Cañas, J.D. Novak, F.M. González (2004). From thought to conceptual maps: cmaptools as a writing system, In *Proceedings of The First International Conference on Concept Mapping*, Pamplona, Spain.
- [21] K. Osman, Wahidin, S.M. Meerah (2013). Concept mapping in chemistry lessons: tools for inculcating thinking skills in chemistry learning, *Journal of Baltic Science Education*, **12**(5), ISSN 1648-3898, 666-681.
- [22] B.A. Leaby, P. Brazina (1998). Concept mapping: potential uses in accounting education, *Journal of Accounting Education*, **16**(1), 123-138.
- [23] J.D. Novak, A.J. Canas (2008). The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use them, *Technical Report IHMC CmapTools*, Florida Institute for Human and Machine Cognition. On-Line available: <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>
- [24] M.J. Eppler (2006). A Comparison between Concept Maps, Mind Maps, Conceptual Diagrams, and Visual Metaphors as Complementary Tools for Knowledge Construction and Sharing, *Information Visualization*, **5**(3), 202-210.
- [25] J.C. Nesbit, O.O. Adesope (2006). Learning With Concept and Knowledge Maps: A Meta-Analysis, *Review of Educational Research*, **76**(3), 413- 448.
- [26] C.L. Oprea (2009). *Strategii Didactice Interactive*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- [27] E. Joita (2007). *Formarea pedagogică a profesorului. Instrumente de învățare cognitiv-constructivistă*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- [28] B. Gravel, N. Lebrun (1997). La carte conceptuelle, Outil d'enseignement et d'évaluation en sciences humaines, *Traces*, **35**(3), 14-17.
- [29] F. Safayeni, N. Derbentseva, A.J. Cañas (2005). Concept Maps: A Theoretical Note on Concepts and the Need for Cyclic Concept Maps, *Journal of Research in Science Teaching*, **42**(7), 741-766.
- [30] T. Funkhouser, P. Min, M. Kazhdan, J. Chen, A. Halderman, D. Dobkin, D. Jacobs (2003). A search engine for 3D models, *ACM Transaction on Graphics*, **22**(1), 83-105.
- [31] T. Huk (2006). Who benefits from learning with 3D models? The case of spatial ability, *Journal of Computer Assisted Learning*, **22**(6), 392-404.
- [32] L. Xiao (2013). Animation Trends in Education, *International Journal of Information and Education Technology*, **3**(3), 286-289.
- [33] **M. Colt**, D. Stoica (2019). The study of the influence of pollution on air quality inside Ploiesti city and in the neighboring area using SMART Ideas software, *Annual Scientific Conference Program and Abstracts*, Editura Granada, ISSN 1843-6838.
- [34] J.M. McDonough (2009). *Lectures in elementary fluid dynamics. Physics, Mathematics and Applications*, University of Kentucky, Lexington.
- [35] **M. Colt**, D. Stoica (2020). Interdisciplinary study of fluid dynamics using interactive conceptual maps, In *Proceedings of The 15th International Conference on Virtual Learning*, Bucharest, România, 460-466.
- [36] D.A. McDonald (1952). The velocity of blood flow in the rabbit aorta studied with high-speed cinematography, *The Journal of Physiology*, **118**(3), 328-339.
- [37] J.J. Rohr, E.W. Hendricks, L. Quigley, F.E. Fish, J.W. Gilpatrick, J. Scardina-Ludwig (1998). *Observations of Dolphin Swimming Speed and Strouhal Number*, Space and Naval Warfare Systems Center San Diego, CA 92143-500.
- [38] <https://www.microsoft.com/en-us/p/3d-viewer>, accesat 2020.
- [39] A.C. Flint, C. Conell, X. Ren, N.M. Banki, S.L. Chan, V.A. Rao, R.B. Melles (2019). Effect of Systolic and Diastolic Blood Pressure on Cardiovascular Outcomes, *The New England Journal of Medicine*, **381**, 243-251.
- [40] B.B. Aaron, J.M. Gosline (1981). Elastin as a random-network elastomer: A mechanical and optical analysis of single elastin fibers, *Biopolymers*, **20**(6), 1247-1260.

