Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău

CAZACIOC Nadejda, COROPCEANU Eduard

ABORDĂRI STE(A)M ÎN EDUCAȚIE ȘI CERCETARE

Chișinău, 2025

Recomandat pentru publicare de către Senatul Universității Pedagogice de Stat „Ion Creangă” din Chișinău din 18 decembrie 2024, proces-verbal nr. 5

EXPERT:
BULIMESTRU Ion – doctor în Științe chimice, conferențiar universitar

RECENZENȚI:
GODOROJA Rita – doctor în Științe ale educației
CHIȘCA Diana – doctor în Științe chimice, conferențiar universitar
CODREANU Sergiu – doctor în Științe ale educației, conferențiar universitar
MELENTIEV Eugenia – doctor în Științe chimice, conferențiar universitar

REDACTOR
CHIPER Grigore

Lucrarea este elaborată în cadrul subproiectului „Consolidarea educației în cariera didactică pentru performanța profesională (EduPerformance)” din cadrul Programului de Îmbunătățire a Învățământului Superior din Republica Moldova (PÎÎS) al „Proiectului Învățământul Superior din Moldova” (PÎSM) finanțat de Banca Mondială, implementat de Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău.

DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAŢIONALE A CĂRŢII
DIN REPUBLICA MOLDOVA

Cazacioc, Nadejda.
Abordări STE(A)M în educaţie şi cercetare / Cazacioc Natalia, Coropceanu Eduard ; Universitatea Pedagogică de Stat "Ion Creangă" din Chişinău. – Chişinău : [S. n.], 2025 (CEP UPSC). – 276 p. : fig. color.
Bibliogr. la sfârşitul cap. – Finanţat de Banca Mondială. – [100] ex.
ISBN 978-9975-48-226-4.
37.091:001.89:004(075.8)
C 32

© Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, 2025

Tipărit la Centrul Editorial-Poligrafic al Universității Pedagogice de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, str. Ion Creangă nr. 1, MD-2069

CUPRINS

Introducere..... 5

I Delimitări conceptuale în abordarea STE(A)M..... 7

1.1 STE(A)M: de la acronim – la concept didactic..... 7

1.2 Locul și importanța componentelor *Științe, Tehnologie, Inginerie, Matematică, Arte* în abordarea STE(A)M..... 14

1.3 Traseul de dezvoltare a conceptului educațional STE(A)M la nivel mondial..... 22

1.4 Dezvoltarea conceptului educațional STE(A)M în Republica Moldova..... 28

1.5 Importanța abordării STE(A)M în educație..... 35

Bibliografie..... 42

II Aspecte metodologice de implementare a conceptului educațional STE(A)M în învățământ..... 48

2.1 Repere conceptuale ale abordării STE(A)M în educație..... 48

2.2 Repere metodologice ale conceptului educațional STE(A)M..... 55

2.3 Organizarea și desfășurarea demersului didactic din perspectiva educației STE(A)M în învățământul preuniversitar..... 59

2.4 Educația STE(A)M în activități extracurriculare..... 63

2.5 Educația STE(A)M în formarea culturii ecologice..... 84

Bibliografie..... 93

III Abordări STE(A)M în cercetare..... 101

3.1 Corelarea conceptului educațional STE(A)M cu cercetarea, inovarea și transferul tehnologic..... 101

3.2 Importanța conceptului educațional STE(A)M în procesul de formare a competenței de cercetare..... 112

3.3 Proiecte de cercetare STE(A)M..... 122

3.4 Abordarea integrată a procesului Educație – Cercetare – Inovare – Antreprenoriat..... 142

3.5 Rolul abordării STE(A)M în dezvoltarea socio-economică durabilă..... 154

Bibliografie..... 160

IV Modele practice ale abordării STE(A)M în educație..... 165

4.1 Proiecte de lecții cu elemente conceptuale STE(A)M..... 165

4.2 Modele de învățare bazată pe probleme STE(A)M..... 180

4.3 Modele de învățare axate pe proiecte STE(A)M..... 210

4.4 Activități experimentale STE(A)M..... 234

4.5 Activități extracurriculare STE(A)M..... 245

Bibliografie..... 258

Glosar de termeni..... 260

Platforme de familiarizare cu metodologia STE(A)M: reviste, site-uri, organizații..... 264

INTRODUCERE

În era tehnologiilor EDUCAȚIA are rolul esențial în formarea cetățenilor competenți și competitivi, pregătiți pentru înfruntarea provocările societății care se dezvoltă dinamic în prezent, cu tendință de intensificare în viitor. Paradigma conceptuală STE(A)M oferă o strategie inovatoare, depășind hotarele disciplinare și conectând Știința, Tehnologia, Ingineria, Artele și Matematica pentru a aduna toate cunoștințele într-un tot întreg și a stimula colaborarea, inovația și aplicarea practică a achizițiilor cognitive. STE(A)M promovează învățarea sustenabilă, dezvoltând competențe esențiale ale secolului XXI. Totodată, trebuie menționat că abordările inter- și transdisciplinare sunt eficiente în cazul cunoașterii legităților și clasificărilor interne, în cadrul disciplinelor în parte. Deci, o abordare STE(A)M calitativă este posibilă doar cunoscând în profunzime subiectul studiat, prin evoluția de la monodisciplinaritate spre transdisciplinaritate. Altfel spus, monodisciplinaritatea prezintă, în mod prioritar, un studiu în profunzime, pe verticală, a subiectului, utilizând metodele specifice disciplinei. Abordarea STE(A)M prezintă, în mod prioritar, integrarea pe orizontală a ideilor pentru a construi un tablou unic în baza sintezei informațiilor din diferite domenii. Astfel, concluzia principală este: pentru o abordare inter- și transdisciplinară eficientă este necesară, inițial, un studiu monodisciplinar fundamental. Cu cât studiile monodisciplinare sunt mai profunde, cu atât mai profund este posibilă integrarea inter- și transdisciplinară.

Abordarea STE(A)M vine și ca o soluție pentru a motiva tinerii pentru studii în domeniul științelor reale în contextul, în care la nivel global se observă o scădere a interesului pentru acest domeniu – fenomen care poate eroda durabilitatea proceselor economice și produce un declin în evoluția tehnic-științifică a societății umane bazată pe produsele intelectuale proprii, nu parazitând doar pe Inteligența Artificială.

Utilizarea în lucrare a acronimului STE(A)M indică la posibilitatea aplicării variantei atât cu, cât și fără componenta Artă.

Suportul de curs **„Abordări STE(A)M în educație și cercetare”** își propune în ***Capitolul I*** *– Delimitări/repere conceptuale în abordarea STE(A)M –* să exploreze evoluția și importanța componentelor fundamentale ale abordării STE(A)M, punând accentul pe traseul dezvoltării acestui concept la nivel mondial și în Republica Moldova. În ***Capitolul II*** *– Aspecte metodologice de implementare a conceptului educațional STE(A)M în învățământ –* se regăsesc un set de instrumente practice pentru organizarea și desfășurarea unui demers didactic axat pe educația STE(A)M, inclusiv în cadrul activităților extracurriculare și în promovarea culturii ecologice. În ***Capitolul III*** *– Abordări STE(A)M în cercetare –* se analizează interdependența dintre educația STE(A)M și cercetarea științifică, evidențiind cum acest concept didactic facilitează integrarea educației, cercetării și antreprenoriatului prin proiecte inovatoare. ***Capitolul IV*** *– Modele practice ale abordării STE(A)M în educație –* are scopul de a oferi exemple concrete de aplicare a conceptului STE(A)M în diverse contexte educaționale: de la proiecte didactice și învățarea bazată pe probleme până la activități experimentale și extracurriculare.

Suportul de curs este propus pentru studenții ciclului II, program de master Chimie contemporană și tehnologii educaționale, dar și pentru studenții ciclului I și III (Științe ale educației) și cadrele didactice.

Prin studierea acestei lucrări cadrele didactice și studenții vor dobândi cunoștințe și abilități necesare pentru a integra eficient conceptul educațional STE(A)M, contribuind astfel la formarea unor generații pregătite să facă față provocărilor unui viitor marcat de complexitate și interconectare globală.

I. DELIMITĂRI CONCEPTUALE ÎN ABORDAREA STE(A)M

1.1. STE(A)M: de la acronim – la concept didactic

Acronimul STE(A)M provine de la cuvintele engleze: *Science*, *Technology*, *Engineering*, *Arts* și *Mathematics* (Figura 1.1). Analiza lexicologică a acronimului STE(A)M ilustrează specificul întregului concept educațional, care susține învățarea multilaterală integrată bazată pe experiențe reale prin rezolvarea creativă de probleme.

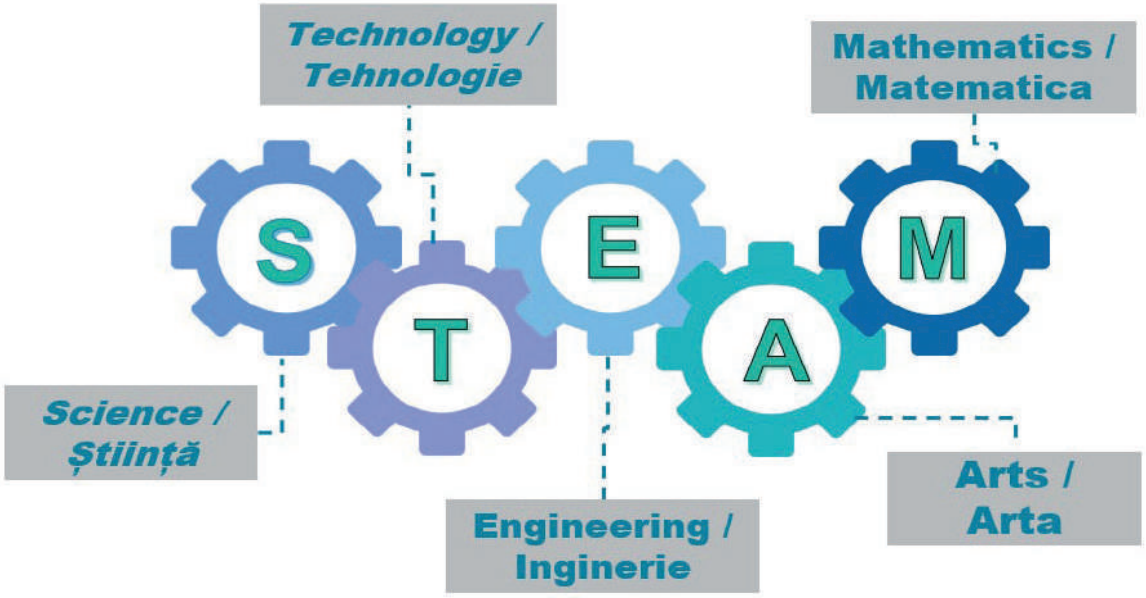


Fig. 1.1. Componente conceptuale de bază ale educației STE(A)M

Astfel, dacă consultăm dicționarul [49], primul termen **Science / Știință** îl găsim explicat prin următoarele:

1. Faptul de a avea cunoștință (de ceva), de a fi informat; cunoaștere.
2. Tip de cunoaștere sigură și rațională în legătură cu natura lucrurilor și a condițiilor lor de existență în forma unui corp de adevăruri despre un obiect propriu.

3. Ansamblu de cunoștințe despre un obiect, dobândite prin descoperirea legilor obiective ale fenomenelor și explicarea lor.
4. Pregătire intelectuală, instrucție; învățătură, erudiție.

Termenul **Science/Știință** întrunește în sine în mare parte științele cu caracter experimental: chimie, biologie, fizică, geografie. Prin combinarea acestor domenii într-un tot întreg, educația STE(A)M promovează o înțelegere aprofundată și complexă a lumii înconjurătoare, pregătind elevii pentru provocările societății moderne și pentru dezvoltarea competențelor necesare în diverse domenii profesionale. Această abordare subliniază interdependența dintre disciplinele din aria curriculară *Matematică și Științe* și relevanța educației STE(A)M în dezvoltarea unei înțelegeri holistice a științelor experimentale și aplicate.

Definiția noțiunii de **Technology /Tehnologie** ne vorbește despre faptul că această abordare integrată încorporează și tehnologiile, semnificând:

1. Știință a metodelor și a mijloacelor de prelucrare a materialelor.
2. Ansamblul proceselor, metodelor, operațiilor etc. utilizate în scopul obținerii unui anumit produs.

În implementarea conceptului educațional STE(A)M observăm tendința de a include inovațiile tehnologice (din diverse domenii: tehnologii chimice, genetică, aerodinamică, cartografiere etc.) în explicarea și rezolvarea problemelor din viața reală. Aceasta permite însușirea mai profundă a tehnologiilor, capacitatea de asimilare rapidă a noilor tehnologii și utilizarea creativă a lor în diverse condiții. În ultima perioadă se evidențiază tendința de a combina tehnologiile informaționale (inclusiv domeniul virtual, realitatea augmentată, inteligența artificială etc.) cu tehnologiile avansate din diverse domenii. Această îmbinare a diferitor tehnologii permite elaborarea soluțiilor inovative pentru diferite domenii, în care elementul creativității este esențial. Astfel, evoluția tehnologiilor are loc atât pe verticală (din punctul de vedere al dezvoltării viziunii

inginerești), cât și pe orizontală (pe calea adaptării tehnologiilor la necesitățile diferitelor domenii și probleme concrete).

Engineering/Inginerie, conform DEX-ului, semnifică profesia inginerului, care se rezumă la activitatea de proiectare, cercetare și organizare a proceselor tehnologice. Făcând referință la educația STE(A)M, elevul/studentul proiectează şi realizează mulaje ale obiectelor din viața reală sau le inventează/adaptează în urma cercetării şi analizei complexe a situației problemă care o soluţionează în cadrul procesului de învăţare. Viziunea inginerească a persoanei în combinare cu gândirea creativă permite evoluția ideilor, tehnologiilor, materialelor și eficientizarea proceselor în ansamblu. Viziunea inginerească se dezvoltă pe parcursul întregii vieți, de la cea mai fragedă vârstă, prin diverse jocuri (asamblarea diferitor sisteme, modificarea unor elemente etc.), exerciții, activități practice etc.

Arts /Arta, deşi este expusă în DEX ca „activitate a omului care are drept scop producerea unor valori estetice prin folosirea mijloacelor de exprimare cu caracter specific", este văzută, în același timp, ca „îndemânare deosebită într-o activitate; pricepere, măiestrie, îndeletnicire, care cere multă creativitate și anumite cunoștințe". În cadrul conceptual STE(A)M, când ne referim la ***Artă***, înțelegem abordarea creativă a diferitor situații/probleme. Plierea artelor în tandemul disciplinelor şcolare cu profil real are misiunea de a dezvolta gândirea divergentă a educabilului şi a oferi domeniului STEM mai multă creativitate. Această extindere permite utilizarea metodologiei în domeniul socio-uman și chiar integrarea în unele proiecte a celor două domenii: real şi socio-uman.

Mathematics/Matematica. DEX-ul ne spune că Matematica este „știința care studiază mărimile, relațiile cantitative și formele spațiale prin raționament deductiv", însă, în viziunea conceptului educațional STE(A)M, matematica este aplicată nu în aspect teoretic, ci pentru rezolvarea diferitor situații practice. Suntem obișnuiți cu faptul că matematica este un set de cifre sau operații cu

ajutorul cărora realizăm calcule și stabilim corelații, dar este bine să putem aplica aceste cunoștințe pentru diferite situații cotidiene, mai ales pentru a rezolva probleme din cadrul altor discipline. Aceasta permite conștientizarea valorii științifice a operațiilor matematice, dar și cunoașterea mai profundă a disciplinei studiate (determinarea unor suprafețe; elaborarea planului unei construcții; calcularea cantităților de substanțe necesare pentru prepararea unor soluții cu o anumită concentrație; determinarea cantității de calorii consumate din alimente; calcularea volumului de gaz degajat în cadrul unui proces chimic; determinarea randamentului unor procese tehnologice; monitorizarea evoluției indicilor calității factorilor mediului ambiant; evidența conversiei energiei dintr-o formă în alta; analiza statistică a diferitor caracteristici ale populației, economiei; prognozarea evoluției unor evenimente etc.), realizarea conexiunilor inter- și transdisciplinare, înțelegerea corelației între unele cauze și efecte etc.

Una dintre tendințele recente în ultimele decenii la nivel global, care marchează sistemul educațional (atât preuniversitar, cât și universitar) este micșorarea numărului de tineri care manifestă dorința de a studia matematica, științele inginerești și alte discipline din domeniul științelor exacte, iar mai recent – chiar și din științele naturii. Este evident că fără cunoștințe profunde în domeniul fizicii, matematicii, chimiei, biologiei etc. nu pot fi formați ingineri, tehnologi, medici, dar, în primul rând, cadre didactice de calificare înaltă. Era iminentă necesitatea elaborării unei abordări noi în domeniul educației, care să producă o schimbare în preferințele tinerilor pentru a nu admite declinul tehnologic și a pregăti pentru viitor specialiști capabili de a corespunde cerințelor pieței muncii axate pe competențe funcționale și capacitatea de a rezolva diverse probleme prin metode originale și creative.

Odată cu apariția mișcării revoluționare STEM, care susține implicarea mai multor științe în dezvoltarea domeniilor *Inginerie* și *Tehnologie*, începe a se dezvolta la nivel mondial și o nouă paradigmă educațională, care impune

involuntar noi tendințe didactice în procesul de predare-învățare-evaluare. Termenul de ***educație STEM*** a fost analizat și descris de mai mulți cercetători din domeniu. Diferitele conceptualizări ale acestui model educațional emergent se datorează contextului științific, educațional și/sau politic în care este utilizat. Educația STEM a generat, așadar, o transformare didactică complexă, dând naștere la diverse experiențe educaționale. Deși angajamentul său teoretic vizează aceeași abordare educațională, în practică au apărut diferențe substanțiale, de aici și o gamă largă de definiții ale educației STEM:

- În viziunea lui *Shaughnessy* [39]: educația STEM vizează rezolvarea problemelor bazate pe concepte și proceduri din știință și matematică, care încorporează strategiile aplicate în inginerie și utilizarea tehnologiei.
- *Kelley* și *Knowles* [20] se expun asupra faptului că educația STEM este abordarea care urmărește predarea conținutului din două sau mai multe domenii dintre cele 4 concentrate în cadrul conceptual STEM, încadrate într-un context real, astfel încât să conecteze materia cu viața de zi cu zi a elevului.
- *Merrill* [28] și *Zollman* [45] concluzionează că educația STEM vizează abordarea integrată; conținutul specific al acestei discipline nu este împărțit și folosește metode de instruire dinamice și flexibile.
- *Sorin Cristea* [9] defineşte educaţia STEM drept o direcţie necesară în formarea-dezvoltarea elevilor şi studenţilor în societatea informaţională, bazată pe cunoaştere, care vizează stimularea învăţării ştiinţelor naturii aplicate în tehnologie şi inginerie, cu o permanentă argumentare logico-matematică.

Integrarea artelor în cadrul conceptual STEM a generat o nouă abordare didactică definită ca „educație STEAM” ce are menirea de a crește gradul de alfabetizare științifică a noii generații pentru a atinge niveluri de învățare mai profunde, de a dezvolta abilitățile de gândire critică cu scopul de a îmbunătăți

performanțele de învățare a elevilor în domeniul STEM prin creativitate, spiritualitate și inovație. La fel ca și conceptul didactic STEM, educația STEAM are mai multe explicații la nivel de paradigmă:

- După *Herro* și *Quigley* [17]: educația STEAM este acel stil al învățării care pune accentul pe învățarea bazată pe proiecte, tehnologie în contextul creativității, interdisciplinaritate în rezolvarea de probleme prin cooperare.
- *Yakman* și *Lee* [44] au definit educația STEAM ca fiind interpretarea științei și tehnologiei prin inginerie și arte (a fost studiat un secol care a acoperit științele umaniste); toate bazate pe elemente matematice.
- *Escalona-Zamorano* [11] în lucrarea sa „Principalele caracteristici ale abordării STEAM din punct de vedere educațional" a definit educația STEAM ca fiind integrarea interdisciplinară a științelor, tehnologiei, ingineriei, artelor și matematicii pentru rezolvarea problemelor vieții cotidiene ale educabililor.
- *Constantino* [8] precizează că educația STEAM constituie un avantaj atât pentru elev, cât și pentru profesor, deoarece facilitează elevului o abordare multidimensională a problemelor, permițându-i să le perceapă din perspective variate și să înțeleagă aplicabilitatea acestora în contexte cotidiene.

Generalizând aceste definiții, constatăm că *conceptul educațional STE(A)M este abordarea didactică a realității trăită de educabil prin prisma tehnologiilor și teoriilor științifice integrate în cadrul curricular, care sunt transpuse prin procedee inginerești în produse, prototipuri, modele ce sunt capabile să ofere soluții creative pentru rezolvarea diverselor probleme.*

Este important să subliniem că, deși educația STE(A)M pune un accent major pe interdisciplinaritate și integrarea curriculară prin strategii și tehnici de învățare aplicată, nu trebuie subestimat rolul formării la etapa monodisciplinară. Acestea reprezintă fundamentul necesar pentru construirea unor conexiuni

interdisciplinare autentice și integrarea conceptelor științifice într-un tot întreg. Doar în baza unor cunoștințe fundamentale și profunde oferite de fiecare disciplină școlară în mod separat se poate asigura o înțelegere profundă și corectă, indispensabilă soluționării problemelor complexe din perspectiva STE(A)M. În acest context, metodologia fiecărei discipline contribuie esențial la formarea unei baze științifice bine fundamentate, care facilitează ulterior integrarea interdisciplinară și aplicarea cunoștințelor în situații reale. Această abordare asigură echilibrul dintre aprofundarea specificului disciplinar și aplicabilitatea cunoștințelor în contexte reale, susținând dezvoltarea competențelor transferabile și a gândirii critice necesare educației STE(A)M.



Sarcini de lucru

1. Definește conceptul de „educație STEM” conform diferitelor perspective din literatura de specialitate.
2. Descrie componentele acronimului STEAM și rolul fiecăreia în cadrul educației interdisciplinare.
3. Enumeră condițiile care au favorizat apariția conceptului educațional STE(A)M și necesitatea lui în condițiile actuale.
4. Identifică principalele caracteristici ale abordării STE(A)M în procesul de predare-învățare. Cum influențează aceste caracteristici modul în care elevii învață și înțeleg materiile școlare?
5. Elucidează diferențele la nivel conceptual între abordarea educațională STEM și cea STEAM. Care sunt beneficiile integrării artelor cu domeniile științei, tehnologiei, ingineriei și matematicii?
6. Justifică cum poate educația STE(A)M să integreze tehnologia și inovațiile tehnologice pentru a rezolva probleme din viața reală și pentru a dezvolta abilități creative la elevi?

7. Explică cum poate abordarea STE(A)M să ajute elevii să înțeleagă mai bine legăturile dintre disciplinele studiate și să le aplice în contexte cotidiene pentru a rezolva probleme complexe?

1.2. Locul și importanța componentelor *Științe, Tehnologie, Inginerie, Matematică, Arte* în abordarea STE(A)M

Abordarea STE(A)M în educație este conceptul didactic care încurajează integrarea disciplinelor științifice, tehnologice și inginerești în procesul de învățare prin creativitate și elemente logico-matematice. Sinapsele formate de disciplinele școlare în cadrul conceptual al educației STE(A)M sunt esențiale pentru dezvoltarea competențelor necesare pentru succesul în lumea modernă.

Științele și matematica sunt fundamentale pentru înțelegerea lumii înconjurătoare și pentru rezolvarea problemelor complexe. Tehnologia și ingineria sunt esențiale pentru dezvoltarea soluțiilor tehnologice și inovatoare care să răspundă nevoilor societății. Artele vizuale și interpretative au rolul de a îmbogăți și de a da expresie creativității și sensibilității umane. O abordare integrată a acestor discipline oferă elevilor oportunități unice de a aplica cunoștințele și abilitățile dobândite în contexte reale și complexe, prin realizarea de proiecte interdisciplinare [16]. Aceste proiecte îi ajută pe elevi să dezvolte abilități precum gândirea critică, comunicarea eficientă, colaborarea și rezolvarea problemelor, pregătindu-i pentru viața în lumea reală. Integrarea cunoștințelor din diferite domenii permite educabililor să-și creeze o imagine corectă și reală despre complexitatea proceselor din lumea înconjurătoare, dar și despre conexiunile reciproce.

CAZACIOC Nadejda, COROPCEANU Eduard



Prin intermediul științelor elevii învață să descopere lumea din jurul lor, devin capabili să transforme cunoștințele în abilități și aptitudini și să rezolve probleme ancorate în realitate [21]. Integrarea științei în cadrul curricular STE(A)M este percepută ca o strategie optimă de dezvoltare a competențelor cognitiv-creative ce are un impact pozitiv în a ajuta educabilii să maximizeze procesele de dobândire a de cunoștințe științifice în context interdisciplinar.

Înțelegerea acestor procese naturale este esențială pentru dezvoltarea soluțiilor durabile pentru problemele actuale ale societății, cum ar fi schimbările climatice, elaborarea noilor materiale, promovarea tehnologiilor prietenoase cu mediul, dezvoltarea sustenabilă și inovația tehnologică. Științele, ca parte integrantă a curriculumului STE(A)M, constituie un domeniu esențial pentru înțelegerea proceselor tehnologice și inginerești care stau la baza funcționării sistemelor naturale și a inovațiilor. De exemplu, înțelegerea teoriilor fundamentale ale disciplinei școlare Fizica este esențială pentru evoluția cunoștințelor despre materie și proprietățile ei; înțelegerea fenomenelor din natură; conștientizarea relației dintre materie și energie; dezvoltarea tehnologiilor în domeniul conversiei energiei; dezvoltarea producerii energiei de alternativă și nonpoluante; importanța eficientizării diferitor mecanisme, sisteme de producere pentru elaborarea unor tehnologii ergonomice etc.

Integrarea științelor ca concept la nivel de paradigmă educațională a unui curriculum STE(A)M încurajează abordarea interdisciplinară și spiritul inovativ. Elevii nu învață doar despre științe, ci și despre tehnologie, inginerie, arte și matematică și cum acestea se interconectează în viața reală. Prin urmare, prin integrarea componentei „Științe” într-un curriculum STE(A)M, elevii sunt pregătiți pentru a aborda provocările complexe ale lumii noastre prin gândire critică, creativitate și inovație [18].

Componenta ***Tehnologie*** are un rol fundamental în avansarea și aplicarea soluțiilor practice, în creșterea calității vieții și în soluționarea provocărilor complicate ale societății. Inovația tehnologică reprezintă o forță motrică a progresului, care determină caracteristicile unei civilizații.

O gamă tot mai largă de aspecte ale existenței noastre depinde de progresul tehnologic, acoperind domenii precum relații economice, producerea bunurilor, comunicații, transport, servicii medicale, divertisment etc. Tehnologia a schimbat modul în care trăim și lucrăm și continuă să aducă schimbări semnificative în societate. Prin învățarea tehnologiei, elevii dezvoltă abilități precum programarea, designul și producția, elaborarea diferitelor materiale specifice domeniului, care le permit să creeze produse și soluții pentru problemele reale ale lumii. Aceste abilități sunt necesare pentru a aborda provocările din domenii precum educația, tehnologiile de producere, sănătatea, energia, mediul, economia etc. Componenta *Tehnologie* implică, de asemenea, procese de proiectare și dezvoltare, care necesită planificare, prototipare, testare și evaluare [36]. Aceste abilități sunt esențiale pentru a construi încrederea și competența de a lua decizii, precum și pentru a încuraja creativitatea și inovarea.

Componenta *Tehnologie* are un rol important în abordarea STE(A)M, contribuind la dezvoltarea abilităților practice ale educabililor, utilizarea diferitor tehnologii în activitatea profesională și cotidiană, la crearea soluțiilor pentru problemele reale ale societății și la pregătirea elevilor pentru o lume în continuă schimbare și inovare [41].

Componenta ***Inginerie*** – unul dintre pilonii de bază pe care se axează abordarea STE(A)M, care reprezintă o metodă integrată de a învăța și de a aborda probleme complexe, bazată pe metodologii specifice din diverse domenii de cunoaștere. Ingineria se concentrează pe dezvoltarea și aplicarea soluțiilor

tehnice pentru a rezolva probleme practice. În abordarea STE(A)M, ingineria are un rol important în integrarea componentei tehnologice cu celelalte domenii, este un domeniu foarte larg și se ocupă cu proiectarea, construirea și testarea de produse, procese și sisteme, cu scopul de a răspunde nevoilor și cerințelor utilizatorilor. Ingineria are un impact major asupra societății și a adus multe inovații și tehnologii, care au îmbunătățit calitatea vieții și au creat noi oportunități economice. Proiectarea inginerească contribuie în mod pozitiv la dezvoltarea gândirii creative a educabililor. Ingineria este un domeniu înrudit cu Chimia și se completează reciproc în diverse tehnologii: atât materialele chimice utilizate în inginerie, cât și ideile inginerești utilizate în chimie sporesc randamentul diferitor procese, în mod particular – în tehnologiile chimice. Este important ca educabilul să cunoască și să aplice atât ideile inginerești, dar și să manifeste competențe de analiză a compoziției, structurii moleculare și a proprietăților materialelor utilizate în diverse procese inginerești.

În cadrul abordării STE(A)M ingineria este importantă pentru că aduce în prim-plan aplicarea practică a cunoștințelor tehnice și științifice, prin dezvoltarea de soluții tehnice practice pentru probleme din diverse domenii. Prin colaborarea cu specialiști din diverse domenii, inginerii pot dezvolta tehnologii inovatoare pentru a soluționa probleme care contribuie la îmbunătățirea calității vieții. Ingineria este un element important în abordarea STE(A)M, deoarece ajută la dezvoltarea abilității de gândire analitică, creativă, dar și critică, realistă, bazată pe calcule precise, argumentare științifică, prin proiectarea și construirea de produse și sisteme complexe, care implică colaborarea în soluționarea problemelor din realitate prin implicarea cunoștințelor dobândite în cadrul procesului de învățare. Componenta *Inginerie* integrată în cadrul conceptual STE(A)M trebuie percepută ca un stimulent al motivației pentru învățare prin creșterea atitudinii pozitive față de disciplinele școlare de pe segmentul științelor

reale, odată cu dezvoltarea potențialului cognitiv prin acțiuni care vizează direct formarea de cunoștințe [12].



Componenta ***Arte*** reprezintă un element important al abordării STE(A)M, adăugând creativitate și expresivitate la abordarea științifică, tehnologică, inginerească și matematică. Este elementul care implică componenta spirituală și estetică în abordarea pragmatică inginerească. În acest sens, arta are un loc distinct în cadrul conceptual de învățare STE(A)M, fiind considerată o componentă-cheie pentru dezvoltarea creativității, a gândirii critice și a abilităților de rezolvare a problemelor. Combinarea artei cu tehnologiile și lumea inovațiilor poate face învățarea mai flexibilă, poate declanșa curiozitatea educabilului și în același timp poate stimula motivarea pentru cunoaștere, investigare, cercetare și descoperire, dar și interpretare creativă a fenomenelor observate. Aceasta poate contribui la promovarea imaginii unor produse, utilizarea creativă a unor materiale mai puțin populare, a unor deșeuri, îmbinarea unor tehnologii moderne cu cele tradiționale etc. În chimie, artele joacă un rol important în înțelegerea și comunicarea conceptelor complexe [15]. Cunoașterea coloranților de origine minerală și organică poate stimula interesul pentru pictură, ornamente specifice diferitor zone etc. Mineralele subsolului pot influența caracterul construcțiilor, sculptura, dezvoltarea artei și tehnologiilor în diverse regiuni în anumite perioade istorice. Repartizarea neuniformă a minereurilor a contribuit la dezvoltarea proceselor de extragere, prelucrare a mineralelor, evoluția schimburilor comerciale și dezvoltarea economică a regiunilor. Tradițiile specifice unor regiuni îmbinate cu tehnologiile moderne pot genera noi tendințe în domeniu. Reutilizarea creativă a deșeurilor poate crea premise favorabile pentru dezvoltarea diferitor afaceri. Elevii pot crea modele 3D ale moleculelor sau ilustrații și desene care redau procese chimice și tehnologii de producție. Aceste activități nu numai că încurajează creativitatea, dar și dezvoltă abilități de

gândire critică și rezolvare de probleme. Prin integrarea artelor în conceptul STE(A)M, se pot crea modele tridimensionale ale moleculelor, ilustra reacții chimice și realiza animații care explică mecanismele reacțiilor. Utilizarea artei vizuale și a modelării tridimensionale facilitează înțelegerea structurii moleculare a substanțelor și a proceselor chimice. Prin intermediul muzicii și a poeziei, elevii pot învăța despre reacțiile chimice și legăturile ionice [13, 14]. În baza Tabelului Periodic al elementelor chimice poate fi analizată etimologia denumirii elementelor. Contextul în care au fost descoperite elementele chimice, proprietățile fizice și chimice manifestate de ele creează premise pentru elaborarea diferitor lucrări artistice. Este foarte eficient de aplicat alcătuirea diferitelor texte, poezii, compoziții etc. pe conținuturi curriculare din domeniul științelor exacte și ale naturii pentru elevii claselor cu profil uman. De asemenea, artele pot fi utilizate pentru a crea conexiuni între subiectele aparent fără conexiuni evidente, cum ar fi legătura dintre chimie și arta culinară. Unele domenii, precum Protecția mediului și Dezvoltarea culturii ecologice etc., creează multiple posibilități de elaborare și aplicare a produselor artistice de către educabili.

În plus, abordarea STE(A)M oferă oportunități pentru explorarea interdisciplinară, permițând educabililor să învețe concepte ancorate în realitate prin integrarea mai multor discipline școlare într-un tot întreg. Artele sunt o punte excelentă de integrare a lumii materiale cu cea spirituală, de conectare a științelor reale cu cele socio-umane și dezvoltarea inovației prin integrarea creativității în subiectele STEM [26], generând oportunități pentru experimentare și pentru dezvoltarea soluțiilor inovatoare la probleme complexe. Artele pot fi utilizate pentru a încuraja colaborarea și comunicarea între elevi în cadrul activităților STEAM. În timp ce elevii lucrează împreună pentru a crea un proiect artistic, ei vor împărtăși diferite idei și abordări, învățând să lucreze în echipă și să comunice în mod eficient. Artele reprezintă o componentă importantă a conceptului

STE(A)M, adăugând o dimensiune creativă și expresivă la învățarea științifică și tehnologică. Integrarea artelor în învățarea STEM poate oferi oportunități pentru explorarea inter- și transdisciplinară și pentru dezvoltarea de soluții inovatoare în cazul problemelor complexe [42].



Componenta ***Matematică*** are de asemenea un rol esențial în abordarea STE(A)M, fiind fundamentul și baza pentru celelalte discipline. Matematica oferă instrumentele necesare pentru a înțelege lumea care ne înconjoară, pentru a dezvolta abilitățile analitice de raționament și de rezolvare a problemelor prin soluții tehnologice, științifice, inovatoare [40]. În ceea ce privește științele, matematica este esențială în interpretarea și analiza datelor experimentale și în dezvoltarea teoriilor și modelelor matematice care explică fenomenele observate. De exemplu, în fizică matematica este utilizată pentru a modela mișcarea particulelor și a înțelege proprietățile materiei, iar în biologie matematica este folosită pentru a modela interacțiunile dintre specii și pentru a înțelege procesele biologice. Matematica joacă un rol important în chimie, fiind aplicată într-o gamă largă de domenii: de la echilibrarea ecuațiilor reacțiilor chimice și aplicarea legii conservării masei până la analiza datelor experimentale și utilizarea operațiilor matematice pentru rezolvarea problemelor. Matematica este esențială pentru dezvoltarea algoritmilor și a software-ului care stau la baza tehnologiilor digitale. În inginerie, matematica este esențială pentru a proiecta și a dezvolta structuri, mașini și dispozitive tehnice. Inginerii folosesc matematica pentru a calcula forța, presiunea și temperata dintr-un sistem, pentru a proiecta și a testa modele și prototipuri, precum și pentru a optimiza procesele de producție. Prin urmare, componenta *Matematică* are un loc central și vital în abordarea STE(A)M. Cunoștințele și abilitățile matematice sunt esențiale pentru a înțelege și a soluționa problemele din toate celelalte patru domenii conexe în

cadrul conceptual STE(A)M și pentru a dezvolta inovații tehnologice și științifice care pot îmbunătăți calitatea vieții [6].

În concluzie, fiecare element conceptual integrat în cadrul praxiologic elementar al educației STE(A)M joacă un rol important în pregătirea elevilor pentru viitor. Integrarea disciplinelor STE(A)M în curriculum îi ajută pe elevi să dezvolte competențe esențiale și să înțeleagă importanța colaborării interdisciplinare în rezolvarea problemelor multiaspectuale, pregătindu-i astfel pentru provocările lumii reale și stimulându-le potențialul cognitiv-creativ. Prin dezvoltarea competențelor STE(A)M, elevii sunt pregătiți să devină lideri și inovatori în domeniile lor de interes, contribuind astfel la avansarea societății în domenii precum tehnologia, ecologia, medicina, energetica, știința materialelor și multe altele. De asemenea, aceștia sunt pregătiți să facă față provocărilor viitorului, care vor fi din ce în ce mai complexe, imprevizibile și complicate, dar deseori interconectate, axate pe principiul „cauză și efect". Analizând unele efecte, pot fi identificate cauzele care l-au generat, respectiv, pot fi elaborate idei pentru a micșora abaterea de la normalitate. Această abordare poate transforma educația, creând o generație de tineri inteligenți, flexibili, capabili să se adapteze condițiilor de activitate din viitor prin elaborarea soluțiilor eficiente și inovative.



Sarcini de lucru

1. Explică rolul cercetării științifice în abordarea STE(A)M și justifică importanța acesteia pentru înțelegerea lumii înconjurătoare.
2. Analizează provocările și avantajele legate de integrarea curriculară a disciplinelor STEM și artistice în procesul de predare-învățare.
3. Explică ce rol are Tehnologia în crearea și implementarea soluțiilor practice pentru problemele actuale ale lumii?

4. Care este importanța Ingineriei în procesul de instruire la disciplinele din domeniul Științe ale naturii?
5. Argumentează cum pot Matematica și Artele să fie utilizate împreună pentru a explica concepte științifice complexe. Propune exemple de teme cu aspecte interdisciplinare.
6. Care este importanța Matematicii în procesul de instruire la disciplinele din domeniul Științe ale naturii?
7. Argumentează cum abordarea STE(A)M dezvoltă abilitățile secolului XXI?

1.3. Traseul de dezvoltare a conceptului educațional STE(A)M la nivel mondial

Dezvoltarea paradigmei educaționale este influențată de evoluția socio-economică, deoarece sistemul educațional are misiunea de a pregăti cetățenii pentru activitatea cotidiană și profesională, luând în considerație tendințele actuale și prognozele pentru viitor. Transpoziția didactică a sistemului global de educație de la învățarea teoretică la educație STEM, apoi la STE(A)M demonstrează necesitatea apariției la nivel mondial a unui nou stil de învățare, care va include integrarea gândirii creative și inovative în dezvoltarea personalității angajatului, va susține colaborarea și comunicarea în rezolvarea problemelor comune. În anul **2001** termenul „STEM” a fost introdus oficial de Fondul Național de Cercetare din SUA cu scopul de a evidenția o nouă paradigmă educațională ce reprezintă o abordare care are scopul de a pune în valoare disciplinele științifice, tehnologice, inginerești și matematice. Dacă educația STEM se valorifică ca concept educațional încă din anii 1990 [22], fără însă a fi precizată concret abrevierea și importanța fiecărui element al acronimului, inserția Artelor în domeniul învățării științifice are loc puțin mai târziu și noțiunea de educație STE(A)M este relativ mai „tânără”. În anul **2003** în SUA, Consiliul

Național pentru Cercetare în lucrarea intitulată „Dincolo de productivitate: informație, tehnologie, inovație și creativitate" [33] cercetează și analizează colaborarea interdisciplinară dintre domeniul IT, creativitate, artă și design ca modalitate de dezvoltare a potențialului de creștere a productivității și inovației pe piața muncii. Ei afirmă că învățarea creativă prin cercetare și rezolvare de probleme contribuie, în final, la dobândirea unor achiziții teoretice și practice mai mult decât ne-am putea imagina noi și vizează direct deschiderea spre capacitatea de a recombina în diverse situații cunoștințele și abilitățile pentru elaborarea soluțiilor adecvate situațiilor create. Aceste premise permit manifestarea creativității și a gândirii inovatoare, care poate genera noi idei și produse ce pot schimba calitativ nivelul proceselor în diverse domenii. În anul **2006** are loc Primul summit național STEM din Statele Unite ale Americii, unde se discută importanța promovării STEM în educație.

În anul **2007** membrii Senatului SUA solicită Academiei Naționale să abordeze impactul globalizării asupra competitivității economice a SUA, în special în domeniile științei și tehnologiei, accentul fiind deplasat spre crearea locurilor de muncă STEM [32]. Ca răspuns la cerințele mondiale ale educației a apărut și s-a dezvoltat conceptul educațional STE(A)M, care a fost lansat inițial de oamenii de știință de la Arts-National Policy în anul **2007** în cadrul unei Mese Rotunde [1, 10, 34]. Inserția Artelor în conceptul STEM deja format și bine definit a fost ca lansarea unei invitații de învățare colaborativ-creativă în domeniul Științe, Tehnologii, Inginerie, Arte și Matematică [25, 37]. Dna profesor Georgette Yakman este considerată una dintre promotorii conceptului educațional STEAM în SUA. Pe lângă faptul că a promovat activ incluziunea Artelor în educația STEM, ea a explicat corelația care trebuie să existe între aceste discipline pentru a forma o învățare armonioasă. Integrarea Artei în conceptul educațional STEM a pornit din SUA, iar promotoarea acestei idei a fost Lisa la Bonte, având ca scop introducerea unui nou mod inovator de învățare, care

combină disciplina artistică cu abordarea STEM. Anul **2009** este cel care marchează debutul istoric al conceptului didactic STEAM, adăugând componenta Arte în abordarea STEM, ce promovează importanța combinației între Știință și Artă.

În anul **2010** în cadrul comitetului format din Asociația Națională pentru Educație (NAE) și Fundația Națională pentru Științe (NFS) se elaborează recomandări pentru investiții în cercetarea conceptului educațional STEAM, care au fost în totalitate recunoscute de către NFS și Fondul Național pentru Arte (National Endowment for the Arts) [19]. În anul 2**013** se aduce în discuție importanța integrării artelor în abordarea STEM în cadrul Primul Summit internațional STEAM la Rhode Island din Statele Unite ale Americii.

Educația STEAM nu a ocolit nici învățământul din Coreea de Sud, unde promotori activi ai conceptului educațional STEAM au fost personalități precum Kwon, Park, Lee, care au contribuit la ideea de revizuire a curriculumului științific în anul **2009**, fapt susținut și de Ministerul Educației, Științei și Tehnologiilor (MEST) [31] și de Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity (KOFAC) [23]. În Taiwan guvernul a adoptat programele educaționale bazate pe conceptul educațional STEM în a doua jumătate a anului **2010** și accentul a fost stabilit în mod deosebit pe incluziunea și dezvoltarea acestui concept la nivelul curriculumului școlar din învățământul secundar [2, 29].

Ca răspuns la problema generată de cererea mai mare a angajaților ce dețin competențe STEM, Taiwanul pune un mare accent pe disciplinele legate de arte și design, iar pentru a dezvolta potențialul de creștere și inovare a țării, include conceptul educațional STEAM în învățământul secundar.

La nivel universitar în prezent disciplinele ce țin de proiectare, design și arte sunt în continuă dezvoltare. Există o serie de programe educaționale de proiectare bine stabilite disponibile în universități, variind de la studii

universitare, postuniversitare și chiar doctorale [30].

În anul **2010** Comisia Europeană lansează prima strategie de susținere a educației STEM în Europa. În anul **2015** este emis primul raport UNESCO care vorbește despre importanța abordării STEM în educație și se subliniază necesitatea dezvoltării abilităților STEM în vederea dezvoltării durabile și a progresului social.

În anul **2019** se organizează Summitul internațional STEAM în Asia (Japonia), unde se subliniază importanța promovării creativității și inovației prin integrarea artelor în abordarea STEM (Figura 1.2).

Conceptul educațional STE(A)M a devenit un element de reper pentru tendințele importante în dezvoltarea educației și cercetării la nivel mondial. Astfel, cel mai mare program european de cercetare și inovare Orizont 2020, implementat în perioada anilor 2014-2020 (cu un buget de 80 de miliarde de euro), a avut ca prioritate formarea competenţelor ştiinţifice şi dezvoltarea inovației prin conectarea ştiinţei cu societatea.

Printre obiectivele programului – atragerea tinerilor spre cariere STEM pentru a îmbunătăţi alfabetizarea populaţiei europene în domeniul ştiinţelor şi tehnologiei. Programul european Horizont Europe (2021-2027, cu un buget de 95,5 de miliarde euro) este axat la fel pe promovarea cunoașterii și inovației inter- și transdisciplinare.

Participarea profesorilor și cercetătorilor în aceste proiecte sporește experiența profesională a lor, iar implicarea tinerilor asigură creșterea noilor specialiști de valoare în domeniu. Alte programe de promovare a concepției STEM în Uniunea Europeană: European Schoolnet, Scientix, inGenious etc.

Dacă facem referință la România, trebuie să menționăm că aici „Asociația pentru Educație STEM Creativă”, care promovează în instituțiile educaționale transferul de conținuturi curriculare în posibilități de învățare aplicativ-creativă, se preocupă de dezvoltarea educației STE(A)M.

Uniunea Europeană lansează în anul **2018** o strategie educațională, care promovează abordarea STEM în educație și cercetare la nivelul țărilor europene, subliniind importanța acestora în vederea dezvoltării economice și sociale.

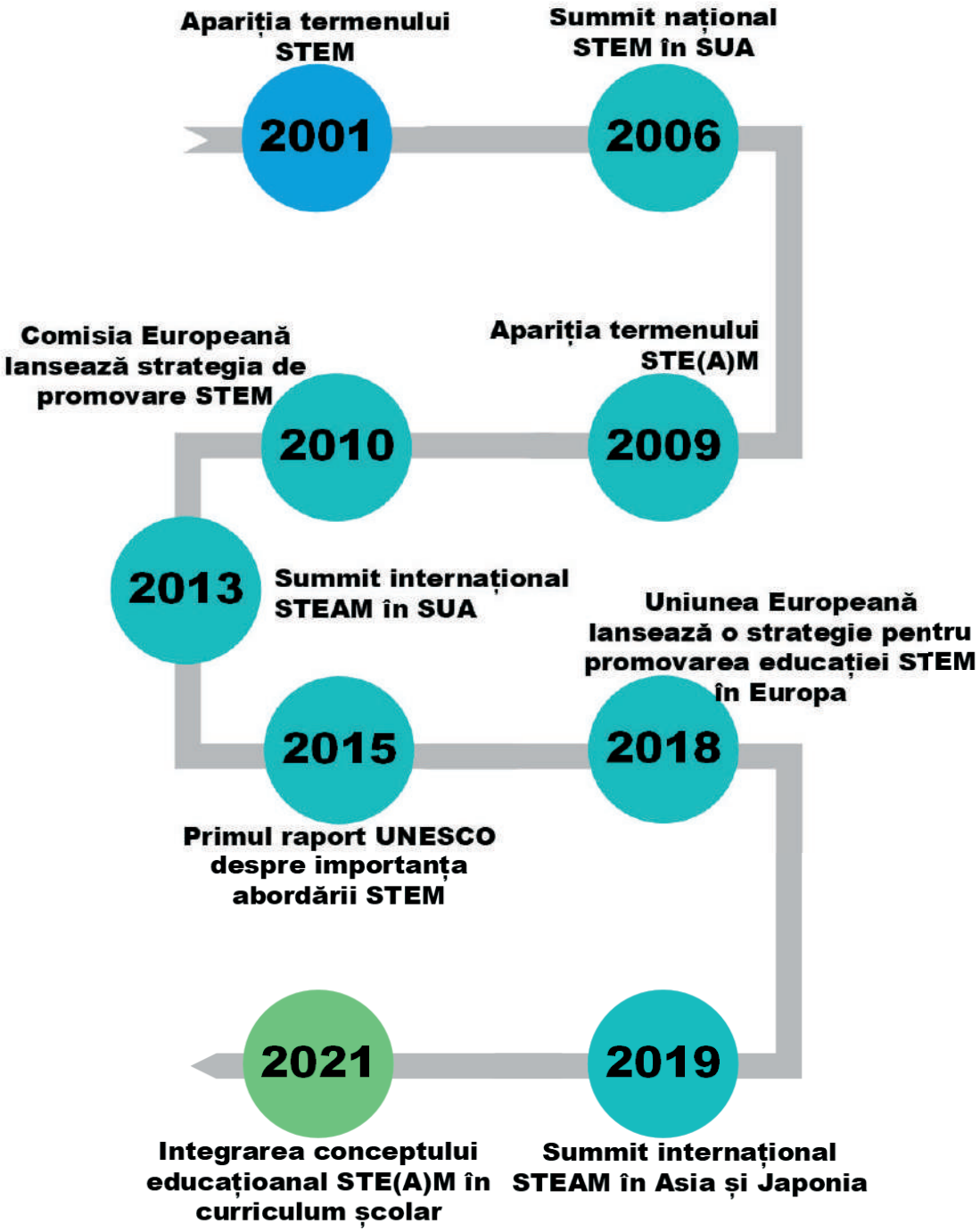


Fig. 1.2. Axa cronologică a etapelor de dezvoltare și încadrare a conceptului educațional STEM/STEAM în mediul educațional la nivel mondial

Ajunși în anul **2024**, conceptul educațional STE(A)M devine din ce în ce mai prezent în discuțiile privind educația la nivel mondial, iar multe țări încep să introducă abordarea STE(A)M în curriculum-ul școlar, mediul academic, precum și în cel non-formal.



Sarcini de lucru

1. Descrie etapele evoluției conceptului educațional STE(A)M.
2. Identifică care au fost primele inițiative sau evenimente care au introdus componenta de Arte (A) în abordarea STEM și au condus spre apariția conceptului educațional STE(A)M.
3. Argumentează influența Uniunii Europene în dezvoltarea și promovarea conceptului STEM și STE(A)M.
4. Analizează și oferă exemple concrete despre principalele beneficii și impactul educației STE(A)M asupra elevilor, economiei și societății.
5. Explică factorii care au determinat integrarea gândirii creative și inovative în educație și analizează impactul acestora asupra dezvoltării conceptului STE(A)M.
6. Prezintă un exemplu de program cadru european de cercetare în care educația STE(A)M este o prioritate în formarea competenţelor ştiinţifice şi dezvoltarea inovației.
7. Formulează o ipoteză argumentată despre impactul educației STE(A)M asupra viitorului învățământului la nivel global.

1.4. Dezvoltarea conceptului educațional STE(A)M în Republica Moldova

Educația STE(A)M este unul dintre factorii care pot promova dezvoltarea în secolul XXI și este în același timp o provocare de adaptare la noile condiții sistemice impuse involuntar de piața muncii. Promovarea conceptului de instruire prin cercetare în baza proiectelor axate pe cel ce învață și realitatea din sistemul educațional din Republica Moldova a fost parțial inițiat încă în anul **2013**, când a

fost lansat programul eTwinning – implementat de Centrul Tehnologii Informaționale și Comunicaționale în Educație, fiind cofinanțat din resursele acordate de Ministerul Educației al Republicii Moldova [50], pe atunci însă nu se specifica despre inter/transdisciplinaritate.

eTwinning-ul este o platformă de descoperire a noului și realizării schimbului de experiență. Proiectele erau mai mult un mecanism de învățare extracurriculară. În anul **2014** are loc prima ediție a Concursului Național de Știință și Inginerie „Mold Sef", care urmărește scopul de a dezvolta abilitățile creative ale elevilor și de a spori interesul pentru studiul științelor reale, ale naturii, inginerești și tehnice prin realizarea proiectelor și popularizarea cunoștințelor științifice [46]. Proiectele prezentate în cadrul concursului au similitudini cu proiectele de cercetare STE(A)M actuale.

Istoria conceptului educațional STE(A)M în Republica Moldova pornește relativ târziu comparativ cu nivelul mondial. Pentru prima dată în țara noastră se promovează Conceptul Educațional STEM în anul **2016** la una dintre conferințele desfășurate de către Universitatea Tehnică din Moldova (UTM), unde a fost prezentat acest concept oamenilor de știință drept reper al dezvoltării competențelor tehnologice și inginerești ale tinerilor specialiști în devenire. Tot în anul **2016** Ministerul Educației, Culturii și Cercetării (MECC) a elaborat Strategia Națională de reformă a Educației pentru perioada 2016-2020, care a inclus promovarea abordării STE(A)M. Ulterior, în anul **2017**, MECC a lansat Proiectul „STEM pentru Tineri", care a implicat formarea cadrelor didactice în abordarea STEM și organizarea de activități practice pentru elevi în domeniile STEM. În anul **2017** în câmpul educațional al Republicii Moldova apare „Clasa Viitorului" – proiect care promovează activ digitalizarea învățării și elementele de bază ale conceptului educațional STE(A)M. De astă dată deja se vorbește despre soluționarea creativă a problemelor din domeniul educației și incluziunea artelor ca factor esențial în formarea competențelor secolului XXI. Un alt pas

esențial în dezvoltarea educației STE(A)M din Republica Moldova a fost revizuirea în anii 2018-2019 a Curriculei precedente, elaborate în anul 2010, care s-a văzut necesară pentru a adapta programele școlare la cerințele politicilor educaționale naționale și internaționale precum: Codul Educației [7], Cadrul de referința al Curriculumului Național [4] și Recomandările Parlamentului European și a Consiliului Uniunii Europene [35] etc. În anul **2018** MECC organizează prima conferință națională dedicată abordării STE(A)M în educație, unde au fost prezentate bune practici și inițiative de succes în acest domeniu. În anul **2018** programul eTwinning devine o parte componentă a Programului de învățare pe tot parcursul vieții al Comisiei Europene. Managementul proiectelor eTwinningPlus este transferat către UTM, iar odată cu acesta se promovează proiectul Scientix, care vizează sprijinirea dezvoltării profesionale a profesorilor STE(A)M. Printre obiectivele principale se numără organizarea activităților comune naționale în cadrul Scientix, conexiunea între activitățile europene și naționale, monitorizarea și analiza inițiativelor naționale în politicile educației științifice, precum și promovarea și oferirea de asistență pentru obținerea etichetei școală STEM [47].

În anul **2019** are loc inserția Conceptului educațional STE(A)M în învățământul preuniversitar – apare o nouă ediție a Curriculumului, unde educația STE(A)M este activ promovată prin incluziunea proiectelor STE(A)M ca produse a unităților de învățare. Ponderea integrării proiectelor STE(A)M în curricula 2019 variază [12] în funcție de ciclul de studii și disciplină:

- la gimnaziu: 3,76% la biologie, 4,57% – geografie, 5,30% – fizică, 6,85% – chimie.
- la liceu: 3,04% la biologie, 3,86% – fizică, 6,20% – matematică, 10,10% – chimie.

Tot în anul **2019** au fost organizate mai multe proiecte și concursuri în domeniul STEM, inclusiv „Școala de Vară STEM”, „Festivalul STEM” și

„Olimpiada Națională de Științe”. În același an proiectul „Clasa Viitorului” este dezvoltat și apare Centrul Național de Inovații Digitale în Educație „Clasa Viitorului” lansat de Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, care promovează integrarea educației STE(A)M în învățământ prin dezvoltarea rețelelor digitalizate la nivel statal, promovarea orelor de robotică și a tehnologiilor în sălile de clasă dotate din cadrul programului. Un promotor activ al conceptului educațional STE(A)M este și organizația „USAID Moldova”, care prin activități extracurriculare realizate la nivel național demonstrează beneficiile și utilitatea conceptului educațional STE(A)M pentru dezvoltarea potențialului creativ-cognitiv al viitoarei generații.

Odată cu schimbarea curriculei și inserția proiectelor STE(A)M în cadrul metodologic de predare-învățare-evaluare, cadrele didactice trebuie să promoveze un management al formării competențelor axat pe paradigma conceptuală a educației STE(A)M. În anul **2020** Centrul de Formare Continuă a Universității de Stat din Tiraspol (cu sediul la Chișinău) [53], care propune profesorilor programe de formare continuă specializate, a venit în sprijinul cadrelor didactice:

- 75 ore contact direct, 10 credite – „Metodologia elaborării proiectelor” „Abordări pedagogice inovative”, „Educație prin cercetare”.
- 90 ore contact direct, 12 credite – „Abordări STE(A)M în predarea științelor”.

Pentru Educația STE(A)M din Republica Moldova, anul **2020** este unul esențial în dezvoltarea și promovarea ei: cercetătorii de la Universitatea de Stat din Tiraspol (cu sediul la Chișinău) obțin finanțare la Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare (ANCD) în cadrul Programului de Stat pentru proiectul 20.80009.0807.20 „Metodologia implementării TIC în procesul de studiere a științelor reale în sistemul din Republica Moldova din perspectiva inter/transdisciplinarității (concept STEAM)”, proiect încadrat în prioritatea

strategică IV – Provocări societale, fiind proiectul cu cel mai mare buget la nivel național și cea mai reprezentativă echipă de cercetători din Republica Moldova la moment în domeniu. Cercetătorii își propun în cadrul proiectului fundamentarea teoretică și elaborarea metodologiei studierii și implementării unor tehnologii și materiale didactice în domeniul științelor reale din perspectiva inter/transdisciplinarității (STE(A)M concept) [54]. În februarie **2020** la Universitatea de Stat din Tiraspol în cadrul Conferinței „Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă" (organizată de facultatea Biologie și Chimie) se desfășoară prima ediție a Concursului „Tânărul Cercetător" (inițial național, apoi internațional), care promovează bunele practici în cercetarea inter/translisciplinară și proiectele STE(A)M, creând un mediu propice dezvoltării competenței de cercetare a elevilor preuniversitari și oferind suport în carieră [38]. În toamna anului **2020** la Universitatea Tehnică din Moldova în parteneriat cu „Centrul de Informare și Ghidare în Carieră" (CEGHID) se lansează proiectul „SCIENTIX", care este o inițiativă a Comisiei Europene ce propune activități de promovare a educației STEM prin proiecte colaborative, programe de formare a cadrelor didactice și schimb de bune practici în instituțiile din învățământul preuniversitar din republică [55]. Tot în acest an este lansat proiectul „Tekwill în fiecare școală", care are scopul să pregătească elevii secolului XXI pentru profesiile viitorului. Aici educația STE(A)M se îmbină armonios cu tehnologiile de ultimă oră și permit profesorilor să ghideze elevii în lumea științei cu implicarea echipamentelor digitale [51]. Programul oferă cadrelor didactice formare continuă și mentorat în domeniul cursurilor selectate, ca ulterior aceste discipline opționale să fie predate elevilor la cel mai înalt nivel. Pe parcursul anului de studii **2020-2021** în câmpul educațional din Republica Moldova cu unele manifestări științifico-didactice cu caracter inter-/trans- și pluridisciplinar tipice conceptului educațional STE(A)M se evidențiază Asociația

Generală a Învățătorilor din România, filiala din Republica Moldova – AgiroMD, și Comunitatea Profesorilor din Moldova – META.

Vara anului **2021** este marcată de lansarea Asociației Obștești „Inovație în Educația de Performanță", care își propune prin desfășurarea seminarelor, programelor și cursurilor de formare continuă să contribuie la dezvoltarea potențialului cadrelor didactice din domeniul Științe Exacte și ale Naturii. Unul dintre obiectivele principale ale Asociației este promovarea inter- și transdisciplinarității în instruire și cercetare.

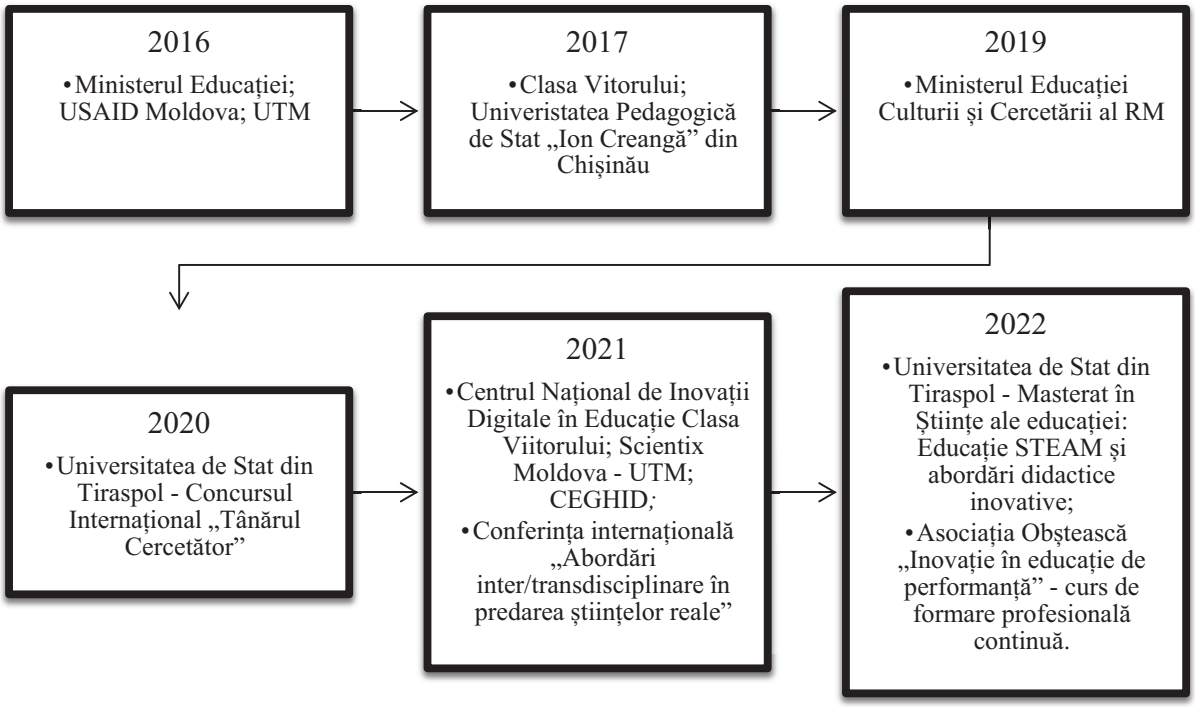


Fig. 1.3. Elemente-cheie în parcursul istoric al conceptului educațional STE(A)M în Republica Moldova

În toamna anului **2021** la Universitatea de Stat din Tiraspol (cu sediul la Chișinău) se lansează programul de masterat, unic în spațiul românesc: „Educație STE(A)M și abordări didactice inovative", care își propune să pregătească cadre didactice competente în domeniul Educației STE(A)M. Un alt eveniment important din toamna anului **2021** este lansarea programelor de formare continuă

(150 ore, 5 credite) [56], dedicate cadrelor didactice din învățământul general la Centrul Național de Inovații Digitale în Educație „Clasa Viitorului”: Abordarea integrată a conținuturilor de învățare pe modelul STE(A)M; Utilizarea echipamentelor digitale în activitatea investițională etc. (Figura 1.3).

La 29-30 octombrie 2021 la Universitatea de Stat din Tiraspol (cu sediul la Chișinău) s-a desfășurat Conferința internațională „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale, (concept STE(A)M)” care și-a desfășurat activitatea în 4 secții:

1. Abordări inter/transdisciplinare în studierea matematicii (concept STE(A)M);
2. Studierea informaticii și tehnologiilor informaționale din perspectiva STE(A)M;
3. Implementarea inter/transdisplinarității în procesul de predare-învățare a fizicii și științelor tehnice (concept STE(A)M);
4. Integrarea STE(A)M în procesul de studiere a biologiei, chimiei, fizicii și geografiei.

La conferință au participat circa 1200 reprezentanți ai mediul academic din țară și de peste hotare, fiind expuse 110 comunicări științifico-didactice în domeniul conceptului educațional STE(A)M [52]. Conferința se desfășoară anual și prezintă o platformă de promovare a noutăților din domeniu prin expunerea experiențelor din diverse țări și sisteme educaționale.

La începutul anului **2022** Centrul Cultural „America House Chișinău” în colaborare cu Direcția Generală Educație, Tineret și Sport a municipiului Chișinău lansează programul de parteneriate școlare „STE(A)M Connect”, care oferă profesorilor oportunitatea de a se forma în domeniul educație STE(A)M, abordări inter/trans și pluridisciplinare și a implementa un proiect STE(A)M în parteneriat cu 1-2 instituții din țară și de peste hotare [48]. Tot în vara aceluiași an Asociația Obștească „Inovație în Educație de Performanță” lansează

programul de formare continuă: „STE(A)M – inovație în educația viitorului”, care propune cadrelor didactice să își dezvolte competențele profesionale prin studiul aprofundat al reperelor metodologice de desfășurare a demersului didactic axat pe conceptul educațional STE(A)M.

Începând cu anul 2024, a început activitatea în cadrul subprogramului de stat „Metodologia implementării TIC în procesul de studiere a științelor reale din perspectiva conceptului STEAM și Inteligenței Artificiale” în cadrul Universității Pedagogice de Stat „Ion Creangă” din Chișinău.

Conceptul educațional STE(A)M, relativ tânăr în Republica Moldova, a prins rădăcini, se încearcă a fi dezvoltat la nivel național și dă rezultate frumoase chiar și prin conectarea la activități la nivel internațional.



Sarcini de lucru

1. Enumeră câteva evenimente-cheie care au marcat dezvoltarea conceptului educațional STE(A)M în Republica Moldova. Creează axa cronologică a etapelor de dezvoltare și încadrare a abordării STE(A)M în câmpul educațional din Republica Moldova.
2. Analizează adaptarea Curriculum-ului școlar din Republica Moldova pentru a realiza demersul didactic prin intermediul abordărilor STE(A)M. Evaluează în ce măsură a fost integrată această abordare la diferite discipline?
3. Argumentează contribuția conceptului educațional STE(A)M la dezvoltarea competențelor tehnologice și inginerești ale tinerilor specialiști din Republica Moldova.
4. Prognozează viitorul educației STE(A)M în Republica Moldova, evidențiind posibilele beneficii și riscuri pe termen lung pentru elevi și societate.

5. Explică cum pot contribui programele de formare continuă a cadrelor didactice la implementarea și promovarea conceptului STE(A)M în învățământul din Republica Moldova.

1.5. Importanța abordării STE(A)M în educație

Într-o lume tot mai digitalizată și tehnologizată, educația tradițională întâmpină unele dificultăți în pregătirea elevilor pentru activitatea profesională în piața muncii viitorului. Aceasta nu însemnă că trebuie renunțat la experiențele educaționale acumulate timp de secole. Este necesar de îmbinat valorile tradiționale din educație cu noile abordări pentru a corespunde cerințelor viitorului. Abordarea STE(A)M pune accentul pe dezvoltarea competențelor transversale, a gândirii critice, creative și analitice. În acest context, se creează premise favorabile pentru sporirea capacității de rezolvare a problemelor, comunicare, colaborare, se dezvoltă abilitățile digitale, necesare în orice domeniu de activitate [3].

În ultimele decenii, abordarea STE(A)M a devenit din ce în ce mai importantă în educație. Acest concept didactic își propune să formeze competențele educabililor prin intermediul interconectării disciplinelor STEM și artelor, ceea ce poate duce la o mai bună înțelegere a materiei, la dezvoltarea potențialului de gândire critică și inovatoare. Educația STE(A)M devine acea punte, care conectează procesul de învățare cu oportunitățile de angajare și dezvoltare profesională din secolul XXI [8].

Factorii care influențează necesitatea implementării conceptului educațional STE(A)M în învăţământ (Figura 1.4):

- *Cerințele pieței muncii* care se schimbă dinamic în pas cu evoluția tehnologiei și a pieței muncii; este necesar ca educația să se adapteze și să ofere elevilor competențe relevante, funcționale și actualizate pentru profesiile viitorului.

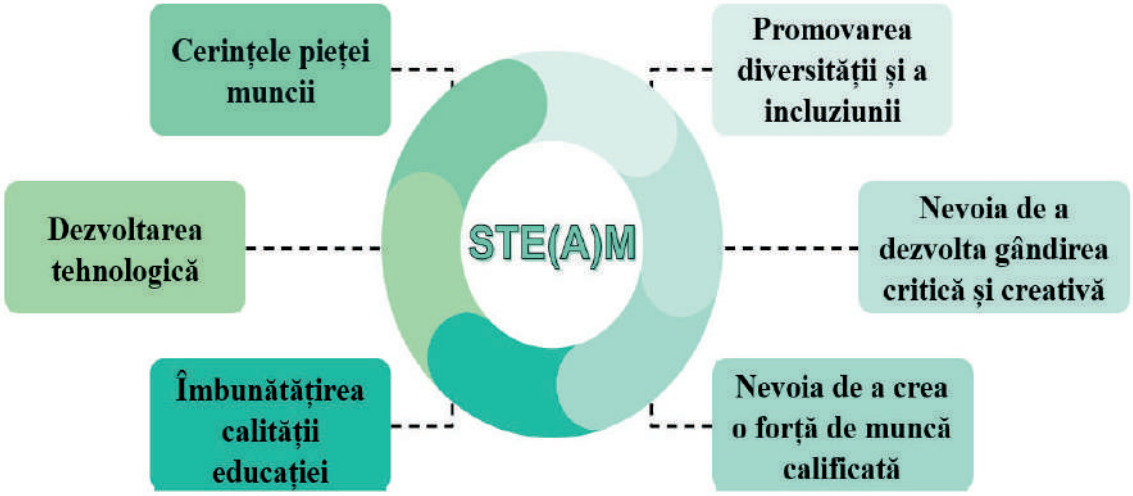


Fig. 1.4. Factorii care influențează necesitatea implementării conceptului educațional STE(A)M în educație

- *Dezvoltarea tehnologică* în continuă evoluție aduce în fața elevilor necesitatea de a fi pregătiți să utilizeze noile tehnologii și să fie capabili să identifice soluții inovatoare pentru problemele curente și în perspectivă.
- Abordarea STE(A)M în educație oferă oportunitatea de a dezvolta abilități critice de gândire, rezolvare a problemelor și de colaborare, ceea ce poate duce la o *îmbunătățire a calității educației*.
- *Nevoia globală de a crea o forță de muncă calificată* influențează pârghiile conceptuale STE(A)M și tinde să formeze tânăra generație ca o forță de muncă calificată și pregătită să se adapteze rapid la noile tehnologii și condiții de activitate, adică să dispună de un grad înalt de autonomie în dezvoltarea profesională.
- *Nevoia de a dezvolta gândirea critică și creativă* necesară pentru a soluționa probleme complexe din viața reală se centrează pe dezvoltarea abilităților de gândire critică și creativă în procesul de predare-învățare-evaluare, care sunt esențiale în orice domeniu de activitate.

- Abordarea STE(A)M poate ajuta la *promovarea diversității și a incluziunii*, oferind oportunități egale pentru toți elevii de a se implica în activități științifice și tehnologice.

Una dintre cele mai importante beneficii ale abordării STE(A)M în educație este faptul că aceasta ajută la crearea unei perspective holistice asupra învățării și dezvoltării elevilor. În loc să se concentreze doar pe o disciplină sau pe o abordare unică de învățare, conceptul educațional STE(A)M încurajează elevii să abordeze probleme complexe dintr-o perspectivă multidisciplinară și să exploreze modurile în care acestea se intersectează și se completează reciproc.

În contextul învățării chimiei, integrarea STE(A)M în cadrul conceptual al procesului de predare-învățare-evaluare poate îmbunătăți înțelegerea și aplicarea principiilor chimice în viața de zi cu zi și în industrie, dar și de a promova creativitatea și gândirea critică. Disciplina chimie are multiple valențe conexe cu celelalte domenii cuprinse în educația STEM. Tehnologia și ingineria sunt utilizate în chimie pentru a dezvolta instrumente și tehnologii noi, cum ar fi senzorii și metodele analitice avansate, care permit o monitorizare precisă și o analiză cantitativă a substanțelor chimice.

Un alt exemplu de studiu interdisciplinar axat pe abordarea STE(A)M îl întâlnim atunci când elevii învață despre sistemele de energie regenerabilă, ei trebuie să înțeleagă fizica și matematica care stau la baza acestor sisteme, tehnologia necesară pentru a le implementa, procesele fizico-chimice care decurg, condițiile în care se desfășoară, produsele care se formează și să ia în considerare impactul lor asupra mediului și a societății. Abordarea STE(A)M ajută elevii să înțeleagă modul în care pot aplica cunoștințele și abilitățile pe care le dobândesc în diverse contexte educaționale, contribuind semnificativ la dezvoltarea lor în ceea ce privește abilitatea de a rezolva situații problemă cu care se confruntă în viața cotidiană. Este important să subliniem că educația STE(A)M se

concentrează pe cultivarea potențialului elevilor de a descoperi soluții inovatoare și creative, bazându-se pe abilitățile cognitive și creative ale acestora [43].

Abordarea STE(A)M în educație își propune ca scop major crearea unui tablou unic al lumii înconjurătoare, sporirea competitivității specialiștilor, elaborarea materialelor/tehnologiilor noi eficiente și nonpoluante, creștere productivității proceselor economice etc. Un alt aspect important al abordării STE(A)M este încurajarea inovației și a spiritului antreprenorial. Prin abordarea integrată a disciplinelor, elevii sunt încurajați să gândească în mod creativ și să exploreze soluții noi și inovatoare pentru problemele reale [5, 24]. În plus, această abordare îi ajută să își dezvolte încrederea în propriile abilități și să fie mai predispuși să-și asume riscuri și să-și transforme ideile în acțiune.

Abordarea STE(A)M poate aduce multiple avantaje [27], cum ar fi (Figura 1.5):

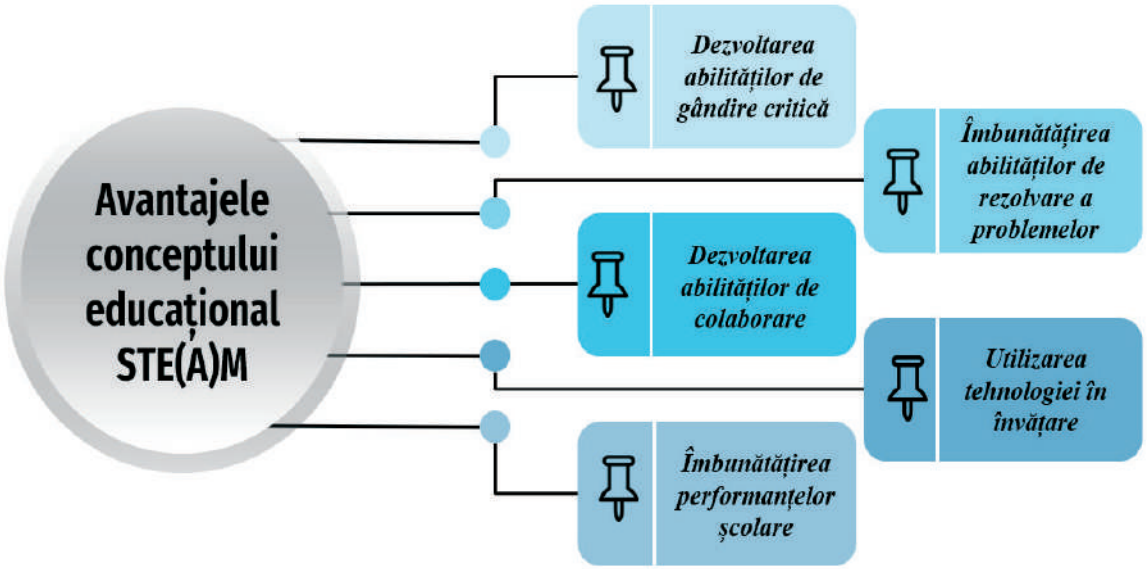


Fig. 1.5. Avantajele conceptului educațional STE(A)M

1. Dezvoltarea abilităților de gândire critică în cadrul conceptual STE(A)M – prin integrarea componentei matematice, elevii pot învăța să utilizeze calculul, statistica și modelarea matematică pentru a rezolva probleme

chimice complexe. În plus, colaborarea între elevi și utilizarea tehnologiei poate spori dezvoltarea gândirii critice și creative.

2. Abordarea STE(A)M se concentrează pe rezolvarea de probleme interdisciplinare prin utilizarea cunoștințelor și abilităților dobândite în diverse domenii. În procesul de predare-învățare-evaluare, această abordare poate ajuta elevii să-și îmbunătățească abilitățile de rezolvare a problemelor analizând diferite puncte de vedere și să găsească soluții inovatoare.
3. *Dezvoltarea abilităților de colaborare* în cadrul conceptual al educației STE(A)M se bazează pe colaborarea între elevi, dar și pe colaborarea dintre elevi și profesori. Aceasta poate îmbunătăți abilitățile sociale ale elevilor, ajutându-i să învețe cum să lucreze în echipă, să comunice și să-și împărtășească ideile.
4. *Utilizarea tehnologiei în învățare* – componenta tehnologică a abordării STE(A)M poate ajuta elevii să dobândească abilități și cunoștințe de programare, dar și să utilizeze tehnologia în rezolvarea problemelor chimice complexe.
5. Studiile de specialitate arată că abordarea STE(A)M poate *îmbunătăți performanțele* elevilor în științe, dar și în alte domenii.

Trebuie să menționăm că pe lângă avantaje există și dezavantaje ale abordării educaționale STE(A)M, pe care trebuie să le luăm în considerare în dezvoltarea sistemelor de învățământ:

1. Implementarea cu succes a abordării STE(A)M poate fi costisitoare, deoarece necesită resurse materiale și umane semnificative, inclusiv echipamente de laborator, software specializat, formare profesională, colaborare interdisciplinară și alte resurse suplimentare.
2. Materialele și echipamentele specializate sunt o provocare în unele instituții, în special în zonele cu resurse materiale și financiare limitate. În

plus, personalul didactic trebuie să aibă abilități și cunoștințe specializate pentru a putea furniza o educație de calitate.

3. Este necesar de a găsi o soluție optimă de promovare a educației STE(A)M fără a aduce prejudicii disciplinelor fundamentale, care pun bazele cunoașterii în domeniu. Această soluție trebuie să dezvolte simbioza dintre monodisciplinaritate și conceptul STE(A)M. În plus, abordarea STE(A)M este o tendință a timpurilor actuale, care poate fi înlocuită de alte abordări, iar renunțarea la disciplinele fundamentale poate avea efecte negative asupra întregului sistem educațional (calitatea personalului didactic; competențele elevilor; tradițiile educaționale; abordările metodologice etc.).
4. Îngustarea câmpului de dezvoltare a creativității cadrului didactic și a manifestării stilului său individual.
5. Evaluarea cunoștințelor și a competențelor în cadrul abordării STE(A)M poate fi o provocare. Evaluarea cunoștințelor, competențelor și performanței studenților/elevilor în cadrul proiectelor interdisciplinare poate fi complexă și necesita o abordare diferită de evaluarea tradițională.
6. Implementarea abordării STE(A)M poate necesita o abordare mai flexibilă a procesului de predare-învățare, iar acest lucru poate fi dificil de implementat în unele sisteme de învățământ.
7. În condițiile de implementare nereușită a conceptului STE(A)M, a decongestionării conținuturilor, dispariției monodisciplinelor, lipsei condițiilor materiale pentru activitățile practice în unele instituții de învățământ și, în consecință, a lipsei unui sistem ierarhizat al cunoștințelor în domeniul disciplinei pot apărea situații de scădere a valorii competențelor dobândite în sistemul educațional.

Deși identificăm și dezavantaje, abordarea STE(A)M aduce numeroase beneficii educației și dezvoltării elevilor. Este important să găsim modalități de a

depășI dezavantajele, astfel încât educația STE(A)M să devină o parte integrantă și funcțională a programelor de învățământ. Totuși, în sistemul educațional ar fi bine să fie promovată atât instruirea în profunzime în cadrul monodisciplinelor, cât și activități STE(A)M de integrare pe orizontală în cadrul diferitelor subiecte.



Sarcini de lucru

1. Explică conceptul de abordare didactică STE(A)M și argumentează importanța sa în educație.
2. Identifică provocările asociate implementării abordării STE(A)M în instituțiile de învățământ și realizează o analiză SWOT, evidențiind punctele forte și cele slabe, oportunitățile și amenințările acestei metode educaționale.
3. Analizează modul în care colaborarea și utilizarea tehnologiei contribuie la eficientizarea procesului de învățare bazat pe STE(A)M.
4. Explică factorii care influențează importanța integrării educației STE(A)M în sistemul de învățământ și oferă exemple concrete.
5. Cum poate contribui educația STE(A)M la eficientizarea procesului de instruire la chimie?
6. Ce dezavantaje pot apărea în procesul implementării educației STE(A)M?
7. Analizează modul în care aplicarea abordării STE(A)M contribuie la dezvoltarea competențelor transversale, oferind exemple din practică.

Bibliografie:

1. ALLINA, B. (2013). The evolution of a game-changing acronym: Why government recognition of STEAM is critical. Arcade, 31(2), pp. 1-2. https://aldrinfoundation.org/wp-content/uploads/2020/02/ARCADE-The-

Evolution-of-a-Game-Changing-Acronym-Why-Government-Recognition-of-STEAM-is-Critical.pdf

2. ALLINA, B. (2018). The development of STEAM educational policy to promote student creativity and social empowerment. In: Arts Education Policy Review, 119(2), pp. 77-87. DOI: 10.1080/10632913.2017.1296392
3. BALAGUÉ, N., TORRENTS, C., HRISTOVSKI, R., & KELSO, J. (2017). Sport science integration: An evolutionary synthesis. In: European journal of sport science, 17(1), pp. 51-62. DOI: 10.1080/17461391.2016.1198422
4. Cadrul de referința al Curriculumului Național, 2017, disponibil online: https://mecc.gov.md/sites/default/files/cadrul_de_referinta_final_rom_tipar.pdf
5. CATTERALL, J. S. (2002). The arts and the transfer of learning. Critical links: Learning in the arts and student academic and social development. Arts Education Partnership, One Massachusetts Ave., NW, Suite 700, Washington, DC 20001-1431.
6. CLAYMIER, B. (2014). Teaching 21st century skills through an integrated stem approach. In: Children's Technology & Engineering, 18(4), 5.
7. Codul Educaţiei al Republicii Moldova, 2014, disponibil online: http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&lang=1&id=355156
8. COSTANTINO, T. (2018). STEAM by another name: Transdisciplinary practice in art and design education. In: Arts education policy review, 119(2), pp. 100-106. DOI: 10.1080/10632913.2017.1292973
9. CRISTEA, S. (2020). Educaţia STEM. In: Revista Didactica Pro…, revistă de teorie şi practică educaţională, 119(1), pp. 54-56.
10. DAUGHERTY, M. K. (2013). The prospect of an "A" in STEM education. In: Journal of STEM Education: Innovations and Research, 14(2), pp. 10-15.
11. ESCALONA, T. Z., CARTAGENA, Y. G., & GONZÁLEZ, D. R. (2018). Educación para el sujeto del siglo XXI: principales características del enfoque STEAM desde la mirada educacional. In: Contextos: estudios de humanidades y ciencias sociales, (41). 8 pag.

12. FRANȚUZAN, L., HADÎRCĂ, M., & CALLO, T. (2021). Paradigma de reconfigurare a procesului de învățare. Monografie colectivă. Chișinău: IȘE (Print-Caro SRL). 260 p. ISBN 978-9975-48-193-9.
13. GODOROJA, R. (2020). Învăţarea creativă a conceptului de legătură chimică. In: Materialele Conferinței Internaționale „Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă", Vol. 2, pp. 27-31.
14. GODOROJA, R., COROPCEANU, E. (2018). Tehnologii didactice inovative de formare la elevi a competențelor specifice disciplinei chimie. In: Acta et commentationes, Ştiinţe ale Educaţiei, 12(1), pp. 15-22.
15. GONZALEZ, S., & ESCALA, M. (2016). Education for Thinking Program with Emphasis in Math, Science and Engineering at Fray Ramon Pane School: Ongoing Educational Innovation. In: Science and Society, 41(1), pp. 9-28.
16. HARRELL, D. F., & HARRELL, S. V. (2010). Strategies for arts+ science+ technology research: Executive report on a joint meeting of the National Science Foundation and the National Endowment for the Arts. *Nat'l Science Foundation*. Disponibil online: https://cmsw.mit.edu/wp/wp-content/uploads/2011/04/Harrell-NSF-NEA-Workshop-ExecutiveReportFinalDraft.pdf
17. HERRO, D., & QUIGLEY, C. (2016). Exploring teacher perceptions of STE(A)M: Implications for practice. In: Journal of Professional Development in Education (PDE), 43(3), pp. 416-438. DOI: 10.1080/19415257.2016.1205507
18. HUNTER-DONIGER, T. (2019). STE(A)M Education Afterschool and Summer Learning. In: The STEAM Journal. Vol, 4(1), 12. DOI: 10.5642/steam.20190401.12
19. INOMJONOVNA, R. I. (2023). STE(A)M education is one of the main trends in the world. In: Journal of new century innovations, 21(2), pp. 27-32.

20. KELLEY, T. R., & KNOWLES, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. In: International Journal of STEM education, 3, pp. 1-11. DOI: 10.1186/s40594-016-0046-z
21. KIM, J., & KIM, J. (2019). Effects of a MathScience Integrating Woodwork Play Program on Young Children's Mathematical, Scientific, and Creative Abilities. In: Korean Journal of Child Studies, 40(6), pp. 15-29. DOI: 10.5723/kjcs.2019.40.6.15
22. KOEHLER, A. A., FELDHAUS, C. R., FERNANDEZ, E., & HUNDLEY, S. (2013). STEM alternative certification programs & pre-service teacher preparedness. In: Journal of STEM Education: Innovations and Research, 14(4), pp. 45-55.
23. Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity [KOFAC]. (2011). STE(A)M Education. Seoul: KOFAC.
24. KURNIATI, D., & ANNIZAR, A. M. R. (2017). The analysis of students' cognitive problemsolving skill in solving pisa standard-based test item. In: Advanced Science Letters, 23(2), pp. 776-780. DOI: 10.1166/asl.2017.7466
25. LIAO, C. (2016). From interdisciplinary to transdisciplinary: an arts-integrated approach to STE(A)M education. In: Art Education, Vol. 69 No. 6, pp. 44-49. DOI: 10.1080/00043125.2016.1224873
26. MAGNUSSON, L. O., & BÄCKMAN, K. (2023). What is the capacity of A in the contexts of STEM? In: Early Years, 43(1), pp. 123-136. DOI: 10.1080/09575146.2021.1914557
27. MAKHMUDOVNA, R. D., MAKSUDOVNA, M., & SABINA, S. N. (2023). STE(A)M Education in Teaching Talented Students. In: International Journal of Inclusive and Sustainable Education, 2(4), pp. 40-43.
28. MERRILL, C., & DAUGHERTY, J. (2009). The future of TE masters degrees: STEM. pp. 35-38.
29. Ministry of Education (MOE). The Ministry of Education Session 2 of the Five-Year Aesthetic Education Program (2019–2023). Disponibil online: https://english.moe.gov.tw/cp-48-17294-E80F8-1.html

30. Ministry of Education (MOE). Education in Taiwan; Ministry of Education: Taiwan, 2018.
31. Ministry of Education, Science and Technology [MEST]. (2011). The 2009 revised science curriculum. Seoul: MEST.
32. National Academy of Sciences, National Academy of Engineering, and Institute of Medicine. (2007). Rising Above the Gathering Storm: Energizing and Employing America for a Brighter Economic Future. Washington, DC: National Academies Press. Disponibil la adresa: http://www.nap.edu/catalog/11463
33. National Research Council. (2003). Beyond Productivity: Information, Technology, Innovation, and Creativity. Washington, DC: National Academies Press. Disponibil la adresa: https://doi.org/10.17226/10671
34. QUIGLEY, C. F., HERRO, D., & JAMIL, F. M. (2017). Developing a conceptual model of STE(A)M teaching practices. In: School Science & Mathematics, 117(1-2), pp. 1-12. DOI: 10.1111/ssm.12201
35. RECOMANDAREA CONSILIULUI din 22 mai 2018 privind competențele-cheie pentru învățarea pe tot parcursul vieții. disponibil: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604(01)&from=EN
36. ROCHMAN, C., NASUDIN, C., & ROKAYAH, R. (2019). Science Literacy on Science Technology Engineering and Math (STEM) Learning in Elementary Schools. In: Journal of Physics Conference, 1318. DOI: 10.1088/1742-6596/1318/1/012050
37. ROOT-BERNSTEIN, R. (2015). Arts and crafts as adjuncts to STEM education to foster creativity in gifted and talented students. In: Asia Pacific Education Review, 16(2), pp. 203-212. DOI: 10.1007/s12564-015-9362-0
38. ROTARI, N. (2021). Concursul „Tânărul Cercetător” – platformă de dezvoltare a competenței investigative la elevi (abordare STEM). In Materialele Conferinței Internaționale „Abordări inter/transdisciplinare în predarea ştiinţelor reale (concept STEAM)”, Vol. 2, pp. 168-173.

39. SHAUGHNESSY, J. M. (2013). Mathematics in a STEM context. In: Mathematics Teaching in the Middle school, 18(6), p. 324. DOI: 10.5951/mathteacmiddscho.18.6.0324
40. TATAR, E., COLAK, H., & LEDERMAN, N. (2016). An Integrated Science and Math Activity to Teach Nature of Science. In: Journal of Science Teaching, 4(1), pp. 94-113.
41. VARGAS, F., & ALVARADO, H. (2020). Virtual Laboratories as a Strategy for Teaching Improvement in Math Sciences and Engineering in Bolivia. In: International Journal of Engineering Education, 2(5), pp. 1-12. DOI: 10.14710/ijee.2.1.52-62
42. YAKMAN, G. (2008). STE(A)M education: An overview of creating a model of integrative education. In Pupils' attitudes towards technology (PATT-19) conference: Research on technology, innovation, design and engineering teaching. Salt Lake City, Utah, USA.
43. YAKMAN, G. (2010). What is the point of STE@ M? – A Brief Overview. STE(A)M: A Framework for Teaching Across the Disciplines. In: STE(A)M Education, 7(9), pp. 1-9.
44. YAKMAN, G., & LEE, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the US as a practical educational framework for Korea. In: Journal of the korean Association for Science Education, 32(6), pp. 1072-1086. DOI: 10.14697/jkase.2012.32.6.1072
45. ZOLLMAN, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. In: School Science and Mathematics, 112(1), pp. 12-19. DOI: 10.1111/j.1949-8594.2012.00101.x
46. http://isef.ict.md/2014/02/ministerul-educatiei-al-republicii_19.html
47. http://www.scientix.eu/national-contact-points-moldova
48. https://chisinauedu.md/wp-content/uploads/2022/04/Ordin-nr.-530-din-27.04.2022-Cu-privire-la-totalurile-sesiunii-de-formare-a-cadrelor-didactice-din-invatamantul-general-cu-titlul-%E2%80%9EAbordari-pluridisciplinare-STE(A)M-Connect.pdf

49. https://dexonline.ro/
50. https://e-twinning.utm.md/despre-etwinning/
51. https://tekwill.online/ro/course-tifs/about-tifs
52. https://ust.md/noutati/ust-a-organizat-conferinta-internationala-abordari-inter-transdisciplinare-in-predarea-stiintelor-reale-concept-STE(A)M-dedicata-aniversarii-a-70-de-ani-de-la-nasterea-profesorului/
53. https://ust.md/procesul-de-studii/formarea-continua/
54. https://ust.md/wp-content/uploads/2022/02/CHIRIAC-UST-Raport-anual-2021-STE(A)M.pdf
55. https://utm.md/blog/2021/01/22/utm-va-demara-o-serie-de-actiuni-in-calitatea-sa-de-punct-national-de-contact-stem/
56. https://www.clasaviitorului.md/cinci-programe-de-formare-profesionala-continua-pentru-cadrele-didactice-sunt-disponibile-la-centrul-clasa-viitorului-cum-se-pot-inscrie-si-cat-costa/

II. ASPECTE METODOLOGICE DE IMPLEMENTARE A CONCEPTULUI EDUCAȚIONAL STE(A)M ÎN ÎNVĂȚĂMÂNT

2.1. Repere conceptuale ale abordării STE(A)M în educație

Odată cu dezvoltarea socială progresează și metodologia didactică, cu toate că fundamentul conceptual al procesului de formare a personalității educabilului păstrează valorile de bază ale culturii societății umane. Secolul XXI marchează începutul unei „revoluții industriale 4.0", căreia îi corespunde și o „revoluție în educație". Piața muncii nu mai solicită doar indivizi capabili să reproducă pasiv cunoștințele dobândite în perioada școlarizării, ci caută specialiști capabili să aplice în mod activ și creativ cunoștințele acumulate în rezolvarea unor probleme complexe din activitatea cotidiană. Conceptul STE(A)M este orientat spre dezvoltarea de competențe prin intermediul activităților didactice, acordând o importanță deosebită aplicabilității și promovează ideea că învățarea trebuie să decurgă paralel cu dezvoltarea abilităților practice [9]. Dincolo de interconectarea celor 5 discipline constituente ale conceptului educațional STE(A)M, avem o învățare centrată pe cel ce învață și ancorată în realitatea lui. *Or*, *educația STE(A)M este mult mai mult decât o abordare interdisciplinară, este un proces care formează personalitatea educabilului prin acțiuni ce dezvoltă atitudini, aptitudini și abilități necesare secolului XXI*. În cadrul conceptual STE(A)M, elevii sunt încurajați să exploreze, să experimenteze și să creeze, utilizând cunoștințele și abilitățile din toate domeniile. Elevii învață nu doar conținutul specific al fiecărei discipline, ci și modul cum să aplice aceste cunoștințe în contexte reale și să-și dezvolte capacitatea de a gândi critic, a elabora noi idei și de a inova. Se promovează lucrul în echipe pentru a rezolva probleme reale sau pentru a realiza proiecte practice, cum ar fi construirea unui model funcțional, programarea unui robot sau proiectarea unui produs inovativ.