- [41] A.J. Bank, H. Wang, J.E. Holte, K. Mullen, R. Shamma, S.H. Kubo (1996). Contribution of Collagen, Elastin, and Smooth Muscle to In Vivo Human Brachial Artery Wall Stress and Elastic Modulus, *Circulation*, **94**(12), 3263–3270.
- [42] A. Hadzic, J.D. Vloka, R.E. Claudio, N. Hadzic, D.M. Thys, A.C. Santos (2004). Electrical Nerve Localization: Effects of Cutaneous Electrode Placement and Duration of the Stimulus on Motor Response, *Anesthesiology*, **100**, 1526–1530.
- [43] J.K. Mai, G. Paxinos (2012). *The human nervous system*, Academic Press in an imprint of Elsevier, London, ISBN 978-0-12-374236-0.
- [44] M. Colt, F.L. Dragomir (2021). Interdisciplinary Teaching of Nerve Cell Electrostatics And Electrokinetics Using Interactive Conceptual Maps, In *Proceedings of The eLSE International, Scientific Conference, eLearning and Software for Education*, volume 2, online edition, 446-453.
- [45] P. Davidovits (2018). *Physics in Biology and Medicine*, Fifth Edition, Academic Press, London.
- [46] G. Enescu (1984). *Omul sistem biofizic*, Editura Albatros, București.
- [47] J.V. Halliwell, P.R. Adams (1982). Voltage-clamp analysis of muscarinic excitation in hippocampal neurons, *Brain Research*, **250**(1), 71-92.
- [48] R.K. Hobbie, B.J. Roth (2007). *Intermediate Physics for Medicine and Biology, Fourth Edition*, Springer, ISBN-13:978-0-387-30942-2.
- [49] IHMC CmapTools (2004). The Web site of CmapTools of the Institute for Human and Machine Cognition, <http://cmap.ihmc.us/>, accesat 2020.
- [50] J.W. Coffey, M.J. Carnot, P. Feltovich, J. Feltovich, R.R. Hoffman, A.J. Cañas, J.D. Novak (2003). A Summary of Literature Pertaining to the Use of Concept Mapping Techniques and Technologies for Education and Performance Support, *Technical Report submitted to the US Navy Chief of Naval Education and Training*, Pensacola FL, Institute for Human and Machine Cognition.
- [51] F. Iofciu, C. Miron, S. Antohe (2010). Interactive Conceptual Maps Part of Constructivist Environment for Advanced Physics, In *Proceedings of The 5th International Conference on Virtual Learning*, Târgu-Mureș, 95-100.
- [52] J.D. Bransford, A.L. Brown, R.R. Cocking (Eds.) (1999). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*, National Academy Press, Washington, D.C., USA.
- [53] J.W. Coffey, R.R. Hoffman, A.J. Cañas, K.M. Ford (2002). A Concept-Map Based Knowledge Modeling Approach to Expert Knowledge Sharing, In *Proceedings of The IASTED International Conference on Information and Knowledge Sharing*.

CONCLUZII GENERALE

Lucrarea a avut rolul de a aborda, într-un mod interdisciplinar, teme aflate în programa de fizică de liceu, cercetarea interdisciplinară devenind un aspect al dinamismului instruirii contemporane.

Primul capitol a prezentat beneficiile predării interdisciplinare și exemple concrete de legături interdisciplinare temporale și noționale. În vederea realizării scopului propus s-au folosit tehnici didactice de actualitate, încă neutilizate la noi în țară, atât din cauza dotărilor insuficiente ale laboratoarelor din multe școli cât și datorită faptului că nu au fost popularizate într-un mod adecvat astfel încât profesorii să le integreze în propriile lecții.

În capitolul al doilea a fost realizată o analiză a parametrilor fizici ai stației meteorologice profesionale a colegiului în care îmi desfășor activitatea. Pentru culegerea datelor meteorologice am folosit software-ul WeatherSmart al stației meteorologice și am instalat aplicația Weather Display pentru vizualizarea de la distanță a parametrilor înregistrați. Stația meteorologică a fost înregistrată în Weathercloud, rețeaua globală de stații meteo care partajează date în timp real. Procesarea statistică a datelor meteorologice a fost realizată cu programe de prelucrare și vizualizare a datelor științifice cum sunt Excel, software-ul R și Origin. Rezultatele obținute au fost comparate cu acelea furnizate de modele numerice de cercetare și predicție meteorologică de ultimă generație, concepute pentru cercetarea atmosferei, Modelul HYSPLIT, Modelul US GFS (Global Forecast System) sau Modelul DWD (German Weather Service). Elevii au putut face o comparație între rezultatele lor, datele rețelelor terestre și a celor satelitare necesare obținerii hărților sinoptice. Reprezentarea și sumarizarea datelor, parametrii statistici descriptivi, s-au finalizat prin diagramele tip "boxplot", de la sfârșitul capitolului al doilea. Acestea au înglobat caracteristicile statistice ale concentrațiilor de poluant tip PM_{10} , în vederea unei mai bune înțelegeri și facilitării comparațiilor între patru stații de monitorizare a calității aerului, toate cele patru fiind situate în interiorul orașului Ploiești.