La nivel de concept didactic educația STE(A)M se centrează pe dezvoltarea abilităților-cheie ale educabililor (Figura 2.1) precum: gândirea critică, creativitatea, comunicarea, colaborarea și rezolvarea problemelor.

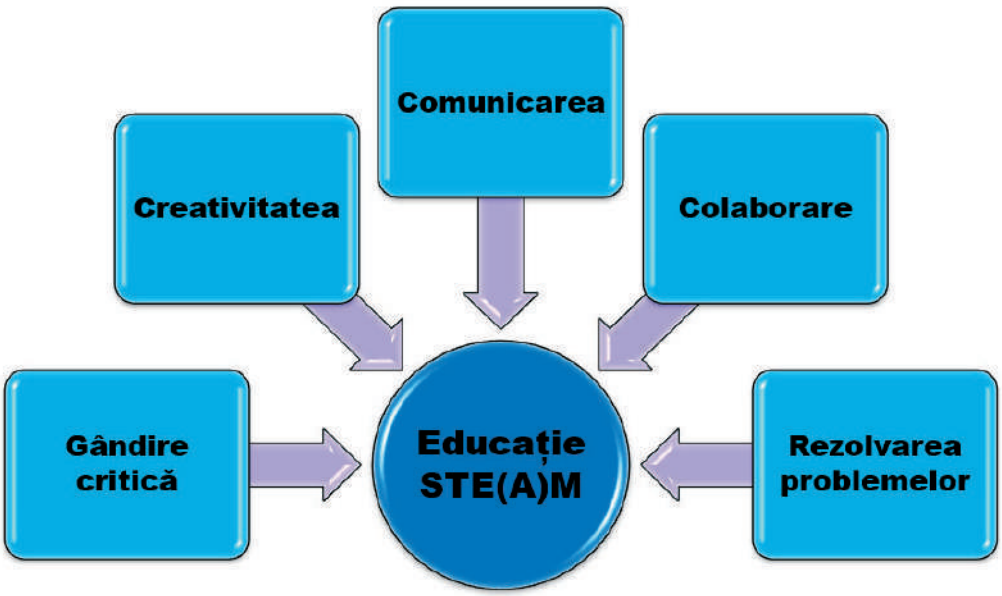


Fig. 2.1. Abilități dezvoltate de educația STE(A)M

Aceste abilități sunt esențiale pentru succesul într-o lume care se schimbă rapid și în care tehnologia joacă un rol din ce în ce mai important. Paradigma conceptuală a educației STE(A)M se axează pe strategii complexe de predare-învățare-evaluare precum ar fi învățarea ancorată în realitatea educabilului, strategii care presupun implicarea elevilor în proiecte ce promovează formarea prin observație, investigare și descoperire. Astfel, elevii își pot dezvolta abilități practice, pot îmbunătăți înțelegerea și cunoștințele despre disciplinele STE(A)M și devin capabili să aplice aceste abilități în situații reale. În cadrul activităților practice elevii se ciocnesc de o serie de corpuri/fenomene noi, pe care le descoperă, apoi le aplică ulterior în realizarea unor idei. Acest context constructivist permite dezvoltarea personalității în stil autonom.

Spre deosebire de învățarea tradițională, care separă strict disciplinele, sau de învățarea interdisciplinară, care explorează legături tematice între acestea,

STE(A)M integrează profund cunoștințele și competențele, centrând procesul educațional pe proiecte și probleme relevante din viața reală. Totuși, educația STE(A)M nu poate fi realizată în absența unor cunoștințe și abilități profunde dobândite prin studierea disciplinelor în mod separat. Monodisciplinaritatea oferă baza necesară pentru a înțelege conceptele de bază și pentru a dezvolta competențele esențiale, care permit ulterior elevilor să se implice în demersuri didactice complexe, integrate și axate pe STE(A)M.

Pentru a înțelege pe deplin valoarea și specificul educației STE(A)M, este esențial să examinăm modul în care aceasta îmbină abordările tradiționale și interdisciplinare, transformându-le într-o metodologie integrată și aplicativă. Dacă învățarea tradițională oferă fundamentul necesar prin studierea disciplinelor separat, iar interdisciplinaritatea contribuie la evidențierea conexiunilor dintre acestea, STE(A)M depășește aceste paradigme, axându-se pe integrarea practică a cunoștințelor și pe aplicarea lor în contexte relevante pentru viața reală.

Această tranziție conceptuală este evidentă atât la nivel procedural, cât și la cel metodologic, reflectând o schimbare de perspectivă asupra procesului educațional. STE(A)M nu numai că încurajează învățarea bazată pe proiecte și probleme, dar și aduce în prim-plan nevoia de a pregăti elevii pentru o lume complexă, tehnologizată, dinamică și imprevizibilă, în care gândirea critică, analiza și sinteza, creativitatea și originalitate, inovația și colaborarea devin elemente fundamentale. Astfel, analiza diferențelor și complementarității dintre aceste paradigme educaționale devine crucială pentru a înțelege modul în care STE(A)M contribuie la dezvoltarea unei generații capabile să răspundă provocărilor viitorului.

Pentru a înțelege raționamentele care stau la baza paradigmei conceptuale a educației STE(A)M, este necesar să analizăm, la nivel procedural, învățarea tradițională, cea interdisciplinară și educația STE(A)M (Tabelul 2.1). Această analiză are scopul de a evidenția diferențele esențiale dintre aceste trei concepte

fundamentale ale învățării contemporane, luând în considerare metodologia, obiectivele și impactul lor asupra procesului educațional.

Tabelul 2.1. Diferențieri conceptuale între paradigma învățării tradiționale, interdisciplinare și STE(A)M [18, 24, 46]

Aspect	Învățarea tradițională	Învățarea interdisciplinară	Educație STE(A)M
Scopul principal	Transmiterea cunoștințelor disciplinare.	Integrarea cunoștințelor din mai multe discipline pentru a rezolva probleme complexe.	Dezvoltarea competențelor funcționale prin aplicarea cunoștințelor interdisciplinare în soluționarea problemelor ancorate în realitatea educabilului.
Focalizare	Cursuri distincte, bine definite, unde fiecare disciplină se predă separat.	Corelarea și intercalarea conținuturilor între discipline cu scopul de a soluționa o problemă.	Centrare pe proiecte aplicative care au ca finalitate realizarea unor produse clar definite, cu impact semnificativ atât din perspectivă educațională, cât și socială.
Metodologie	Predare expozitivă, accent pe evaluarea standardizată.	Interconexiunea a două, trei și mai multe discipline școlare în cercetarea unui subiect comun.	Abordare axată pe aplicabilitatea cunoștințelor în practică, cu accent pe colaborare și lucru în echipă.

Rolul elevului	Receptor pasiv al informației.	Participant activ în relaționarea conceptelor dintre discipline.	Explorator al cunoștințelor, creator activ ce dezvoltă soluții inovatoare și aplicabile în cotidian.
Rolul profesorului	Transmițător al cunoștințelor disciplinare.	Facilitator al relaționării cunoștințelor interdisciplinare.	Mentor și ghid care sprijină dezvoltarea competențelor funcționale prin creativitate și inovație.
Conexiunea cu realitatea	Teoretică, cu aplicabilitate redusă.	Moderată, prin proiecte ce analizează situații problemă reale.	Ridicată, se abordează probleme reale cu provocări globale.

Conceptul educațional STE(A)M reprezintă acea abordare didactică care pregătește elevii pentru provocările cotidiene axându-se pe abordări interdisciplinare, dezvoltă gândirea critică prin creativitate, cultivă curiozitatea și pasiunea pentru învățare, încurajează abordarea experimentală și investigativă [30]. Educația STE(A)M contribuie la o înțelegere mai profundă a subiectelor, prin provocări tehnologice și științifice ce condiționează formarea unei generații de tineri profesioniști, capabili să abordeze interdisciplinar și să integreze problemele viitorului într-un mod complex și original. Astfel, educația STE(A)M prin abordările sale conceptuale își propune să pregătească elevii pentru provocările și oportunitățile societății contemporane, în care tehnologia și știința joacă un rol din ce în ce mai important.

La nivel de concept didactic, abordarea STE(A)M implică o serie de repere conceptuale (Figura 2.2), care își au originea în interconectarea științelor și tind spre abordarea integrată prin utilizarea tehnologiilor în procesele instructiv-educative și deplasarea epicentrului cunoașterii spre „cel ce învață”, axându-se

pe aplicarea cunoștințelor în practică cu scopul de a eficientiza soluționarea problemelor din viața reală a educabilului [4].

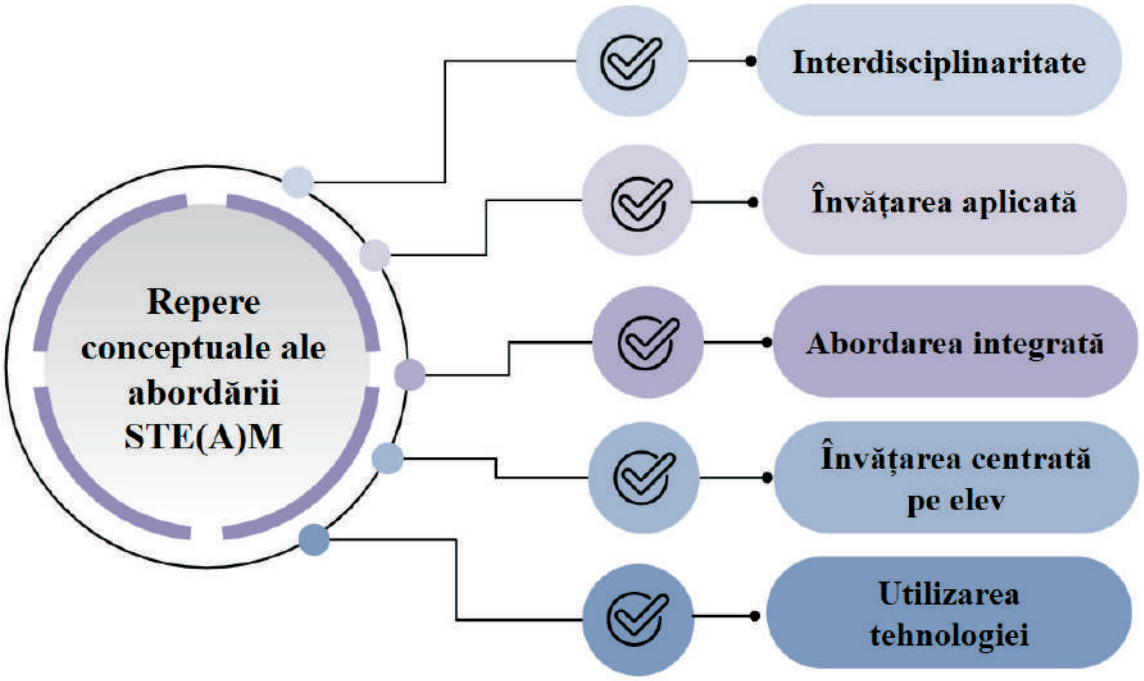


Fig. 2.2. Repere conceptuale ale abordării STE(A)M în educație

Temelia educației STE(A)M consistă în interdisciplinaritatea care reprezintă o premisă directă a interacțiunii și colaborării între curriculumul școlar, realitatea educabilului, disciplinele științifice, tehnologice, inginerești, matematice și artistice, oferind în acest context elevilor oportunitatea de a aborda problemele reale din multiple perspective. Abordarea interdisciplinară include colaborarea între specialiștii mai multor discipline, care aduc cu ei diverse perspective și metode pentru a examina o problemă comună și oferă educabilului oportunitatea să-și dezvolte diverse abilități și competențe, depășind limitele conceptuale ale unei singure discipline [12]. În cadrul abordării interdisciplinare sunt utilizate metode din diverse domenii, fapt care contribuie la o analiză mai complexă și mai profundă a problemei.

Al doilea punct de reper al abordării STE(A)M în educație este învățarea aplicată, care trasează directive către experiența practică a elevilor, accentul se

pune pe potențialul educabilului de a aplica util în practică cunoștințele dobândite și pe dezvoltarea competențelor care pot fi utilizate în viața de zi cu zi prin situații problemă, proiecte, studii de caz, experiențe de cercetare și activități „hands-on".

Tot aici trebuie să menționăm și învățarea centrată pe elev, care, în cadrul conceptual STE(A)M, este plasată în centrul procesului de autoformare, fiind încurajat să-și construiască propriile cunoștințe, să-și dezvolte abilitățile și competențele cognitiv-creative prin investigare, explorare și descoperirea elementelor de noutate, corelate cu realitatea pe care o trăiesc și conținuturile curriculare studiate în cadrul orelor [33]. Centrarea pe cel ce învață poziționează educabilul în centrul propriei formări, accentul deplasându-se spre dezvoltarea potențialului fiecărui elev și inserția lui în cadrul grupului de lucru, valorificarea diverselor stiluri de învățare cu scop de a lărgi oportunitățile de soluționare a problemei [27]. O altă latură importantă a educației STE(A)M ce vizează actul de predare-învățare-evaluare se regăsește în faptul că acest concept didactic promovează incluziunea și diversitatea în educație, prin integrarea viziunilor din domeniile disciplinelor conexe conceptului STE(A)M în procesul educațional. Integrarea concepțiilor din diverse domenii pentru a construi tabloul integru al lumii este de fapt un proces complex ce survine ca răspuns la provocările globale de modernizare a tuturor sferelor de activitate și nevoilor de a pregăti experți calificați pentru piața muncii. Abordarea integrată presupune că disciplinelor școlare studiate li se acordă aceeași importanță și sunt interconectate într-un mod coerent, astfel încât elevii să poată înțelege conexiunile și interdependențele dintre acestea. Or, pentru ei uneori este destul de greu să perceapă monodisciplinar conceptele care de fapt trebuie abordate într-un context unitar. Ideea principală a abordării integrate este de a combina diverse perspective și cunoștințe din diferite discipline pentru a obține o imagine mai profundă a problemei cercetate [55]. Prin implementarea conceptului educațional STE(A)M se urmărește să se dezvolte o înțelegere cuprinzătoare și interconectată a lumii, în

timp ce se promovează abilitățile esențiale pentru succesul în carieră și pentru participarea activă în societate.



Sarcini de lucru

1. Explică importanța abordării interdisciplinare și a integrării curriculare în educația STE(A)M, evidențiind impactul acestora asupra procesului de învățare.
2. Identifică rolul tehnologiei în aplicarea principiilor abordării STE(A)M în procesul de învățare și oferă exemple concrete de utilizare.
3. Analizează impactul educației STE(A)M asupra dezvoltării gândirii critice și creative la elevi, utilizând o diagramă Venn sau un tabel comparativ pentru evidențierea diferențelor și asemănărilor.
4. Argumentează avantajele învățării ancorate în realitatea educabilului în cadrul curricular axat pe abordarea STE(A)M și oferă exemple practice.
5. Compară rezultatele învățării în cadrul STE(A)M cu cele ale educației tradiționale, analizând dezvoltarea abilităților-cheie ale elevilor printr-o evaluare SWOT.

2.2. Repere metodologice ale conceptului educațional STE(A)M

Schimbările sociale și tehnologice din ultimele decenii denotă necesitatea redefinirii paradigmei educaționale și a metodologiei de predare-învățare-evaluare, astfel încât dezvoltarea competențelor legate de creativitate și inovare să fie raportată direct la dobândirea de competențe științifico-tehnice, iar ca finalitate a acestui proces complex, menționăm afirmarea socio-profesională a elevilor, absolvenților, ale căror potențial cognitiv-creativ este valorificat în competențe, elevi care sunt pregătiți pentru a soluționa diversele provocări ale

viitorului. În acest context, pornind de la paradigma conceptuală a educației STE(A)M, care poziționează educabilul în centrul propriei formări și aduce în prim-plan experiența lui de viață și conexiunea cu realitatea în scopul desfășurării activităților educative, menționăm că în cadrul conceptual STE(A)M elevul devine „nucleul" procesului de învățare, iar profesorul – facilitator al formării EU-lui în devenire [19]. Abordarea STE(A)M necesită o schimbare fundamentală a modului în care predăm și învățăm nativii digitali, elevi ai școlilor moderne. Acest lucru implică o adaptare a curriculumului, a metodelor de predare și învățare, a modului în care utilizăm tehnologia și a modului în care evaluăm performanța elevilor.

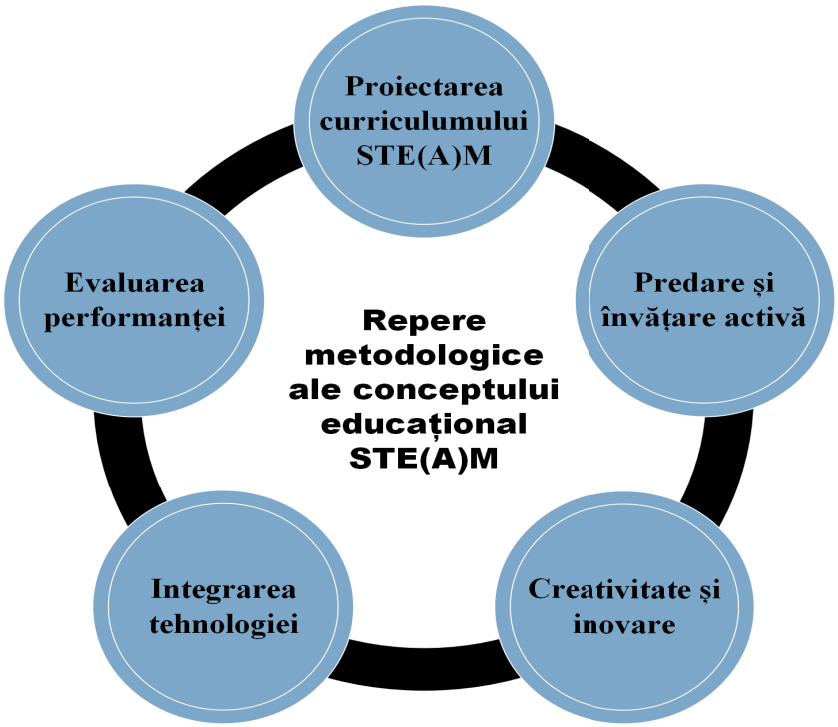


Fig. 2.3. Repere metodologice ale conceptului educațional STE(A)M

Ca o nouă forță motrice a schimbărilor sociale, educația STE(A)M generează o revoluție în didactica modernă, pornind de la un ansamblu de materii suprapuse la o abordare bazată pe intercalarea interdisciplinară a procesului de învățare și dezvoltare a aptitudinilor. Această nouă paradigmă implică furnizarea

conținutului academic prin intermediul aplicațiilor practice, învățării formale și informale în diverse instituții educaționale, cum ar fi școlile, colegiile, universitățile, comunitățile și mediul de muncă [1]. Pentru a pune în aplicare acest concept didactic în învățământ și cercetare, e necesar să identificăm acele repere metodologice [43] care stau la baza lui.

Pornind de la *„proiectarea curriculumului STE(A)M"* (Figura 2.3), menționăm că pentru realizarea demersului instructiv-educativ este necesar să adaptăm curricula școlară în așa mod, încât unitățile de conținut regăsite la disciplinele conexe să permită o integrare eficientă a componentelor STE(A)M în materiile tradiționale și să ofere elevilor teren ca aceștia să realizeze conexiuni inter- și transdisciplinare, depășind granițele monodisciplinarității.

Tot atât de importante în realizarea demersului didactic axat pe conceptul educațional STE(A)M sunt *metodele de predare și învățare*, care necesită la fel a fi adaptate de către cadrele didactice cu scopul de a transforma învățarea tradițională în învățare STE(A)M. Strategiile, tehnicile și metodele utilizate în cadrul conceptual STE(A)M au menirea de a promova activități practice, colaborative și bazate pe proiecte, precum și a utiliza tehnologii și instrumente digitale, care devin importante în *dezvoltarea creativității și inovării* la educabili.

Paradigma conceptuală a educației axate pe abordarea STE(A)M încurajează gândirea creativă și inovația cu scopul de a stimula dezvoltarea de soluții noi și inovatoare în probleme complexe și pentru a promova spiritul antreprenorial [31]. Aici drept reper al educației STE(A)M intervine și *integrarea tehnologiei,* care joacă un rol important în abordarea procesului instructiv-educativ prin elemente de cercetare și inovare. Acest punct de reper include utilizarea unor instrumente și aplicații digitale, a senzorilor și a altor echipamente tehnologice, care vor permite formarea, dezvoltarea și evaluarea performanțelor prin competențele transversale dobândite pe parcursul învățării axate pe conceptul educațional STE(A)M, precum învățarea bazată pe cercetare, învățarea

bazată pe proiecte, învățarea bazată pe gândirea critică, rezolvarea problemelor din viața reală, acumularea cunoștințelor științifice, aplicarea cunoștințelor în practică, elaborarea diferitor produse [5], procese care contribuie la formarea competențelor funcționale (Figura 2.4) [3].

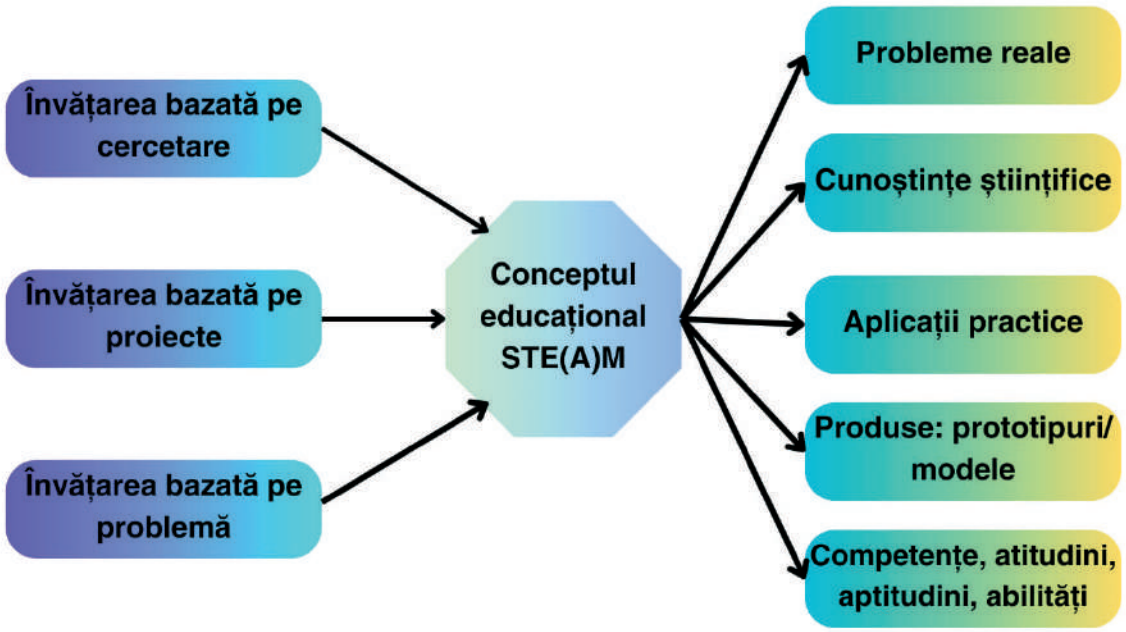


Fig. 2.4. Tehnici de învățare conexe conceptului educațional STE(A)M [8]

Cercetătorii didacticieni de talie mondială susțin că aceste strategii didactice reprezintă metode eficiente pentru formarea unor personalități competente și competitive [32, 58]. Privite în contextul învățării integrate, toate cele 3 abordări: învățarea bazată pe cercetare, învățarea bazată pe proiecte, învățarea bazată pe problemă, pot fi clasificate drept strategii de învățare în cadrul conceptual al învățării STE(A)M. Sinapsa cognitivă a celor trei abordări este curiozitatea înnăscută a copilului, dorința sa naturală de a explora lumea din jurul său, aceasta fiind, de altfel, baza fundamentală a conceptului STE(A)M în educație, care își propune să transforme curiozitatea în cunoștințe prin intermediul provocărilor, întrebărilor și rezolvării de probleme.

Este important de subliniat că cercetările efectuate până în prezent au analizat doar aspecte limitate ale metodologiei STE(A)M, dar acestea sugerează

că formarea personalității elevului și dezvoltarea competențelor necesare secolului XXI sunt strâns legate de provocările socio-economice, promovarea inovației și a dezvoltării durabile.



Sarcini de lucru

1. Analizează impactul schimbărilor sociale și tehnologice asupra paradigmei educaționale STE(A)M și evaluează modul în care acestea influențează metodele actuale de predare și învățare.
2. Identifică elementele esențiale ale conceptului STE(A)M și explică modul în care acestea contribuie la îmbunătățirea procesului de învățare și dezvoltarea competențelor elevilor.
3. Argumentează necesitatea adaptării curriculumului și a metodelor de predare pentru a asigura o implementare eficientă a educației STE(A)M.
4. Demonstrează cum poate fi transformată curiozitatea înnăscută a copiilor în cunoștințe, utilizând întrebări, provocări și rezolvarea de probleme în cadrul educației STE(A)M.
5. Descrie caracteristicile unui mediu de învățare STE(A)M și ilustrează cum ar trebui să arate o clasă sau o școală care adoptă această abordare.

2.3. Organizarea și desfășurarea demersului didactic din perspectiva abordării STE(A)M în învățământul preuniversitar

Educația STE(A)M promovează învățarea transformatoare, ce permite integrarea cunoștințelor și deprinderilor din diferite domenii, oferă elevilor/studenților oportunități de abordare interdisciplinară unică pentru a rezolva problemele care apar în viața cotidiană, inclusiv activitatea profesională. STE(A)M este o paradigmă educațională relativ nouă, care pune accent pe predarea și învățarea creativă, interdisciplinară, contextuală, bazată pe probleme

sau pe proiecte [23] încadrate într-un context real, astfel încât să conecteze materia din cadrul curricular cu viața de zi cu zi a elevului [26]. Elevii își dezvoltă aceste abilități esențiale de viață cu ajutorul sinapselor cognitive realizate între: Artă-Știință, Artă-Tehnologie etc.

Paradigma conceptuală a educației STE(A)M promovează învățarea experiențială, învățarea bazată pe teoria socio-culturală și gândirea interdisciplinară, scopul ei fiind să formeze specialiști capabili să-și dezvolte o serie de competențe hibride aliniate celor 4C ai societății moderne: comunicare, colaborare, creativitate și gândire critică [2] prin intermediul celor trei elemente-cheie caracteristice conceptului educațional STE(A)M (Figura 2.5):



Fig. 2.5. Elemente-cheie ale conceptului educațional STE(A)M

- Educația STE(A)M implică *integrarea achizițiilor din domeniul disciplinelor* STEM și al Artei într-un cadru interdisciplinar. Prin conexiunile între discipline, elevii/studenții sunt încurajați să își dezvolte orizonturile cunoașterii și să abordeze problemele din multiple unghiuri, ceea ce le dezvoltă abilitățile de gândire critică și creativă.
- Educația STE(A)M pune un accent deosebit pe *învățarea practică bazată pe probleme* din viața reală a educabilului, în care elevii sunt implicați în activități concrete, experimente, proiecte și probleme reale, ceea ce le permite să-și aplice cunoștințele teoretice în contexte practice, să dezvolte

abilități practice și să învețe prin încercare, eroare și formarea convingerilor personale [18].

- În cadrul conceptual al educației STE(A)M colaborarea și comunicarea sunt acele elementele-cheie care permit educabililor să dezvolte abilități de cooperare și leadership, foarte valoroase în lumea reală, deoarece se promovează comunicarea și discuțiile eficiente, se lucrează împreună în echipe pentru a aborda probleme complexe și a găsi soluții eficiente pentru acestea [16].

Abordarea STE(A)M în educație vizează atât domeniul învățământului formal, cât și cel nonformal (Figura 2.6).

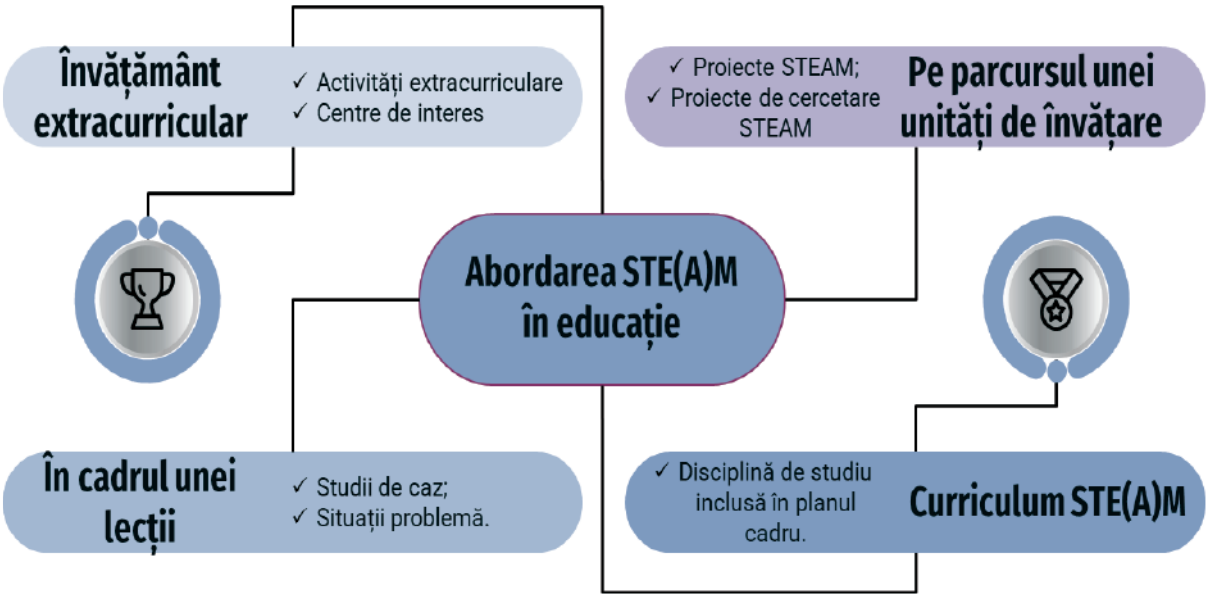


Fig. 2.6. Abordarea STE(A)M în educație

Un aspect semnificativ al implementării conceptului educațional STE(A)M este specificat în cadrul Curriculumului Școlar modernizat în anul 2019, prin recomandările de *proiecte STE(A)M* și *proiecte de cercetare STE(A)M*, care implică explorarea profundă a unui subiect pe *parcursul unei unități de învățare* și includ adesea aspecte practice, cum ar fi experimente științifice sau creații

artistice ce oferă elevilor o experiență autentică de cercetare și le dezvoltă abilitățile de analiză și sinteză.

O altă latură a abordării STE(A)M în educație o putem observa atunci când în cadrul unei lecții profesorul aduce prin intermediul situațiilor problemă interdisciplinare și a studiilor de caz inovația în procesul de învățare, îi stimulează pe elevi să gândească critic, să colaboreze, îi implică în rezolvarea unor probleme complexe, care necesită aplicarea cunoștințelor din diferite domenii ale științei și ale artelor.

Dincolo de hotarele lecțiilor, abordarea STE(A)M în educație se extinde și în *învățământul extracurricular* prin crearea *centrelor de interes* și desfășurarea *activităților extracurriculare*. Elevii sunt expuși unui mediu educațional mai flexibil și mai liber, în care sunt încurajați să-și exploreze interesele și pasiunile [35]. Acest lucru le oferă posibilitatea de a experimenta și de a se angaja în activități practice legate de domeniile STE(A)M. De exemplu, un elev pasionat de astronomie ar putea participa la observații astronomice sau la construirea unui telescop în cadrul unui cerc de astronomie. Această experiență îi permite să-și dezvolte abilitățile și să-și aprofundeze cunoștințele într-un mod autonom și motivat.

Desigur, nu în ultimul rând, ca rezultat al evoluțiilor semnificative în lumea educației, putem analiza și perspectiva apariției unui *curriculum STE(A)M* care să promoveze noi discipline de studiu, capabile să integreze concepte și abordări din toate domeniile STE(A)M și să ofere elevilor o structură organizată pentru învățare care să dezvolte o înțelegere holistică și interdisciplinară a subiectelor. Și aici nu vorbim despre disciplinele opționale existente în Planul cadru de învățământ, pentru că ele acoperă doar o mică parte din ceea ce și-ar propune educația STE(A)M. Aceste discipline ar trebui să includă lecții și activități care acoperă elemente curriculare, incluse în disciplinele opționale precum Robotica, Designul grafic, Programarea, Chimia creativă și multe altele.



Sarcini de lucru

1. Explică modul în care integrarea curriculară a disciplinelor STEM și a artelor îmbunătățește înțelegerea conținuturilor de către elevi și analizează impactul acesteia asupra dezvoltării gândirii critice și creative.
2. Propune strategii prin care elevii pot colabora eficient în proiectele STE(A)M și descrie rolurile și responsabilitățile fiecărui membru al echipei pentru a asigura succesul proiectului.
3. Demonstrează modul în care abordarea STE(A)M depășește granițele sălii de clasă și analizează contribuția activităților extracurriculare la dezvoltarea competențelor elevilor.
4. Identifică elementele-cheie ale educației STE(A)M și explică cum acestea contribuie la dezvoltarea competențelor 4C: comunicare, colaborare, creativitate și gândire critică, oferind exemple concrete.
5. Argumentează importanța învățării transformatoare și a învățării bazate pe probleme în educația STE(A)M și explică relevanța acestora pentru dezvoltarea competențelor elevilor.

2.4. Educația STE(A)M în activități extracurriculare

Activitățile extracurriculare STE(A)M bazate pe teoria constructivismului sunt un mijloc prielnic pentru dezvoltarea armonioasă a personalității [47]. Pe măsură ce sistemul educațional se transformă, devine tot mai evidentă discrepanța dintre metodele teoretizate de învățare la clasă și competențele necesare pentru a aborda provocările reale în contexte inedite. Deși educația tradițională oferă o bază științifică serioasă, este esențial să se reducă diferența dintre cunoștințele teoretice și aplicarea lor practică. Întrebarea care se impune este: „Cum putem transforma experiența educațională astfel, încât elevii să nu fie doar familiarizați

cu conceptele științifice, ci și capabili să le aplice în mod inovator în diverse contexte?" Deci, nu doar să le cunoască și nu doar să le reproducă, dar și să le aplice în mod inovator în varii situații, adică se le adapteze la noi condiții, să le asigure funcționalitate și eficiență în contexte noi. Unul dintre răspunsurile ce pot fi oferite la această întrebare ar fi integrarea educației STE(A)M în cadrul învățării nonformale prin intermediul activităților extracurriculare STE(A)M – acea platformă de învățare aplicativă, prin intermediul căreia elevii își vor dezvolta abilități în domeniul STE(A)M și care oferă oportunități de învățare aplicată, susținute de principii practice [7]. Aceste activități pot contribui la eliminarea diferenței dintre teoria predată la clasă și aplicarea ei în viața reală, pentru că actiivitățile completează învățarea din sala de clasă și oferă un spectru larg de oportunități pentru dezvoltarea potențialului cognitiv-creativ și a abilităților practice, încurajând în același timp gândirea orientată către soluții sustenabile. Activitățile extracurriculare au în cele mai dese cazuri caracter inter- și transdisciplinar, promovează cunoștințe și abilități utile pentru viața cotidiană, au un caracter interactiv și democratic, creând premise favorabile pentru manifestarea originalității, dar și a capacității de a relaționa cu membrii comunității. Astfel, activitățile extracurriculare prezintă un mediu deosebit pentru dezvoltarea personalității.

În cadrul educației formale, elevii au un contact mai limitat cu aplicabilitatea practică a cunoștințelor. Activitățile extracurriculare sunt activitățile care se desfășoară în afara cursurilor obișnuite și care permit elevilor să își dezvolte abilități variate, să socializeze și să își consolideze cunoștințele dobândite în sala de clasă [56], cum ar fi proiectele de cercetare în domeniul chimiei sau studiile de teren în ecologie, le permit elevilor să aplice conceptele teoretice în situații reale. Acest tip de experiență le dezvoltă capacitatea de a transfera cunoștințele și de a le aplica în mod creativ, în special în contextul identificării de soluții la probleme globale, cum ar fi schimbările climatice și poluarea. Activitățile extracurriculare nu fac parte din curriculumul educațional

formal, dar pot ajuta la îmbunătățirea experienței de învățare și dezvoltarea unor abilități esențiale pentru viață [29]. Ele oferă un spațiu pentru experimentare, explorare și învățare practică, contribuind la formarea unei game variate de competențe, inclusiv abilități care încurajează o gândire durabilă și o preocupare pentru protecția mediului și sustenabilitate prin dezvoltarea proiectelor centrate pe energia regenerabilă sau protejarea biodiversității, care devin tot mai frecvente în cluburile STE(A)M.

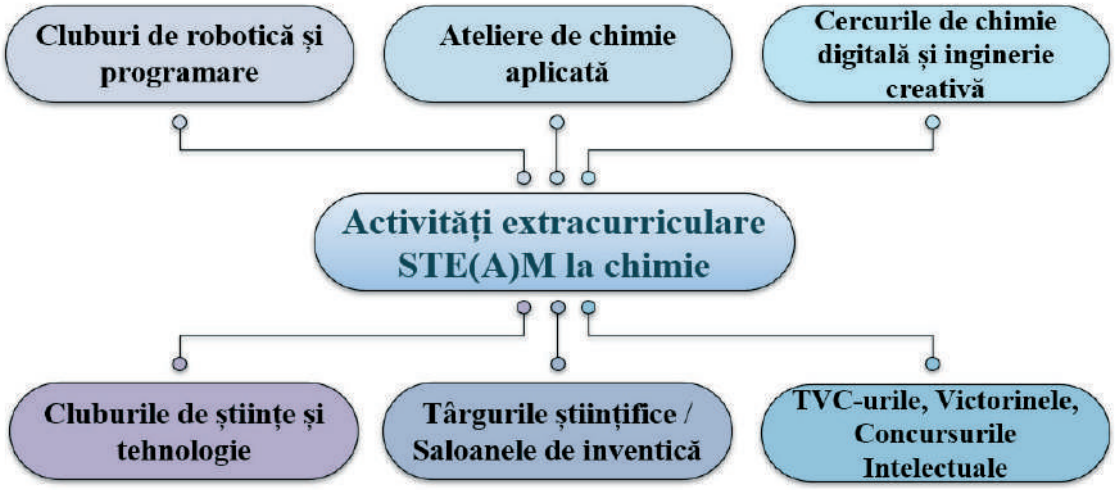


Fig. 2.7. Activități extracurriculare STE(A)M la chimie

Printre activitățile extracurriculare STE(A)M ce pot fi aliniate disciplinei școlare Chimia se enumeră (Figura 2.7): cluburile de robotică și programare, atelierele de chimie aplicată sau laboratoarele deschise, cercurile de chimie digitală și inginerie creativă integrate în chimie, cluburile de știință și tehnologie, târgurile științifice/saloanele de inventică, TVC-urile, Victorinele și Concursurile intelectuale, care oferă elevilor un cadru interdisciplinar pentru aplicarea cunoștințelor teoretice în proiecte practice relevante din chimie, tehnologie și durabilitate. Aceste activități permit elevilor să-și dezvolte abilitățile științifice și tehnice, învățând să folosească echipamente moderne, să dezvolte soluții inovative pentru probleme actuale, să înțeleagă fenomene complexe și să colaboreze în echipă. Per ansamblu, participarea la aceste activități STE(A)M nu doar aprofundează înțelegerea chimiei, dar și contribuie la formarea unor

personalități complexe și pregătirea elevilor pentru nevoile pieței muncii, în domenii precum știința, tehnologia, ingineria și sustenabilitatea [25].



Cluburi de robotică și programare

Deși la prima vedere robotica și programarea par a fi discipline independente de chimie, integrarea acestor domenii devine din ce în ce mai relevantă pe măsură ce laboratoarele moderne de chimie utilizează tehnologii avansate.

În cadrul cluburilor de robotică și programare orientate spre chimie, elevii au oportunitatea de a construi și programa roboți sau sisteme automatizate pentru a monitoriza și controla procesele chimice. De exemplu, utilizarea platformelor Arduino sau LEGO Mindstorms poate facilita dezvoltarea unor sisteme capabile să regleze automat temperatura unei reacții chimice, să monitorizeze variația pH-ului în soluții sau să automatizeze procesul de amestecare a reactivilor pentru o eficiență maximă. Un proiect relevant pentru mediul înconjurător ar putea implica crearea unui robot care colectează deșeuri chimice periculoase sau, alternativ, un sistem automatizat alimentat de panouri solare mobile pentru a genera energie non-poluantă pentru laboratoare sau alte procese industriale.

Astfel, elevii combină cunoștințe din fizică (mecanica mișcării), informatică (programare) și inginerie, aplicate în chimie pentru a înțelege mai bine dinamica reacțiilor chimice și modul în care variabilele externe pot influența aceste procese [40]. Aceste activități nu doar dezvoltă abilități tehnice și de programare, dar și îi învață pe elevi să aplice metode sustenabile în practică oferind un mediu interdisciplinar în care chimia, tehnologia și ingineria sunt integrate din următoarele perspective:

- **Știință**: În contextul chimiei, cluburile de robotică pot implica concepte științifice cum ar fi monitorizarea condițiilor pentru desfășurarea

proceselor chimice (temperatură, presiune, pH) cu ajutorul senzorilor sau studierea reacțiilor chimice controlate de sisteme automate.

- **Tehnologie**: Programarea sistemelor automate sau roboților folosiți în laboratoarele chimice necesită abilități tehnice relevante. Elevii vor învăța să folosească platforme precum Arduino sau Raspberry Pi pentru a dezvolta soluții de monitorizare și control a variabilelor chimice în timp real.
- **Inginerie**: Roboții pot fi proiectați să facă sarcini specifice, cum ar fi amestecarea reactivilor sau ajustarea automată a variabilelor experimentale. Aceste soluții sunt aplicabile în laboratoarele chimice moderne, dar și în procese industriale.
- **Artă**: Proiectarea roboților, atât în aspect de design, cât și funcționalitate, implică creativitate. Elevii trebuie să gândească soluții inovative care combină designul ergonomic cu eficiența în funcționare, dar și aspect estetic (un robot funcțional, dar și plăcut vizual).
- **Matematică**: Programarea roboților pentru a monitoriza procesele chimice implică calcule matematice complexe, precum controlul circuitelor de feedback pentru variabile (de exemplu, cum variațiile de temperatură sau pH influențează rata reacțiilor).

Astfel, elevii dobândesc o viziune interdisciplinară prin care chimia este conectată la inginerie și sustenabilitate, fiind încurajați să dezvolte soluții inovatoare pentru problemele de mediu. Pe lângă cunoștințele teoretice și tehnice, participarea la cluburile de robotică orientate spre chimie promovează munca în echipă și gândirea critică, fiind necesară colaborarea între elevii cu competențe diverse. Cluburile de robotică și programare devin un spațiu deschis pentru a testa și implementa soluții reale, ceea ce transformă învățarea dintr-un proces pasiv în unul activ și exploratoriu, consolidând astfel abilitățile practice și pregătindu-i pe elevi pentru viitoare cariere în știință, tehnologie și inginerie [15].



Ateliere de chimie aplicată sau **Laboratoarele deschise** (Open Labs)

Reprezintă un cadru educațional inovator care oferă elevilor oportunitatea de a explora și experimenta concepte chimice într-un mod mai profund și mai aplicat decât în cadrul orelor obișnuite de chimie, se pot realiza în parteneriat cu universitățile sau centrele și laboratoarele de cercetare [10].

Aceste activități sunt esențiale pentru a conecta teoria învățată la clasă cu lumea reală, permițând elevilor să participe activ în proiecte de cercetare, să utilizeze echipamente de laborator moderne și să dezvolte competențe avansate de investigare științifică. Astfel, elevii dezvoltă soluții inovatoare și abilități interdisciplinare esențiale pentru explorarea chimiei dintr-o perspectivă practică și aplicată.

- **Știință**: Laboratoarele de chimie aplicată oferă oportunitatea de a aplica concepte chimice într-un mod practic, implicând tehnici avansate precum spectrofotometria sau cromatografia, tehnici care sunt indispensabile pentru investigarea structurilor și proprietăților chimice.
- **Tehnologie**: Utilizarea echipamentelor moderne de laborator, cum ar fi spectrofotometrele, permite elevilor să înțeleagă tehnologia avansată din cercetarea chimică și să aplice aceste tehnologii în experimente de măsurare și analiză.
- **Inginerie**: Proiectele experimentale pot implica crearea de dispozitive pentru analiza chimică sau optimizarea proceselor experimentale. Elevii ar putea dezvolta echipamente pentru monitorizarea poluării mediului sau pentru optimizarea proceselor de producție chimică.
- **Artă**: Prezentarea grafică originală a rezultatelor experimentelor și a modului în care datele sunt vizualizate și interpretate poate implica

elemente de creativitate în design. Rezultatele pot fi comunicate vizual prin grafice și diagrame inovative.

- **Matematică**: Analiza datelor obținute din experimente necesită abilități matematice, cum ar fi calculul erorilor experimentale, interpretarea variațiilor și analiza statistică a rezultatelor.

În cadrul atelierelor de chimie aplicată, elevii au ocazia să se implice în proiecte avansate, cum ar fi analiza spectrofotometrică pentru măsurarea absorbției și emisiilor de lumină de către diferite soluții chimice sau utilizarea cromatografiei pentru separarea și identificarea compușilor chimici. Elevii pot utiliza metode fizice și fizico-chimice pentru determinarea calității diferitor factori de mediu și a produselor alimentare etc. Aceste tehnici întâlnite, de regulă, doar în mediile universitare sau profesionale oferă elevilor o perspectivă reală asupra proceselor experimentale moderne. Un alt exemplu relevant este titrarea complexometrică, utilizată în analize cantitative pentru determinarea concentrației ionilor metalici din soluții. Elevii care participă la laboratoare deschise pot învăța cum să aplice această tehnică pentru a evalua calitatea apei potabile sau a apei din mediul înconjurător, învățând astfel despre chimia mediului și chimia analitică.

Un beneficiu important al laboratoarelor deschise este că oferă elevilor posibilitatea de a lucra independent sau în echipe pe proiecte de cercetare proprii [57]. Acest lucru dezvoltă abilitățile de planificare a experimentelor, de colectare și interpretare a datelor și de prezentare a rezultatelor într-un mod coerent și științific. Elevii învață să respecte protocoale stricte de laborator, să își organizeze eficient timpul și să își ajusteze metodele experimentale în funcție de rezultate, într-un proces iterativ specific cercetării științifice. Atelierele de chimie aplicată sunt ideale pentru formarea și dezvoltarea gândirii critice, deoarece elevii sunt încurajați să identifice probleme și să găsească soluții creative. În chimie, acest lucru poate însemna optimizarea unui proces experimental, identificarea surselor

de eroare sau îmbunătățirea tehnicilor de analiză chimică. Elevii care participă la astfel de activități devin mai flexibili în gândire și mai adaptabili în fața provocărilor, ceea ce este esențial în carierele științifice.



Cercurile de chimie digitală și inginerie creativă

Sunt activități extracurriculare care oferă elevilor oportunitatea de a explora acea dimensiune interdisciplinară unică prin activități de artă digitală și inginerie creativă, care combină estetica cu funcționalitatea practică, relevând rolul chimiei în designul sustenabil și inovator [11].

Aceste activități își propun să aducă elevii mai aproape de concepte chimice prin prisma ingineriei și a artelor digitale, permițându-le să proiecteze și să creeze modele 3D sau dispozitive funcționale ce integrează principiile chimiei aplicate.

- **Știință**: Cercurile explorează chimia materialelor, chimia verde și procesele care pot reduce impactul asupra mediului. Elevii investighează interacțiuni chimice și proprietățile materialelor pentru proiecte sustenabile.
- **Tehnologie**: În activități de modelare 3D, elevii folosesc software avansat pentru a proiecta structuri care includ aspecte chimice. Prototipurile digitale sau fizice sunt folosite pentru a demonstra concepte de inginerie ecologică.
- **Inginerie**: În cadrul cercurilor de chimie digitală, elevii pot explora modul în care tehnologiile digitale pot transforma procesele chimice tradiționale în soluții inovatoare și sustenabile. Folosind simulări digitale, aplicații de modelare chimică și instrumente de programare, aceștia pot proiecta și optimizare dispozitive precum sisteme de energie regenerabilă și instalații de purificare a apei.

- **Artă**: Arta digitală este prezentă în designul și estetica structurilor sustenabile create, unde funcționalitatea chimică este combinată cu aspectul estetic al produsului final.
- **Matematică**: Modelarea matematică este esențială pentru optimizarea proceselor chimice și inginerești, calculul eficienței energetice și evaluarea impactului ecologic al structurilor proiectate.

În cadrul acestui tip de activități, elevii vor avea posibilitatea să cerceteze și să aplice principii chimice pentru a crea soluții inovative care sprijină sustenabilitatea. De exemplu, în procesul de creare a unei clădiri eco-eficiente în software de modelare 3D, elevii ar putea lua în considerare proprietățile termoizolante ale materialelor sau interacțiunea chimică dintre materiale pentru a reduce amprenta de carbon și a minimiza consumul de resurse naturale. Un alt exemplu este proiectarea de prototipuri de energie regenerabilă, cum ar fi panouri solare sau turbine eoliene, în care elevii pot folosi concepte de chimie precum conversia energiei și reactivitatea materialelor pentru a maximiza eficiența energetică. De exemplu, pot experimenta cu diferite substraturi semiconductoare sau compoziții chimice ale materialelor pentru a îmbunătăți captarea luminii solare în panourile fotovoltaice.

Acest gen de activități extracurriculare oferă un cadru interdisciplinar deosebit în care chimia computațională și ingineria creativă se întâlnesc pentru a aborda probleme de mediu actuale, cum ar fi reducerea poluării sau conservarea resurselor naturale. Elevii sunt încurajați să aplice cunoștințele chimice pentru a inova și a găsi soluții sustenabile, dezvoltând în același timp o înțelegere practică a modului în care procesele chimice influențează construcțiile ecologice și tehnologiile verzi [42]. Prin participarea la activitățile cercului de chimie digitală și inginerie creativă, elevii își dezvoltă gândirea critică, creativitatea și abilitățile de rezolvare a problemelor, fiind expuși la un mediu educațional dinamic în care teoriile chimice sunt integrate în designul tehnologic. Această experiență

transformă procesul de învățare într-o explorare a inovațiilor tehnologice, pregătind elevii pentru a deveni lideri în dezvoltarea soluțiilor chimice sustenabile pentru viitor.



Cluburile de științe și tehnologie

Aceste cluburi sunt un cadru favorabil pentru integrarea cunoștințelor din diverse domenii, precum științele, tehnologia și chimia, promovând astfel inovația și soluțiile durabile prin educația STE(A)M.

Elevilor li se oferă oportunitatea de a participa la proiecte interdisciplinare, aplicând concepte chimice și tehnologice pentru a identifica soluții la provocări globale, cum ar fi poluarea, gestionarea resurselor sau implementarea surselor de energie regenerabilă. Un obiectiv esențial în activitățile desfășurate în cadrul acestor cluburi este dezvoltarea soluțiilor ecologice prin utilizarea chimiei, contribuind astfel la protejarea mediului înconjurător. De exemplu, elevii pot fi implicați în proiecte care includ realizarea de sisteme ecologice de filtrare pentru purificarea apei, utilizând materiale chimice care pot fi regenerabile sau polimeri biodegradabili, astfel reducând impactul asupra ecosistemelor. Prin astfel de activități, tinerii cercetători au ocazia să studieze și să aplice proprietăți chimice ale diverselor materiale și să înțeleagă mai bine modul în care procesele chimice pot sprijini conservarea resurselor naturale și protecția biodiversității.

- **Știință**: Cluburile de știință și tehnologie sunt locuri unde elevii pot explora concepte avansate din chimie și pot experimenta cu reacții chimice pentru a dezvolta soluții tehnologice ecologice. De exemplu, aceștia pot testa diverse materiale și procese pentru a crea metode eficiente de purificare a apei sau pentru a dezvolta tehnici de reciclare a deșeurilor, contribuind astfel la un viitor mai sustenabil.
- **Tehnologie**: Tehnologia este prezentă în instrumentele și echipamentele utilizate în proiectele de club, cum ar fi senzori pentru monitorizarea

poluării sau software pentru analiza datelor experimentale. Elevii învață să integreze tehnologia în soluțiile lor, de la conceperea ideilor până la implementarea acestora.

- **Inginerie**: Cluburile permit elevilor să aplice principii inginerești în proiectele lor. De exemplu, pot dezvolta filtre ecologice pentru apă sau sisteme de energie regenerabilă, integrând cunoștințe de inginerie în tehnologiile chimice dezvoltate.
- **Artă**: Proiectele pot implica designul de prototipuri și vizualizarea rezultatelor experimentale. Aspectele de estetică și funcționalitate sunt importante, mai ales când sunt elaborate soluții ecologice și inovative.
- **Matematică**: Calculul și analiza datelor sunt esențiale în proiectele cluburilor de știință și tehnologie. Elevii utilizează calculele matematice pentru a evalua eficiența soluțiilor propuse, pentru a măsura impactul ecologic și pentru a analiza rezultate experimentale.

Cluburile de științe și tehnologie oferă, de asemenea, oportunitatea de a experimenta cu tehnologii verzi, cum ar fi bateriile regenerabile sau biocombustibilii, domenii în care chimia joacă un rol fundamental. Elevii pot învăța să producă biocombustibili din deșeuri organice, studiind reacțiile chimice care transformă biomasa în surse de energie curată, promovând astfel economia circulară și reducerea amprentei de carbon. Menirea acestor cluburi de știință este să faciliteze transpunerea educabilului în lumea științei și cercetării prin crearea de prototipuri și soluții inovatoare care combină chimia și tehnologia pentru a aborda provocări legate de sustenabilitate, spre exemplu; elevii pot dezvolta sisteme de monitorizare a calității aerului bazate pe senzori chimici, care măsoară nivelurile de compuși poluanți, contribuind la creșterea conștientizării asupra problemelor de poluare urbană și la protejarea sănătății publice.

Prin activitățile din aceste cluburi, elevii nu doar că își îmbunătățesc competențele tehnice, dar și dobândesc o înțelegere profundă a responsabilității

ecologice. Participând la proiecte interdisciplinare, ei învață să gândească critic și să dezvolte soluții inovatoare care integrează conceptele de chimie și tehnologie în contextul dezvoltării durabile. Aceasta îi pregătește pentru viitoare cariere în domenii în care științele aplicate și sustenabilitatea sunt esențiale, consolidându-le rolul de cetățeni activi și responsabili în fața provocărilor globale.



Târgurile științifice / Saloanele de inventică

Aceste activități extracurriculare de tip STE(A)M oferă elevilor oportunitatea de a explora și de a prezenta idei/proiecte inovatoare în diverse domenii, inclusiv chimie.

Participarea la astfel de evenimente le permite tinerilor pasionați de știință să aplice concepte teoretice în proiecte practice, contribuind la dezvoltarea competențelor interdisciplinare și la cultivarea creativității și gândirii critice fiind o oportunitate excelentă pentru elevi să-și prezinte ideile inovatoare la nivel național și internațional, obținând recunoaștere și feedback din partea experților în domeniu. În cadrul acestor evenimente, tinerii sunt încurajați să colaboreze cu profesori și cercetători, să își perfecționeze metodele și să creeze soluții care pot avea un impact real asupra societății. Totodată, târgurile, saloanele prezintă o platformă inedită de inspirare în planul analizei și comparării valorii diferitor idei expuse, stabilirea unor contacte cu personalități din domeniu etc. În contextul studierii chimiei, târgurile științifice și saloanele de inventică sunt un cadru excelent pentru prezentarea proiectelor axate pe idei originale, inovație, conexiune interdisciplinară, sustenabilitate și durabilitate.

- **Știință**: Aceste evenimente sunt ocazii excelente pentru a explora și prezenta proiecte științifice, inclusiv inovații în chimie. Elevii își demonstrează cunoștințele prin experimente și soluții care abordează probleme de mediu, obținerea noilor materiale cu proprietăți superioare

celor cunoscute anterior, studiul unor proprietăți specifice sau alte provocări științifice.

- **Tehnologie**: Participarea la târguri și saloane implică adesea utilizarea tehnologiilor moderne pentru a crea prototipuri și a prezenta proiectele. Elevii pot folosi software-uri pentru simulări, instrumente de prezentare digitală și echipamente avansate de laborator.
- **Inginerie**: Proiectele prezentate pot include soluții inginerești inovatoare, cum ar fi tehnologii pentru reducerea poluării sau procese de reciclare. Elevii pot dezvolta și prezenta dispozitive și tehnologii care integrează principii inginerești și chimice.
- **Artă**: Designul și prezentarea proiectelor sunt aspecte importante ale târgurilor și saloanelor. Elevii trebuie să comunice clar și atractiv conceptele lor, folosind grafice, modele și alte elemente vizuale.
- **Matematică**: Elevii aplică matematica în analiza datelor experimentale, evaluarea eficienței soluțiilor propuse și prezentarea rezultatelor. Calculul precis și interpretarea datelor sunt esențiale pentru succesul proiectelor prezentate.

Prin participarea la târguri de știință și saloane de inventică, elevii își consolidează cunoștințele teoretice și tehnice și dobândesc și competențe esențiale în educația STE(A)M, cum ar fi capacitatea de a integra cunoștințe din diverse domenii pentru a elabora noi produse și aplicarea practică a ideilor în diverse domenii pentru rezolvarea creativă a problemelor. Această combinație de abilități îi pregătește pe tineri pentru a face față provocărilor globale din viața reală, cum ar fi gestionarea resurselor naturale limitate, utilizare materialelor prietenoase mediului, elaborarea tehnologiilor eficiente în contextul schimbărilor climatice etc.



TVC-urile, Victorinele și Concursurile Intelectuale

Sunt activități extracurriculare importante în educația STE(A)M, oferind elevilor oportunități de a aplica în practică cunoștințele într-un mediu competitiv și interactiv.

Aceste activități sunt deosebit de relevante pentru disciplina Chimie, permițând elevilor să exploreze concepte teoretice prin metode ludice și să-și dezvolte abilități analitice și creative. În cadrul concursurilor TVC organizate ca activitate extracurriculară la disciplina Chimie, echipele de elevi rezolvă probleme complexe legate de reacții chimice, structuri moleculare, procese industriale etc., competiția stimulând nu doar învățarea activă, ci și colaborarea. Competițiile pot fi adaptate să includă elemente de chimie verde și durabilitate, prin provocări care pun accent pe soluții sustenabile. De exemplu, o probă poate implica găsirea unui mod eficient și ecologic de neutralizare a poluanților sau propunerea unor metode de producție mai prietenoase cu mediul, integrând astfel principiile chimiei verzi în rezolvarea problemelor reale.

Victorinele, în care elevii răspund la întrebări rapide pe teme variate de chimie, stimulează gândirea rapidă și aprofundarea cunoștințelor. Prin astfel de activități, chimia devine mai accesibilă și mai atractivă, deoarece elevii se familiarizează cu diverse concepte prin joc. În plus, introducerea întrebărilor despre inovații tehnologice, precum utilizarea nanomaterialelor în tratarea apei sau dezvoltarea de noi surse de energie, ajută elevii să înțeleagă aplicabilitatea practică a chimiei în contextul STE(A)M.

Concursurile intelectuale, fie că sunt organizate în format individual sau pe echipe, încurajează elevii să abordeze probleme interdisciplinare, combinând cunoștințe din chimie cu cele din fizică, biologie, inginerie și matematică. Aceste competiții sunt o platformă ideală pentru implementarea educației STE(A)M în mediul nonformal, oferind elevilor șansa să aplice concepte abstracte în contexte

reale, cum ar fi rezolvarea problemelor de mediu, proiectarea unor procese chimice durabile sau elaborarea de noi materiale ecologice.

Prin integrarea acestor activități extracurriculare în educația chimică, elevii își dezvoltă nu doar cunoștințele tehnice, ci și abilitățile de gândire critică, creativă și de colaborare, pregătindu-se pentru provocările și oportunitățile viitoare din domenii variate. Aceste concursuri stimulează, de asemenea, competențele interdisciplinare, demonstrându-le elevilor cum chimia poate fi un punct de convergență între știință, tehnologie și durabilitate.

Aceste activități extracurriculare implică elemente din toate componentele STEAM, astfel:

- **Știință**: La nivel de știință, concursurile implică rezolvarea problemelor chimice complexe. Elevii folosesc cunoștințe din chimie (reactivitate, compuși, echilibru chimic etc.), biologie (impactul substanțelor asupra organismelor, procese metabolice etc.), fizică (transformări reciproce ale masei și energiei, circuitul materiei etc.). Elevii sunt stimulați să integreze concepte în diverse domenii științifice pentru a dezvolta soluții inovative, valorificându-și capacitatea de a analiza și sinteza informații complexe. Prin acest proces, aceștia învață să stabilească conexiuni între teorie și aplicabilitatea sa practică, precum evaluarea impactului substanțelor chimice asupra mediului, dezvoltându-și competențele în aplicarea principiilor științifice în contextul problemelor reale.
- **Tehnologie**: În competiții pot fi introduse tehnologii digitale pentru a evalua rezultate, simulări de procese chimice sau chiar platforme interactive care să evalueze cunoștințele elevilor. De exemplu, se pot folosi aplicații care să genereze reacții chimice virtuale sau simulări de experimente, pentru a observa fenomene precum modificarea pH-ului sau cataliza reacțiilor.

- **Inginerie**: Problemele de inginerie abordate în aceste concursuri ar putea include aspecte legate de chimie industrială, procese sustenabile și eficiență energetică. Probele pot include optimizarea proceselor de producție chimică ecologică sau proiectarea de dispozitive pentru reciclarea substanțelor periculoase.
- **Artă**: În timpul concursurilor, pot apărea forme de creativitate în prezentarea proiectelor, vizualizarea proceselor chimice sau design-ul eco-friendly al soluțiilor. Într-un concurs intelectual, echipele pot fi provocate să proiecteze, de exemplu, un produs chimic (cum ar fi un nou tip de ambalaj biodegradabil) cu un design atractiv și educativ.
- **Matematică**: Concursurile implică utilizarea matematicii pentru calculul echilibrului chimic, determinarea vitezei de reacție, analiza datelor experimentale etc. Matematica este esențială pentru interpretarea și modelarea proceselor chimice, calculul concentrațiilor sau evaluarea impactului chimic al substanțelor asupra mediului.

Participarea la astfel de activități nu doar că fortifică dezvoltarea de competențe în cadrul conceptual STEAM, dar și stimulează creativitatea, lucrul în echipă și abilitățile de rezolvare a problemelor. De asemenea, elevii/studenții sunt expuși la procese similare celor întâlnite în profesiile STEM, cum ar fi proiectarea, testarea și îmbunătățirea continuă a ideilor lor. În acest fel, activitățile STE(A)M promovează o mentalitate bazată pe perseverență și pe înțelegerea că eșecurile sunt doar pași intermediari spre succes. Elevii învață să perceapă provocările ca pe niște puzzle-uri care pot fi rezolvate, în loc de obstacole de neînvins.

Activitățile extracurriculare STE(A)M oferă o platformă aplicativă pentru aprofundarea conceptelor învățate la clasă, însă eficiența lor crește semnificativ prin parteneriate cu sectorul privat, ONG-uri, universități și centre de cercetare (Figura 2.8). Aceste colaborări nu doar că aduc resurse suplimentare și expertiză,

dar și pot crea și un cadru pentru dezvoltarea de idei antreprenoriale. Parteneriatele cu sectorul privat, ONG-uri și instituții academice contribuie la îmbunătățirea calității și relevanței activităților extracurriculare STE(A)M [21]. Ele facilitează accesul elevilor la echipamente și tehnologii moderne, mentorat și proiecte reale, oferind oportunități practice pentru aplicarea cunoștințelor teoretice. Aceste colaborări aduc o perspectivă practică asupra conceptelor științifice și tehnice, esențială pentru pregătirea elevilor la provocările profesionale.



Fig. 2.8. Parteneriate STE(A)M pentru eficiența învățării

1. Parteneriatele cu sectorul privat

Sectorul privat joacă un rol important în susținerea activităților extracurriculare STE(A)M și le pot influența prin formularea cerințelor față de competențele profesionale pe care trebuie să le dețină specialiștii, familiarizarea cu tendințele din domeniu, oferirea accesului pentru stagii practice la întreprinderi, demonstrarea unor procese tehnologice, susținerea celor mai activi elevi/studenți, furnizarea de resurse financiare, tehnologii avansate și mentorat. Companiile din industrii precum tehnologia informației, ingineria sau științele aplicate sunt adesea interesate să colaboreze cu instituții educaționale pentru a promova inovația și pentru a dezvolta viitorii profesioniști. Aceste parteneriate contribuie la crearea unui ecosistem educațional în care elevii pot învăța să aplice

cunoștințele teoretice în proiecte reale și să dezvolte abilități necesare pentru succesul profesional [34].

De exemplu, o colaborare cu o companie de robotică ar putea permite elevilor să acceseze echipamente avansate, precum kituri de robotică și software de programare. Prin participarea la astfel de activități, elevii își dezvoltă abilitățile tehnice și pot înțelege și cerințele industriei. În plus, companiile sunt adesea dispuse să sponsorizeze competiții și proiecte inovative, stimulând astfel creativitatea și spiritul competitiv al elevilor.

2. Implicarea ONG-urilor în activitățile STE(A)M

ONG-urile care se concentrează pe promovarea educației, sustenabilității sau tehnologiei pot aduce o contribuție valoroasă în activitățile extracurriculare STE(A)M. Aceste organizații pot oferi expertiză, programe de mentorat și acces la proiecte relevante din punct de vedere social și de mediu. Spre exemplu, ONG-urile care activează în domeniul protecției mediului pot colabora cu școlile pentru a organiza ateliere și proiecte pe teme de chimie verde, reciclare sau energie regenerabilă.

Colaborarea cu ONG-uri îmbunătățește experiența educațională a elevilor și îi ajută să înțeleagă rolul responsabilității sociale și impactul pe care proiectele lor îl pot avea asupra comunității. Această dimensiune socială este esențială în formarea unei generații de cetățeni care să fie pregătiți tehnic și conștienți de provocările globale.

3. Universitățile și centrele de cercetare ca parteneri educaționali

Universitățile și centrele de cercetare sunt parteneri-cheie în dezvoltarea educației STE(A)M. Ele oferă acces la laboratoare moderne, echipamente avansate și expertiză academică. Prin colaborarea cu universitățile, elevii pot participa la proiecte de cercetare, pot asista la experimente avansate și pot învăța de la profesori universitari. Acest tip de parteneriat oferă o experiență educațională profundă, bazată pe metode științifice riguroase. Un exemplu

concret poate fi colaborarea între o școală și un laborator universitar de chimie, unde elevii pot învăța să utilizeze echipamente precum spectrofotometre sau să participe la experimente legate de chimia materialelor. Această experiență nu doar că le oferă o înțelegere practică a conceptelor teoretice, dar și le dezvoltă abilități esențiale pentru viitoare cariere în cercetare sau industrie.

Unul dintre obiectivele principale ale educației STE(A)M este de a stimula inovația și creativitatea elevilor printr-o abordare care combină diferite domenii de cunoaștere. Activitățile extracurriculare sunt un mediu propice pentru dezvoltarea acestei culturi a inovației, deoarece oferă elevilor libertatea de a explora, experimenta și a învăța din greșeli fără constrângerile formale ale unui curriculum. *Design thinking* [24] sau *gândirea creativă* este o metodologie centrată pe utilizator, care promovează inovația prin înțelegerea profundă a nevoilor acestuia, generarea de soluții creative și testarea acestora. Într-un context STE(A)M, elevii pot fi încurajați să folosească *design thinking* pentru a rezolva probleme reale, cum ar fi crearea unui produs ecologic sau dezvoltarea unei soluții pentru o problemă urbană (de exemplu, eficientizarea transportului public). Această metodă îi ajută pe elevi să-și dezvolte abilitățile de rezolvare a problemelor și creativitatea, lucrând în echipe interdisciplinare și colaborând pentru a crea soluții inovatoare și sustenabile.

Un mediu favorabil inovației, mai ales în contextul activităților extracurriculare, trebuie să permită elevilor să învețe prin încercare și verificarea diferitor ipoteze, inclusiv a celor greșite. Aceste activități le oferă un cadru sigur și flexibil, în care pot experimenta fără teama de eșec, ceea ce le permite să exploreze diverse soluții la o singură problemă. De exemplu, în cadrul unui club de științe, elevii pot testa ipoteze experimentale și, prin acest proces, să-și dezvolte gândirea critică și autonomia. Acest mediu de învățare le oferă libertatea de a explora concepte științifice și soluții de dezvoltare durabilă, învățând cum să folosească resursele responsabil și să reducă impactul asupra mediului.

În cadrul activităților extracurriculare mai mult ca oricând elevilor le este facilitat accesul la tehnologiile moderne și resurse educaționale actualizate, care sunt esențiale pentru inovație și dezvoltarea abilităților tehnologice [54]. Imprimantele 3D, dronele și programele de simulare avansate sunt utilizate în activitățile de prototipare și testare, aducând ideile elevilor la viață. De exemplu, într-un club de robotică, elevii pot proiecta și construi un robot funcțional folosind imprimarea 3D pentru piese personalizate și automatizând sarcinile acestuia prin programare. Aceste activități practice le îmbunătățesc abilitățile tehnice și le oferă și o înțelegere profundă a modului în care inovația poate contribui la sustenabilitate, prin proiecte care au ca scop reducerea deșeurilor sau eficientizarea consumului de energie. De asemenea, activitățile extracurriculare sunt un teren ideal pentru a cultiva gândirea laterală, un concept dezvoltat de Edward de Bono [17]. Această abordare creativă a rezolvării problemelor îi încurajează pe elevi să privească provocările din perspective noi și neobișnuite. Într-un proiect de inginerie sau în realizarea unei hărți interactive într-un club de geografie, elevii sunt stimulați să găsească soluții inovative. Acest tip de gândire joacă un rol important mai ales în proiectele orientate către dezvoltarea sustenabilă, unde soluțiile convenționale nu sunt întotdeauna suficiente și sunt necesare idei noi pentru a reduce poluarea sau a conserva resursele naturale.

Activitățile extracurriculare oferă contextul perfect pentru dezvoltarea abilităților soft, care sunt esențiale pentru succesul pe termen lung și dezvoltarea competențelor funcționale la educabili [36]. Colaborarea, leadership-ul și comunicarea eficientă sunt dezvoltate în mod natural prin participarea la proiecte de grup. De exemplu, un proiect precum construirea unui robot sau realizarea unei prezentări interactive despre schimbările climatice necesită lucrul în echipă, iar fiecare elev contribuie cu competențele sale unice: unii pe programare, alții pe design sau comunicare. Prin aceste activități, elevii învață să colaboreze eficient și să își asume roluri diferite, dezvoltându-și abilitățile de comunicare și

negociere, extrem de valoroase și în proiectele de sustenabilitate, unde colaborarea interdisciplinară este esențială.

Activitățile extracurriculare STE(A)M joacă un rol crucial în îmbunătățirea experiențelor de învățare prin integrarea științei, tehnologiei, ingineriei, artelor și matematicii într-un context practic și aplicat. Aceste activități contribuie la dezvoltarea unui mediu de învățare dinamic, care încurajează creativitatea, gândirea critică și abilitățile de rezolvare a problemelor, aspecte esențiale în educația modernă și creează un cadru propice pentru dezvoltarea spiritului antreprenorial, elevii fiind încurajați să dezvolte soluții inovatoare și să exploreze oportunități de afaceri. Astfel, inițiativele STE(A)M îmbunătățesc competențele tehnice și științifice ale elevilor și contribuie și la formarea unei generații de lideri și antreprenori capabili să răspundă provocărilor globale.



Sarcini de lucru

1. Descrie principiile fundamentale ale Educației STE(A)M și explică modul în care acestea contribuie la dezvoltarea abilităților de cetățenie responsabilă în contextul provocărilor contemporane.
2. Propune o activitate extracurriculară STE(A)M (ex. club de robotică, proiect de chimie aplicată) care valorifică conceptele teoretice din clasă și le transpune în soluționarea unei probleme reale, cum ar fi monitorizarea proceselor chimice prin sisteme automatizate.
3. Analizează modul în care activitățile extracurriculare STE(A)M contribuie la dezvoltarea competențelor funcționale ale elevilor și la pregătirea acestora pentru provocările pieței muncii.

4. Expune modul în care activitățile extracurriculare STE(A)M, contribuie la pregătirea elevilor pentru provocările pieței muncii. Analizează relevanța acestui tip de activități în formarea competențelor funcționale.
5. Dezvoltă un plan pentru un workshop STE(A)M destinat profesorilor, care să-i instruiască cum să integreze aceste activități în lecțiile la disciplină.

2.5. Educația STE(A)M în formarea culturii ecologice

Educația STE(A)M reprezintă o abordare interdisciplinară esențială pentru dezvoltarea unei culturi ecologice solide la elevi, combinând aspectele științifice, artistice și tehnice. Această metodă promovează nu doar alfabetizarea ecologică, ci și o înțelegere profundă a dezvoltării durabile și a sustenabilității, oferind un cadru complex pentru educația de mediu. Un domeniu deosebit de relevant pentru educația ecologică este chimia, care joacă un rol indispensabil în înțelegerea și rezolvarea problemelor legate de poluare, resurse naturale și procese chimice esențiale în ecosisteme [6]. Integrarea chimiei în educația STEAM oferă o bază teoretică solidă și un cadru practic, în care elevii pot învăța despre interacțiunile chimice din natură și despre modul în care acestea influențează mediul înconjurător. Elevii sunt familiarizați cu diverse procese și substanțe chimice, precum și consecințele lor asupra mediului ambiant. Probarea principiilor *Chimiei verzi* și a compușilor inofensivi reprezintă o prioritate a domeniului. O problemă majoră este și reciclarea materialelor rezultate din activitatea umană, utilizarea materialelor biodegradabile etc.

Abordarea STE(A)M devine un factor esențial pentru perceperea și înțelegerea complexității problemelor de mediu, oferind un platformă eficientă pentru construirea unei culturi ecologice durabile, bazată pe cunoștințe științifice

și abilități tehnice. Elevii pot fi familiarizați cu unele teme precum efectele substanțelor chimice asupra solului, apei și aerului, impactul poluanților asupra organismelor vii și soluțiile inovative pentru crearea unui mediu mai curat. Această abordare integrată ajută la dezvoltarea unei atitudini responsabile față de mediu, esențială pentru construirea unei societăți în armonie cu natura [39].

Una dintre paradigmele educaționale esențiale în acest context este ecopedagogia, care accentuează relația dintre educație și mediu, punând accent pe dezvoltarea responsabilității ecologice. Ecopedagogia promovează în contextul STE(A)M o educație activă, bazată pe învățarea practică și pe analiza impactului uman asupra mediului. Această abordare educațională își propune să transforme elevii în agenți ai schimbării, capabili să dezvolte soluții inovatoare pentru protejarea mediului înconjurător [48].

În educația STEAM, paradigma învățării ecologice reflectă interdependența dintre sistemele naturale și cele sociale, oferind un cadru teoretic, în care elevii pot studia procesele chimice ce contribuie la probleme ecologice precum poluarea industrială sau schimbările climatice. Acest cadru îi ajută pe elevi să identifice soluții sustenabile la aceste probleme, bazate pe principii științifice și tehnologice.

Modelul pedagogic STE(A)M creează premise favorabile pentru aplicarea conceptelor ecologice, îmbunătățind înțelegerea problemelor de mediu [53]. De exemplu, prin intermediul chimiei, elevii pot studia substanțele toxice din mediul înconjurător și metodele de decontaminare ecologică. Aceasta le oferă o perspectivă practică asupra efectelor pe termen lung pe care poluarea le are asupra ecosistemelor. Învățarea inter- și transdisciplinară din cadrul STE(A)M permite elevilor să înțeleagă legăturile dintre chimie și alte domenii, cum ar fi biologia, fizica și arta, pentru a aborda problemele complexe de mediu într-un mod holistic.

Pentru a forma și dezvolta o cultură ecologică profundă, în cadrul conceptual STE(A)M se reliefează patru mecanisme educaționale ce joacă un rol fundamental (Figura 2.9) [44]:

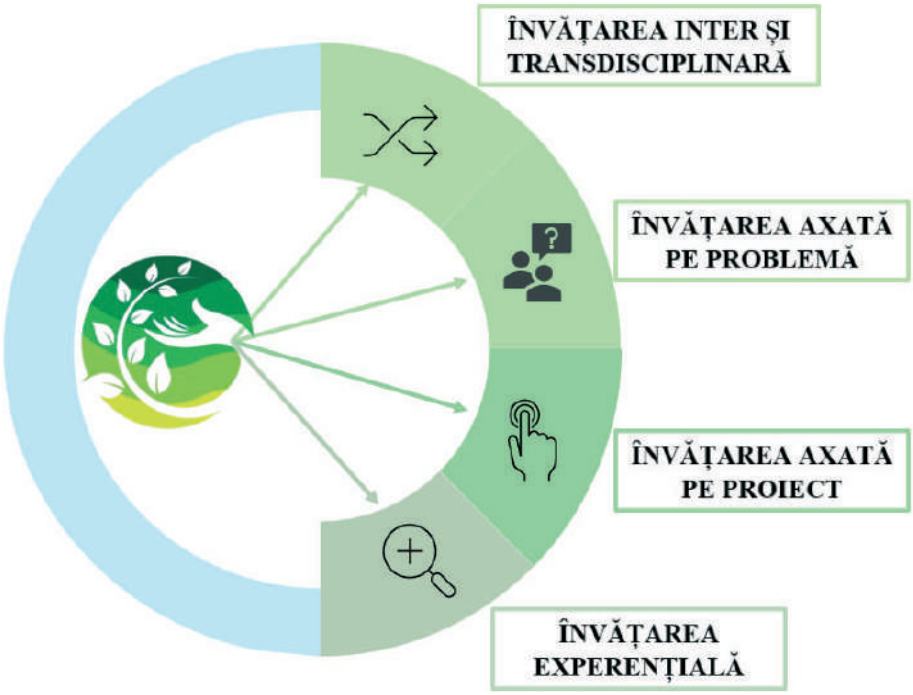


Fig. 2.9. Mecanisme de formare a culturii ecologice prin educație STE(A)M

Această metodă de învățare îi ajută pe elevi să înțeleagă mai profund fenomenele ecologice, văzându-le nu ca pe niște procese izolate, ci ca pe manifestări ale unui sistem complex, interdependent. De exemplu, studierea poluării poate implica înțelegerea proceselor chimice și fizice care au loc în mediul înconjurător, cunoașterea impactului acestor procese asupra vieții biologice și reflectarea asupra modului în care arta poate sensibiliza opinia publică în legătură cu aceste probleme. Astfel, elevii dobândesc cunoștințe tehnice și o viziune responsabilă și critică asupra rolului lor în protecția mediului. Pe măsură ce se dezvoltă această perspectivă integrată, elevii învață să aplice gândirea critică și abilitățile de rezolvare a problemelor, dezvoltând o înțelegere teoretică și practică a impactului pe care poluarea îl are asupra mediului. Învățarea

transdisciplinară, în special în contextul ecologiei, îi ajută să facă legătura între teoriile științifice și soluțiile creative, formându-și astfel o gândire sistemică și responsabilă în ceea ce privește sustenabilitatea și conservarea resurselor naturale. Educația STE(A)M, cu accent pe învățarea inter- și transdisciplinară, joacă un rol important în formarea unei generații capabile să abordeze provocările ecologice complexe cu o viziune holistică și un angajament responsabil față de protecția mediului [22].

- **Învățarea axată pe problemă** oferă un cadru educațional în care elevii nu doar că primesc informații, dar și sunt provocați să-și dezvolte competențe analitice și să aplice cunoștințele dobândite în contexte reale [51]. În educația STE(A)M, aplicarea învățării axată pe probleme în domeniul ecologic reprezintă o oportunitate unică de a conecta teoria cu practică, elevii având ocazia să investigheze probleme ecologice complexe. Astfel de probleme includ poluarea apei, schimbările climatice, gestionarea deșeurilor sau reducerea amprentei de carbon. Procesul de învățare începe cu o problemă ecologică bine definită, care poate varia de la contaminarea chimică a apelor până la impactul emisiilor de CO_2 asupra ecosistemelor locale. Elevii trebuie să colaboreze în grupuri, să-și împărtășească ideile și să creeze soluții fezabile bazate pe cunoștințele chimice și tehnologice. Pe măsură ce parcurg această metodologie, ei explorează concepte precum reacțiile chimice implicate în poluarea aerului, solului sau apei, dar și soluții chimice pentru reducerea acestui impact, cum ar fi dezvoltarea de metode de bioremediere sau purificare a apei. Un exemplu concret al învățării axate pe probleme ecologice este studiul cazului poluării unei surse de apă cu metale grele. Elevii ar putea fi provocați să identifice sursa poluării, să analizeze efectele asupra organismelor acvatice și să propună soluții chimice sustenabile pentru decontaminarea apei, cum ar fi utilizarea unor agenți de chelatare sau metode fizico-chimice de filtrare [20].

Această abordare practică le permite să înțeleagă implicațiile reale ale poluării și să aplice gândirea critică și creativă pentru a sugera soluții aplicabile și în realitate. În cadrul proiectelor ecologice, elevii dobândesc cunoștințe teoretice profunde în chimie și ecologie, dezvoltă abilități transversale esențiale, precum colaborarea în echipă, comunicarea eficientă, managementul proiectelor și gândirea orientată spre soluții eficiente, totdată, înțeleg cum aceste concepte pot fi aplicate pentru a rezolva problemele globale de mediu, contribuind astfel la dezvoltarea unei atitudini ecologice responsabile și proactive [37]. Aceste abilități sunt importante pentru rezolvarea problemelor ecologice actuale și formarea unor cetățeni capabili să participe activ la protejarea mediului și la crearea unei societăți durabile.

- **Învățarea axată pe proiecte** este o metodă pedagogică deosebit de eficientă în educația STE(A)M, care se dovedește esențială pentru dezvoltarea unei culturi ecologice de calitate. Această abordare le permite elevilor să se implice activ în proiecte care le aplică cunoștințele teoretice într-un context practic și real, facilitând astfel o înțelegere profundă a interacțiunii dintre chimie și mediu [45].

Proiectele STE(A)M le oferă elevilor oportunitatea de a explora și de a implementa soluții inovatoare pentru probleme ecologice complexe, cum ar fi dezvoltarea și testarea tehnologiilor pentru utilizarea eficientă a surselor de energie regenerabilă, ca hidrogenul sau energia solară [13]. Într-un astfel de proiect, elevii ar putea construi și experimenta cu prototipuri de panouri solare sau sisteme de conversie a hidrogenului în energie, evaluând eficiența acestora în reducerea consumului de energie din combustibili fosili și în diminuarea amprentei de carbon. De asemenea, proiectele pot implica studii avansate asupra noilor metode de producere a materialelor biodegradabile, elevii ar putea experimenta diferite formule chimice pentru a crea materiale care se descompun rapid și nu dăunează mediului ambiant. Proiectele STE(A)M cu caracter ecologic

le dezvoltă competențe tehnice și îi învață importanța alegerilor responsabile în procesul de producție și impactul pe termen lung al materialelor pe care le folosim, deoarece elevii pot analiza efectele poluării asupra mediului local prin prelevarea și testarea probelor de apă sau sol, pentru a fi identificate sursele de contaminare cu scopul de a propune soluții pentru reducerea poluanților, folosind tehnologii avansate și prietenoase mediului [59]. De exemplu, elevii ar putea dezvolta metode de bioremediere, utilizând microorganisme pentru a descompune substanțele toxice din mediu.

Activitățile practice realizate în cadrul proiectelor ecologice STE(A)M îmbogățesc cunoștințele teoretice ale elevilor și le dezvoltă și abilități esențiale precum gândirea critică, soluționarea creativă a problemelor și lucrul în echipă [49]. În plus, implicarea lor directă în proiecte de acest gen le întărește responsabilitatea față de mediu și le cultivă o etică profesională solidă. Prin aceste experiențe de învățare bazate pe proiecte, elevii nu doar că se familiarizează cu concepte din chimie și ecologie, dar devin și cetățeni activi, capabili să contribuie la dezvoltarea unor soluții inovatoare și sustenabile pentru provocările de mediu cu care se confruntă societatea contemporană [28]. Acest tip de învățare contribuie semnificativ la formarea unei generații conștiente și proactive, capabilă să abordeze problemele ecologice cu soluții practice și creative.

- **Învățarea experiențială** – mecanism esențial pentru formarea culturii ecologice în cadrul educației STE(A)M, care implică dobândirea de cunoștințe și abilități prin experiențe directe, implicare activă și reflecție asupra acestora. Elevii sunt introduși în activități practice și explorări directe în natură, cum ar fi monitorizarea calității aerului și apei, participarea la proiecte de restaurare ecologică și expediții științifice. Expedițiile științifice le oferă elevilor oportunitatea de a studia fenomene naturale într-un mediu autentic, fie că e vorba de observarea biodiversității într-o pădure, analiza solului într-un ecosistem agricol sau monitorizarea speciilor de plante și animale într-o zonă protejată [38].

Aceste experiențe îi ajută să înțeleagă în mod profund procesele naturale și impactul activităților umane asupra mediului, dezvoltându-le viziunile conștiente a necesității de a proteja natura.

Învățarea experiențială le oferă elevilor ocazia de a învăța nu doar din teorie, ci și din propria lor observație și acțiune. De exemplu, în cadrul unui proiect în teren sau expediție științifică, elevii pot preleva probe de apă pentru a analiza prezența substanțelor poluante, identificând astfel sursele de contaminare și înțelegând impactul acestora asupra vieții acvatice. Prin acest tip de activități, elevii își formează competențe tehnice, o empatie și responsabilitate crescute față de mediu, dezvoltând o conștiință ecologică profundă. În cadrul expedițiilor apar o serie de circumstanțe neprevăzute/neplanificate, care permit diverse achiziții cognitive direct din natură, unde interacțiunea între specii, cauzele și efectele unor procese sunt ușor de explicat datorită contactului direct cu obiectul de studiu. Această metodă de învățare întărește legătura dintre cunoștințele teoretice și aplicabilitatea lor în realitate, oferindu-le elevilor un context autentic în care să își dezvolte gândirea critică și capacitatea de a rezolva problemele de mediu. Astfel, învățarea experiențială vizează implicarea directă a elevilor în cadrul expedițiilor științifice, jucând un rol fundamental în formarea unei generații conștiente de provocările ecologice și activ axată în soluționarea lor.

În contextul educației pentru dezvoltare durabilă, chimia devine pilonul de bază pentru înțelegerea interacțiunilor complexe dintre om și natură [14]. Aceasta oferă elevilor oportunitatea de a explora impactul pe termen lung al activităților umane asupra mediului și de a înțelege procesele care afectează echilibrul ecosistemelor. În cadrul educației STE(A)M chimia joacă un rol central, oferind atât cunoștințe teoretice, cât și oportunități practice pentru a analiza și găsi soluții sustenabile la problemele globale de mediu. Această abordare interdisciplinară ajută la integrarea cunoștințelor științifice cu inovația tehnologică și creativitatea, oferind elevilor un cadru cuprinzător în care să-și dezvolte competențele necesare

pentru a aborda provocările legate de mediu, studierea ciclurilor naturale, cum ar fi ciclul carbonului și al apei, dezvoltarea surselor de energie regenerabilă sau utilizarea materialelor reciclabile, sunt exemple de teme prin care elevii pot dobândi o înțelegere profundă a impactului uman asupra mediului și a soluțiilor disponibile pentru o dezvoltare sustenabilă [41].

Abordarea STE(A)M oferă o înțelegere tehnică a problemelor ecologice și contribuie în mod direct la formarea unei culturi ecologice prin implicarea activă a elevilor în activități care reflectă realitățile contemporane. Elevii învață despre echilibrul dintre societatea umană și mediu și experimentează cum pot contribui activ la protecția ecosistemelor. Această implicare practică este esențială în transformarea cunoștințelor științifice într-o atitudine și comportament ecologic responsabile. Totuși, adevărata profunzime a acestei formări se construiește doar prin abordarea participativă, în care elevii sunt implicați activ în contexte reale, experimentând aplicarea acestor concepte. Implicarea elevilor în activități educaționale de tip STE(A)M le dezvoltă competențele științifice și tehnice și îi ajută să-și dezvolte o conștiință ecologică individuală și colectivă responsabilă [50].

Pe lângă activitățile formale din cadrul școlii, metodele de educație nonformală sunt la fel de esențiale pentru formarea culturii ecologice. Activitățile extracurriculare (Figura 2.10), cum ar fi: *expedițiile științifice*, *cercetările de teren*, participarea la *proiecte de voluntariat pentru protecția mediului*, *înverzirea spațiilor și salubrizare*, precum și *concursurile de inovație în domeniul tehnologiilor verzi*, oferă elevilor ocazia de a aplica cunoștințele dobândite în mod concret [58]. Acest tip de educație complementară este centrat pe experiențe reale, unde elevii pot învăța prin descoperire, colaborare și experimentare directă. Astfel, prin combinarea educației formale cu activitățile nonformale, elevii devin receptori pasivi ai informație și actori activi în identificarea și implementarea soluțiilor sustenabile pentru dezvoltarea durabilă a societății. Aceste experiențe

oferă o perspectivă holistică asupra problemelor ecologice și pregătesc în același timp educabilii pentru a contribui la crearea unei societăți responsabile din punct de vedere ecologic.