În capitolul al treilea am folosit instrumente alternative de predare a fizicii în liceu, cu sisteme de achiziție și prelucrare a datelor experimentale cum sunt Tableta Einstein și alte dispozitive portabile. Măsurătorile, obținute în timp real, oferă elevilor imediat feedback-ul prin prezentarea grafică a datelor într-un mod în care acestea pot fi înțelese. O parte dintre datele experimentale au fost colectate prin aceste sisteme de achiziție de date și analizate cu ajutorul software-ului grafic Origin. Aceste instrumente au permis o abordare interdisciplinară, conectând fizica cu alte discipline, cum ar fi matematica, biologia și tehnologia informației, interdisciplinaritatea constituind o cerință a unei educații moderne. Folosirea în timpul orelor de fizică a experimentelor educaționale bazate pe data

loggers sau tablete științifice - Tableta Einstein, a determinat o mai bună înțelegere a conceptului fizic de presiune. Monitorizarea activității inimii a fost realizată prin intermediul unui dispozitiv portabil, foarte ușor de folosit, care poate ajuta oamenii să-și verifice starea de sănătate și să se adreseze medicului în cazul înregistrării unor disfuncții. Este vorba despre monitorul EKG portabil tip PM 10, iar cu ajutorul lui elevii au studiat variabilitatea ritmului cardiac de la repaus la efort fizic, înțelegând faptul că electrocardiograma oferă informații importante despre activitatea inimii.

S-a studiat și saturația de oxigen a hemoglobinei arteriale cu ajutorul unui alt dispozitiv mobil, noninvaziv, care poate fi utilizat acasă, în mediul spitalicesc și chiar în secțiile de anestezie și terapie intensivă, pulsoximetrul CMS50D+. Elevii au înțeles ce înseamnă saturația oxigenului în sânge, au învățat că un nivel normal al saturației oxigenului din sângele arterial al organismului uman este situat în intervalul 95-100%, acest echilibru foarte precis având tendința de a rămâne constant chiar și în timpul somnului sau al exercițiilor fizice. În urma acestui studiu elevii au conștientizat diversele simptome datorate unui nivel scăzut al oxigenului din sânge cum sunt durerile în piept sau de cap, lipsa de coordonare, amețală, tensiune arterială crescută și respirație rapidă.

Capitolul al patrulea s-a referit la învățarea mobilă ca activitate complementară învățării tradiționale și care poate oferi elevilor o multitudine de avantaje cum ar fi prețul mai mic decât cel al computerelor, dimensiuni mai mici și greutate redusă comparativ cu un laptop și, cel mai important, educație independentă de locație.

Phyphox software, ca aplicație relevantă pentru Fizică, a depășit bariera nu demult legată de incapacitatea omului de a obține suficiente date experimentale într-un timp scurt. Legile fizicii au putut fi redescoperite de elevi prin cercetări experimentale care au furnizat un număr imens de date experimentale în numai câteva secunde. Uneori, în timpul derulării unor astfel de experimente, telefonul mobil inteligent a devenit inaccesibil, astfel încât datele au trebuit analizate pe un alt device: laptop, tabletă sau alt smartphone. Limitarea faptului că telefonul devine inaccesibil în timpul unor experimente a fost eliminată utilizând aplicația Phyphox. Prin intermediul unei conexiuni Wi-Fi, a tehnologiei Bluetooth wireless sau hotspot cu telefonul mobil inteligent elevii au putut să urmărească graficele obținute în timp real pe device-urile personale, accesând o adresă URL, deoarece aplicația Phyphox poate genera o adresă IP privată. Tot în context interdisciplinar au fost utilizate și hărțile conceptuale interactive prezentate în al cincilea capitol.