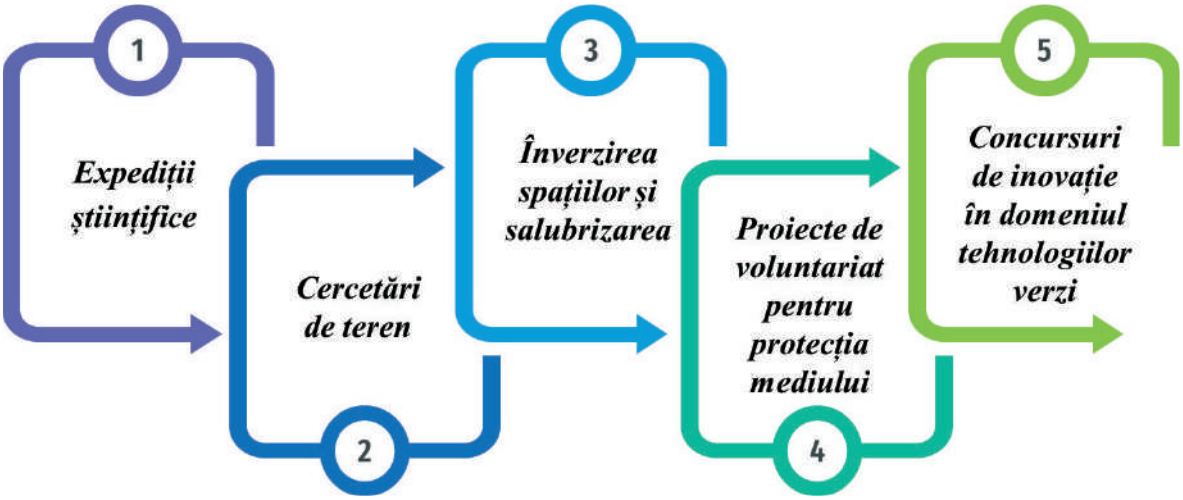


Fig. 2.10. Activități nonformale pentru formarea culturii ecologice

Formarea culturii ecologice prin educația STE(A)M reprezintă un obiectiv educațional și o condiție esențială pentru a asigura un viitor în care oamenii și natura pot coexista armonios [52]. Educația STE(A)M oferă un cadru interdisciplinar valoros pentru dezvoltarea cunoștințelor științifice și a abilităților tehnice într-un mod aplicat și relevant pentru provocările de mediu contemporane. Integrarea chimiei în educația STE(A)M permite nu doar înțelegerea profundă a proceselor naturale, cum ar fi migrarea și transformarea compușilor chimici în diferite sisteme, ci și conștientizarea impactului activităților industriale și umane asupra mediului. Prin studierea poluării, reciclării materialelor și a soluțiilor de energie verde, elevii devin mai bine pregătiți să înțeleagă și să implementeze soluții inovatoare și ecologice. Pe măsură ce lumea se confruntă cu provocări majore în ceea ce privește sustenabilitatea, formarea unei generații capabile să aplice soluții durabile și inovatoare devine o necesitate urgentă, esențială pentru bunăstarea societății și a ecosistemelor planetare.



Sarcini de lucru

1. Identifică și descrie principiile fundamentale ale educației STE(A)M și explică modul în care acestea pot contribui la dezvoltarea unei culturi ecologice. Folosește exemple relevante pentru a evidenția aplicarea acestor principii în contextul protecției mediului.
2. Explică relația dintre educația STE(A)M și dezvoltarea durabilă, argumentează modul în care integrarea activităților extracurriculare STE(A)M în curriculumul educațional formal poate contribui la formarea competențelor funcționale orientată spre sustenabilitate și responsabilitate ecologică.
3. Explică rolul tehnologiei în dezvoltarea soluțiilor pentru problemele ecologice, cum ar fi gestionarea deșeurilor. Oferă argumente care să susțină importanța includerii tehnologiei în activitățile educaționale STE(A)M pentru a promova inovația în domeniul ecologic.
4. Elaborează un plan de activitate extracurriculară STE(A)M care să integreze concepte chimice pentru a rezolva o problemă ecologică specifică, cum ar fi monitorizarea calității apei într-un ecosistem local. Detaliază modul în care elevii pot aplica aceste concepte în contextul activității planificate.
5. Propune o campanie educațională STE(A)M destinată elevilor care să abordeze problema poluării cu plastic. Detaliază componenta practică a campaniei, inclusiv activități, resurse necesare și metode de evaluare a impactului asupra conștientizării ecologice a elevilor.

Bibliografie

1. AFANAS, D. (2021). Necesitatea alfabetizării STEAM. In: Dialog intercultural polono-moldovenesc. Vol. 4, pp. 184-190.

2. ALLEN, M., & MIDDLETON, R. (2021). STEAM Approaches to Teaching Chemistry: Promoting Sustainability and Environmental Awareness. In: Journal of Chemical Education, pp. 69-82.
3. ARIESTA, A. R., & SUWONO, H. (2023, June). The implementation of design thinking in STEAM learning to improve students critical thinking skills and biology learning outcomes. In: AIP Conference Proceedings (Vol. 2614, No. 1). AIP Publishing. pp. 15-36. DOI: 10.1063/5.0126060
4. BIELIK, T., DELEN, I., KRELL, M., & ASSARAF, O. B. Z. (2023). Characterising the literature on the teaching and learning of system thinking and complexity in stem education: A bibliometric analysis and research synthesis. In: Journal for STEM Education Research, 6(2), pp. 199-231. DOI: 10.1007/s41979-023-00087-9
5. BOZKURT ALTAN, E., & TAN, S. (2021). Concepts of creativity in design based learning in STEM education. In: International Journal of Technology and Design Education, 31(3), pp. 503-529. DOI: 10.1007/s10798-020-09569-y
6. БУКИНА, Е. Ю. STEAM-проект «Тайна эоловой арфы. По следам братьев Бернардацци». In: Информатика в школе, 2022, 4: pp. 36-43.
7. BYBEE, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. NSTA Press. pp. 13-18. DOI: 10.1002/sce.21094
8. CAZACIOC, N. (2022). Repere metodologice ale conceptului educațional STEAM. In: Dialog intercultural polono-moldovenesc. Vol. 5, pp. 200-207.
9. CAZACIOC, N., & ROTARI, V. (2021). Conceptul educațional STEAM – o formă de instruire prin cercetare. In Învăţământ superior: tradiţii, valori, perspective. Vol. 1, pp. 148-153.
10. CHIU, T. K., & LI, Y. (2023). How Can Emerging Technologies Impact STEM Education? In: Journal for STEM Education Research, 6(3), pp. 375-384. DOI: 10.1007/s41979-023-00113-w

11. CHNG, E., TAN, A. L., & TAN, S. C. (2023). Examining the use of emerging technologies in schools: A review of artificial intelligence and immersive technologies in STEM education. In: Journal for STEM Education Research, 6(3), pp. 385-407. DOI: 10.1007/s41979-023-00092-y
12. CLARKE, M. (2019). STEM to STEAM: Policy and Practice. The STEAM revolution: Transdisciplinary approaches to science, technology, engineering, arts, humanities and mathematics. In book: The STEAM Revolution, pp. 223-236. DOI: 10.1007/978-3-319-89818-6
13. COLUCCI-GRAY, L. (2019). Developing an ecological view through STEAM pedagogies in Science education. In: Why Science and Art Creativities Matter, pp. 105-130. Brill. DOI: 10.1163/9789004421585_008
14. COROPCEANU, E., CODREANU, S. (2022). Formation of the chemistry research competence in the interdisciplinary university context. Craiova: SITECH, 234 pag. ISBN 978-606-11-8277-0
15. DA SILVA SOUZA, R., TELES, J. N. S., & DE ARAÚJO RODRIGUES, L. (2022). Atividades STEAM maker: investigando contribuições de práticas extracurriculares no ifba campus seabra. In: Revista de Estudos em Educação e Diversidade-REED, 3(7), pp. 1-23. DOI: 10.22481/reed.v3i7.10184
16. DEBORG, D. (2011). Exploring collaborative education–a reflexive perspective on didactics. The New Student, 192 p. ISBN - 978-91-975446-4-1
17. DE BONO, E. (1970). Lateral thinking. Blanford/England: Direct Educational Services. 211 p. ISBN: 978-0-14-193831-8
18. DOCHY, F., SEGERS, M., VAN DEN BOSSCHE, P., & GIJBELS, D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis. In: Learning and instruction, 13(5), pp. 533-568. DOI: 10.1016/S0959-4752(02)00025-7
19. FITRIA, Y., HELSA, Y., NIRWANA, H., & ZULKARNAINI, A. (2018). The Integration of Science and Math. In: Journal of Physics Conference, 1088. DOI: 10.1088/1742- 6596/1088/1/012041

20. GADOTTI, M. (2010). Education for sustainability: A critical contribution to the Decade of Education for Sustainable Development. In: Journal of Education for Sustainable Development, 4(2), pp. 183-194. DOI: 10.1177/097340821000400208
21. GOSSEN, D., & IVEY, T. (2023). The impact of in-and out-of-school learning experiences in the development of students' STEM self-efficacies and career intentions. In: Journal for STEM Education Research, 6(1), pp. 45-74. DOI: 10.1007/s41979-023-00090-0
22. HARIYONO, E., SETIAWAN, B., PERWITASARI, S. I., SUSANTINI, E., KANIAWATI, I., & ISHAK, A. (2024, May). The sustainability awareness of students on ecological and biodiversity learning with STEAM project integrated ESD. In: AIP Conference Proceedings, Vol. 3116, No. 1, pp. 38-45. AIP Publishing.
23. HENRIKSEN, D., MEHTA, R., & MEHTA, S. (2019). Design thinking gives STE(A)M to teaching: A framework that breaks disciplinary boundaries. STE(A)M education: Theory and practice. In book: STEAM education, pp. 57-78. DOI: 10.1007/978-3-030-04003-1_4
24. JIAN, Z., HUA, X., & XU, L. (2019). Research on STEAM Courses Multi-Dimensional Learning Activities Design. In: 2019 International Joint Conference on Information, Media and Engineering (IJCIME), pp. 175-181. IEEE.
25. KAYAN-FADLELMULA, F., SELLAMI, A., ABDELKADER, N., & UMER, S. (2022). A systematic review of STEM education research in the GCC countries: Trends, gaps and barriers. In: International Journal of STEM Education, 9, pp. 1-24. DOI: 10.1186/s40594-021-00319-7
26. KELLEY, T. R., & KNOWLES, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. In: International Journal of STEM education, 3, pp. 1-11. DOI: 10.1186/s40594-016-0046-z

27. KISMAWARDANI, A., & HARIYONO, E. (2022). Science Technology Engineering Arts Mathematics (STEAM) Approach for Learning Science in Junior High School. In: Studies in Learning and Teaching, 3(1), pp. 55-61. DOI: 10.46627/silet.v3i1.101
28. KÜPELI, M. A., BILICI, S. C., & SELCEN GUZEY, S. (2023). The Impact of Engineering Design-based Activities on Eighth-Grade Students' Environmental Awareness and Entrepreneurial Perceptions and Skills. In: Journal of STEAM Education, 6(1), pp. 29-41. DOI: 10.55290/steam.1152901
29. LAWHORN, B. (2008). Extracurricular activities. Occupational Outlook Quarterly, 9(1), pp. 16-21.
30. LI, K. C., & WONG, B. T. M. (2020). Trends of learning analytics in STE(A)M education: A review of case studies. In: Interactive Technology and Smart Education, 17(3), pp. 323-335. DOI: 10.1108/ITSE-11-2019-0073
31. LI, Y., WANG, K., XIAO, Y., & WILSON, S. M. (2022). Trends in highly cited empirical research in STEM education: A literature review. In: Journal for STEM Education Research, 5(3), pp. 303-321. DOI: 10.1007/s41979-022-00081-7
32. LIN, C. L., & TSAI, C. Y. (2021). The effect of a pedagogical STEAM model on students' project competence and learning motivation. In: Journal of Science Education and Technology, 30(1), pp. 112-124. DOI: 10.1007/s10956-020-09885-x
33. MADDEN, ME, BAXTER, M., BEAUCHAMP, H., BOUCHARD, K., HABERMAS, D., HUFF, M., ... & PLAGUE, G. (2013). Rethinking STEM education: An interdisciplinary STEAM curriculum. In: Procedia Computer Science, 20, pp. 541-546. DOI: 10.1016/j.procs.2013.09.316
34. NEHER-ASYLBEKOV, S., & WAGNER, I. (2023). Effects of out-of-school STEM learning environments on student interest: A critical systematic

literature review. In: Journal for STEM Education Research, 6(1), pp. 1-44. DOI: 10.1007/s41979-022-00080-8

35. NG, W., & FERGUSSON, J. (2020). Engaging high school girls in interdisciplinary STEAM. In: Science Education International, 31(3), pp. 283-294. DOI: 10.33828/sei.v31.i3.7
36. NICOLESCU, B. (2014). From modernity to cosmodernity: Science, culture, and spirituality. SUNY Press. DOI: 10.3249/2489
37. OLEDNIC, T., GÎŢU, A. (2024). Abordarea educației ecologice în context transdisciplinar prin prisma implementării proiectelor STEM/STEAM. In: Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă, pp. 91-97.
38. ORHAN, M. (2022). Sustainable Environment and Climate Change in Children's Literature as A Popular Science Subject. In: Journal of STEAM Education, 5(1), pp. 68-87.
39. ORR, D. W. (2004). Earth in mind: On education, environment, and the human prospect. Island Press. DOI: 10.5860/CHOICE.42-1366
40. PANDIAN, S. R. (2018). Playful STEAM learning using robots. In: 2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE), pp. 279-285. IEEE.
41. PANOVA, L. D., & HERTSOVA, V. V. (2004). Formation school ecological culture. In: Educational Dimension, 9, pp. 119-123.
42. PAYNE, C., CRIPPEN, K. J., & IMPERIAL, L. (2022). An Exploration of Perceptions of Justice in a Career-Forward Undergraduate Chemistry Laboratory Course. In: Journal for STEM Education Research, 5(1), pp. 102-125. DOI: 10.1007/s41979-021-00063-1
43. POUR SHAFEI, H., ROSTAMI NEZHAD, M., & MOHAMMADZADEH, M. (2021). STE(A)M education approaches: Systematic review. In: Quarterly Journal of Education Studies, 7(26), pp. 1-20.

44. RAILEAN, E. (2022). STEAM education pedagogy for teaching-learning real science in pre-university education. In: Abordări inter/transdisciplinare în predarea ştiinţelor reale (concept STEAM), pp. 338-342.
45. SCHMIEDEBACH, M., LITZKE, V., LAUMEN, S., & WEGNER, C. (2022). Predispositions define a pro-environmental attitude. In: Journal of STEAM Education, 5(1), pp. 1-14.
46. SELF, J. A., & BAEK, J. S. (2017). Interdisciplinarity in design education: Understanding the undergraduate student experience. In: International Journal of Technology and Design Education, 27, pp. 459-480. DOI: 10.1007/s10798-016-9355-2
47. SIGIT, D. V., RISTANTO, R. H., & MUFIDA, S. N. (2022). Integration of Project-Based E-Learning with STEAM: An Innovative Solution to Learn Ecological Concept. In: International Journal of Instruction, 15(3), pp. 23-40. DOI: 10.29333/iji.2022.1532a
48. SPÍNOLA, H. (2023). Environmental Literacy for Waste Management in an Academic Community: A Case Study. In: Journal of STEAM Education, 6(2), pp. 119-142. DOI: 10.55290/steam.1128303
49. STEFFEN, W., CRUTZEN, P. J., & MCNEILL, J. R. (2007). The Anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of nature? In: AMBIO: A Journal of the Human Environment, 36(8), pp. 614-621. DOI: 10.1579/0044-7447(2007)36[614:TAAHNO]2.0.CO;2
50. STERLING, S. (2001). Sustainable education: Re-visioning learning and change. Schumacher Briefings. 64 p. ISBN 1 870098 99 4 Disponibil online: https://doi.org/10.1063/5.0210455
51. SUSLENCO, A. (2024). STEAM Education-An Effective Approach to Achieving Sustainability in Higher Education. In: Revista Românească pentru Educație Multidimensională, (1), pp. 93-112.

52. TOMAS, V., ISERTE, S., & PEREZ, M. (2021). Learning databases using project-based learning. In: INTED2021 Proceedings, pp. 4035-4039. IATED.
53. TILBURY, D. (2011). Education for sustainable development: An expert review of processes and learning. UNESCO. https://doi.org/10.1080/13504622.2012.696685
54. VŨ, T. Q., & KHANH, H. M. (2022). Conceptual Framework for Integrated STE(A)M Education. In: VNUHCM Journal of Social Sciences and Humanities, 6(SI), pp. 87-106.
55. WANG, L. H., CHEN, B., HWANG, G. J., GUAN, J. Q., & WANG, Y. Q. (2022). Effects of digital game-based STEM education on students' learning achievement: a meta-analysis. In: International Journal of STEM Education, 9(1), pp. 2-13. DOI: 10.1186/s40594-022-00344-0
56. WANNAPIROON, N., & PETSANGSRI, S. (2020). Effects of STEAMification Model in Flipped Classroom Learning Environment on Creative Thinking and Creative Innovation. In: TEM Journal, 9(4), pp. 1647-1655. DOI: 10.18421/TEM94-42
57. WILSON, N. (2009). Impact of extracurricular activities on students. 39 p. Disponibil online: https://shorturl.at/eWfho
58. XOLIYOROVA, S., TILYABOV, M., & PARDAYEV, U. (2024). Explaining the basic concepts of chemistry to 7th grade students in general schools based on STEAM. In: Modern Science and Research, 3(2), pp. 362-365. DOI: 10.5281/zenodo.10966929
59. YAKMAN, G., & LEE, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the US as a practical educational framework for Korea. In: Journal of the korean Association for Science Education, 32(6), pp. 1072-1086. DOI: 10.14697/jkase.2012.32.6.1072

III. ABORDĂRI STE(A)M ÎN CERCETARE

3.1. Corelarea conceptului educațional STE(A)M cu cercetarea, inovarea și transferul tehnologic

În condițiile evoluției socio-economice dinamice, când sistemul educațional trebuie să fie conectat la necesitățile pieței muncii, educația STE(A)M, cercetarea, inovarea și transferul tehnologic sunt strâns legate și se completează reciproc pentru asigurarea funcționalității proceselor constructive. Educația STE(A)M dezvoltă competențe și abilități necesare pentru a înțelege și a aplica cunoștințele științifice și tehnologice în procesul de cercetare și inovare, în timp ce cercetarea și inovarea aduc contribuții la avansarea cunoașterii și transferului tehnologic [23]. Așa cum demonstrează studiile recente, pentru formarea specialiștilor competitivi pentru profesiile viitorului este necesar de a desfășura procesul educațional în condiții care să dezvolte un grad înalt de autonomie și responsabilitate. Procesul de cercetare este axat pe dezvoltarea calităților individuale în tandem cu experiențele trăite.

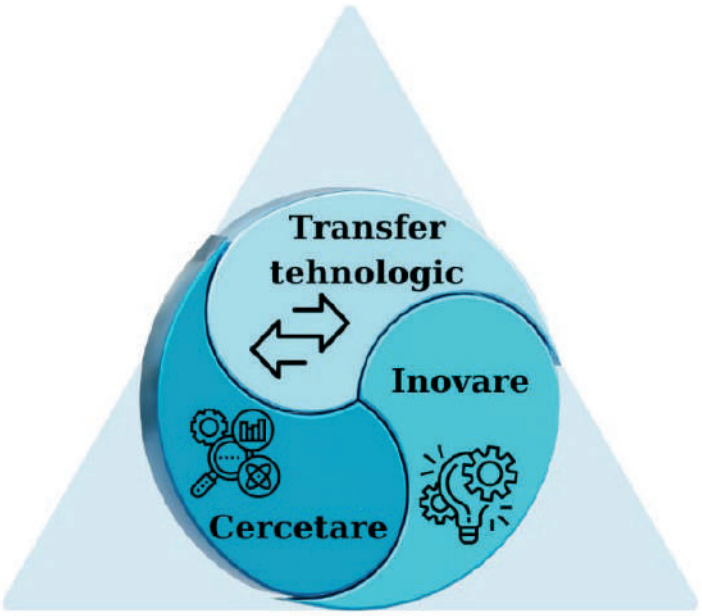


Fig. 3.1. Triada educațională STE(A)M: cercetare, inovare și transfer tehnologic

Cercetarea nu trebuie să rămână doar ca o activitate formală. Ea trebuie să se dezvolte, să aducă beneficii. Etapa superioară cercetării este creația științifică, care poate genera idei inovative. Inovația este etapa la care personalitatea poate contribui la sporirea bunăstării socio-economice a comunității prin elaborarea diferitor mecanisme ce sporesc eficiența proceselor. Transferul tehnologic este puntea ce asigură implementarea noilor cunoștințe în activitatea practică și, invers, aduce spre sistemele generatoare de cunoștințe necesitățile sistemului de producere. Aceste domenii au multiple legături și se influențează reciproc.

Abordarea interdisciplinară și integrată oferă mai mult decât doar cunoștințe teoretice elevilor. Sinapsele formate între aceste componente de bază ale triadei educaționale STE(A)M formează educabilul ca personalitate prin relații interdependente la nivel de implementare a curriculei școlare. Simbioza conceptuală între aceste componente relevă importanța fiecăruia dintre ele în modelarea parcursului didactic și se regăsesc în Figura 3.1:

- ***Cercetarea*** în cadrul conceptual STE(A)M deține rolul central, stimulând gândirea critică și abilitatea elevilor de a identifica și rezolva probleme reale, prin aplicarea metodologiilor științifice. Această componentă dezvoltă nu doar competențele academice, ci și abilitățile de investigare independentă, esențiale într-o lume dominată de evoluții tehnologice rapide. Cercetarea nu se limitează la cunoașterea teoretică, dar și se extinde: dezvoltă capacitatea de a genera noi cunoștințe și soluții inovatoare și contribuie direct la dezvoltarea societății. Cercetarea este calitatea care poate șterge hotarul între *cunoscut* și *necunoscut*. Ca punct de start pentru dorința de a cunoaște, a descoperi pot fi curiozitatea, necesitatea, dorința de a eficientiza mecanisme/procese/tehnologii, căutarea unor soluții care ar aduce avantaje economice, diverse crize etc. Totodată, în cercetare sunt necesare curajul, responsabilitatea, disciplina, originalitatea și creativitatea. Un element esenial de care trebuie să se conducă un cercetător este etica, bunul-simț și axarea pe scopuri benefice societății și mediului ambiant.

Principalele componente care reflectă cercetarea în cadrul conceptual al educației STE(A)M (Figura 3.2) se regăsesc în *cercetarea interdisciplinară, proiectele practice și colaborative, metode științifice avansate, tehnologii și echipamente moderne, aplicabilitate în contexte reale.* Educația STE(A)M reprezintă acea abordare didactică, care încurajează elevii să descopere lumea înconjurătoare, să se transforme în cercetători, explorând domeniile științifice, tehnologice prin proiecte practice și experimente, elevii învață să-și dezvolte abilitățile de cercetare, să colecteze și să analizeze date în baza unor metode științifice avansate și utilaje ce permit acumularea datelor cu precizie înaltă, să formuleze întrebări și să caute răspunsuri.

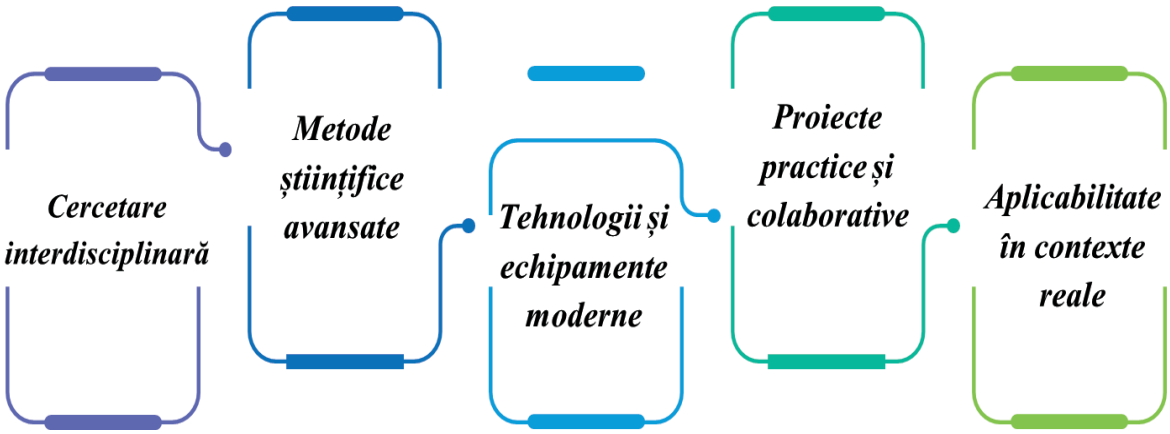


Fig. 3.2. Componentele fundamentale ale cercetării în educația STE(A)M

Unul dintre aspectele esențiale ale acestui model educațional este accentul pus pe *interdisciplinaritate*, ceea ce presupune combinarea domeniilor științifice, tehnologice, ingineriei, artelor și matematicii într-o abordare coerentă și aplicată. Elevii nu se limitează la studierea izolată a fiecărui domeniu, ei învață să aplice concepte din diverse discipline pentru a aborda probleme complexe din lumea reală. Cercetarea nu se desfășoară pe domenii izolate, ci se bazează pe lucrul în echipă și *colaborarea interdisciplinară*, prin *proiecte practice*, elevii învață să aplice diverse contexte reale cunoștințele dobândite. De exemplu, un proiect de cercetare poate implica simultan aspecte de programare, design grafic, modelare

matematică, robotică educațională pentru dezvoltarea de soluții tehnologice pentru probleme locale, cum ar fi gestionarea resurselor naturale sau îmbunătățirea eficienței energetice. În acest context, colaborarea în echipe multidisciplinare asigură succesul produsului final și în același timp oferă educabilului oportunitatea de a-și dezvolta competențe funcționale, abilitățile de comunicare și leadership, esențiale în cercetarea științifică și inovare. Această integrare a interdisciplinarității cu cercetarea științifică în câmpul educațional ajută la consolidarea unei înțelegeri holistice a științei și tehnologiei.

În implementarea conceptului educațional STE(A)M se evidențiază *metodele de analiză științifică* utilizate pe larg în procesul de cercetare, cum ar fi: formularea de ipoteze, colectarea de date prin experimentare, analiza statistică și interpretarea rezultatelor. Desigur, un alt „must have" al învățării STE(A)M sunt *tehnologiile moderne*, cum ar fi simulările computerizate, inteligența artificială și analiza „*big data"*, care le permit să abordeze problemele cu o precizie și o eficiență mult mai mari decât în trecut. Aceste tehnologii oferă posibilitatea de a lucra cu seturi mari de date, de a simula diverse scenarii și de a înțelege fenomenele complexe dintr-o perspectivă practică. Un alt aspect important al procesului de învățare este accesul elevilor la echipamente de cercetare moderne, precum imprimante 3D, drone, robotică, senzori de mediu sau microscopie avansată. Aceste instrumente permit o *abordare practică a învățării*, ajutându-i pe elevi să efectueze cercetări precise și relevante în domenii precum biologia, fizica, chimia, ingineria și multe altele. Astfel, ei au șansa să exploreze în mod direct fenomenele naturale și tehnologice, dobândind o înțelegere profundă a acestora.

O direcție substanțială în dezvoltarea cercetării la nivel preuniversitar constă în crearea oportunităților pentru *aplicarea rezultatelor* în contexte reale. În acest sens, este necesară dotarea instituțiilor de învățământ cu *echipamente* și *laboratoare specializate*, care să permită elevilor să desfășoare experimente

practice și să participe la proiecte de cercetare aplicate, să dezvolte prototipuri, soluții tehnologice și modele care să aibă un impact esențial asupra comunității sau industriei. Prin această abordare aplicată a cercetării în contextul învățării STE(A)M, sistemul educațional va pregăti elevii pentru a deveni inovatori practici, capabili să creeze soluții pentru provocările contemporane, cum ar fi schimbările climatice, sustenabilitatea sau îmbunătățirea sănătății publice. Educația STE(A)M promovează acel stil al învățării care prin intermediul cercetării motivează educabilii să abordeze problemele dintr-o perspectivă științifică, să aplice metodele de cercetare și să le adapteze la necesitățile din procesul de învățare și investigare.

- ***Inovarea.*** Educația STE(A)M promovează gândirea creativă și inovatoare. Inovația este procesul care produce schimbarea calitativă pas cu pas și conduce la evoluția progresului. Invenția (conform DEX – rezolvarea sau realizarea tehnică dintr-un domeniu al cunoașterii, care prezintă noutate și progres față de stadiul cunoscut până atunci) și inovația (conform DEX – schimbare, introducere a ceva nou într-un sistem, într-o practică, într-o activitate, într-o operație tehnică etc.) sunt elementele care contribuie la evoluția tehnologiilor și a bunăstării socio-economice. Realizarea invențiilor și implementarea schimbărilor inovative nu sunt procese simple. Foarte rar invențiile sunt realizate în mod întâmplător și spontan, prin descoperiri neplanificate. Aceste procese, în cazul când nu sunt planificate, ci sunt bazate pe hazard, pot influența dezvoltarea umanității, dar fiind sporadice, nu se încadrează într-un sistem coerent de dezvoltare. De aceea, atingerea nivelului de elaborare a invențiilor și de dezvoltare a sistemelor inovative se bazează pe un parcurs destul de complicat, care trebuie exersat la toate etapele de formare a personalității, prin examinarea și compararea diferitor exemple, prin dezvoltarea gândirii inginerești și a filosofiei cunoașterii. Un rol determinant în dezvoltarea capacităților inovative ale elevilor revine calității abordărilor din sistemul educațional (deseori cu impact major al activităților

extracurriculare), modelului cadrului didactic și a persoanelor cu activitate în domeniu cu care are posibilitatea de a contacta, dar în mod deosebit – capacităților intelectuale și a spiritului inovativ al educabilului.

Prin integrarea artelor și a tehnologiei în procesul educațional, elevii învață să găsească soluții noi și originale pentru problemele complexe [21]. Este important de accentuat că, pe lângă gândirea logică (realistă), o mare importanță are dezvoltarea gândirii abstracte, care prezintă capacitatea de a depăși limitele cunoașterii ordinare, curajul de a construi elemente din lumea necunoscută. Imaginarea creativă a unor fenomene/procese/mecanisme/materiale altfel decât suntem obișnuiți să le vedem poate deschide noi perspective de abordare a lor. Educația STE(A)M îi încurajează pe elevi să gândească critic, să exploreze multiple perspective și să-și folosească imaginația pentru a genera idei inovatoare.

Inovația în cadrul educației STE(A)M nu doar se rezumă la descoperirea de soluții pentru problemele existente, dar și se extinde către crearea de noi oportunități și îmbunătățiri care pot revoluționa diverse domenii. Gândirea inovatoare rezolvă problemele și schimbă modul în care acestea sunt percepute, propunând abordări complet noi și eficiente.

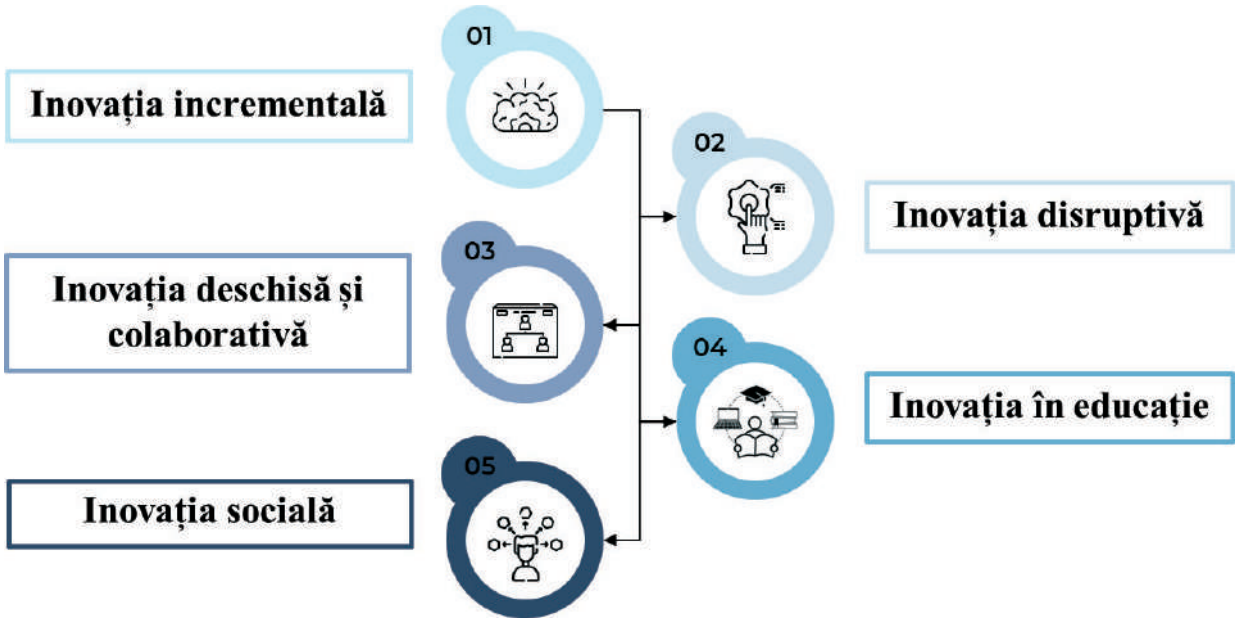


Fig. 3.3. Dimensiunile inovației

Inovația se manifestă pe mai multe dimensiuni (Figura 3.3), pornind de la inovația incrementală (care aduce îmbunătățiri graduale și continue în produse și procese) până la inovația socială, care are ca scop soluționarea unor probleme complexe în societate și mediul înconjurător [3]. Aceste tipuri de inovație contribuie esențial la formarea unei generații de lideri capabili să influențeze pozitiv atât comunitatea, cât și ecosistemele din jur.

- ***Inovația incrementală*** [27, 28] – schimbări graduale care duc la perfecționarea unor procese sau produse existente. De exemplu, elevii învață să îmbunătățească un design de produs folosind noile tehnologii, cum ar fi simulările digitale sau modelarea 3D. În acest fel, procesul de învățare devine mai aplicativ și mai ancorat în realitatea tehnologică actuală, facilitând tranziția către piața muncii.
- ***Inovația disruptivă*** [24, 32] – transformarea radicală a unui domeniu sau a unui proces prin idei complet noi, care schimbă paradigma inițială. Elevii pot dezvolta soluții care nu doar rezolvă problemele actuale, dar și le elimină complet prin adoptarea de noi tehnologii, cum ar fi inteligența artificială, robotică sau tehnologiile verzi. Acest tip de inovație este esențial pentru pregătirea elevilor pentru provocările din domenii precum protecția mediului sau sustenabilitatea energetică.
- ***Inovația deschisă și colaborativă*** [8, 17]. Educația STE(A)M încurajează colaborarea între elevi și între diverse discipline pentru a genera soluții complexe și bine fundamentate. Prin lucrul în echipă și partajarea cunoștințelor, elevii au posibilitatea să participe la procese de inovație deschisă, unde ideile sunt colectate din diverse surse și aplicate în moduri neașteptate. De exemplu, elevii pot colabora cu experți din industrie sau din mediul academic pentru a rezolva probleme reale, dezvoltând astfel soluții inovatoare cu aplicabilitate imediată.

- ***Inovația socială*** [5, 26]. elevii în cadrul educației STE(A)M sunt îndemnați să aplice gândirea inovatoare în domeniul tehnologic, dar și în cel social. Inovația socială presupune dezvoltarea de soluții pentru problemele comunității, cum ar fi îmbunătățirea calității vieții, reducerea inegalităților sau promovarea unei economii circulare. Prin proiecte comunitare, elevii devin agenți ai schimbării, capabili să genereze un impact pozitiv la nivel social.
- ***Inovația în educație*** [6, 15]. Educația STE(A)M este ea însăși un exemplu de inovație în educație. Prin adoptarea unei metodologii bazate pe proiecte, unde arta și știința se îmbină cu tehnologia, se creează un mediu educațional multisenzorial, care stimulează atât gândirea analitică, cât și cea creativă. Inovația educațională presupune utilizarea unor tehnologii noi, cum ar fi platformele digitale de învățare, realitatea virtuală și augmentată, care oferă elevilor experiențe de învățare interactive și imersive.

Inovația joacă un rol esențial în formarea liderilor capabili să influențeze pozitiv comunitățile și mediul înconjurător, manifestându-se pe mai multe dimensiuni: de la inovația incrementală, care aduce îmbunătățiri treptate, la inovația socială, care vizează soluționarea problemelor complexe ale societății. Aceste tipuri de inovație contribuie la dezvoltarea abilităților tinerilor de a aborda schimbările rapide din mediul socio-economic global, pregătindu-i să devină lideri cu impact. Educația STE(A)M este un catalizator pentru acest proces, deoarece stimulează gândirea inovatoare și colaborarea interdisciplinară. Prin integrarea științei, tehnologiei și creativității, elevii sunt încurajați să dezvolte soluții originale și sustenabile la provocările globale actuale, cum ar fi schimbările climatice și inegalitățile sociale. Această educație le oferă cunoștințe tehnice și le cultivă și abilități de leadership prin aplicarea practică a cunoștințelor pentru generarea de noi soluții. Astfel, educația STE(A)M contribuie la formarea

unei generații de lideri inovatori, capabili să influențeze dezvoltarea viitoarelor industrii și societăți, devenind agenți ai schimbării care promovează dezvoltarea sustenabilă în comunitățile lor.

- ***Transferul tehnologic.*** Educația STE(A)M promovează utilizarea tehnologiei și a cunoștințelor tehnice în rezolvarea problemelor practice. Elevii învață să utilizeze diferite instrumente și tehnologii, cum ar fi roboții, imprimantele 3D sau software-ul de proiectare, pentru a crea și implementa soluții originale. Educația STE(A)M dezvoltă abilități tehnologice esențiale și îi pregătește pe elevi să aplice aceste cunoștințe în contexte reale. Transferul tehnologic se referă la capacitatea de a utiliza cunoștințele și abilitățile tehnologice pentru a aduce inovații în diverse domenii și pentru a contribui la dezvoltarea economică și socială. Transferul tehnologic este un proces multidirecțional și cu caracter reciproc. El are loc între diverse sisteme: cercetare-inovare și activitatea economică; cercetare-inovare și educație; artă și servicii etc. Aceste procese conduc la sporirea calității sistemului și integrarea interdisciplinară între diferite domenii.

Prin intermediul cercetării și inovării, elevii învață să exploreze, să experimenteze și să descopere noi soluții și idei, punând în practică conceptele și teoriile pe care le-au învățat în clasă. Mai mult decât atât, această corelare între educația STE(A)M și cercetare, inovare și transfer tehnologic poate avea un impact semnificativ asupra dezvoltării societății și rezolvării problemelor locale, regionale, dar și globale. Prin încurajarea elevilor să gândească în mod critic și inovator, să colaboreze și să dezvolte soluții tehnologice, educația STE(A)M poate contribui la abordarea provocărilor majore, cum ar fi schimbările climatice, sărăcia, accesul la resurse și sănătatea. De asemenea, integrarea cercetării și inovării în educația STE(A)M promovează un mediu de învățare activ și motivant, unde elevii sunt implicați în procesul de descoperire și dezvoltare a cunoștințelor [35]. Astfel, se poate stimula pasiunea pentru învățare și

curiozitatea științifică în rândul elevilor, generând viitori oameni de știință, ingineri și inovatori.

Integrarea educației STE(A)M cu cercetarea, inovarea și transferul tehnologic aduce beneficii semnificative atât pentru elevi, cât și pentru societate în ansamblu:

- Educația STE(A)M pregătește elevii pentru cerințele pieței muncii, unde abilitățile tehnice, gândirea critică și inovatoare sunt tot mai solicitate. Prin promovarea cercetării și inovării în cadrul educației STE(A)M, elevii dobândesc competențe practice și abilități tehnologice esențiale, care îi fac mai pregătiți să se adapteze și să contribuie la economia bazată pe cunoaștere.
- Educația STE(A)M oferă elevilor oportunități de a-și dezvolta creativitatea și abilitățile inovatoare. Prin implicarea în proiecte de cercetare și dezvoltare, elevii sunt încurajați să gândească neconvențional, să experimenteze și să găsească soluții noi pentru problemele complexe. Acest proces de inovare este esențial pentru progresul societății și pentru abordarea provocărilor globale.
- Educația STE(A)M facilitează transferul cunoștințelor și tehnologiilor din mediul educațional în cel al economiei reale. Prin intermediul proiectelor și activităților practice, elevii învață să aplice cunoștințele și abilitățile dobândite în contexte reale, rezolvând probleme concrete și contribuind la dezvoltarea tehnologică și economică a comunității. Acest transfer tehnologic este esențial pentru a transforma inovația în acțiune și a aduce beneficii tangibile societății.
- Integrarea educației STE(A)M cu cercetarea încurajează elevii să devină mai interesați de știință și să se implice în descoperirea și avansarea cunoașterii. Prin intermediul proiectelor de cercetare, elevii pot explora domenii specifice și pot contribui la extinderea granițelor cunoașterii în

respectivele domenii [20]. Astfel, educația STE(A)M încurajează dezvoltarea de gânditori critici și cercetători în devenire.

Integrarea educației STE(A)M cu cercetarea, inovarea și transferul tehnologic creează o conexiune puternică între mediul educațional și cel profesional, pregătind elevii pentru provocările viitorului. Prin această abordare, procesul educațional devine dinamic și interdisciplinar, îmbinând teoria și practica pentru a dezvolta competențe esențiale în secolul XXI. Elevii sunt implicați în activități de cercetare care le stimulează gândirea critică, capacitatea analitică și curiozitatea științifică, explorând probleme complexe și testând soluții inovatoare. În același timp, ei învață să aplice cunoștințele dobândite în contexte practice, dezvoltând prototipuri funcționale, produse sau procese originale, fapt care le încurajează creativitatea și mentalitatea antreprenorială (Fig. 3.4).

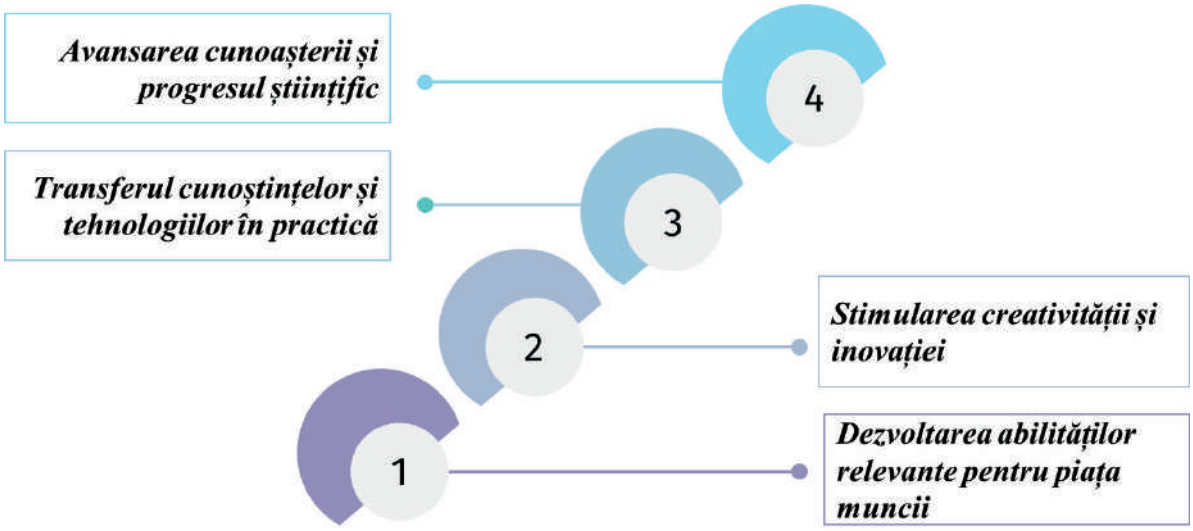


Fig. 3.4. Beneficile integrării educației STE(A)M cu cercetarea, inovarea și transfertul tehnologic

Transferul tehnologic joacă un rol central în această integrare, conectând elevii cu mediul industrial și social și oferindu-le oportunitatea de a implementa soluțiile dezvoltate în contexte reale. Astfel, aceștia dobândesc competențe practice relevante pentru industrii emergente, precum utilizarea tehnologiilor

digitale și lucrul interdisciplinar, învață să colaboreze cu diverse părți interesate pentru a adresa nevoile societății. Pregătirea lor pentru viitoarele cariere este completată de o înțelegere aprofundată a proceselor de inovare și de o atitudine proactivă față de schimbările rapide din economia cunoașterii.

Această abordare transformă procesul educațional într-un mediu interactiv și orientat spre soluții, care le oferă elevilor cunoștințe teoretice și instrumentele necesare pentru a deveni participanți activi ai schimbării, capabili să contribuie la dezvoltarea sustenabilă a societății. Educația concepută astfel nu doar răspunde cerințelor prezentului, dar și modelează viitorul, asigurând o tranziție eficientă între școală și viața profesională.

Asfel, se poate afirma că cercetarea, inovarea, transferul tehnologic și promovarea antreprenoriatului inovativ determină vectorul evoluției civilizației umane.



Sarcini de lucru

1. Analizează sinergia dintre educația STE(A)M, cercetare și inovare. Cum contribuie această corelare la dezvoltarea societății contemporane?
2. Argumentează importanța transferului tehnologic în contextul educației STE(A)M. Cum se traduce această abilitate în inovații practice și avansare economică?
3. Explică modul în care cercetarea și inovarea sunt încurajate în cadrul educației STE(A)M. Cum contribuie aceste aspecte la dezvoltarea gânditorilor critici și inovatori?
4. Identifică beneficiile gândirii critice și inovatoare promovate de educația STE(A)M. Cum pot aceste competențe să contribuie la progresul societății?

5. Demonstrează impactul avansării cunoașterii și progresului științific prin intermediul integrării educației STE(A)M în cercetare. Dați exemple concrete din diferite domenii.

3.2. Importanța conceptului educațional STE(A)M în procesul de formare a competenței de cercetare

Procesul de cercetare STE(A)M este un proces complex care implică abordarea interdisciplinară și integrată a cunoștințelor din științele naturale, tehnologie, inginerie, matematică și arte. Construirea unei abordări strategice axată pe instruirea prin cercetare oferă elevilor oportunități de a învăța în experiențe mai relevante și mai motivante [7, 9]. În condițiile unei cercetări interdisciplinare elevul conștientizează interacțiunile dintre diferite domenii, are loc asamblarea viziunilor „supradisciplinare", iar observările realizate în cadrul investigațiilor permit validarea practică a cunoștințelor teoretice, dar și achiziția unui șir de elemente complementare, caracterul, calitatea și cantitatea cărora depind în mare parte de individualitatea educabilului. Astfel, în cadrul unui proces de cercetare planificat, fiecare persoană, în funcție de particularitățile individuale, poate dezvolta idei personale în direcții influențate de propriile interese. Deci, procesul de cercetare se desfășoară într-un mediu care oferă fiecărei personalități, pe lângă posibilitatea de a forma un cadru general de cunoștințe despre lume, convingeri personale și capacitatea de a analiza logic fenomenele care le observă. Mai mult, pe parcursul acumulării experienței de cercetare se dezvoltă o serie de calități precum intuiția, care ajută la formularea ipotezelor pentru cercetările care urmează. Astfel, procesul de cercetare este complex, influențează în mod direct capacitatea cogntiv-creativă a personalității și bunăstarea socio-economică a comunităților.

Scopul acestui proces este de a dezvolta competențe de cercetare la elevi și de a-i pregăti pentru carierele viitoare ca specialiști competitivi în domeniile

STE(A)M. Competența de cercetare se referă la capacitatea de a gândi critic, de a formula întrebări relevante, de a colecta și analiza date, de a elabora concluzii și de a comunica rezultatele cercetării care se formează la educabili prin activități de observare, investigare, cercetare și analiză. În lucrarea *Formation of the chemistry research competence in the interdisciplinary university context* se menționează că „*competența de cercetare* include capacitatea de a aplica cunoștințele într-un domeniu, abilitățile de soluționare a problemelor profesionale și de fundamentare a ipotezelor, de a stabili obiective în realizarea activităților, de a selecta și analiza informațiile necesare pentru a selecta judicios strategiile adecvate pentru o activitate inovativă de cercetare" [13]. Formarea competenței de cercetare este esențială în pregătirea elevilor pentru a deveni cetățeni activi, informați și capabili să ia decizii bazate pe date și dovezi.

Educația STE(A)M și cercetarea științifică sunt două domenii care se intersectează și se completează reciproc (Figura 3.5). Abordarea STE(A)M încurajează și dezvoltă competențe esențiale pentru cercetare prin intermediul gândirii critice, gândirii creative, abilităților de rezolvare a problemelor și colaborării interdisciplinare, pregătind astfel elevii pentru o viitoare carieră în domeniul științific.



Fig. 3.5. Corelația dintre educația STE(A)M și competența de cercetare

Cercetarea științifică este o activitate esențială în avansarea cunoașterii și dezvoltarea tehnologică. Aceasta implică abordarea problemelor complexe, identificarea și testarea ipotezelor, analiza datelor și interpretarea rezultatelor.

Competențele necesare în cercetare includ abilități de observare și analiză, abilități de cercetare, metode de cercetare științifică și comunicare științifică eficientă. Importante în procesul de cercetare STE(A)M devin elementele precum gândirea critică, abilitățile de observare și analiză, cercetarea științifică și comunicarea eficientă. Investigarea este considerată a fi o latură esențială în cadrul conceptual STE(A)M ce permite elevilor într-un anturaj necunoscut să descopere noi cunoștințe.

Procesul de cercetare în cadrul instituțiilor de învățământ preuniversitar se centrează pe implementarea proiectelor de cercetare STE(A)M în cadrul ariilor curriculare care încurajează elevii să exploreze, să investigheze și să înțeleagă lumea înconjurătoare prin intermediul metodelor științifice și tehnologice, aplicând cunoștințele și abilitățile lor în contexte practice [19]. Procesul de cercetare STE(A)M include 5 etape importante: identificarea problemei, emiterea ipotezelor, colectarea și prelucrarea datelor, elaborarea concluziilor, aplicarea în practică a rezultatelor cercetării și comunicarea rezultatelor (Figura 3.6) [22].

- *Identificarea problemei de cercetare* este primul pas al cercetării STE(A)M și implică observarea unui fenomen sau a unei probleme. Are loc formularea unei întrebări de cercetare ce trebuie să fie clară, specifică și să conducă la un set de ipoteze testabile.
- *Emiterea ipotezelor*. După formularea întrebărilor de cercetare, este important să se dezvolte ipoteze pentru a răspunde la întrebarea de cercetare. Ipotezele trebuie să fie testabile și să conducă la un set de experimente sau observații.
- *Colectarea și prelucrarea datelor*. După dezvoltarea ipotezelor, următorul pas este colectarea și analiza datelor. Aceste date pot fi colectate prin intermediul experimentelor, observațiilor sau sondajelor. Datele trebuie să fie analizate în mod riguros pentru a testa ipotezele formulate.

- *Elaborarea concluziilor*. Ca urmare a procesului de colectare și analiză a datelor, următorul pas este elaborarea concluziilor. Concluziile trebuie să fie bazate pe date și să ofere răspunsuri la întrebările de cercetare.



Fig. 3.6. Etapele procesului de cercetare STE(A)M

- *Aplicarea în practică a rezultatelor cercetării* implică testarea concluziilor în contexte reale, pentru a valida eficiența soluțiilor propuse și a demonstra relevanța lor practică. Aceasta permite ajustarea ipotezelor finale și dezvoltă competențele aplicative ale elevilor.
- *Comunicarea rezultatelor* este esențială pentru a permite celorlalți să înțeleagă cercetarea și să ia decizii bazate pe aceasta. Comunicarea rezultatelor poate fi realizată prin intermediul rapoartelor, prezentărilor sau publicațiilor.

Este important ca procesul de cercetare STE(A)M să fie adaptat la nivelul de vârstă și la obiectivele specifice ale proiectului, scopul principal fiind cercetarea științifică, investigarea unui fenomen specific, utilizând metode științifice care dezvoltă la elevi competența de investigare și îi învață să formuleze întrebări de cercetare și ipoteze, să colecteze și analizeze datele, să

elaboreze concluzii bazate pe rezultatele cercetărilor științifice (Figura 3.7). Pe lângă toate acestea proiectele de cercetare, STE(A)M promovează gândirea critică, colaborarea și creativitatea elevilor.

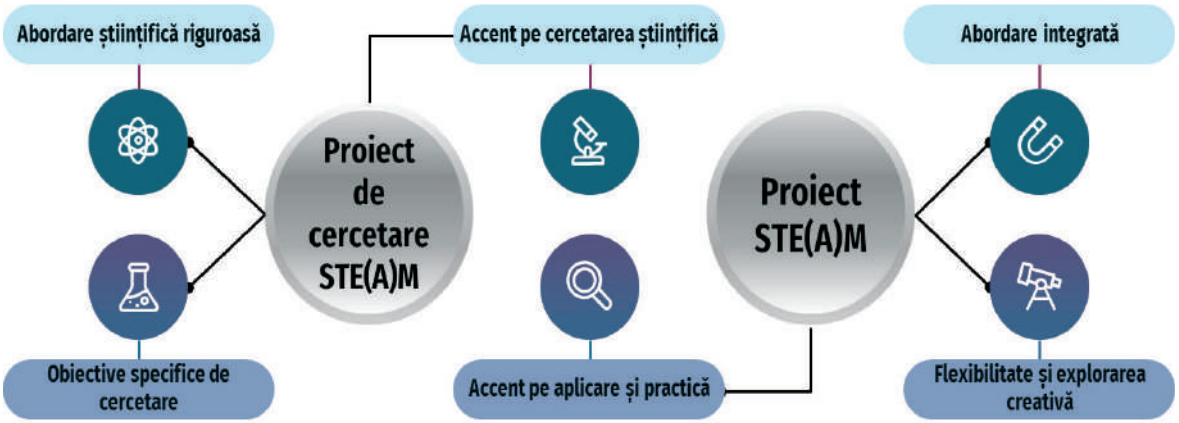


Fig. 3.7. Diferențe conceptuale între un proiect STE(A)M și un proiect cu caracter de cercetare STE(A)M

Educația STE(A)M prin intermediul proiectelor pregătește elevii pentru a deveni cercetători competenți prin încurajarea lor să gândească critic și să dezvolte abilități de rezolvare a problemelor [40]. Proiectul este o metodă eficientă de sinteză a cunoștințelor din diverse domenii și de adaptare a lor la contextul subiectului studiat. El permite o abordare individuală, bazată pe creativitate și originalitate. Elevii învață să colecteze și să analizeze date, să dezvolte și să testeze ipoteze, să identifice relații între variabile și să evalueze rezultatele cercetării. Cu alte cuvinte, proiectul îl convinge pe elev despre utilitatea cunoștințelor în rezolvarea unor situații reale. Totodată, îl învață să construiască noi situații, care pot genera noi idei. Deci, proiectul este un mediu de dezvoltare în care educabilul se dezvoltă, deseori în mod autonom. În plus, abordarea STE(A)M încurajează elevii să colaboreze cu alți elevi și să comunice eficient, abilități esențiale pentru a desfășura cercetare științifică într-un mediu de lucru în echipă. Formarea competenței de cercetare la elevi prin intermediul procesului de cercetare STE(A)M este importantă pentru pregătirea lor în

viitoarele cariere din domeniul STEM și pentru a dezvolta competențele necesare pentru a deveni cetățeni activi și informați.

Deși atât proiectele STE(A)M, cât și cele de cercetare STE(A)M promovează integrarea științei, tehnologiei, ingineriei, artelor și matematicii, ele au obiective distincte și contribuie diferit la educație și inovare. Proiectele STE(A)M se axează pe dezvoltarea de soluții aplicabile și practice, în timp ce proiectele de cercetare STE(A)M sunt orientate mai mult spre investigarea profundă a unei probleme și generarea de cunoștințe noi. Ambele sunt complementare în dezvoltarea unui set complet de competențe pentru elevi și studenți, fiecare contribuind la formarea unei gândiri inovatoare și interdisciplinare (Tabelul 3.1).

Tabelul 3.1. Analiza comparativă a proiectelor STE(A)M și proiectelor de cercetare STE(A)M [4, 12, 30, 39]

Criteriu	***Proiect STE(A)M***	***Proiect de cercetare STE(A)M***
Scopul principal	Concepute pentru dezvoltarea de soluții creative și modele funcționale, care răspund unor probleme concrete și actuale, fiind orientate spre aplicabilitatea imediată a rezultatelor.	Destinate explorării teoretice și practicea unei probleme și generării de cunoștințe noi prin formularea de ipoteze și testarea acestora în mod riguros, contribuind astfel la avansarea înțelegerii domeniului.
Cunoștințe și abilități	Axate pe cunoștințe aplicate, utilizând cunoștințe existente pentru a produce soluții tangibile și	Concentrate pe activități exploratorii, producând cunoștințe noi, teorii și ipoteze care extind cadrul

	originale, cu accent pe funcționalitate și eficiență practică.	teoretic al domeniului cercetat, chiar dacă nu întotdeauna au o aplicabilitate practică imediată.
Gradul de interdisciplina-ritate	Conexiunea dintre discipline este directă și practică, cu o integrare clară a componentelor STEM și arte.	Interdisciplinaritatea poate fi indirectă sau contextuală, fiind folosită pentru a explora teme complexe ce necesită mai multe perspective teoretice.
Metodologie	Urmează o abordare de tip proiect, care include: identificarea unei probleme, generarea unei soluții creative, dezvoltarea unui model funcțional sau prototip și testarea acestuia în contexte practice.	Urmează o metodologie de cercetare științifică, incluzând formularea ipotezelor, proiectarea experimentelor, colectarea și analizarea datelor, elaborarea concluziilor, cu accent pe validarea și contribuția teoretică.
Rezultate finale	Produse tangibile și soluții implementabile, cum ar fi prototipuri funcționale, aplicații practice sau modele aplicabile care au un impact direct în contextul abordat.	Descoperiri, teorii sau cunoștințe noi, care aduc valoare teoretică și sunt destinate susținerii viitoarelor inovații; adesea nu sunt implementate imediat, ci servesc ca fundament pentru cercetări ulterioare.

Evaluarea rezultatelor	Rezultatele sunt evaluate pe baza funcționalității, creativității și aplicabilității soluțiilor sau prototipurilor dezvoltate.	Rezultatele sunt evaluate în funcție de rigoarea metodologică, relevanța teoretică și contribuția la literatura de specialitate.
Impactul educațional	Îmbunătățesc competențele funcționale, gândirea creativă și capacitatea de colaborare; elevii dobândesc o abordare practică în rezolvarea problemelor reale din viața cotidiană.	Contribuie la formarea gândirii analitice și a abilităților de investigare sistematică. Elevii sau studenții dobândesc experiență în utilizarea metodologiilor științifice și în elaborarea concluziilor bazate pe date, fiind stimulați să adreseze întrebări fundamentale și să exploreze inovația teoretică.
Aplicabilitatea	Soluțiile generate sunt imediat aplicabile, fiind create pentru a răspunde unor probleme și nevoi actuale.	Cunoștințele obținute sunt utilizate în cercetări viitoare, contribuind la extinderea teoretică și, eventual, la inovație practică pe termen lung.
Nivelul de inovație	Inovația constă în aplicarea creativă a cunoștințelor existente pentru a produce soluții originale și funcționale.	Inovația rezidă în descoperirea de noi teorii, modele sau procese care extind frontierele cunoașterii.



Sarcini de lucru

1. Analizează importanța abordării interdisciplinare în procesul de cercetare STE(A)M. Cum contribuie acest aspect la dezvoltarea competențelor elevilor?
2. Explică care este importanța abilităților de observare și analiză în cercetarea STE(A)M. Cum pot elevii să-și dezvolte aceste abilități în cadrul proiectelor de cercetare STE(A)M?
3. Identifică rolul gândirii critice în procesul de cercetare STE(A)M. Cum influențează aceasta abilitatea elevilor de a formula întrebări relevante și de a evalua datele?
4. Examinează impactul colaborării în echipă asupra eficienței cercetării STE(A)M. În ce mod lucrul în echipă poate îmbunătăți procesul de investigare și inovare?
5. Demonstrează importanța adaptării procesului de cercetare STE(A)M la nivelul de vârstă și obiectivele proiectului. Cum se poate menține relevanța cercetării pentru elevi?
6. Analizează utilizarea tehnologiilor digitale în proiectele STE(A)M. Cum pot instrumentele digitale și software-urile specializate sprijini procesul de cercetare și prezentare a rezultatelor?
7. Evaluează impactul experimentelor practice asupra învățării în domeniul STE(A)M. Cum influențează activitățile experimentale înțelegerea conceptelor științifice și dezvoltarea gândirii științifice?

3.3. Proiecte de cercetare STE(A)M

Proiectele de cercetare STE(A)M sunt instrumente de bază în formarea competenței de cercetare, care reprezintă „suma calităților unei persoane, o capacitate complexă de a evalua obiectiv problemele, de a le transforma în sarcini specifice, bazate pe abilități de realizare a lucrărilor de cercetare" [4]. Ele nu doar că promovează o înțelegere aprofundată a conceptelor științifice, dar și facilitează dezvoltarea unor competențe transversale esențiale pentru succesul în domeniul cercetării. Elevii dobândesc astfel capacitatea de a formula întrebări relevante, de a colecta și analiza date empirice, de a testa ipoteze și de a formula concluzii susținute științific, ceea ce contribuie la consolidarea unui mod de gândire analitic și sistematic. Proiectele STE(A)M integrează abordări interdisciplinare care stimulează gândirea creativă și inovativă, elemente fundamentale pentru progresul în cercetare și dezvoltare tehnologică [1]. În cadrul proiectelor de cercetare are loc interconexiunea diferitor elemente, deseori imprevizibile din start, dar care pot genera noi produse/idei/materiale și pot avea caracter individual în cazul diferitor persoane. Elevii sunt implicați în diverse metodologii de cercetare care le permit să colaboreze, să dezvolte soluții inovatoare și să contribuie la dezvoltarea cunoașterii științifice. Această experiență îi ajută să înțeleagă interdependența dintre diferitele domenii științifice, tehnice și artistice, oferindu-le o viziune holistică asupra modului în care cercetarea poate genera schimbări pozitive în societate.

În cadrul proiectelor STE(A)M se facilitează transferul tehnologic, un proces prin care rezultatele cercetării științifice sunt aplicate în dezvoltarea de soluții tehnologice noi [36]. Acest transfer tehnologic nu doar că stimulează progresul industrial și economic, dar și reprezintă un catalizator pentru inovare, contribuind la dezvoltarea durabilă și la creșterea competitivității pe piața globală. Inovarea, ca parte integrantă a cercetării STE(A)M, implică transformarea cunoștințelor teoretice și a ideilor creative în produse și tehnologii viabile, cu

impact real asupra calității vieții și asupra dezvoltării societății în ansamblu. Astfel, cercetarea, inovarea și transferul tehnologic devin pilonii centrali în educația STE(A)M, asigurând o pregătire complexă pentru elevi în ceea ce privește acumularea de cunoștințe și dezvoltarea abilităților necesare pentru a deveni factori activi în procesele de inovare și dezvoltare tehnologică. Proiectele de cercetare STE(A)M reprezintă acea strategie educațională care susține pregătirea unei noi generații de cercetători și inovatori, capabili să soluționeze provocările contemporane și să contribuie la progresul științei și tehnologiei la nivel global [34].



Proiect de cercetare STE(A)M *Evaluarea eficienței metodelor de purificare a apei pentru asigurarea accesului la apă potabilă de calitate,* aria curriculară: *Matematică și Științe*, poate fi propus spre realizare pe parcursul unui semestru elevilor din clasele 7-9.

Premisele și contextul cercetării. Accesul la apă potabilă de calitate este o problemă importantă pentru sănătatea umană și mediul înconjurător. Acest proiect de cercetare STE(A)M își propune să evalueze și să compare diverse metode de purificare a apei pentru a determina eficiența lor (Tabelul 3.2). Poluarea apei cauzată de activități industriale, agricultură și factori naturali afectează disponibilitatea și siguranța resurselor de apă, ceea ce impune necesitatea unor soluții accesibile și eficiente de purificare. Printr-o abordare interdisciplinară specifică educației STE(A)M, acest proiect îmbină știința, tehnologia, ingineria și analiza economică pentru a dezvolta metode sustenabile de dezvoltare a calității apei.

Cercetarea propusă analizează și compară metodele tradiționale și moderne de purificare a apei, precum filtrarea prin materiale naturale, dezinfectarea chimică și tratarea cu radiații UV. În plus, se investighează impactul economic și ecologic al fiecărei metode, având în vedere costurile și durabilitatea pe termen lung. O componentă a proiectului de dezvoltare este și testarea unor sisteme de

filtrare accesibile, construite din materiale reciclabile, ceea ce contribuie la reducerea impactului asupra mediului. Integrarea acestor cercetări în educația STE(A)M oferă elevilor oportunitatea de a-și dezvolta competențele profesionale prin activități experimentale și inovare. În acest mod, proiectul nu doar contribuie la identificarea unor soluții eficiente pentru asigurarea apei potabile, ci și sprijină formarea viitorilor specialiști capabili să abordeze provocările legate de resursele de apă într-un mod sustenabil și aplicat.

Tabelul 3.2. Legături interdisciplinare în cadrul proiectului *Evaluarea eficienței metodelor de purificare a apei pentru asigurarea accesului la apă potabilă de calitate*

Disciplina școlară	***Acțiuni***	***Concepte științifice***
Chimie	Testarea calității apei, analiza compoziției chimice a apei, înțelegerea proceselor chimice din metodele de purificare.	Reacții chimice, soluții, concentrații, compuși chimici, procese de purificare, pH.
Fizică	Evaluarea eficienței sistemelor de purificare bazate pe principii fizice, calculul consumului de energie, măsurarea presiunii în sistemele de purificare.	Filtrare, absorbție, iradiere UV, forțe, presiune.
Biologie	Analiza impactului apei purificate asupra sănătății umane, studiul microorganismelor prezente în apă.	Microorganisme, bacterii, virusuri, potențiale riscuri pentru sănătate legate de apa contaminată.

Geografie	Studierea surselor de apă, evaluarea distribuției geografice a contaminanților și a impactului asupra aprovizionării cu apă.	Hidrografie, surse de apă, distribuția geografică a contaminanților.
Matematică	Colectarea și analiza datelor, evaluarea costurilor și beneficiilor diferitelor metode de purificare.	Statistică, probabilitate, analiză de date, calcule de cost-beneficiu.
Educație socială și financiară / Educație economică și antreprenorială	Evaluarea costurilor și beneficiilor metodelor de purificare a apei, elaborarea de strategii pentru finanțarea și implementarea sistemelor de purificare.	Costuri, beneficii, analiză cost-beneficiu, resurse financiare.
Educație ecologică / Educație pentru mediu	Educația comunității cu privire la importanța apei potabile sigure și a metodelor de purificare, promovarea practicilor de utilizare responsabilă a apei.	Conștientizarea mediului, impactul asupra ecosistemelor, sustenabilitate.
Educație pentru drepturile omului	Evaluarea reglementărilor privind calitatea apei, analiza politicilor publice legate de aprovizionarea cu apă potabilă și influențarea lor.	Reglementări, standarde de calitate a apei, politici publice.
Educație pentru sănătate	Studiul efectelor asupra sănătății umane, analiza incidenței bolilor legate de apă în comunitate.	Sănătate umană, impactul asupra sănătății, epidemiologie.

Problema de cercetare: Cum putem dezvolta și evalua metode accesibile și eficiente de purificare a apei pentru a asigura accesul la apă potabilă de calitate în comunitate?

Obiectivele cercetării:

- ✓ Cercetarea științifică a problemei și identificarea surselor de poluare a apei potabile.
- ✓ Evaluarea și compararea metodelor de purificare a apei precum filtrarea, dezinfectarea chimică și tratarea cu raze UV.
- ✓ Analiza impactului costurilor și al durabilității asupra alegerii metodelor de purificare a apei.
- ✓ Elaborarea și testarea modelelor/prototipurilor de sisteme de purificare a apei, utilizând materiale reciclabile.
- ✓ Cercetarea prin experimentare a calității apei purificate.
- ✓ Identificarea corelației dintre apa consumată și potențiale boli pe care le are populația.

Contextul de cercetare STE(A)M în cadrul proiectului *Evaluarea eficienței metodelor de purificare a apei pentru asigurarea accesului la apă potabilă de calitate*:

Știință: Elevii studiază literatura de specialitate pentru a identifica metodele de purificare a apelor și standardele de stat pentru calitatea apei potabile. Se realizează vizite în teren la stațiile de tratare a apei, la centrul de sănătate publică, secția monitorizare a calității apelor cu scopul de a descoperi diferite metode de tratare a apelor și cercetare a calității lor. În cadrul acestor vizite se efectuează analize ale calității apei și teste de laborator pentru a evalua eficiența diferitelor metode de purificare a apei. În acest context, elevii aplică cunoștințele științifice pentru a înțelege procesele chimice și fizice implicate în purificarea apei și în îndepărtarea poluanților.

Tehnologie: În dezvoltarea sistemelor de purificare a apei, elevii utilizează tehnologie pentru a proiecta și construi dispozitivele de purificare. De asemenea, pot utiliza tehnologia pentru a monitoriza și înregistra datele experimentelor. În cadrul proiectului se poate dezvolta un site, google site, aplicație mobilă, Chat Boot pentru a prezenta comunității rezultatele analizei compoziției chimice a apei.

Inginerie: Elevii sunt implicați în proiectarea, construcția și testarea unor sisteme de purificare a apei. Această fază implică procese de inginerie, precum selectarea materialelor, planificarea și construcția prototipurilor, inclusiv evaluarea performanței acestora prin testarea chimică a apei purificate.

Artă: Artele sunt integrate în etapa de prezentarea și comunicarea rezultatelor proiectului. Elevii vor crea prezentări vizuale sau grafice pentru a ilustra datele și concluziile lor. De asemenea, vor utiliza abilități de comunicare și prezentare pentru a împărtăși rezultatele cu comunitatea și cu experții în domeniu.

Matematică: Matematica este indispensabilă în interpretarea rezultatelor și în luarea deciziilor bazate pe date. În cadrul acestui proiect, aportul acestei discipline se reliefează în cercetările statistice ale datelor colectate, pentru a calcula costurile și pentru a evalua eficiența diferitelor metode de purificare a apei.

Legăturile interdisciplinare din cadrul proiectului (Tabelul 3.2) oferă o viziune complexă asupra problemelor legate de purificarea apei și asigură o abordare holistică pentru rezolvarea lor. Schița proiectului detaliază activitățile conform planului de acțiuni, incluzând analiza calității apei, ateliere educaționale, crearea de materiale didactice și diseminarea rezultatelor (Tabelul 3.3). Elevilor li se oferă oportunitatea de a învăța și de a aplica concepte dintr-o gamă largă de discipline, dezvoltând astfel abilități interdisciplinare esențiale.

Tabelul 3.3. Schița proiectului *Evaluarea eficienței metodelor de purificare a apei pentru asigurarea accesului la apă potabilă de calitate*

Obiective de cercetare	***Activități planificate / realizate***	***Produse***
Etapa I (2 săptămâni)		
Cercetarea științifică a problemei și identificarea surselor de poluare a apei potabile	Elevii vor efectua cercetări bibliografice și vor efectua vizite în teren pentru a identifica sursele de contaminare ale apei din regiunea lor.	Raport de cercetare
Etapa II (4 săptămâni)		
Evaluarea și compararea metodelor de purificare a apei precum filtrarea, dezinfectarea chimică și tratarea cu UV	Elevii vor studia metodele de purificare a apei, inclusiv filtrarea, dezinfectarea chimică, tratarea cu radiația UV.	Jurnal de laborator cu diagrame comparative
Analiza impactului costurilor și al durabilității asupra alegerii metodelor de purificare a apei	Vor compara costurile, consumul de energie, resursele necesare și eficiența fiecărei metode.	Analiză cost-beneficiu
Etapa III (4 săptămâni)		
Elaborarea și testarea modelelor/prototipurilor de sisteme de purificare a apei, utilizând materiale reciclabile	Elevii vor dezvolta prototipuri de sisteme de purificare a apei bazate pe metodele identificate în etapa a II-a.	Prototipuri funcționale

Etapa IV (4 săptămâni)		
Cercetarea prin experimentare a calității apei purificate	Elevii vor efectua teste de laborator pentru a evalua eficiența sistemelor de purificare a apei în îndepărtarea contaminanților din apă.	Date experimentale
	Vor monitoriza variabile precum calitatea apei, consumul de energie și costurile de operare.	
Identificarea corelației dintre apa consumată și potențiale boli pe care le are populația	Elevii vor intervieva membrii comunității locale pentru a evalua impactul asupra sănătății și a accesului la apă potabilă sigură.	Studiu epidemiologic
	Vor colecta date cu privire la reducerea bolilor legate de apă.	
Etapa V (2 săptămâni)		
Prezentarea și evaluarea produselor	Vor pregăti un raport final și o prezentare pentru a împărtăși rezultatele cu comunitatea și cu experții în domeniul apei.	Conferință științifică școlară

Impactul proiectului vizează îmbunătățirea calității vieții și a sănătății comunității, promovarea dezvoltării durabile în educație și poate servi ca exemplu de bune practici pentru alte comunități care se confruntă cu aceleași provocări. Elevii implicați în proiect vor dobândi abilități de cercetare, de lucru în echipă și de rezolvare a problemelor, pregătindu-se pentru viitoarele oportunități academice și profesionale.



Proiect de cercetare STE(A)M *Agricultura durabilă – îngrășămintele minerale versus îngrășămintele eco,* aria curriculară: Matematică și Științe. Poate fi propus spre realizare pe parcursul unui semestru elevilor din clasa a IX-a la studierea Unităților de învățare: *Metalele și compușii lor cu importanță practică* și *Nemetalele și compușii lor cu importanță practică*, acolo unde avem spre învățare unitățile de conținut: Noțiuni de îngrășăminte minerale cu potasiu, azot, fosfor. De asemenea, poate fi implementat în clasa a XII-a cu profil real la Unitatea de învățare: *Reacțiile chimice în producere*, acolo unde avem unitatea de conținut *Procesele tehnologice de producere a îngrășămintelor minerale*.

Premisele și contextul cercetării. Într-o lume în care resursele naturale devin tot mai limitate, agricultura trebuie să se adapteze pentru a fi mai eficientă și mai durabilă. Fertilizarea rațională și utilizarea îngrășămintelor eco prietenoase cu mediul reprezintă una dintre soluțiile pentru reducerea impactului negativ asupra ecosistemelor**.** Studiile arată că excesul de îngrășăminte minerale duce la degradarea calității apei, în special prin contaminarea cu nitrați și fosfați, ceea ce provoacă dezechilibre ecologice, cum ar fi creșterea algelor și scăderea biodiversității acvatice. Agricultura este responsabilă de o parte semnificativă a emisiilor de gaze cu efect de seră, iar fertilizarea cu azot contribuie la eliberarea oxidului de azot (N_2O), un gaz de seră de aproximativ 300 de ori mai puternic decât dioxidul de carbon (CO_2) în reținerea căldurii în atmosferă.

Problema de cercetare: *În ce măsură utilizarea îngrășămintelor minerale contribuie la degradarea mediului prin poluarea solului și a apelor și cum pot alternativele ecologice susține o agricultură durabilă, menținând în același timp productivitatea agricolă?*

Obiectivele cercetării:

- ✓ Evaluarea impactului îngrășămintelor minerale asupra solului și calității apelor, cu accent pe poluare și dezechilibre ecologice.
- ✓ Identificarea alternativelor ecologice la îngrășămintele chimice și analiza eficienței acestora în menținerea productivității agricole.
- ✓ Investigarea modului în care utilizarea îngrășămintelor minerale contribuie la schimbările climatice prin emisia de gaze cu efect de seră.
- ✓ Analiza practicilor de fertilizare sustenabilă în contextul agriculturii moderne și a dezvoltării durabile.
- ✓ Formularea unor soluții și recomandări pentru reducerea utilizării îngrășămintelor minerale convenționale, promovând metode prietenoase cu mediul.

Tabelul 3.4. Legături interdisciplinare în cadrul proiectului *Agricultura durabilă – îngrășămintele minerale versus îngrășămintele eco*

Disciplina școlară	***Acțiuni***	***Concepte științifice***
Chimie	Analiza compoziției chimice a îngrășămintelor minerale și eco.	Reacții chimice, compuși anorganici, îngrășăminte minerale cu azot, fosfor, potasiu, poluarea apei și solului.
Geografie	Evaluarea impactului poluării solului și apelor asupra mediului la nivel local și global.	Ecologie, resurse naturale, schimbări climatice.
Biologie	Studiul impactului îngrășămintelor asupra dezvoltării plantelor și ecosistemelor.	Biodiversitate, nutriția plantelor, relația sol-plantă-ecosistem.

Matematică	Interpretarea datelor și realizarea de grafice pentru poluarea solului și productivitatea agricolă.	Statistici, modelare matematică, grafice comparative.
Educație ecologică/Educație pentru mediu	Crearea de soluții durabile și campanii de conștientizare privind utilizarea îngrășămintelor ecologice.	Dezvoltare durabilă, protecția mediului, responsabilitate ecologică.
Tehnologie	Identificarea și aplicarea tehnologiilor sustenabile pentru agricultura ecologică.	Tehnologii verzi, agricultură de precizie, sustenabilitate agricolă.

Contextul de cercetare STE(A)M în cadrul proiectului *Agricultura durabilă – îngrășămintele minerale versus îngrășămintele eco*:

Știință: Cercetarea explorează impactul îngrășămintelor minerale asupra mediului și modul în care acestea influențează solul, apa și biodiversitatea. Elevii vor studia reacțiile chimice care au loc în sol și efectele acestora asupra creșterii plantelor, poluării apelor și modificărilor climatice.

Tehnologie: Se va investiga utilizarea tehnologiilor agricole sustenabile, cum ar fi sistemele de monitorizare a solului și dronelor pentru aplicarea precisă a îngrășămintelor. De asemenea, vor fi analizate inovațiile în dezvoltarea de îngrășăminte ecologice și modul în care acestea pot optimiza randamentul agricol.

Inginerie: Proiectul va implica planificarea și testarea unor metode eficiente de aplicare a îngrășămintelor ecologice și construirea de modele sustenabile pentru agricultură. Elevii pot concepe sisteme de fertilizare de precizie, care să reducă risipa de resurse și să minimalizeze impactul asupra mediului.

Artă: Arta va fi folosită pentru a crea campanii de sensibilizare cu privire la importanța agriculturii durabile și protecția mediului. De asemenea, elevii pot

utiliza designul creativ pentru a realiza postere, videoclipuri sau grafice care să ilustreze impactul îngrășămintelor asupra ecosistemului.

Matematică: Matematica va fi utilizată pentru interpretarea datelor obținute din experimentele științifice și tehnologice, precum și pentru analiza și cuantificarea impactului îngrășămintelor asupra randamentului agricol. Graficele și modelele matematice vor ajuta la analiza statistică a datelor și la compararea eficienței diferitelor tipuri de îngrășăminte.

Tabelul 3.5. Schița proiectului *Agricultura durabilă – îngrășămintele minerale versus îngrășămintele eco*

Obiective de cercetare	***Activități planificate / realizate***	***Produse***
Etapa I (2 săptămâni) – Definirea problemei		
Identificarea impactului îngrășămintelor minerale asupra mediului și agriculturii durabile.	Documentare privind tipurile de îngrășăminte minerale și ecologice.	Raport introductiv despre impactul îngrășămintelor asupra mediului.
	Realizarea unui studiu asupra impactului acestora asupra solului și apelor.	
Etapa II (2 săptămâni) – Formularea ipotezelor		
Ipoteze privind eficiența îngrășămintelor ecologice comparativ cu cele minerale în menținerea calității solului și productivității.	Dezvoltarea ipotezelor legate de efectele îngrășămintelor asupra creșterii plantelor.	Ipoteze scrise pentru cercetare.
	Clarificarea obiectivelor prin discuții de grup.	

Etapa III (4 săptămâni) – Proiectarea experimentelor		
Elaborarea unui plan de testare pentru compararea îngrășămintelor minerale și ecologice asupra pH-ului solului și concentrațiilor de nitrați/nitriți.	Proiectarea experimentelor de creștere a plantulelor de grâu pe soluri tratate cu îngrășăminte minerale și ecologice	Plan experimental detaliat. Liste de echipamente și materiale necesare pentru testare.
	Testarea pH-ului solului și concentrației de nitrați/nitriți.	
Etapa IV (4 – 6 săptămâni) – Colectarea și analizarea datelor		
Evaluarea efectelor asupra solului (pH, nitrați/nitriți) și creșterea plantelor în funcție de tipul de îngrășământ.	Măsurători regulate ale pH-ului și concentrației de nitrați/nitriți în sol.	Bază de date cu valori de pH, nitrați și nitriți. Date detaliate privind evoluția plantulelor. Raport de activitate.
	Colectarea datelor privind înălțimea, sănătatea și rata de creștere a plantulelor de grâu.	
Etapa V (2 săptămâni) – Cercetarea îngrășămintelor minerale și eco, analiza cost-beneficiu		
Identificarea tipurilor de îngrășăminte minerale și ecologice disponibile pe piață și calculul eficienței acestora pe hectar.	Vizite la magazinele și gospodăriile agricole pentru colectarea datelor despre îngrășămintele disponibile	Tabel comparativ între îngrășămintele minerale și cele ecologice.
	Calculul necesarului de îngrășăminte per hectar.	

	Evaluarea costurilor și beneficiilor	Raport detaliat cost-beneficiu.
Etapa VI (2 săptămâni) **–** Interpretarea rezultatelor și concluzii		
Compararea rezultatelor experimentelor și analiza sustenabilității îngrășămintelor ecologice.	Prelucrarea datelor colectate și analiza impactului asupra mediului și producției.	Raport final de cercetare. Prezentare PowerPoint. Materiale grafice pentru diseminare (postere, pliante).
	Prezentarea concluziilor într-un cadru educațional.	
	Documentarea rezultatelor și a procesului de cercetare pentru a crea un raport final de proiect.	

Impactul proiectului va fi semnificativ atât în plan educațional, cât și în conștientizarea problemelor de mediu. Elevii vor învăța să analizeze critic efectele îngrășămintelor minerale asupra solului și apelor, dezvoltând totodată soluții ecologice și sustenabile. Prin realizarea experimentelor practice și testarea îngrășămintelor ecologice, elevii își vor îmbunătăți abilitățile științifice și tehnice, contribuind la formarea unei mentalități ecologice. Proiectul va stimula gândirea interdisciplinară, combinând cunoștințe de chimie, biologie și economie pentru a găsi soluții eficiente și sustenabile (Tabelul 3.4). De asemenea, elevii vor înțelege importanța agriculturii durabile și a folosirii unor îngrășăminte prietenoase cu mediul, reducând astfel impactul negativ asupra ecosistemelor. Implicarea comunității în diseminarea rezultatelor va contribui la sensibilizarea locală cu privire la protejarea mediului. Rezultatele proiectului (Tabelul 3.5) vor oferi un exemplu concret de aplicare a principiilor dezvoltării durabile în agricultură, pregătind elevii pentru viitoarele provocări ecologice.



Proiect de cercetare STE(A)M *Cercetarea efectelor compușilor hidroxilici asupra plantelor și mediului înconjurător*, aria curriculară: *Matematică și Științe*, poate fi propus spre realizare elevilor din clasele XI-XII, pe parcursul semestrului II.

Premisele și contextul cercetării. Compușii hidroxilici conțin grupa funcțională -OH, pot avea diverse origini și pot ajunge în mediul înconjurător prin diferite surse, cum ar fi poluarea industrială, pesticidele sau procesele naturale. Este important să înțelegem cum compușii hidroxilici influențează creșterea și dezvoltarea plantelor, deoarece acestea sunt fundamentale pentru sănătatea ecosistemelor terestre și pentru asigurarea resurselor alimentare ale omenirii.

Problemă de cercetare: *Care este impactul compușilor hidroxilici asupra creșterii și dezvoltării plantelor și cum influențează acești compuși mediul înconjurător?*

Obiectivele cercetării:

- ✓ Cercetarea științifică a problemei.
- ✓ Identificarea și caracterizarea compușilor hidroxilici din sursele de apă.
- ✓ Evaluarea impactului compușilor hidroxilici asupra plantelor.
- ✓ Analiza impactului compușilor hidroxilici asupra mediului înconjurător.
- ✓ Analiza și interpretarea datelor.
- ✓ Prezentarea și diseminarea rezultatelor.

Tabelul 3.6. Legături interdisciplinare în cadrul proiectului *Cercetarea efectelor compușilor hidroxilici asupra plantelor și mediului înconjurător*

Disciplina școlară	***Acțiuni***	***Concepte științifice***
Chimie	Identificarea și caracterizarea compușilor hidroxilici din probele de apă, utilizarea reactivilor chimici	Grupa funcțională -OH, structura moleculară a

	pentru testarea compușilor hidroxilici.	compușilor hidroxilici, reacții chimice relevante.
Fizică	Măsurarea fluxului de lumină și a temperaturii în mediile de creștere ale plantelor pentru a evalua influența compușilor hidroxilici asupra acestor parametri.	Energie luminoasă, transfer de căldură în mediul de creștere al plantelor.
Biologie	Evaluarea impactului compușilor hidroxilici asupra creșterii și dezvoltării plantelor, monitorizarea sănătății plantelor și a efectelor asupra sistemului lor metabolic.	Creșterea și dezvoltarea plantelor, fotosinteza, efectele stresului asupra plantelor.
Matematică	Analiza statistică a datelor colectate, evaluarea diferențelor semnificative între grupurile de plante sau medii.	Statistică, interpretarea datelor, calcularea mediei și deviației standard.
Educație ecologică / Educație pentru mediu	Analiza impactului compușilor hidroxilici asupra mediului înconjurător, evaluarea schimbărilor în biodiversitate și în calitatea mediului.	Impactul antropic asupra ecosistemelor, relațiile dintre organisme și mediul lor.

Contextul de cercetare STE(A)M în cadrul proiectului *Cercetarea efectelor compușilor hidroxilici asupra plantelor și mediului înconjurător*:

Știință: Această componentă este nucleul proiectului, deoarece elevii vor investiga compușii hidroxilici, vor colecta date experimentale și vor efectua analize științifice pentru a înțelege modul în care acești compuși influențează plantele și mediul.

Tehnologie: Tehnologia este folosită pentru a înregistra datele și pentru a crea prezentări digitale sau postere pentru comunicarea rezultatelor. De asemenea, tehnologia joacă un rol important în monitorizarea parametrilor de mediu cum ar fi temperatura și umiditatea prin intermediul senzorilor.

Inginerie: Chiar dacă proiectul se concentrează mai mult pe aspectele științifice și ecologice, ingineria poate fi integrată prin dezvoltarea de sisteme de colectare a datelor sau a mediilor de testare pentru plantele de laborator.

Artă: Artele pot contribui la comunicarea vizuală a rezultatelor prin crearea de desene, grafice sau prezentări atractive. Elevii pot utiliza creativitatea lor pentru a face rezultatele mai accesibile și mai interesante pentru alți elevi și pentru publicul larg.

Matematică: Matematica este utilizată în analiza datelor colectate, în calcularea ratei de creștere plantelor și a altor măsurători relevante precum inhibarea creșterii, stresul oxidativ. De asemenea, matematica poate fi aplicată în interpretarea rezultatelor.

Tabelul 3.7. Schița proiectului *Cercetarea efectelor compușilor hidroxilici asupra plantelor și mediului înconjurător*

Obiective de cercetare	***Activități planificate / realizate***	***Produse***
Etapa I (2 săptămâni)		
Cercetarea științifică a problemei.	Elevii vor efectua cercetări bibliografice pentru a caracteriza compușii hidroxilixi și vor efectua vizite de teren de exemplu la Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Institutul de Chimie sau Institutul de Microbiologie și Biotehnologie unde vor discuta cu specialiști din domeniu referitor la impactul	Raport de cercetare

	compușilor hidroxilici asupra apelor și creșterii plantelor.	
Etapa II (2 săptămâni)		
Identificarea și caracterizarea compușilor hidroxilici din sursele de apă.	Colectarea de probe de apă din sursele selectate (izvor, râu, lac).	Prezentare vizuală a datelor, cum ar fi grafice sau tabele.
	Utilizarea testelor chimice pentru a identifica și cuantifica compușii hidroxilici în probele de apă.	
	Analiza spectroscopică pentru a confirma prezența și a caracteriza compușii hidroxilici identificați.	
Etapa III (4 săptămâni)		
Evaluarea impactului compușilor hidroxilici asupra plantelor.	Selectarea plantelor de testat în medii de laborator (pot include plante de casă sau culturi de laborator).	Jurnal de laborator, prezentarea vizuală: fotografii sau video ale plantelor
	Crearea unor medii de creștere controlate cu și fără compuși hidroxilici.	
	Monitorizarea creșterii, dezvoltării și sănătății plantelor pe parcursul unui interval de timp.	
	Măsurarea parametrilor precum înălțimea, greutatea, dimensiunea frunzelor și pH-ul solului.	
Etapa IV (4 săptămâni)		
Analiza impactului compușilor	Monitorizarea parametrilor de mediu, inclusiv pH-ul solului și calitatea apei din mediul în care cresc plantele testate.	Prezentări sau postere cu ilustrări

hidroxilici asupra mediului înconjurător.	Compararea datelor de mediu din zonele cu compuși hidroxilici cu cele din zonele fără acești compuși.	ale mediului înconjurător și a schimbărilor observate.
	Evaluarea efectelor asupra microorganismelor și biodiversității locale în medii cu și fără compuși hidroxilici.	
Etapa V (2 săptămâni)		
Analiza și interpretarea datelor.	Analiza datelor colectate pentru a identifica orice tendințe sau diferențe semnificative între grupurile de plante sau medii cu și fără compuși hidroxilici.	Raport detaliat cu concluziile și interpretarea cercetării.
	Interpretarea rezultatelor pentru a trage concluzii cu privire la impactul compușilor hidroxilici asupra plantelor și mediului.	
Etapa VI (2 săptămâni)		
Prezentarea și diseminarea rezultatelor.	Dezvoltarea de prezentări digitale sau postere pentru a comunica rezultatele proiectului.	Expoziție științifică școlară/ Conferință școlară cu prezentări digitale sau postere
	Organizarea unei expoziții științifice la școală pentru a împărtăși descoperirile cu colegii și profesorii.	
	Documentarea rezultatelor și a procesului de cercetare pentru a crea un raport final de proiect.	

Impactul proiectului *Explorarea efectelor compușilor hidroxilici asupra plantelor și mediului înconjurător* are un impact semnificativ asupra formării elevilor, cât și asupra sensibilizării acestora față de problemele ecologice actuale.

În primul rând, proiectul oferă elevilor o experiență de învățare interdisciplinară, integrând cunoștințe din domenii precum știința, tehnologia, matematica, ecologia și artele. Prin utilizarea metodei investigației științifice, elevii formulele dezvoltării gândirii critice și abilităților analitice, învățând să ipoteze, să fie date experimentale și să interpreteze în mod riguros (Tabelul 3.6). This abordare holistică le permite să înțeleagă conexiunile dintre fenomenele chimice și impactul acestora asupra mediului, transformându-i în cercetători activi ai lumii înconjurătoare.

Pe lângă dezvoltarea competențelor academice, proiectul promovează conștientizarea ecologică și responsabilitatea față de mediu înconjurător. Prin activitățile experimentale și studiile de caz desfășurate, elevii observă modul direct în care anumiți compuși influențează sănătatea plantelor și calitatea solului sau a apei. Acest tip de învățare experiență îi ajută să interiorizeze mai bine importanța gestionării sustenabile a resurselor naturale și să înțeleagă impactul activităților umane asupra ecosistemelor (Tabelul 3.7).

În plus, integrarea tehnologiilor digitale în proiect, cum ar fi utilizarea senzorilor pentru măsurarea parametrilor ecologici sau analiza statistică a rezultatelor, îmbunătățește competențele digitale ale elevilor. Aceștia dobândesc nu doar cunoștințe teoretice, ci și abilități practice, utile în carierele științifice sau tehnice. De asemenea, componenta artistică joacă un rol esențial în diseminarea rezultatelor cercetării. Elevii sunt încurajați să creeze postere, grafice și materiale vizuale pentru a comunica impactul compușilor hidroxilici asupra mediului, contribuind astfel la sensibilizarea publicului larg. Această dimensiune creativă sprijină nu doar învățarea, ci și dezvoltarea abilităților de comunicare științifică și colaborare.

Astfel, proiectul nu doar că facilitează dezvoltarea competențelor academice și științifice ale elevilor, ci contribuie și la formarea unei generații mai conștiente și responsabile din punct de vedere ecologic.



Sarcini de lucru

1. Elaborează un exemplu de proiect de cercetare STE(A)M pentru elevi, identificând clar etapele procesului de cercetare.
2. Analizează impactul educației STE(A)M asupra dezvoltării abilităților critice și creative ale elevilor prin intermediul proiectelor de cercetare.
3. Dedu modul în care cercetarea și inovarea sunt interconectate în contextul proiectelor de cercetare STE(A)M.
4. Examinează interacțiunea dintre disciplinele științifice, tehnologice și artistice în cadrul unui proiect de cercetare STE(A)M, evidențiind modul în care aceste discipline contribuie la soluționarea problemelor complexe.
5. Investighează un exemplu de transfer tehnologic relevant în domeniul cercetării, analizând etapele și impactul acestuia din prisma conceptului educațional STE(A)M.