Pentru studiul a două fenomene de poluare din orașul Ploiești și din zona limitrofă am folosit SMART Ideas software. Am ales această temă deoarece calitatea aerului pe care îl respirăm este esențială pentru sănătate, mediul ambiant exercitând influențe multiple asupra organismelor vii. S-au abordat interdisciplinar conținuturi de tehnologia informației, fizică și matematică.

Prin intermediul CmapTools software am scos în evidență caracterul interdisciplinar al dinamicii fluidelor care domină fenomenele fizice, pornind de la scara microscopică a activităților biologice și ajungând la scara macroscopică a structurilor galactice. Au fost prezentate trei aplicații: prima aplicație a presupus calculul vitezei de curgere a sângelui în aortă, a doua a făcut referire la presiunea exercitată de sânge asupra pereților vaselor de sânge și s-a putut estima valoarea numărului lui Reynolds iar prin ultima s-a arătat modul în care legile dinamicii fluidelor influențează reglarea fluxului sanguin. Tot folosind CmapTools am propus un studiu interdisciplinar al membranei celulei nervoase, al electrostaticii și electrocineticii acesteia prin introducerea modelelor și animațiilor 3D.

Scopul urmărit prin introducerea metodei hărților conceptuale, realizate pe mai multe niveluri, a fost acela de a proiecta modele vizuale, care să abordeze capitolele de dinamică a fluidelor, de electrostatică și electrocinetică, modele care să ofere experiențe de învățare activă, provocatoare, pe care elevii le-ar putea recunoaște și extinde cu ușurință în studiul altor discipline științifice. O metodă alternativă de evaluare se poate realiza prin intermediul hărților conceptuale, care prezintă multiple valențe formative, ceea ce le recomandă drept modalități de optimizare a practicilor evaluative prin facilitarea coparticipării elevilor la evaluarea rezultatelor proprii.

Scopul studiului a fost acela de a atrage elevii de liceu, prin folosirea aparaturii digitale, spre un domeniu vast și foarte dezvoltat, Fizica, domeniu care să fie văzut de elevi cu entuziasmul descoperirii și care să devină fascinant. Deoarece elevii au putut realiza conexiuni între Fizică, anatomia și fiziologia umană, matematică și tehnologia informației, aceste conexiuni au determinat o înțelegere aprofundată a unor noțiuni de Fizică.

Acțiunile metodice, dezvoltate în cadrul programului de cercetare metodic științifică din cadrul Școlii Doctorale de Fizică a Universității București, și-au demonstrat eficiența în relansarea interesului elevilor din învățământul preuniversitar pentru studiul Fizicii. Activitățile de cercetare implementate au confirmat faptul că utilizarea dispozitivelor de ultimă generație, menționate pe parcursul acestei lucrări, constituie premiza creșterii eficienței în demersul didactic de predare – învățare a Fizicii la nivel de liceu.

Cu privire la o posibilă continuare a subiectelor tratate în teză pot să menționez următoarele: în vederea maximizării rezultatelor, consider că pe piața muncii se resimte nevoia unei fructuoase colaborări între cercetători din diferite discipline. Este vorba despre multiplele niveluri ale interdisciplinarității.

Capitolul al doilea lasă deschisă cercetarea către analiza parametrilor meteorologici care influențează calitatea aerului din alte zone ale județului Prahova, cu precădere zona Câmpina din județul Prahova, unde a fost dată în folosință, de curând, stația PH 7 de monitorizare a calității aerului, care poate da informații privitoare la viteza și direcția vântului, presiunea aerului, radiația solară, precipitații, temperatură și umiditate relativă.

Ca urmare a monitorizării concentrațiilor unor diferiți poluanți atmosferici precum: benzen, etil-benzen, mp-Xilen, o-Xilen, toluen se pot analiza evenimentele de poluare urbană din zona respectivă, pentru care nu există cercetări la momentul actual.

Datorită senzorilor încorporați, Tableta Einstein poate fi utilizată într-o multitudine de experimente interdisciplinare fizică-chimie-biologie dintre care menționez aici doar câteva: transportul apei în lăstarii și frunzele plantelor, măsurarea ratei fotosintezei pentru plantele acvatice, efectul luminii asupra fotosintezei, efectul luminii asupra nivelului de clorofilă din frunze, reacții exoterme și endoterme, conservarea energiei în chimie, studiul legilor gazelor.