3.4. Abordarea integrată a procesului Educație-Cercetare-Inovare-Antreprenoriat

În era modernă unde forțele câmpului educațional sunt orientate spre necesitățile pieței muncii și formarea unor competențe valoroase pentru asigurarea unei activități armonioase a personalității în societate [10], procesul instructiv-educativ este axat pe educație, cercetare, inovare și antreprenoriat. Abordarea integrată a acestor procese este esențială pentru stimularea creșterii economice, a inovației și a dezvoltării individuale și colective. Procesul *Educație-Cercetare-Inovare-Antreprenoriat* (ECIA) reprezintă o paradigmă-cheie în dezvoltarea și progresul societății în era cunoașterii ce are la bază interconectarea dintre aceste 4 domenii pentru a crea o sinergie care să conducă la dezvoltarea durabilă și la creșterea competitivității economice.

Educația este primul pilon al procesului ECIA și joacă un rol fundamental în dezvoltarea durabilă. *Educația* este „un concept pedagogic fundamental care urmărește cunoașterea" [14] și reprezintă temelia de construcție a oricărei societăți. Ea oferă cunoștințele, abilitățile și competențele necesare pentru a forma indivizi capabili să contribuie la dezvoltarea lor personală și la progresul colectiv. În contextul abordării integrate ECIA, educația nu este văzută doar ca un proces de transmitere a cunoștințelor, ci și ca un mediu în care se cultivă spiritul critic, creativitatea și abilitățile de rezolvare a problemelor.

Educația nu numai că trebuie să fie durabilă, dar trebuie și să evolueze constant pentru a face față provocărilor unei globalizări rapide și imprevizibile [29]. Educația furnizează cunoștințe de bază și abilități critice, de analiză și de gândire creativă necesare pentru a desfășura cercetarea. Cercetarea STE(A)M a revoluționat procesul educațional, facilitând accesul la învățare constructivistă și îmbunătățind calitatea acesteia.

C*ercetarea* este definită de Sorin Cristea ca un „ansamblu de activităţi metodice, obiective riguroase şi verificabile cu scopul de a descoperi logica, dinamica sau coerenţa unor date aparent aleatorii, în vederea unui răspuns inedit şi explicit la o problemă bine circumscrisă sau pentru a contribui la dezvoltarea unui domeniu de cunoaştere*"* [16]. Abordarea integrată a procesului ECIA presupune că cercetarea trebuie să fie orientată către probleme concrete din societate și să aibă un impact real asupra acesteia pentru că anume cercetarea este motorul progresului și inovației în societate, implică investigarea și analiza problemelor existente, dezvoltarea de noi tehnologii și soluții, precum și contribuția la avansul cunoașterii umane.

Inovarea, al treilea element al procesului ECIA, transformă descoperirile și cercetările în tehnologii și practici durabile. *Inovarea* este rezultatul cercetării și se traduce în dezvoltarea de produse, servicii și procese noi, mai eficiente cu impact semnificativ asupra dezvoltării economice și sociale. Whright spune că

„Inovarea este exploatarea cu succes a ideilor noi” [41]. Prin integrarea inovației în procesul de educație și cercetare, se poate stimula creativitatea și spiritul antreprenorial al educabililor. Inovarea este baza afacerilor de succes, deoarece permite dezvoltarea de produse sau servicii inovatoare care pot dezvolta economia locală și mondială.

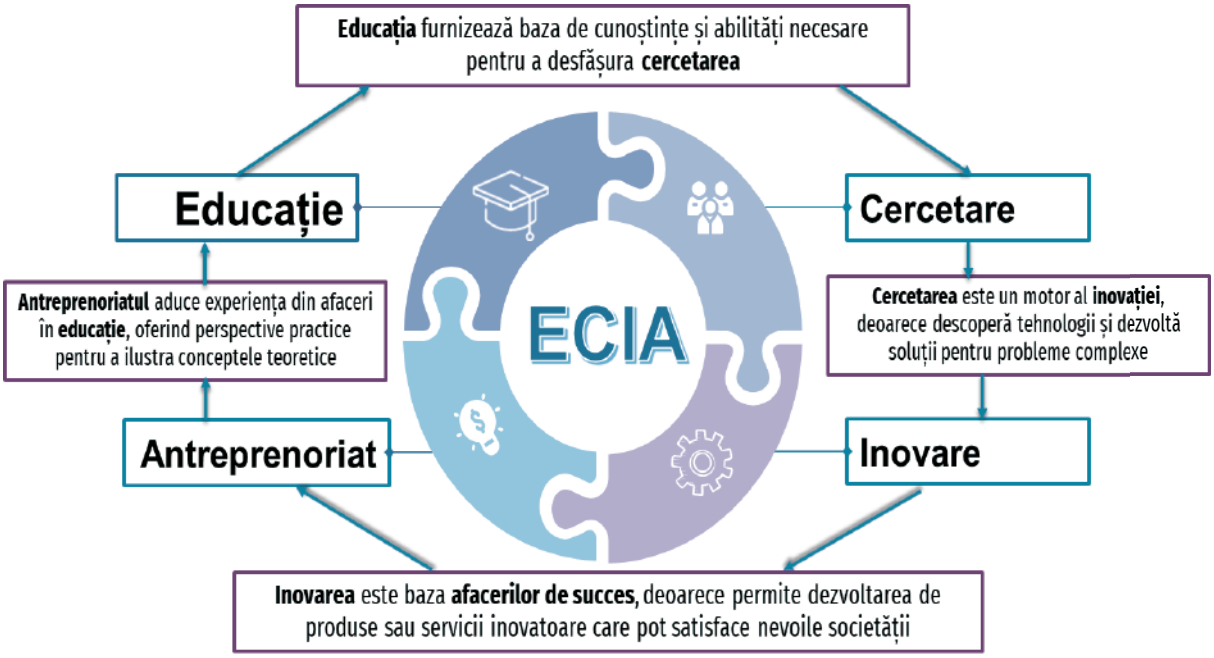
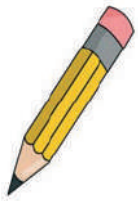


Fig. 3.8. Schema logică a procesului Educație-Cercetare-Inovare-Antreprenoriat

Antreprenoriatul este procesul de descoperire, evaluare şi explorare a oportunităţilor care vor lua forma unor noi afaceri [37], capacitatea de a identifica oportunități de a transforma ideile în afaceri de succes. Abordarea integrată ECIA implică dezvoltarea abilităților antreprenoriale în cadrul sistemului educațional și crearea unui mediu în care inovația poate fi transformată în produse și servicii viabile. Antreprenoriatul încurajează gândirea critică și abordarea inovatoare. Astfel, prin exemple și discuții legate de antreprenoriat, sistemul educațional va dezvolta aceste abilități la educabili și va promova un mod de gândire creativ și proactiv. Antreprenorii aduc experiența din afaceri în educație, oferind perspective practice și studii de caz pentru a ilustra conceptele teoretice.

Abordarea integrată a Educației, Cercetării, Inovării și Antreprenoriatului reprezintă o strategie vitală pentru progresul societăților contemporane. Această abordare deschide calea către noi oportunități, stimulează inovația și contribuie la dezvoltarea economică și socială.

Educația devine un pilon esențial în pregătirea indivizilor pentru o lume în schimbare rapidă, în timp ce cercetarea și inovația devin instrumente-cheie pentru a aborda probleme complexe din societate (Fig. 3.8). În plus, antreprenoriatul devine un catalizator al creșterii economice și al creării de locuri de muncă. Astfel, abordarea integrată a acestor patru elemente este fundamentală pentru construirea unei societăți mai prospere și echitabile.



Proiect STEAM cu elemente de antreprenoriat, pentru clasa XII-a profil uman. Unitatea de învățare: *Grăsimile: importanța vitală și industrială.*

Tema proiectului: **Săpunul natural – de la știință la afacere.**

Argumentul proiectului: În contextul actual, în care produsele chimice de curățare conțin adesea substanțe sintetice cu impact negativ asupra sănătății și mediului, se impune identificarea unor alternative sustenabile. Săpunurile naturale, realizate printr-un proces tradițional de saponificare, reprezintă o soluție ecologică și economică, contribuind la reducerea poluării cauzate de detergenții sintetici. Acest proiect integrează educația STEAM și antreprenoriatul, oferindu-le elevilor posibilitatea de a combina cunoștințele științifice despre grăsimi, reacția de saponificare și biodegradabilitate cu competențe practice, precum fabricarea unui produs real și analiza rentabilității unei mici afaceri. Totodată, prin utilizarea elementelor de design grafic pentru realizarea ambalajului și etichetei, precum și prin promovarea produsului prin materiale vizuale și video, proiectul va stimula creativitatea elevilor și dezvoltarea abilităților lor de comunicare vizuală. Prin intermediul acestui proiect, elevii vor înțelege chimia

din spatele procesului de fabricare a săpunului și vor învăța și cum să analizeze costurile, să stabilească prețuri competitive și să promoveze un produs pe piață. Astfel, proiectul contribuie la dezvoltarea gândirii antreprenoriale, esențială pentru integrarea pe piața muncii, și are o valoare educațională complexă, deoarece stimulează atât curiozitatea științifică, cât și competențele practice, economice și artistice, încurajând elevii să devină creatori de soluții sustenabile pentru probleme reale. Acest proiect nu doar că valorifică cunoștințele de chimie prin aplicarea practică a reacției de saponificare, dar oferă și o oportunitate valoroasă pentru dezvoltarea competențelor antreprenoriale ale elevilor. Prin crearea unui produs real, elaborarea unui plan de afaceri și organizarea unui târg, elevii învață să analizeze costuri, să aplice strategii de marketing și să înțeleagă impactul economic și ecologic al unui produs. Astfel, chimia devine nu doar o știință, ci și o punte către gândirea antreprenorială, pregătindu-i pe elevi pentru provocările pieței și pentru dezvoltarea unor inițiative sustenabile.

Scopul proiectului: Dezvoltarea competențelor funcționale și antreprenoriale ale elevilor prin realizarea unui săpun natural handmade, utilizând grăsimi animale și uleiuri esențiale, și prin aplicarea principiilor economice pentru a analiza viabilitatea unei afaceri sustenabile.

Obiectivele proiectului:

- Aplicarea principiilor chimice și tehnologice pentru obținerea unui săpun natural, sustenabil.
- Crearea unui brand atractiv prin designul ambalajului, etichetei și materialelor promoționale.
- Calcularea costurilor, prețului de vânzare și profitabilității, cu accent pe sustenabilitate.
- Compararea biodegradabilității săpunului natural cu cea a detergenților sintetici.

- Dezvoltarea abilităților de comunicare prin realizarea unui material video și organizarea unui târg de produse.

Într-un context educațional modern, integrarea antreprenoriatului în disciplina chimie permite elevilor să aplice concepte teoretice într-un mod practic și inovator. Proiectul nu doar că facilitează înțelegerea reacției de saponificare și a proprietăților fizico-chimice ale săpunului, dar și dezvoltă gândirea critică și capacitatea de luare a deciziilor economice. Elevii vor explora aspecte precum sustenabilitatea materiilor prime, costurile de producție și impactul ecologic al produsului, consolidând astfel competențele necesare pentru inițierea și gestionarea unei afaceri responsabile. Proiectul oferă oportunitatea unei analize de impact asupra săpunurilor naturale asupra mediului în comparație cu detergenții sintetici, contribuind la formarea unei atitudini conștiente față de consum și protecție mediului. Prin implicarea activă în procesul de creare, testare și are un produs, elevii promovează dezvoltarea abilităților transversale, precum comunicarea, munca în echipă și adaptabilitatea la cerințele pieței. Prin aplicarea principiilor economice și ecologice, proiectul stimulează gândirea antreprenorială și responsabilitatea socială, oferind o experiență educațională interdisciplinară relevantă pentru viitorul elevilor.

Tabelul 3.8. Legături interdisciplinare în cadrul proiectului *Săpunul natural – de la știință la afacere*

Disciplina	***Conținut, corelații***
Chimie	Studierea reacției de saponificare, analiza proprietăților fizico-chimice ale săpunului și compararea acestuia cu detergenții sintetici.
Biologie	Explorarea efectelor uleiurilor esențiale asupra pielii, importanța utilizării produselor naturale și impactul detergenților asupra ecosistemelor.

Matematică	Calcularea proporțiilor ingredientelor, costurilor de producție, prețului de vânzare și a profitului.
Tehnologie și informatică	Crearea etichetei și a materialelor promoționale folosind instrumente digitale (design grafic, editare video).
Educație tehnologică și design grafic	Realizarea ambalajului, etichetei și materialelor vizuale pentru promovare.
Antreprenoriat	Analiza fezabilității unei afaceri bazate pe producția de săpun handmade, strategii de marketing și vânzare.
Educație ecologică	Evaluarea impactului săpunurilor și detergenților asupra mediului și promovarea alternativelor sustenabile.
Limbă și comunicare	Elaborarea și susținerea unei prezentări despre produs, argumentarea avantajelor utilizării săpunului natural.

Produsele proiectului:

- *Plan de afaceri* – Un document detaliat care include analiza costurilor de producție, prețurile de vânzare, prognoza profitului, strategii de marketing și promovare, și evaluarea impactului ecologic al produsului (Tabelul 3.10).
- *Săpun handmade* – Produsul finit creat de elevi, realizat din grăsimi animale, hidroxid de sodiu și uleiuri esențiale, folosind reacția de saponificare. Săpunul va fi testat pentru proprietăți fizico-chimice și va respecta standardele de calitate.
- *Identitate vizuală* – Designul logo-ului, etichetei și ambalajului, inclusiv materialele promoționale, care vor fi utilizate pentru promovarea săpunului pe piață.
- *Târg de produse* – Eveniment organizat pentru a prezenta și vinde săpunul, unde elevii vor demonstra abilități de prezentare și vor aplica principiile de

marketing. De asemenea, va fi un loc pentru interacțiunea cu potențialii clienți și evaluarea feedback-ului acestora.

- *Materiale promoționale* – Video și afișe realizate de elevi pentru a promova produsul, explicând beneficiile săpunului natural și sustenabilitatea acestuia.

Tabelul 3.9. Schița proiectului *Săpunul natural – de la știință la afacere*

Etapa proiectului	Activități planificate/realizate
Informare	- Studierea reacției de saponificare și a proprietăților săpunurilor și detergenților. - Analiza impactului ecologic al săpunurilor naturale vs. detergenți sintetici. - Cercetarea beneficiilor uleiurilor esențiale asupra pielii. - Explorarea conceptelor de branding, marketing și antreprenoriat. – Discuții despre sustenabilitate și trendurile pieței produselor naturale.
Planificare	- Stabilirea echipelor (producție, design, marketing, financiar, ecologic). - Alegerea ingredientelor și stabilirea rețetei de săpun. - Schițarea conceptului de identitate vizuală (nume, logo, ambalaj). - Crearea unui plan de afaceri: costuri, prețuri, public țintă, strategie de promovare. – - Elaborarea unui grafic de lucru cu termene limită.
Decizie	- Finalizarea rețetei și a metodei de producție. - Selectarea designului etichetei și ambalajului.

	- Alegerea strategiilor de marketing (reclame, social media, promovare video). - Definirea strategiei de fixare a prețului și calcularea profitabilității. – Stabilirea modului de prezentare a produsului la târg.
Implementare	- Prepararea săpunului handmade în laborator, respectând rețeta stabilită. - Testarea produsului (culoare, miros, textură, pH, proprietăți de curățare). - Crearea etichetelor și ambalajelor. - Realizarea materialelor promoționale: video de prezentare, postări pentru social media, afișe. – Pregătirea unei prezentări argumentate pentru promovarea produsului.
Control și evaluare	- Evaluarea produsului final: biodegradabilitate, eficiență, aspect. - Compararea costurilor reale cu cele estimate și ajustarea strategiei. - Analiza feedback-ului primit de la colegi și profesori. - Discuții despre îmbunătățiri și optimizări pentru viitoare proiecte. – Organizarea unui târg de produse pentru promovare și vânzare.

Proiectul STEAM „Săpun natural – de la știință la afacere” are un impact semnificativ asupra dezvoltării elevilor, stimulând atât competențele științifice, cât și cele antreprenoriale. Elevii învață să aplice cunoștințele din chimie, biologie, matematică și tehnologie pentru a crea un produs real și pentru a elabora

un plan de afaceri. În același timp, proiectul încurajează gândirea antreprenorială și conștientizarea impactului ecologic al produselor naturale față de detergenții sintetici. Prin promovarea produselor ecologice, elevii dobândesc abilități de branding și marketing, învățând să creeze identități vizuale și să promoveze produse sustenabile. Experiența practică oferită de proiect îi ajută să înțeleagă legătura dintre teorie și aplicabilitatea reală, implicându-i în procesul de producție și în analiza impactului ecologic. În același timp, proiectul promovează educația ecologică, încurajând utilizarea produselor bio și sensibilizând elevii asupra importanței biodegradabilității.

Tabelul 3.10. Modelul unui plan de afaceri

Secțiune	**Descriere detailată**
Rezumat executiv	*Numele afacerii:* EcoSoap *Scopul afacerii:* Producerea și comercializarea de săpunuri naturale handmade, realizate din grăsimi animale și uleiuri esențiale, care sunt ecologice, biodegradabile și benefice pentru piele. *Obiectiv principal:* Crearea unui produs de îngrijire personală sustenabil, promovarea acestuia prin rețelele social media și realizarea unui profit prin vânzarea în cadrul unui târg școlar.
Descrierea afacerii	*Produse:* O serie de săpunuri naturale handmade, realizate din grăsimi animale, hidroxid de sodiu și uleiuri esențiale, cărbune activ și miere: • Ulei esențial de mentă – răcorește pielea, revigorează, reduce stresul; • Ulei esențial de lavandă – relaxează, favorizează somnul, ajută la vindecarea pielii;

	• Ulei esențial de portocală – împrospătează, energizează, are proprietăți antibacteriene; • Ulei de măsline – hidratează intens, are efect antioxidant; • Cărbune activ – detoxifiere, elimină impuritățile și excesul de sebum; • Miere – hidratant natural, are efect antibacterian. *Piața țintă:* Persoane preocupate de îngrijirea naturală a pielii, consumatori ecologici și persoane care doresc alternative sustenabile la produsele chimice. *Obiectiv pe termen scurt:* Producere și comercializarea a 200 de unități de săpun în cadrul unui târg local.
Analiza pieței	*Cererea pentru produse ecologice:* Tendința consumatorilor de a alege produse naturale și ecologice este în creștere datorită conștientizării impactului pe care produsele chimice îl au asupra sănătății și mediului. *Competiția:* Alte branduri de săpunuri handmade disponibile în piață, dar pentru brandul nostru EcoSoap va fi utilizat doar ingrediente bio și ambalaj ecologic. *Canale de distribuție:* Vânzare directă în cadrul unui târg școlar, promovare online pe rețelele de socializare și site web al afacerii.
Strategii de marketing	*Branding:* Identitatea vizuală a săpunului va fi construită pe valori de naturalețe, sustenabilitate și calitate superioară. Logo-ul și ambalajul vor reflecta aceste valori. Promovare: • Crearea de materiale promoționale (video, afișe, postări pe rețelele sociale).

<table>
<tr><td></td><td>

- Participarea la târguri de produse ecologice pentru promovarea produsului și interacțiunea directă cu clienții.
- Colaborări cu influenceri sau bloggeri care promovează un stil de viață ecologic.

</td></tr>
<tr><td>Planul operațional de producție</td><td>

- *Rețeta de săpun:* Utilizarea grăsimilor animale și a uleiurilor esențiale pentru a crea săpunuri de calitate.
- *Echipamente necesare:* Ustensile de laborator (mixere, recipiente pentru topit grăsimea, forme de săpun), ingrediente (grăsimi animale, uleiuri esențiale, sodă caustică).
- *Proces de producție:* Realizarea reacției de saponificare, turnarea săpunului în forme și lăsarea acestuia să se usuce.
- Ambalaj: Folosirea de ambalaje ecologice și etichete realizate digital.

</td></tr>
<tr><td>Analiza financiară</td><td>

Estimarea costului unitar per săpun: Calcularea costurilor ingredientelor, ambalajului și energiei pentru producție.

Preț de vânzare: Estimarea prețului pe unitate bazată pe costul de producție și marja de profit dorită.

Profit estimat: Calcularea profitului estimat pe unitate și pentru întreaga cantitate de săpun produsă.

<table>
<tr><th>Detalii</th><th>Descriere</th><th>Preț estimat</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Ingrediente</td><td>grăsimi animale</td><td>1 kg – 100 lei</td></tr>
<tr><td>uleiuri esențiale</td><td>5 ml – 38 lei</td></tr>
<tr><td>cărbune activat</td><td>10 pastile – 24 lei</td></tr>
<tr><td>miere</td><td>1 kg – 125 lei</td></tr>
</table>

</td></tr>
</table>

		hidroxid de sodiu	*1 l – 75 lei*
	Ambalaj	ambalaje ecologice	*100 ambalaje 250 lei*
		etichete	*2 lei eticheta*
	Echipamente, investiție inițială în ustensilele de producție	forme din silicon	*45 lei bucata*
		mixer	*950 lei*
		boluri	*3 boluri a câte 125 lei*
Prognoza financiară	***Venituri estimate:*** vânzarea a 200 de săpunuri la prețul de 35 lei/unitate, total – 7000 lei; ***Cheltuieli estimate:*** costuri de producție pentru 200 de săpunuri – aproximtiv 3000 lei; ***Profit:*** veniturile minus cheltuielile de producție – 4000 lei.		



Sarcini de lucru

1. Argumentează importanța abordării integrate a proceselor Educație, Cercetare, Inovare și Antreprenoriat (ECIA) în contextul societății moderne.
2. Explică de ce este educația considerată un pilon fundamental în procesul ECIA și ce rol joacă în dezvoltarea durabilă?
3. Identifică de ce este importantă cercetarea în contextul procesului ECIA, și cum ar trebui să fie orientată aceasta pentru a aduce un impact real în societate?
4. Numește cele patru domenii fundamentale ale procesului ECIA și explică cum se completează ele reciproc?

5. Descrie beneficiile pe care abordarea integrată a Educației, Cercetării, Inovării și Antreprenoriatului le aduce în progresul societății contemporane.

3.5. Rolul abordării STE(A)M în cercetări științifice și dezvoltarea socio-economică durabilă

Cercetarea științifică și dezvoltarea socio-economică sunt două domenii interdependente, deoarece progresele în cercetarea științifică pot conduce la dezvoltarea tehnologică și, prin urmare, la îmbunătățirea calității vieții. Datele statistice demonstrează că statele care investesc în cercetare și dezvoltare inovativă înregistrează cele mai înalte realizări tehnologice și economice. În rezultatul politicilor de dezvoltare inovativă se creează ecosisteme specifice de interacțiune între comunitățile științifice și agenții economici, care se susțin reciproc pentru a obține performanțe înalte în domeniile de activitate. Această colaborare conduce la dezvoltarea tehnologiilor, formarea personalului înalt calificat (atât în cercetare, cât și în domeniul producerii), dezvoltarea unei culturi sociale bazate pe cunoaștere, creșterea eficienței economice, promovarea tehnologiilor prietenoase mediului etc.

Cercetarea STE(A)M este fundamentul inovației și dezvoltării tehnologice care a generat schimbări radicale la modul în care interacționăm cu mediul înconjurător, cu implicații semnificative asupra economiei globale [31]. Abordarea STE(A)M joacă un rol esențial în cercetare prin integrarea și combinarea cunoștințelor și abilităților din domeniile științei, tehnologiei, ingineriei, matematicii și artelor. Abordarea didactică STE(A)M oferă elevilor oportunitatea de a deveni cercetători capabili să soluționeze probleme complexe dintr-o perspectivă holistică, prin îmbinarea expertizei lor în domenii diferite și prin promovarea inovației și creativității [33]. Cercetarea STE(A)M a facilitat

dezvoltarea tehnologiilor de ultimă generație, precum calculatoare cuantice, inteligență artificială, care au revoluționat industria și economia. Cercetarea STE(A)M implică direct colaborarea între diferite domenii, astfel încât soluțiile propuse să fie mai eficiente. Progresele în cercetarea medicală și farmaceutică, sprijinite de STE(A)M, au dus la dezvoltarea unor terapii mai eficiente și la soluționarea problemelor de sănătate globală. Spre exemplu, cercetarea în domeniul medical combină cunoștințele din știința materialelor, inginerie, tehnologie și biologie pentru a dezvolta implanturi medicale și alte dispozitive care să îmbunătățească viața oamenilor. Companiile inovatoare, precum Apple, Google sau Tesla, au pus accent pe cercetarea STE(A)M pentru a dezvolta produse și servicii disruptive care au crescut competitivitatea economică.

În plus, abordarea STE(A)M poate avea un impact semnificativ asupra dezvoltării socio-economice prin crearea de noi industrii și locuri de muncă, precum și prin îmbunătățirea performanței economice [2]. Aceasta poate conduce la dezvoltarea de produse și servicii inovatoare, care aduc beneficii economice semnificative, îmbunătățesc calitatea vieții și contribuie la rezolvarea unor probleme globale, precum schimbările climatice și criza energetică. De asemenea, abordarea STE(A)M poate contribui la îmbunătățirea educației și a învățării, prin promovarea unei înțelegeri mai profunde și mai cuprinzătoare a materiilor științifice și tehnologice. Aceasta poate încuraja elevii să își dezvolte abilități de gândire critică, de rezolvare a problemelor și de colaborare, care să îi pregătească pentru oportunitățile de carieră în domeniile STE(A)M. Abordarea STE(A)M joacă un rol crucial în cercetarea științifică și în dezvoltarea socio-economică, prin integrarea și combinarea cunoștințelor și abilităților din domenii diferite. Aceasta poate conduce la inovație și creativitate, crearea de noi industrii și locuri de muncă și îmbunătățirea performanței economice, precum și la îmbunătățirea educației și a învățării. Dezvoltarea de competențe STE(A)M în

rândul populației active conduce la o forță de muncă mai calificată, capabilă să abordeze provocările tehnologice ale secolului XXI [25].

Piața muncii viitorului va solicita de la specialiști nu doar cunoștințe rigide în domeniu, dar și flexibilitatea de dezvoltare continuă în tandem cu evoluția tehnologiilor, capacitatea de adaptare la noi condiții, elaborarea soluțiilor raționale și eficiente în contexte noi. Aceste calități pot fi formate doar în condițiile promovării unui stil educațional constructivist, în care este stimulată dezvoltarea potențialului personal bazat pe originalitate și spirit autodidact ale educabilului. Domeniul STEAM se extinde asupra unui spectru larg de specialități, permite înțelegerea problemelor complexe din domeniile conexe și, în caz de necesitate, conversia profesională de la o ocupație profesională la alta [1].

Industria 4.0 se caracterizează prin integrarea tehnologiilor digitale, proceselor inginerești și a materialelor multifuncționale, revoluționând astfel procesele de producție și inovare [13]. În acest context, abordarea STE(A)M joacă un rol esențial în cercetările științifice și dezvoltarea socio-economică durabilă, prin formarea unei generații de cercetători și profesioniști capabili să îmbine cunoștințele din științe, tehnologie, inginerie, artă și matematică pentru a genera soluții inovatoare. Această abordare interdisciplinară permite integrarea eficientă a noilor tehnologii, cum ar fi inteligența artificială, Internetul lucrurilor (IoT) și robotica, în procesele industriale și de cercetare.

Prin promovarea competențelor necesare pentru adaptarea la provocările generate de Industria 4.0, educația STE(A)M stimulează gândirea critică, creativitatea și colaborarea, elemente fundamentale pentru avansul științific și tehnologic. Totodată, această abordare sprijină dezvoltarea socio-economică durabilă, prin promovarea unor practici ecologice și eficiente energetic, care reduc impactul negativ asupra mediului și contribuie la crearea unui echilibru între creșterea economică și protecția resurselor naturale. Astfel, educația

STE(A)M pregătește viitorii cercetători și ingineri pentru provocările Industriei 4.0 și contribuie la consolidarea unei economii sustenabile, bazate pe inovație și responsabilitate socială.

Pe măsură ce Industria 4.0 avansează, abordarea STE(A)M devine importantă pentru a susține cercetarea științifică multidisciplinară și pentru a forma competențe care să permită dezvoltarea tehnologică într-un mod responsabil și sustenabil. Această integrare dintre tehnologie și sustenabilitate oferă oportunități pentru crearea unor modele economice mai eficiente și mai prietenoase cu mediul, contribuind astfel la obiectivele de dezvoltare durabilă la nivel global. Prin conectarea cercetării științifice cu inovația și transferul tehnologic, educația STE(A)M facilitează implementarea soluțiilor inovatoare în diferite sectoare economice, accelerând tranziția către o economie verde și digitală.

Cercetarea STE(A)M are un impact semnificativ asupra dezvoltării socio-economice, întrucât aduce inovație, crește competitivitatea, soluționează probleme sociale și ecologice și dezvoltă forța de muncă calificată, furnizează cunoștințe, inovații și competențe care au un impact pozitiv asupra economiei și care pot transforma o țară într-un jucător-cheie pe piața mondială [18]. Investiția continuă în acest domeniu este crucială pentru a asigura o dezvoltare economică durabilă și reprezintă o prioritate pentru societatea noastră, contribuind la un viitor prosper și sustenabil.

Interdependența dintre educația STE(A)M și nivelul competențelor profesionale, inclusiv competența antreprenorială, este evidentă în ultima perioadă și influențează semnificativ tendințele din cadrul politicilor educaționale pentru edificarea unei societăți durabile.

Unul dintre beneficiile principalele ale educației STE(A)M este că promovează o cultură a inovației și antreprenoriatului în rândul educabililor. În baza metodelor științifice, gândirii creative și a spiritului de inițiativă, educația

STE(A)M înzestrează tinerii specialiști cu competențele tehnice și digitale esențiale pentru economia și societatea modernă, dar și pentru provocările viitorului.

Educația STE(A)M poate inspira și motiva educabilii să devină antreprenori, conectându-i cu rețele și ecosisteme care susțin antreprenoriatul, cum ar fi incubatoare, acceleratoare, investitori și colegi. Educația STE(A)M poate îmbunătăți calitatea și cantitatea întreprinderilor antreprenoriale prin creșterea diversității și inovației ideilor și produselor care sunt generate și comercializate. Implementată în cadrul curricular educația STE(A)M le oferă educabililor abilități esențiale de leadership și gestionare a proiectelor, pregătindu-i să dezvolte planuri de afaceri viabile și să navigheze în mediile economice complexe. Prin expunerea la noile tehnologii și la tendințele emergente în cercetare și dezvoltare, educabilii dobândesc o capacitate sporită de a anticipa schimbările pieței și de a adapta produsele și serviciile pentru a răspunde cerințelor în continuă evoluție. Această adaptabilitate, alături de o gândire inovativă și analitică, susține creșterea unor întreprinderi antreprenoriale competitive, capabile să contribuie la avansarea tehnologică și dezvoltarea durabilă a economiei globale.

Educația STE(A)M poate promova, de asemenea, o cultură a antreprenoriatului, care stimulează creșterea economică, competitivitatea și diversitatea.



Sarcini de lucru

1. Identifică rolul cercetării STE(A)M în inovație și dezvoltarea tehnologică.
2. Argumentează aportul educației STE(A)M în rezolvarea problemelor globale precum schimbările climatice.

3. Evaluează impactul competențelor STE(A)M asupra forței de muncă în secolul XXI.
4. Ilustrează contribuția educației STE(A)M la abordarea problemelor complexe dintr-o perspectivă holistică.
5. Exemplifică, cu ajutorul cercetării STE(A)M, tehnologiile dezvoltate care au revoluționat industriile.
6. Cum poate influența educația STE(A)M competența antreprenorială a educabilului?
7. Examinează rolul interdisciplinarității în cercetarea STE(A)M și modul în care aceasta facilitează rezolvarea problemelor legate de dezvoltarea durabilă și sustenabilitate.

Bibliografie:

1. AKRAMI, Z. (2022). The effectiveness of education with the STEM approach in the development of entrepreneurial thinking in chemistry students. In: Chemistry Education Research and Practice, 23(2), pp. 475-485. DOI: 10.1039/D2RP00011C
2. ALABI, H. I., BELLO, G., AHMED, A. R., BELLO, Z. A., SULAIMAN, M. M., IMAM, B. T., & BELLO, R. A. (2019). The roles of STE(A)M teacher education in the emerging e-society and sustainable development goals. In: European Journal of Health and Biology Education. Volume 8. Issue 2, pp. 31-35. DOI: 10.12973/ejhbe.8.2.31
3. ANDERSON, C., & KURZWEIL, R. (2015). The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail. Harvard Business Review Press. 268 p. ISBN 978-1-63369-179-7
4. ANISIMOVA, T., SABIROVA, F., & SHATUNOVA, O. (2020). Formation of design and research competencies in future teachers in the framework of STEAM education. In: International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 15(2), pp. 204-217. DOI: 10.3991/ijet.v15i02.11537

5. ANTOCI, D. (2020). Teoria și metodologia formării orientării valorice a adolescenților și tinerilor. Monografie. Chişinău: S.n. (Tipogr. „Print-Caro”). 220 p.
6. AVELINO, F., WITTMAYER, J. M., PEL, B., WEAVER, P., DUMITRU, A., HAXELTINE, A., ... & O'RIORDAN, T. (2019). Transformative social innovation and (dis) empowerment. In: Technological Forecasting and Social Change, 145, pp. 195-206. DOI: 10.1016/j.techfore.2017.05.002
7. BIASI, B., DEMING, D. J., & MOSER, P. (2021). Education and innovation (No. w28544). National Bureau of Economic Research. 18 p.
8. BISHOP, M., & ELEN, J. (2014). Emerging technologies. In: J. Spector, M. Merrill, J. Elen, & M. Bishop (Eds.), Handbook of research in educational communications and technology (4th ed.), Springer, pp. 673-674.
9. BOGERS, M. (2012). Knowledge sharing in open innovation: An overview of theoretical perspectives on collaborative innovation. In: Open innovation in firms and public administrations: Technologies for value creation, pp. 1-14. DOI: 10.4018/978-1-61350- 341-6.ch001
10. CAZACIOC, N., & ROTARI, V. (2022). Instruirea prin cercetare – element-cheie al educației STE(A)M. In: Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă, pp. 183-189.
11. CHESBROUGH, H. W. (2003). Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology. In: Harvard Business School Press. Boston. 227 p. ISBN 9781578518371
12. COLUCCI-GRAY, L., BURNARD, P., GRAY, D., & COOKE, C. (2019). A critical review of STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics). Oxford research encyclopedia of education, Oxford University Press, pp. 1-26. ISBN 9780190264093
13. COROPCEANU, E., & CODREANU, S. (2022). Formation of the chemistry research competence in the interdisciplinary university context. Craiova: Sitech. 232 pag. ISBN 978-606-11-8277-0

14. COROPCEANU, E., & GODOROJA, R. (2021). Evoluția curriculumului la chimie pentru învățământul general din perspectiva formării culturii cercetării elevilor. In: Acta et commentationes (Ştiinţe ale Educaţiei), 26(4), pp. 45-53.
15. COŞKUN, S., KAYIKCI, Y., & GENÇAY, E. (2019). Adapting engineering education to industry 4.0 vision. In: Technologies, 7(1), pp. 1-10. DOI: 10.3390/technologies7010010
16. CRISTEA, S. (2001). Conceptele-cheie în pedagogie. In: Revista Didactica Pro…, revistă de teorie și practică educațională, 5(1), pp. 15-23.
17. CRISTEA, S. (2013). Inovaţia în educaţie. In: Revista Didactica Pro…, revistă de teorie şi practică educaţională, 80(4), pp. 53-56.
18. CRISTEA, S. (2014). Cercetarea pedagogică. In: Revista Didactica Pro…, revistă de teorie şi practică educaţională, 84(2), pp. 56-60.
19. DALL-ORSOLETTA, A., ROMERO, F., & FERREIRA, P. (2022). Open and collaborative innovation for the energy transition: An exploratory study. In: Technology in Society, 69, 101955. DOI: 10.1016/j.techsoc.2022.101955
20. DIETER, W., & SCHMITT, W. (2018). A literature review on Innovation Process. In: East African Scholars Journal of Economics, Business and Management, 1(3), pp. 64-71. DOI: 10.36349/easjebm.2018.v01i03.003
21. GE, X., IFENTHALER, D., & SPECTOR, J. M. (2015). Moving forward with STE(A)M education research. In: Emerging technologies for STE(A)M education: Full STE(A)M ahead, pp. 383-395. DOI: 10.1007/978-3-319-02573-5_20
22. GODOROJA, R. (2016). Formula succesului în educaţia pentru viitor. In: Tehnologii didactice moderne, pp. 207-210.
23. GODOROJA, R. (2020). Învăţarea creativă a conceptului de legătură chimică. In: Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă. Vol. 2, pp. 27-31.
24. KANG, N. H. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STE(A)M (science, technology, engineering, arts, and mathematics)

education in South Korea. In: Asia-Pacific Science Education, 5(1), pp. 1-22. DOI: 10.1186/s41029-019-0034-y

25. LAVICZA, Z., WEINHANDL, R., PRODROMOU, T., ANĐIĆ, B., LIEBAN, D., HOHENWARTER, M., ... & DIEGO-MANTECÓN, J. M. (2022). Developing and evaluating educational innovations for STE(A)M education in rapidly changing digital technology environments. In: Sustainability, 14(12), 7237. DOI: 10.3390/su14127237
26. LI, K. C., & WONG, B. T. M. (2020). Trends of learning analytics in STE(A)M education: A review of case studies. In: Interactive Technology and Smart Education, 17(3), pp. 323-335. DOI: 10.1108/ITSE-11-2019-0073
27. LI, K. C., & WONG, B. T. M. (2023). Personalisation in STE (A) M education: a review of literature from 2011 to 2020. In: Journal of Computing in Higher Education, 35(1), pp. 186-201. DOI: 10.1007/s12528-022-09341-2
28. OLSON, S. D., & SALVADOR, M. S. (2016). Mastering the three challenges of innovation: The rare sources of reliable help. Vol. 17, Ed- S4 (octomber 2016) , pp. 43-57.
29. PERALES PALACIOS, F. J., & AROSTEGUI PLAZA, J. L. (2021). The STE(A)M Approach: Implementation and educational, social and economic consequences. In: Art education policy review, pp. 59-67. DOI: 10.1080/10632913.2021.1974997
30. PERIGNAT, E., & KATZ-BUONINCONTRO, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. In: Thinking skills and creativity, 31, pp. 31-43. DOI: 10.1016/j.tsc.2018.10.002
31. POSŢAN, L. (2021). Inovația socială în mediul universitar. In: Educația în fața noilor provocări, Vol. 1, pp. 180-186.
32. ROŞCA-SADURSCHI, L. (2013). Inovarea, ca strategie esențială a unei afaceri competitive. In: Strategii şi politici de management în economia contemporană, pp. 214-217.

33. RUBIN, G. D., & ABRAMSON, R. G. (2018). Creating value through incremental innovation: Managing culture, structure, and process. In: Radiology, 288(2), pp. 330-340. DOI: 10.1148/radiol.2018171239
34. SACHPATZIDIS, A., FRAGULIS, G. F., & ANTONIADIS, I. (2022). STE(A)M: Not only education but also a lifestyle. In: SHS Web of Conferences, EDP Sciences, Vol. 139, p. 05005. DOI: 10.1051/shsconf/202213905005
35. SERDYUKOV, P. (2017). Innovation in education: what works, what doesn't, and what to do about it? In: Journal of research in innovative teaching & learning, 10(1), pp. 4-33. DOI: 10.1108/JRIT-10-2016-0007
36. SHATUNOVA, O., ANISIMOVA, T., SABIROVA, F., & KALIMULLINA, O. (2019). STE(A)M as an innovative educational technology. In: Journal of Social Studies Education Research, 10(2), pp. 131-144.
37. SI, S., & CHEN, H. (2020). A literature review of disruptive innovation: What it is, how it works and where it goes. In: Journal of Engineering and Technology Management, 56, 101568. DOI: 10.1016/j.jengtecman.2020.101568
38. SOARE, E. (2008). Educaţia antreprenorială: ultima provocare a şcolii. V&I Integral. 112 pag. ISBN 978-973-1883-04-5
39. SUN, X., et al. (2023). Development of a Generalized Experimental Methodology for Investigating the Role of Steam Quality on Steamflooding Performance. In: SPE Journal, 28(01), pp. 401-414. DOI: 10.2118/210595-PA
40. WANG, X., XU, W., & GUO, L. (2018). The status quo and ways of STE(A)M education promoting China's future social sustainable development. In: Sustainability, 10(12), p. 4417. DOI: 10.3390/su10124417
41. WRIGHT, P. (2012). The three levels of innovation. In: Sloan Management Review, 53(2), pp. 25-42.

IV. MODELE PRACTICE ALE ABORDĂRII STE(A)M ÎN EDUCAȚIE

4.1. Modele de proiecte de lecții cu elemente conceptuale STE(A)M

Tehnologiile actuale și emergente pot genera schimbări necesare și inevitabile în peisajul educațional, conducând la redefinirea și remodelarea predării și învățării, urmând principiile care stau la baza abordării STE(A)M [5]. O lecție tradițională este una de transmitere a informației în care cadrul didactic abordează monodisciplinar conceptele studiate și oferă elevului mai puține oportunități de aplicare a cunoștințelor în practică. Lecțiile STE(A)M sunt caracterizate de (Figura 4.1): abordarea interdisciplinară, soluționarea de probleme - învățarea activă, comunicare, colaborare, context și aplicații reale, flexibilitate și explorare și, nu în ultimul rând, de conexiune cu viața de zi cu zi, facilitând transferul de cunoștințe din contextul de învățare în viața reală a educabilului.

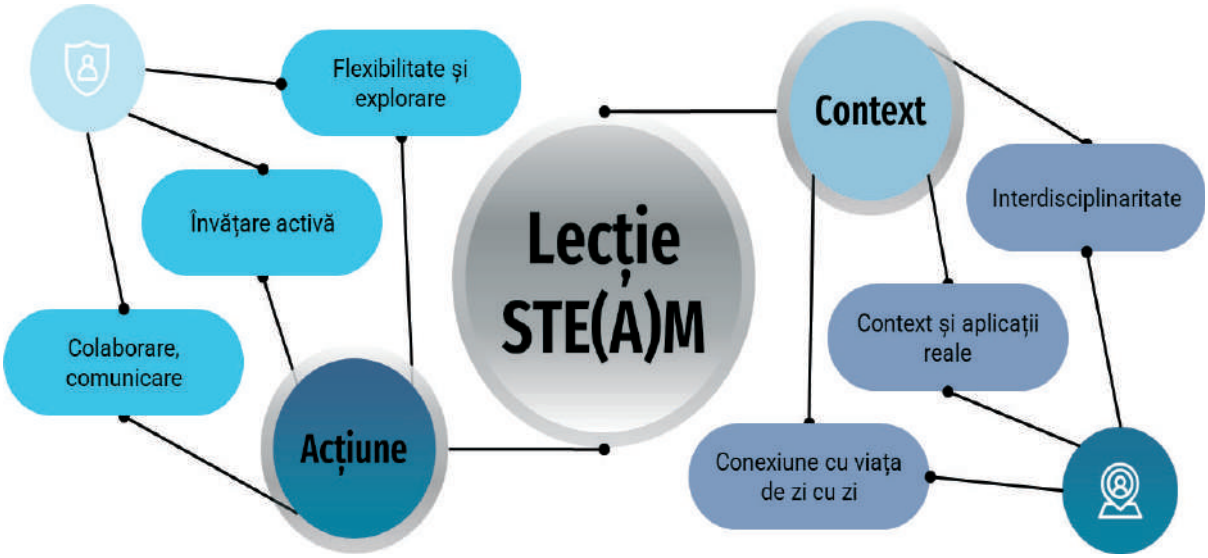


Fig. 4.1. Caracteristicile de bază a unei lecții STE(A)M

O lecție STE(A)M trebuie să învețe elevii cum să lucreze eficient în grup pentru a aborda provocări complexe, să aplice cunoștințele dobândite în practică și să dezvolte abilități de gândire critică și creativitate. Desfășurarea demersului didactic din perspectiva educației STE(A)M implică următoarele etape (Figura 4.2):

1. Demersul didactic axat pe conceptul educațional STE(A)M începe prin a *identifica obiectivele* de învățare, care trebuie să fie clare, relevante și măsurabile. Aceste obiective trebuie să fie legate de competențe STE(A)M.
2. *Planificarea lecției* trebuie să fie în concordanță cu obiectivele operaționale identificate. În timpul planificării lecției, trebuie să se ia în considerare metodele didactice, tehnologiile, resursele și materialele educaționale necesare pentru a ajunge la obiectivele de învățare.
3. În timpul *predării lecției*, trebuie să se utilizeze metode didactice adecvate, care să faciliteze înțelegerea conținutului și să dezvolte competențele STE(A)M. De asemenea, profesorul trebuie să ofere feedback elevilor și să încurajeze interacțiunea și colaborarea între aceștia.

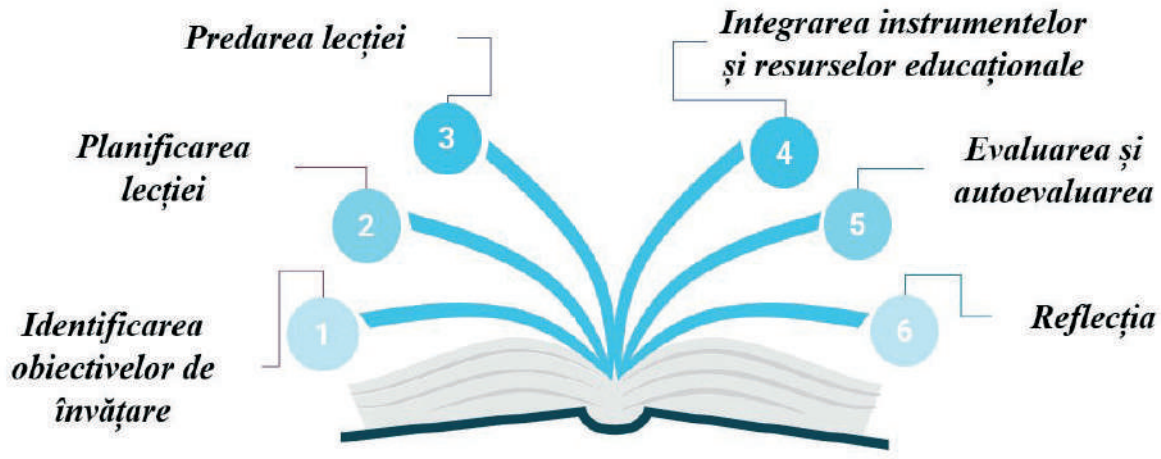
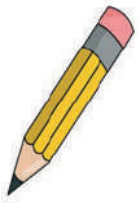


Fig. 4.2. Etapele unei lecții axată pe abordarea STE(A)M

4. Tehnologiile și resursele educaționale au menirea de a sprijini procesul de învățare și a facilita dezvoltarea competențelor STE(A)M. Acestea pot fi

potrivite pentru interacțiunea dintre profesor și elevi, pentru a ghida colaborarea între elevi, pentru a oferi feedback și pentru a stimula creativitatea.