Aplicația Phyphox poate accesa cei șase senzori ai telefonului mobil inteligent cu ajutorul cărora se pot realiza douăzeci și două de experimente din diferite capitole ale fizicii: mecanică și acustică, optică și magnetism. Cu toate că aceste experimente sunt încorporate în aplicație și nu pot fi editate sau șterse, ele pot fi deschise în editorul de experiment, unde se pot realiza versiuni proprii, mai simple sau mai complexe, în funcție de nivelul de învățământ la care aplicația este folosită.

Aplicația Phyphox poate furniza date brute atât de la giroscop, astfel încât poate fi studiată legea de conservare a momentului cinetic, cât și de la GPS, putând fi utilizat, de către elevi, de exemplu, la orientarea în pădure. Tot prin intermediul acestei aplicații se poate realiza un studiu al efectului Doppler, deci pot fi realizate experimente nu numai pentru ciclul superior al liceului ci și la nivel introductiv universitar.

Ca o posibilă continuare a integrării metodei hărților conceptuale în lecții, poate fi dezvoltată problematica biofizicii pe trei direcții și anume:

- mecanisme de interacție și efecte biologice ale radiațiilor asupra organismelor vii;
- tehnici din fizică folosite în explorarea biosistemelor;
- aspecte din fizică aplicate fenomenelor biologice.

Interdisciplinaritatea este prezentă pretutindeni: în biostatică, la studiul forțelor responsabile de echilibrul mecanic, în biodinamică, unde sunt utilizate legile mecanicii clasice (principiul inerției, principiul fundamental, principiul acțiunii și reacțiunii). Se mai pot studia fizica vederii, fizica auzului, interacția radiațiilor alfa, beta, X, gamma, a neutronilor și a ionilor grei cu substanța precum și efectele biologice ale radiațiilor. De asemenea pot fi tratate subiecte de imagistică medicală.

Privite dintr-o perspectivă educațională STEM, direcțiile de acțiune prezentate deschid calea către demersuri obligatorii ce ar trebui întreprinse în vederea implementării unei platforme de învățământ științific de ultimă generație, eficient din punct de vedere calitativ și care să devină capabil să pregătească generațiile de astăzi pentru provocările tehnologice ale viitorului.

LISTA CONTRIBUȚIILOR PERSONALE

Școala Doctorală de Fizică – Direcția de Studii Fizică Educațională
Universitatea din București

Articole publicate în jurnale indexate ISI

1. **Colt, M.**; Radu, C.; Toma, O.; Miron, C.; Antohe, V.A. (2020). Integrating smartphone and hands-on activities to real experiments in Physics, *Romanian Reports in Physics*, **72**(4), 905.
2. **Colt, M.**; Dragomir, F.L.; Barna, V. (2022). Study of electrocardiogram and peripheral oxygen saturation values – An interdisciplinary approach at high school level, *Romanian Reports in Physics*, **74**(3), 905.

Lucrări prezentate la conferințe

Conferințe internaționale cu publicare în "proceedings"- uri indexate ISI

1. **Colt, M.**; Sebe, C. (2019). Smartphone used in physics experiments, In *Proceedings of The 14th International Conference on Virtual Learning ICVL, Bucharest*, 524-530.
2. **Colt, M.**; Stoica, D; Sebe, C.; Popescu, M. (2019). Using the Einstein Tablet in an interdisciplinary context, In *Proceedings of The 14th International Conference on Virtual Learning ICVL, Bucharest*, 531-536.
3. **Colt, M.**; Stoica, D. (2020). Interdisciplinary study of fluid dynamics using interactive conceptual maps, In *Proceedings of The 15th International Conference on Virtual Learning ICVL, Bucharest*, 460-466.
4. **Colt, M.** (2020). Pressure measurements by means of digital technology for educational purposes, In *Proceedings of The 15th International Conference on Virtual Learning ICVL, Bucharest*, 508-514.
5. Sebe, C.; **Colt, M.**; Antohe, I. (2020). Online Teaching and Learning - An Educational Paradigm of the Future, In *Proceedings of The 15th International Conference on Virtual Learning ICVL, Bucharest*, 206-213.
6. **Colt, M.**; Dragomir, F.L. (2021). Interdisciplinary Teaching of Nerve Cell Electrostatics and Electrokinetics Using Interactive Conceptual Maps, In *Proceedings of The 17th eLSE International, Scientific Conference, eLearning and Software for Education*, volume 2, Technologies and best practices, 60.
7. **Colt, M.**; Popescu, M.; Dragomir, F.L. (2021). Freeware Applications in Experimental Physics at the High School Level, In *Proceedings of The 16th International Conference on Virtual Learning ICVL, Bucharest*, 243-252.
8. **Colt, M.**; Popescu, M.; Dragomir, F.L. (2021). Current experimental methods in physics using the smartphone sensors, In *Proceedings of The 16th International Conference on Virtual Learning ICVL, Bucharest*, 233-242.
9. **Colt, M.**; Dragomir, F.L.; Barna, V. (2022). Smart physics experiments by means of smartphone builtin magnetic and ambient light sensors, In *Proceedings of The 18th eLSE International, Scientific Conference, eLearning and Software for Education*.

Conferințe internaționale, fără publicare în "proceedings"-uri

1. **Colt, M.**; Stefan, S.; Antohe, S. (2019). Analysis of physical parameters from the Excelvan station for determining atmospheric conditions which influence air quality, TIM 19 Physics Conference session matrix.

2. **Colt, M.**; Dragomir, F.L. (2021). Interdisciplinary study of pseudo-periodic harmonic oscillations using the smartphone's accelerometer, TIM 20-21 Physics Conference session matrix.
3. **Colt, M.**; Dragomir, F.L. (2021). Interdisciplinary context study of physical phenomena, determined by variations of meteorological parameters, TIM 20-21 Physics Conference session matrix.
4. Mihalache, B.; Stefan, S., **Colt, M.**, Iorga, G. (2022). Major Air Pollutant Levels in the Urban Agglomeration of Ploiesti, Romania, Based on Four-Year Monitoring Dataset, Athens Institute For Education And Research, ATINER, A World Association of Academics and Researchers, Athens, Greece.

Conferințe naționale, fără publicare în "proceedings"-uri

1. **Colt, M.**; Stoica, D. (2019). The study of the influence of pollution on air quality inside Ploiesti city and in the neighboring area using smart ideas software, Annual Scientific Conference Program and Abstracts, Editura Granada, ISSN 1843- 6838.
2. Calugar, A.;Filipescu, M.; Iftimie, S.; Radu, A.; Antohe, V.A.; Coman, D.; **Colt, M.**; Manica, M.; Dinescu, M.; Antohe, S. (2019). Study of the physical properties of P3HT:PCBM:SnO₂ thin films based photovoltaic structures, Annual Scientific Conference Program and Abstracts, Editura Granada, ISSN 1843- 6838.
3. Locovei, C.; Coman, D.; Radu, A.; Ion, L.; Antohe, V.A.; Vasile,N.; **Colt, M.**; Manica, M.; Dumitru, A.; Iftimie, S.; Antohe, S. (2019). Physical characterization of Dy and Cu co-doped ZnO thin films grown by radio-frequency magnetron sputtering, Annual Scientific Conference Program and Abstracts, Editura Granada, ISSN 1843- 6838.
4. **Colt, M.**; Stefan, S; Iorga, G. (2021). Role of meteorological parameters on PM₁₀ mass concentrations in the urban agglomeration of Ploiesti, Romania, Annual Scientific Conference, Program and Abstracts, Editura Granada, ISSN 1843- 6838.
5. **Colt, M.**; Barna, V.; Dragomir, F.L. (2021). Electrical activity of the heart explained in an interdisciplinary study at a high school level, Annual Scientific Conference, Program and Abstracts, Editura Granada, ISSN 1843- 6838.
6. **Colt, M.**; Barna, V. (2022). M-learning in the study of quantities characteristic of pseudo-periodic oscillating motion, Annual Scientific Conference, Program and Abstracts, Editura Granada, ISSN 1843- 6838.
7. **Colt, M.**; Mihalache, B; Barna, V. (2022). Interdisciplinary smart Physics teaching by using an equipment that provides meteorological data, Annual Scientific Conference, Program and Abstracts, Editura Granada, ISSN 1843- 6838.
8. Mihalache, B; **Colt, M.**; Stefan, S; Iorga, G. (2022). Analysis of air pollution episodes during a four-year monitoring dataset in Ploiesti, Romania, Annual Scientific Conference, Program and Abstracts, Editura Granada, ISSN 1843-6838.