5. *Evaluarea* este importantă pentru a evalua progresul elevilor și a identifica eventualele lacune în cunoștințe sau abilități. În plus, *autoevaluarea* poate ajuta elevii să-și dezvolte competențele STE(A)M prin identificarea punctelor lor forte și slabe și prin setarea obiectivului pentru dezvoltarea ulterioară.
6. *Reflecția* asupra procesului de învățare și asupra lecției poate fi utilă pentru a identifica ce a funcționat bine și ce ar putea fi îmbunătățit în viitor. Aceasta poate ajuta profesorul să adapteze metodele didactice și să îmbunătățească experiența de a învăța a elevilor.



Proiect de lecție STE(A)M la chimie clasa XII-a, unitatea de învățare *Grăsimile: importanța vitală și industrială,* unitatea de conținut *Grăsimile: răspândirea în natură, compoziția, proprietățile fizice, clasificarea, utilizarea.*

Tipul lectiei: Lecţia de formare a capacităţilor de aplicare a cunoştinţelor

Obiective operaţionale: Elevul va fi capabil:

- să înțeleagă ce sunt grăsimile, compoziția și structura lor;
- să exploreze sursele naturale de grăsimi și modul în care acestea se răspândesc în mediu;
- să clasifice proprietățile fizice ale grăsimilor;
- să identifice sfera de utilizare a grăsimilor în industrie, artă și industria alimentară;
- să dezvolte abilități de cercetare, experimentare și prezentare.

Metode și procedee: discuția, explicația, lucru în grup, joc didactic.

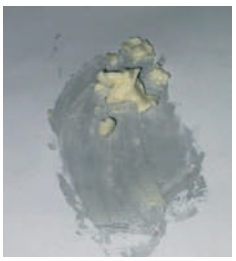
Mijloace didactice: grăsimi (ulei vegetal, unt, grăsime animală, ceară, etc.), microscop; mănuși de protecție; imagini și videoclipuri relevante despre sursa și utilizările grăsimilor; hârtie, creioane, notebook, proiector.

Tabelul 4.1. Legături interdisciplinare în cadrul lecției *Grăsimile: răspândirea în natură, compoziția, proprietățile fizice, clasificarea, utilizarea*

Disciplina	***Conținut, corelații***
Chimie	○ Compoziția chimică a grăsimilor, inclusiv structura acizilor grași. ○ Proprietățile fizice și chimice ale grăsimilor (solubilitate, punct de topire etc.). - Originea și răspândirea grăsimilor în natură (ex: grăsimi vegetale vs. grăsimi animale).
Biologie	- Funcțiile biologice ale grăsimilor în organismele vii, cum ar fi rolul acizilor grași în structura celulară și funcționarea organelor. - - Procesele biochimice implicate în sinteza și degradarea grăsimilor.
Matematică	- Calcularea valorilor nutriționale ale alimentelor care conțin grăsimi, cum ar fi conținutul de calorii sau proporția de grăsimi într-un meniu echilibrat.
Educație economică și antreprenorială	- Comerțul cu grăsimi, inclusiv producția, distribuția și prețurile acestora. - Impactul grăsimilor asupra economiei alimentare.
Educație pentru sănătate	- Efectele asupra sănătății ale diferitelor tipuri de grăsimi (saturate, nesaturate etc.). - Importanța unei alimentații echilibrate.

Istorie	- Istoria utilizării grăsimilor și uleiurilor în diferite culturi și civilizații.
Tehnologie	- Modelare grafică a formulelor moleculare prin intermediul softurilor specializate.

Tabelul 4.2. Designul lecției *Grăsimile: răspândirea în natură, compoziția, proprietățile fizice, clasificarea, utilizarea*

Etapa lecției	***Activități planificate / realizate***	***Notițe***
Evocare 7 minute	Profesorul împarte clasa în grupuri mici și oferă fiecărui grup o cutie opacă, în care se află un șir de produse casnice, cum ar fi nuci, arahide, semințe de floarea soarelui, o bucată de unt, o sticlă de ulei vegetal, o lumânare, o pungă de hârtie, o bucată de bacon, ciuperci, măsline etc. Din acest moment, elevii devin „Detectivi ai Grăsimilor” și trebuie să descopere ce obiecte din cutie conțin grăsimi și să le clasifice. Prin experiment și discuții de grup se prezintă argumente și concluzii pornind de la proprietățile fizice ale grăsimilor pe care le cunosc din viața de zi cu zi și rezultatele observațiilor.   	Joc didactic Experiment Lucrul în grup

	  	
Realizarea sensului 25 minute	La etapa de realizarea a sensului elevii cercetează și descoperă grăsimile, ceea ce implică observații și experimente științifice • Grupul 1 studiază răspândirea grăsimilor în natură. Elevii cercetează sursele naturale de grăsimi (plante, animale, microorganisme) și modul în care acestea sunt răspândite în mediu (de exemplu, prin semințe, polenizare etc.). Se examinează cu ajutorul microscopului structura grăsimilor vegetale și animale. Se identifică asemănările și deosebirile. Cu ajutorul softurilor educaționale precum ChemBioDraw, ChemBioOffice se vor modela moleculele grăsimilor sau se vor prezenta din cadrul platformei MozaWeb https://www.mozaweb.com/ro/Extra-Animatii_3D-Molecula_de_ulei-146852 https://www.mozaweb.com/ro/Extra-Animatii_3D-Molecula_de_grasime-146853 *Produs:* Raport de cercetare • Grupul 2 cercetează proprietățile fizice și clasificarea grăsimilor. Elevii investighează proprietățile fizice ale diferitelor tipuri de grăsimi și vor încerca să le	Lucru în grup Tehnologie - utilizarea microscoa-pelor și laptopului Inginerie – modelarea moleculei Știință – experimente și cercetare științifică Matematica -

	clasifice (să le compare, să observe punctul de topire, consistența, culoarea, mirosul etc. Calculul cantității de grăsimi necesare corpului uman, corelarea cu gramajul produselor. *Produs*: Prezentări PowerPoint, Prezi, Canva. • Grupul 3 studiază domeniile de utilizare a grăsimilor. Din literatura de specialitate sau din informațiile propuse de profesor elevii identifică domeniile de utilizare ale grăsimilor în industrie ca biocombustibili, produse cosmetice, săpun, artă, gătit etc. Produs: pliante informative, colaje sau postere.	calculul aportului zilnic maxim de grăsimi Arte – elaborarea pliantelor
Reflexie 10 minute	Grupurile de elevi experimentează cu grăsimile, cercetând comportamentul acestora în diverse condiții: topire, solidificare, dizolvare în apă, acizi, baze.	Experiment didactic
Extensie 3 minute	Se propune elevilor să analizeze produsele alimentare din imagini, să identifice care din ele conțin grăsimi.  Ca temă pentru acasă, elevii vor avea studiul mâncărurilor tradiționale din diverse culturi pentru a compara modul în care diferite entități culturale utilizează grăsimile în bucătăria lor.	Asalt de idei



Proiect de lecție STE(A)M la chimie, clasa a IX, X-a, unitatea de învățare „Metalele și compușii lor cu importanță practică", unitatea de conținut „Metalele și compușii lor – influența asupra calității vieții și mediului. Ionii metalelor și rolul lor biologic".

Tipul lectiei: Lecţia de formare a capacităţilor de aplicare a cunoştinţelor

Obiective operaţionale: Elevii vor fi capabili:

- să înțeleagă importanța metalelor și a compușilor lor în viața cotidiană și în mediul înconjurător.
- să exploreze rolul ionilor metalelor în organismul uman și în funcționarea proceselor biologice.
- să cerceteze aditivii alimentari și modul în care aceștia pot influența calitatea alimentelor și a sănătății umane.
- să dezvolte abilități de gândire critică și creativă prin activități practice și de cercetare.

Metode și procedee: discuția, explicația, lucru în grup, joc didactic

Mijloace didactice: braistorming, explicație, experiment, lucru în grup, studiu de caz, dezbatere.

Tabelul 4.3. Legături interdisciplinare în cadrul lecției *Metalele și compușii lor – influența asupra calității vieții și mediului. Ionii metalelor și rolul lor biologic*

Disciplina	***Conținut, corelații***
Chimie	- Proprietățile metalelor. - Reacțiile chimice ale metalelor și compușilor lor. - Metode de analiză a conținutului de metale în mostre.
Biologie	- Rolul ionilor metalelor în organismul uman. - Efectele toxice ale unor metale asupra sănătății.
Fizică	- Proprietăți fizice ale unor metale și compușilor lor.

	- Dependența domeniilor de utilizare a metalelor și compușilor lor de proprietățile fizice ale acestora.
Matematică	- Analiza datelor și calcularea concentrațiilor de metale. - Aspecte cantitative ale reacțiilor chimice.
Educație ecologică	- Impactul metalelor asupra mediului înconjurător (sol, apă, aer). - Soluții pentru gestionarea poluării cu metale.
Tehnologie	- Utilizarea metalelor în diverse aplicații tehnologice și industriale.
Educație tehnologică	- Proiecte creative care explorează tema metalelor (sculpturi, ilustrații, machiaje artistice).

Tabelul 4.4. Designul lecției: *Metalele și compușii lor – influența asupra calității vieții și mediului. Ionii metalelor și rolul lor biologic*

Etapa lecției	Activități planificate / realizate	Notițe
Evocare 7 minute	Pentru începutul orei, profesorul demonstrează elevilor un pahar cu lapte, o legătură de spanac și o ciocolată neagră și îi roagă să găsească legătura logică dintre aceste trei produse alimentare. În urma asaltului de idei se constată că fiecare din aceste 3 produse conțin calciu și fier. Se propune elevilor să calculeze gramajul produselor alimentare necesar unui adolescent, astfel încât să se asigure o rație alimentară zilnică care să furnizeze o cantitate suficientă de calciu și fier. ✓ Lapte:	Braistorming Matematică – calculul

	• Conținut de calciu per 100 mL: 120 mg; • Conținut de fier per 100 mL: 0,1 mg. ✓ Spanac: • Conținut de calciu per 100 g: 145 mg; • Conținut de fier per 100 g: 2,7 mg. ✓ Ciocolată neagră: • Conținut de calciu per 100 g: 73 mg; • Conținut de fier per 100 g: 11 mg. Normele generale recomandate de fier și calciu pentru adolescenți, conform Institutului Național de Sănătate din SUA (valori exprimate în miligrame): Pentru fier (Fe): ✓ Adolescenți (14-18 ani): • Băieți: 11 mg pe zi. • Fete: 15 mg pe zi. Pentru calciu (Ca): ✓ Adolescenți (14-18 ani): • Băieți și fete: 1300 mg pe zi.	gramajului produselor alimentare necesare pentru a asigura norma zilnică de Ca și Fe
Realizarea sensului 22 minute	Calculele se notează pe tablă și se discută despre rolul metalelor în organismul uman, se menționează că ionii de calciu contribuie la reglarea bătăliilor inimii și tensiunii arteriale, formarea sistemului osos și a danturii, iar ionii de fier sunt necesari pentru formarea hemoglobinei și asigură acțiune antioxidantă.	Explicație

	Experiment didactic – cu ajutorul unui tub de sticlă umplut cu sânge artificial și o bucată de fier se demonstrează rolul fierului în transportul oxigenului prin sânge, constatăm că culoarea sângelui se schimbă datorită interacțiunii ionilor de fier cu oxigenul. Acest experiment ne demonstrează rolul ionilor de fier în procesele biologice, cum ar fi transportul oxigenului. În continuare, clasa se va împărți în 4 grupe și se propune elevilor spre cercetare importanța metalelor în industrie și impactul lor asupra mediului înconjurător: • Grupul 1 – Industria cosmetică. Pentru a provoca curiozitatea elevilor propunem Fișa 1: „Metalele au un rol esențial în industria cosmetică, conferind nuanțe, strălucire și stabilitate produselor. Acestea sunt utilizate pentru a crea pigmenți colorați și particule strălucitoare în machiaj sau produsele pentru îngrijirea pielii. Deși cantitățile utilizate sunt mici, impactul este vizibil în aspectul și atractivitatea produselor cosmetice. Cu toate acestea, folosirea metalelor necesită o atenție sporită în ceea ce privește reglementările și limitele de siguranță pentru a evita efectele secundare negative asupra sănătății pielii și a mediului”. De asemenea, se propun elevilor câteva produse cosmetice, cum ar fi fardurile de ochi, rujul,	Experiment Lucru în grup Știință – cercetarea științifică realizată în cadrul temei de studiu

	șamponul, pasta de dinți, rimelul. Ei cercetează ambalajele și identifică pigmenții ce se conțin în aceste produse, analizează compoziția chimică a lor și stabilesc despre care metale este vorba. P.S. Se pot identifica pigmenții oxidului de fier ce sunt utilizați frecvent pentru a crea nuanțe de roșu, galben și maro în produsele cosmetice, sau dioxidul de titan (TiO_2), care este un pigment nelipsit în compoziția chimică a fondurilor de ten, pudrelor și cremelor cu factor de protecție solară. Aluminiul poate fi prezent în pigmenții sau particulele strălucitoare utilizate în produsele cosmetice. *Produs:* raport de cercetare. • Grupul 2 – Industria alimentară. Pentru a provoca curiozitatea elevilor propunem Fișa 2: „Metalele sunt importante în industria alimentară pentru diverse roluri, cum at fi, de exemplu, aluminiul și oțelul ce sunt utilizate pentru ambalarea și conservarea alimentelor, asigurând prospețimea și siguranța acestora. De asemenea, identinficăm aditivii alimentari precum E579 – utilizat pentru a suplimenta alimentele cu fier, E536 – utilizat ca agent anti-aglomerant în sare și alte produse pentru a preveni înglobarea particulelor. În plus, metalele precum calciul, fierul și zincul sunt adăugate ca aditivi alimentari pentru a îmbogăți alimentele cu minerale esențiale	Tehnologie – utilizarea dispozitivelor digitale pentru a realiza materialele vizuale (ppt, poster educațional)

	sănătății umane. Cu toate acestea, procesele de producție și ambalare pot genera deșeuri și pot consuma resurse naturale și energie, motiv pentru care se impune o gestionare responsabilă a acestor procese în industria alimentară." Se propun elevilor câteva produse alimentare pentru a identifica prezența aditivilor alimentari și a analiza ambalajele. În cadrul grupului se va discuta despre importanța și dauna aditivilor alimentari. *Produs:* pliante care să ghideze societatea la un mod de viață sănătos • Grupul 3 – Industria farmaceutică. Pentru a provoca curiozitatea elevilor, propunem Fișa 3: „Metalele joacă un rol crucial în industria farmaceutică, unde sunt utilizate în producția de medicamente și dispozitive medicale. De exemplu, metalele precum fierul și cuprul sunt componente esențiale ale multor medicamente, iar metalele prețioase, cum ar fi aurul și platina, sunt folosite în medicina modernă pentru terapii și tratamente avansate. Cu toate acestea, este important să se utilizeze metale în doze corecte și să se monitorizeze atent pentru a preveni efectele secundare negative." Se propun elevilor câteva medicamente, cum ar fi un complex de vitamine, magneziu sub forma de pastile, preparate care sporesc nivelul de	Arte – se va ține cont de aspectul vizual îngrijit al produselor realizate și prezentarea coerentă a lor

	hemoglobină în sânge, preparate antiacide, utilizate în cazul arsurilor stomacale. În cadrul grupului se va discuta despre rolul biologic al acestor metale și importanța lor pentru organismul uman. *Produs:* poster educațional. • Grupul 4 – Industria construcțiilor. Pentru a provoca curiozitatea elevilor propunem Fișa 3: „Metalele, cum ar fi fierul, aluminiul, cuprul și aliajele lor precum oțelul, alama și bronzul reprezintă coloanele vertebrale ale industriei construcțiilor. Acestea sunt utilizate pentru a crea structuri rezistente și durabile, precum clădiri, poduri și infrastructură. Folosirea metalelor asigură stabilitatea și durabilitatea construcțiilor, sporind astfel siguranța și confortul oamenilor. Cu toate acestea, extracția și prelucrarea metalelor pot avea un impact negativ asupra mediului, generând deșeuri și consumând resurse naturale.” Se propune elevilor un șir de metale: aluminiu, cupru, fier, zinc, sodiu, calciu, pentru a se analiza proprietățile fizice și, în corelație cu ele, să se realizeze macheta unui avion, unei case, unei biciclete. *Produs*: machetă, prototip, model realizat.	Inginerie – realizarea modelelor, prototipurilor, machetelor
Reflexie 8 minute	Se propune elevilor să analizeze studiile de caz privind accidentele industriale legate de metale și	Studiu de caz

	compuși metalici toxici, evidențiind impactul lor negativ asupra mediului și a sănătății umane: • Dezastrul de la Baia Mare, România: În ianuarie 2000, un bazin de decantare a deșeurilor miniere din Baia Mare, România, a cedat, ducând la eliberarea a peste 100.000 de m^3 de apă contaminată cu cianuri și metale grele, precum cadmiu și cupru, în râurile din zonă. Acest dezastru a avut un impact devastator asupra mediului și a ecosistemelor acvatice din regiune, provocând moartea pe scară largă a peștilor și a altor organisme acvatice. • Poluarea cu plumb din Flint, Michigan, SUA: În perioada 2014-2016, orașul Flint, Michigan, a fost afectat de o criză majoră de poluare a apei potabile cu plumb. Problema a apărut când s-a luat decizia de a schimba sursa de apă pentru oraș, iar apa a început să erodeze țevile de plumb din sistemul de distribuție. Acest incident a dus la expunerea la plumb a mii de locuitori, în special copii, cu efecte grave asupra sănătății lor, inclusiv afectarea dezvoltării cognitive. Plumbul este un metal toxic care poate avea consecințe grave asupra sănătății umane, în special asupra copiilor.	

	În contextul studiului de caz, elevii identifică impactul negativ al metalelor și compușilor lor asupra mediului ambiant și sănătății umane.	
Extensie 8 minute	Se împarte clasa în două grupe și fiecare echipă aduce argumente fie pentru avantajele sau dezavantajele metalelor în viața omului și în societate. Tema de acasă: elevii vor identifica și poziționa pe hartă ariile geografie unde au loc extracțiile substanțelor minerale utile și vor indica rolul lor biologic.	Dezbatere



Sarcini de lucru

1. Descrie caracteristicile unei lecții STE(A)M.
2. Identifică strategii de succes în implicarea elevilor în proiecte de lecții cu elemente conceptuale STE(A)M. Cum pot aceste strategii să promoveze angajamentul și creativitatea elevilor?
3. Argumentează cum pot proiectele de lecții STE(A)M să abordeze provocările globale și să stimuleze gândirea critică în ceea ce privește soluțiile la aceste probleme.
4. Descrie etapele caracteristice demersului didactic din perspectiva educației STE(A)M.
5. Propune strategii eficiente pentru evaluarea proiectelor de lecții STE(A)M, astfel încât să reflecte progresul elevilor în atingerea obiectivelor de învățare.
6. Oferă exemple de proiecte de lecții STE(A)M ce pot fi adaptate în funcție de diverse niveluri educaționale și care pot sprijini dezvoltarea competențelor elevilor.

4.2. Modele de învățare bazată pe probleme STE(A)M

Învățarea axată pe probleme interdisciplinare în cadrul abordării STE(A)M este un proces complex și interactiv, care încurajează elevii să abordeze provocările reale și să integreze cunoștințele din mai multe discipline pentru a găsi soluții creative și inovatoare. Învăţarea bazată pe probleme implică elevii activ în desfăşurarea activităţilor de analiză, documentare, cercetare, emitere de ipoteze, identificarea căilor de acţiune şi luarea deciziilor, în conformitate cu propriul sistem de valori [4, 7]. Acest proces prevede mai multe etape importante (Figura 4.3):

1. *Identificarea problemei* relevante și complexe care să fie potrivită pentru nivelul de vârstă și cunoștințele elevilor. Definirea clară a obiectivelor care trebuie atinse.
2. *Cercetarea și explorarea* prin intermediul cărora elevii obțin o înțelegere mai profundă a problemei. Această etapă implică studierea informațiilor relevante folosind resurse variate pentru a acumula cunoștințe din mai multe domenii, inclusiv știință, tehnologie, inginerie, arte și matematică.
3. *Identificarea soluțiilor posibile* ca urmare a brainstorming-ului în cadrul grupului de elevi sau clasei, se încurajează gândirea creativă și pentru a identifica diverse posibilități și soluții pentru a rezolva problema sau provocarea.
4. *Planificarea și proiectarea* este etapa în care sunt selectate cele mai bune soluții și se planifică modul în care vor aborda problema, se vor crea schițe, modele, planuri detailate care să transpună ideile generate în soluții pentru problema cercetată.
5. Etapa de *implementare* este cea mai importantă pentru că elevii pun în practică planurile lor pentru a implementa soluția aleasă în funcție de natura problemei. La această etapă se vor realiza produsele STE(A)M și se verifică dacă soluția propusă funcționează conform așteptărilor.

6. *Comunicarea rezultatelor* – etapa în care are loc diseminarea rezultatelor obținute din studiul problemei interdisciplinare, fie în cadrul orei, fie public în comunitate.
7. *Reflexia și învățarea* – sunt ultima etapă în consolidarea cunoștințelor și formarea competențelor, când elevii devin pregătiți pentru a aborda provocările complexe ale lumii reale într-un mod holist și eficient.

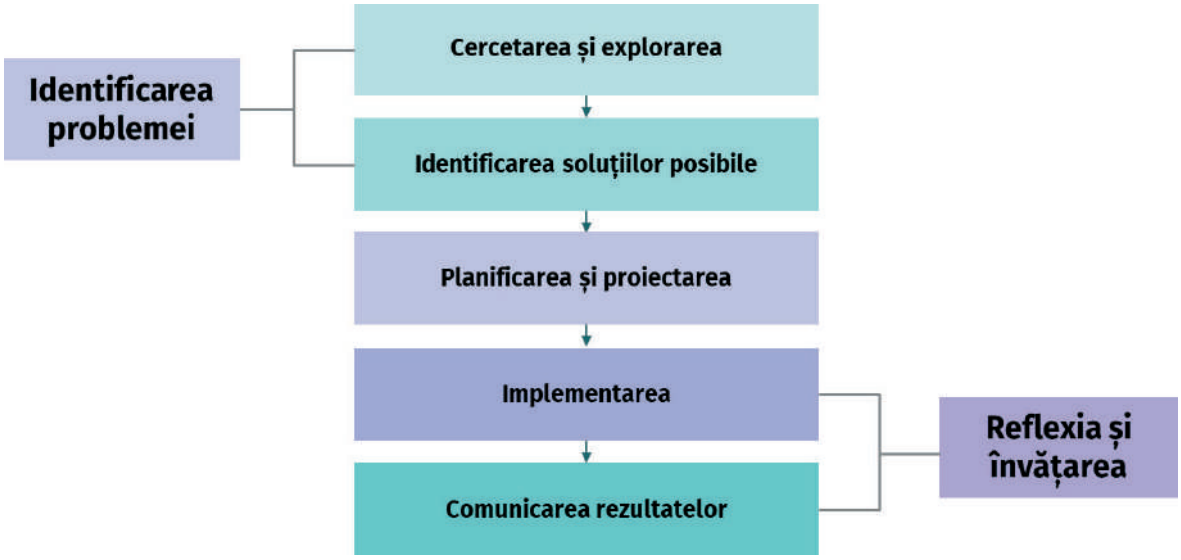
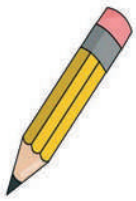


Fig. 4.3. Etape în învățarea bazată pe probleme interdisciplinare STE(A)M



Problemă interdisciplinară STE(A)M – *Cum influențează calitatea aerului sănătatea respiratorie și care sunt soluții de ameliorare a situației de poluare a aerului?* – propusă pentru elevii clasei a VII-a în cadrul Unității de învățare: *Substanțe pure și amestecuri în viața cotidiană,* Unitatea de conținut *Aerul – amestec de substanţe gazoase. Sursele de poluare a aerului.*

Context științific: Aerul este un amestec de gaze esențial pentru viață, dar activitățile umane precum transportul, industria și arderea combustibililor fosili generează poluanți care afectează sănătatea respiratorie. Expunerea la aer poluat crește riscul de astm, alergii și boli cardiovasculare, mai ales la copii și adolescenți. Elevii vor investiga sursele locale de poluare, impactul asupra

sănătății și vor propune soluții sustenabile, precum utilizarea transportului verde sau reducerea emisiilor industriale, contribuind astfel la crearea calității aerului.

- **Problema:** *În ce mod influențează calitatea aerului sănătatea respiratorie a populației și care sunt soluțiile eficiente și sustenabile pentru reducerea poluării atmosferice și prevenirea impactului negativ asupra sănătății?*

Tabelul 4.5. Legături interdisciplinare

Disciplina	***Conținut, corelații***
Chimie	- Compoziția chimică a aerului și formele de poluare. - Reacțiile chimice din atmosferă.
Biologie	- Anatomia și fiziologia sistemului respirator uman. - Adaptările organismelor la medii poluate.
Geografie	- Harta poluării aerului la nivel global și regional. - Studiul factorilor geografici care influențează calitatea aerului.
Matematică	- Analiza datelor privind calitatea aerului și impactul asupra sănătății. - Calcularea indicilor de poluare a aerului.
Educație economică și antreprenorială	- Impactul economic al poluării aerului asupra costurilor medicale și a productivității. - Soluții economice pentru reducerea poluării.
Educație pentru sănătate	- Studiul bolilor respiratorii și al modului în care poluarea aerului afectează sănătatea umană. - Soluții medicale pentru problemele de sănătate legate de poluarea aerului.
Limbă și literatură română	- Dezbateri și argumente scrise despre impactul poluării aerului asupra sănătății și mediului.

Tehnologie / Informatică	- Utilizarea tehnologiei și a senzorilor pentru monitorizarea calității aerului. - Analiza datelor de calitate a aerului cu ajutorul software-ului.

La etapa de evocare profesorul propune elevilor să urmărească animația 3D și să discute despre sursele de poluare a aerului

https://www.mozaweb.com/ro/Extra-Animatii_3D-Poluarea_aerului-146830 .

La etapa de realizare a sensului clasa se împarte în 4 grupuri conform abrevierii educației STE(A)M: cercetători științifici, tehnicieni, ingineri și matematicieni, fiecare din ei având sarcină de lucru conform domeniului de activitate, dar, în același timp, țin cont de domeniul artă, care a rămas neacoperit:

- Grupul I – *cercetători științifici* – sunt cei care prin intermediul literaturii de specialitate sau din informațiile propuse de profesor identifică tipurile de poluanți și sursele de poluare a aerului;
- Grupul II – *tehnicienii* – elevii din acest grup vor analiza calitatea aerului din clasă și în jurul școlii cu ajutorul senzorilor;
- Grupul III – *inginerii* – se vor ocupa de poiectarea și construcția unui filtru pentru aer din materiale reciclabile;
- Grupul IV – *matematicienii* – vor analiza, interpreta și prezenta datele rapoartelor de calitatea aerului din localitate pe parcursul ultimei luni.

Fiecare grup își va parcurge cercetarea individual conform algoritmului de analiză a problemelor interdisciplinare (Figura 4.3), iar concluziile finale vor fi enunțate la etapa de reflexie.



Problemă interdisciplinară STE(A)M – *Câți copaci sunt necesari pentru a asigura oxigenul pentru o școală?* – poate fi propusă pentru elevii clasei a VIII-a în cadrul unității de învățare *Oxigenul. Hidrogenul.*

Context științific: Oxigenul este esențial pentru viața umană, iar copacii joacă un rol crucial în producerea acestuia prin procesul de fotosinteză. Elevii vor cerceta cât oxigen produce un copac într-o zi și de cât oxigen are nevoie un om pe oră. Ei vor calcula numărul de copaci necesari pentru a furniza oxigen pentru o zi întreagă unei instituții școlare cu 350 de elevi și 40 de profesori.

- **Problema:** *Cum putem asigura necesarul de oxigen pentru o instituție școlară care găzduiește 350 de elevi și 40 de profesori prin plantarea de copaci? Câți copaci sunt necesari pentru a asigura cantitatea optimă de oxigen pentru toți oamenii din instituție, luând în considerare necesarul de oxigen pe oră al unei persoane și cantitatea de oxigen produsă de un copac într-o zi*

Tabelul. 4.6. Sinapse cognitive în soluționarea problemei

Disciplina	***Structura interdisciplinară***	***Sarcini de lucru***
Știință (chimie și biologie)	Înțelegerea procesului de fotosinteză și analiza cantității de oxigen produsă de copaci.	✓ *Analiza procesului de fotosinteză și rolul copacilor în producerea oxigenului.* Elevii vor studia procesul de fotosinteză, explicând modul în care copacii produc oxigen și ce factori influențează cantitatea de oxigen produsă (suprafața frunzelor, specie, condițiile de mediu).

		✓ *Determinarea cantității de oxigen produsă de un copac într-o zi.* Elevii vor cerceta și calcula cât oxigen produce un copac adult într-o zi (în general, se estimează că un copac matur poate produce aproximativ 260 litri de oxigen pe zi).
Tehnologie și inginerie	Proiectarea unei hărți 3D și a unui sistem de monitorizare a producției de oxigen.	✓ *Designul unei hărți pentru amplasarea copacilor în jurul instituției.* Elevii vor propune un plan de plantare pentru instituția școlară, ținând cont de spațiu, tipul de copaci și condițiile optime pentru creșterea acestora. Vor utiliza aplicații digitale pentru a crea o hartă 3D care să simuleze amplasarea copacilor în jurul școlii. ✓ *Proiectarea unui sistem de monitorizare a oxigenului produs.* Elevii vor cerceta tehnologii de monitorizare a calității aerului și vor propune un sistem care să măsoare cantitatea de oxigen produsă de copacii plantați. Această tehnologie ar putea include senzori de oxigen (Pasco, NeuLog) sau alte aplicații softwere-uri ce permit monitorizare mediului și anume indicele de oxigen.

Matematică	Calcule de volum și număr de copaci necesari pentru a asigura necesarul de oxigen.	✓ *Calculul necesarului de oxigen.* Elevii vor calcula necesarul zilnic de oxigen pentru fiecare persoană (în general, o persoană necesită aproximativ 550 litri de oxigen pe zi). Vor multiplica această valoare cu numărul total de elevi și profesori (350 elevi + 40 profesori) pentru a determina necesarul total de oxigen pentru o zi întreagă. ✓ *Determinarea numărului de copaci necesari.* Pe baza cantității de oxigen produsă de un copac într-o zi și a necesarului total de oxigen, elevii vor calcula câți copaci sunt necesari pentru a asigura oxigenul potrivit pentru toți elevii și profesorii școlii.
Artă	Crearea de campanii vizuale pentru a conștientiza importanța copacilor.	✓ *Crearea unei campanii de conștientizare privind importanța copacilor pentru umanitate.* Elevii vor crea afișe și materiale grafice (postere, videoclipuri) pentru a promova importanța plantării de copaci și pentru a arăta cât de mult contribuie aceștia la producerea oxigenului. Ei vor putea utiliza abilități de design grafic pentru a prezenta rezultatele calculului într-un mod creativ.

Educație pentru sustenabilitate și ecologie	Planificarea unei strategii pentru plantarea și întreținerea copacilor.	✓ *Planificarea unui program de plantare a copacilor.* Elevii vor dezvolta un plan pentru plantarea copacilor în jurul școlii, incluzând o strategie de întreținere pe termen lung a acestora. Vor propune măsuri pentru conservarea mediului și vor explica impactul pozitiv al acestei inițiative asupra comunității școlare.



Problemă interdisciplinară STE(A)M propusă pentru elevii clasei a VIII-a în cadrul Unității de învățare: *Clasele de compuși anorganici* unitatea de conținut: *Aplicații practice ale sărurilor în cotidian.*

Context științific: În tranziția către surse de energie regenerabilă, sărurile anorganice joacă un rol esențial în diverse tehnologii avansate. De exemplu, sunt folosite la fabricarea bateriilor litiu-ion, sunt intențiale pentru stocarea energiei electrice în dispozitive portabile și vehicule electrice. Sărurile de nitrați, precum azotatul de sodiu și azotatul de potasiu, sunt folosite în centralele solare termice pentru a stoca căldură și a produce energie chiar și în absența soarelui. Electroliții pe bază de săruri sunt, de asemenea, fundamentali în celulele de combustie cu hidrogen, ce transformă energia chimică în energie electrică cu emisii reduse. Elevii vor explora tipuri de săruri utilizate în astfel de tehnologii și vor putea contribui la dezvoltarea unor soluții energetice sustenabile. Aceasta implică înțelegerea proprietăților fizico-chimice ale sărurilor, a proceselor tehnologice asociate și a modului în care ele sprijină reducerea emisiilor de carbon. De asemenea, vor reflecta asupra provocărilor asociate, cum ar fi obținerea eficientă a acestor materiale și gestionarea resurselor.

❖ **Problema:** *În lumea modernă energia regenerabilă este un „must have”, iar sărurile anorganice pot deveni o resursă colosală în acest domeniu. Care sunt aceste săruri și cum pot fi utilizate în diverse tehnologii de producere a energiei regenerabile?*

Tabelul 4.7. Legături interdisciplinare

Disciplina	***Conținut, corelații***
Chimie	- Compoziția și structura sărurilor anorganice. - Proprietățile chimice ale sărurilor anorganice. - Procesele de extracție și purificare a sărurilor. - Rolul sărurilor în diverse reacții chimice și tehnologii. - Reacțiile chimice și termochimia în producția și stocarea energiei.
Fizică	- Principiile fizice ale conversiei energiei în diverse tehnologii regenerabile, cum ar fi fotovoltaice sau stocarea termică.
Matematică	- Calculul randamentului și eficienței tehnologiilor de conversie a energiei regenerabile cu săruri anorganice.
Educație economică și antreprenorială	- Impactul economic al tehnologiilor de energie regenerabilă cu săruri anorganice. - Analiza cost-beneficiu a acestor tehnologii.
Educație ecologică	- Implicațiile ecologice ale utilizării sărurilor în producția de energie regenerabilă. - Importanța dezvoltării sustenabile.
Limbă și literatură română	- Scrierea de eseuri sau articole despre importanța energiei regenerabile și a utilizării sărurilor anorganice în acest domeniu.

Tehnologie / Informatică	- Simulări și modelare computerizată pentru analiza performanței tehnologiilor de conversie a energiei cu săruri anorganice.

Clasa se împarte în grupuri mici de 4-5 elevi, iar la etapa de evocare se propune elevilor informația: „Sărurile anorganice sunt utilizate în tehnologii de stocare termică pentru centralele solare. Concentrate, ele pot stoca căldura din energia solară și o pot elibera ulterior pentru a genera abur și, în cele din urmă, electricitate. Bateriile cu electroliți solizi utilizează săruri anorganice topite ca electrolit pentru a facilita transferul de ioni și a stoca energie electrică."

În cadrul etapei de realizare a sensului grupurile de elevi lucrează la analiza problemei interdisciplinare conform algoritmului (Figura 4.3).

- La etapa de determinare a problemei elevii identifică problema de bază: cum pot sărurile anorganice să fie folosite pentru a produce energie regenerabilă și de ce acest lucru este important.
- În cadrul etapei de cercetare și explorare elevii cercetează sărurile, proprietățile fizice și chimice și modul în care pot fi utilizate în tehnologiile de energie regenerabilă, cum ar fi bateriile cu electroliți solizi sau sistemul de stocare termică.
- Identificarea soluțiilor posibile este etapa în care elevii se pronunță cum pot fi utilizate sărurile anorganice pentru a dezvolta soluții inovatoare în producția de energie regenerabilă.
- La etapa de planificare și proiectare grupurile dezvoltă mecanisme și strategii de lucru pentru a identifica acele săruri ce pot fi utilizate în diverse tehnologii de producere a energiei regenerabile.
- În cadrul etapei de implementare, fiecare grup începe să lucreze la dezvoltarea prototipurilor sau la experimentele practice pentru a demonstra conceptele lor. Grupurile testează prototipurile sau experimentele lor pentru a evalua eficacitatea lor în producția de energie.

- Comunicarea rezultatelor are loc în cadrul etapei „reflexie”, unde elevii, prin intermediul prezentărilor scurte, își prezenta soluțiile celorlalte grupuri, pentru a discuta rezultatele obținute.
- În etapa de extensie a lecției are loc reflexia și învățarea în cadrul problemelor interdisciplinare, unde elevii reflectă asupra procesului și a cunoștințelor dobândite în timpul proiectului și discută cum pot aplica aceste cunoștințe în viitor și decodifică mesajul de la evocare, nitratul de sodiu ($NaNO_3$) și nitratul de potasiu (KNO_3) sunt utilizate la stocarea căldurii energiei solare, iar sărurile precum clorura de litiu (LiCl) și fosfatul de litiu (Li_3PO_4) în topitură facilitează transferul de ioni și stochează energie electrică în bateriile cu electroliți.



Problemă interdisciplinară STE(A)M – *Purificarea apei pentru consumul sigur într-o instituție de învățământ* – poate fi propusă pentru elevii clasei a VIII-a în cadrul Unității de învățare *Apa și soluțiile.*

Context științific: Apa, esențială pentru toate formele de viață, reprezintă un subiect fundamental de studiu în științe datorită rolului său vital și problemelor legate de poluare și accesibilitate. În multe regiuni, sursele de apă sunt contaminate cu impurități fizice, chimice și biologice, necesitând procese riguroase de purificare înainte de utilizare. Această realitate oferă un context aplicativ la studierea unității „Apa și soluțiile” în clasa a VIII-a, conectând conceptele teoretice cu probleme reale. Elevii vor explora metodele de purificare a apei printr-o perspectivă chimică și practică. Vor studia procesele precum:

- *Filtrarea*, utilizată pentru a elimina particulele mari;
- *Coagularea*, unde substanțe precum sulfatul de aluminiu contribuie la formarea flocoanelor care facilitează decantarea;
- *Clorinarea*, esențială pentru distrugerea agenților patogeni prin reacții de oxidare;

- *Adsorbția,* folosind cărbune activ pentru a îndepărta contaminanții organici care afectează gustul și mirosul.

Fiecare proces va fi analizat din punct de vedere chimic, punând accent pe reacțiile implicate, eficiența și limita acestora.

❖ **Problema:** *Cum putem purifica apa de la o sursă locală pentru a o face sigură pentru consumul zilnic al unei instituții de învățământ cu 500 de elevi? Care sunt pașii necesari și ce cantitate de substanțe chimice (clor, sulfat de aluminiu, cărbune activ etc.) este necesară pentru a purifica un volum specific de apă?*

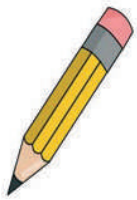
Tabelul 4.8. Sinapse cognitive în soluționarea problemei

Disciplina	***Structura interdisciplinară***	***Sarcini de lucru***
Știință (chimie și biologie)	Studierea metodelor chimice de purificare a apei și analiza compușilor implicați.	✓ *Studierea metodelor de purificare a apei.* Elevii vor studia metodele de purificare a apei (precipitația impurităților, filtrare, clorinare) și vor cerceta rolul compușilor chimici folosiți în proces (clor, sulfat de aluminiu, carbon activ, permanganat de potasiu). ✓ *Determinarea impurităților și a contaminanților.* Elevii vor analiza chimic probe de apă și vor determina ce tip de contaminanți sunt prezenți (metale grele,

		microorganisme, substanțe organice), estimând nivelul de contaminare.
Tehnologie și inginerie	Proiectarea și testarea unui sistem de filtrare eficient.	✓ *Proiectarea unui sistem de filtrare.* Elevii vor folosi cunoștințele de inginerie pentru a proiecta un sistem simplu de filtrare a apei utilizând filtre de nisip, cărbune activ și alte materiale accesibile. Vor crea o schemă tehnică a sistemului și vor simula funcționarea acestuia. ✓ *Testarea eficienței metodelor de filtrare.* Elevii vor construi un prototip de filtrare și vor evalua eficiența acestuia prin teste de purificare a apei, monitorizând îmbunătățirea calității apei după fiecare etapă de filtrare.
Matematică	Calculul volumului de apă necesar și al substanțelor chimice necesare pentru purificare.	✓ *Calculul volumului de apă necesar.* Elevii vor calcula volumul total de apă necesar pentru o zi întreagă pentru cei 500 de elevi (se va presupune că fiecare persoană consumă 2 litri de apă pe zi). Aceștia vor multiplica consumul zilnic cu numărul de zile într-o lună pentru a

		determina cantitatea totală de apă necesară pentru o lună. ✓ *Calculul substanțelor chimice necesare pentru purificare.* Elevii vor calcula cantitatea exactă de substanțe chimice (de exemplu, clor sau sulfat de aluminiu) necesare pentru a purifica volumul de apă calculat. Ei vor folosi concentrații standard (de exemplu, 5 mg/L pentru clor) și vor determina cantitatea totală necesară pentru a trata apa pentru o zi, o săptămână și o lună.
Artă	Crearea unei campanii vizuale pentru a sensibiliza elevii despre importanța apei potabile.	✓ *Crearea unui afiș informativ despre purificarea apei.* Elevii vor crea un afiș care să explice procesul de purificare a apei într-un mod vizual atractiv și ușor de înțeles pentru comunitatea școlară. Ei vor include pașii procesului și importanța fiecărei etape.
Educație pentru sustenabilitate și ecologie	Propunerea de soluții durabile pentru accesul la apă curată.	✓ *Identificarea soluțiilor durabile pentru tratarea apei.* Elevii vor propune soluții sustenabile pentru a trata apa la nivel local, cum ar fi utilizarea energiei solare pentru a

		activa procese de distilare sau filtrare. Vor dezvolta o strategie de reducere a consumului de apă și de utilizare responsabilă a resurselor.



Problemă interdisciplinară STE(A)M – *Impactul fluorului asupra sănătății dentare și optimizarea utilizării produselor de igienă orală* – poate fi propusă pentru elevii clasei a VIII-a în cadrul Unității de învățare *Produsele chimice și calitatea vieții,* în clasa a IX-a la unitatea de învățarea *Nemetalele și compușii lor cu importanță practică* sau în clasa a X-a în cadrul Unității de învățare *Nemetalele și compușii lor* cu ajustarea sarcinilor de lucru conform nivelului de cunoștințe al elevilor și obiectivelor curriculare specifice fiecărei clase.

Context științific: Pasta de dinți conține fluor, un compus esențial pentru prevenirea cariilor, deoarece contribuie la formarea fluorapatitei, un mineral care întărește smalțul dentar și îl face mai rezistent la acizii produși de bacteriile din cavitatea bucală. Cu toate acestea, fluorul poate deveni toxic în doze mari, ducând la fluoroză dentară sau alte probleme de sănătate, în special în cazul ingerării frecvente. Copiii sunt mai expuși acestui risc, deoarece adesea înghit o parte din pasta de dinți în timpul periajului. Elevii vor analiza impactul fluorului asupra sănătății, investigând modul în care acesta protejează smalțul dentar și previne descompunerea mineralelor. Vor calcula cantitatea de fluor ingerată zilnic și lunar, luând în considerare concentrațiile specifice din diverse tipuri de pastă de dinți (de exemplu, între 0,1% și 0,3%) și volumul folosit la periaj. În plus, vor evalua pragurile toxice stabilite de organizații internaționale precum Organizația Mondială a Sănătății (OMS) pentru a înțelege riscurile asociate cu utilizarea excesivă.

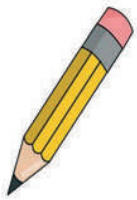
❖ **Problema:** *Cum poate un consumator să utilizeze produsele de igienă orală în siguranță, având în vedere conținutul de fluor din pastă și nevoile zilnice de fluor pentru prevenirea cariilor fără riscuri pentru sănătate?*

Tabelul. 4.9. Sinapse cognitive în soluționarea problemei

Disciplina	***Structura interdisciplinară***	***Sarcini de lucru***
Știință (chimie și biologie)	Analiza conținutului chimic al pastei de dinți și impactul fluorului asupra sănătății dentare.	✓ *Analiza chimică a produselor de igienă orală.* Elevii vor studia etichetele a două tipuri de pastă de dinți (pentru copii și adulți) și vor determina conținutul de fluor din acestea. Ei vor compara cantitatea de fluor ingerată de copii și adulți pe baza dozei recomandate (0,1 g de pastă la o spălare). Pentru determinarea procentajului de fluor se vor folosi datele de pe ambalaj și formula părții de masă (% fluor = masă fluor/masă totală x 100). ✓ *Evaluarea riscurilor pentru sănătatea dentară.* Elevii vor cerceta impactul fluorului asupra sănătății dentare, discutând despre efectele pozitive și negative ale utilizării acestuia. Vor determina nivelul optim de fluor care poate fi ingerat fără riscuri și cum acesta poate fi monitorizat prin supravegherea rutinei de igienă orală la copii.

Tehnologie și inginerie	Proiectarea și testarea unui dispozitiv de dozare pentru pasta de dinți.	✓ *Dezvoltarea unei soluții tehnologice pentru dozarea corectă a pastei de dinți.* Elevii vor propune un design tehnologic pentru un dispozitiv care să ajute la dozarea corectă a pastei de dinți, mai ales pentru copii. Acest dispozitiv ar trebui să fie ușor de utilizat și să prevină riscul de a folosi o cantitate prea mare de pastă. ✓ *Testarea soluțiilor propuse.* Elevii vor testa diferite modele de periuțe de dinți care au indicatoare vizuale pentru dozajul corect al pastei de dinți și vor analiza eficiența lor prin simulări practice.
Matematică	Calculul și reprezentarea grafică a cantității de fluor ingerată.	✓ *Calcule de masă și procentaj.* Elevii vor calcula cantitatea exactă de fluor ingerată de un copil sau adult pe lună. Vor utiliza datele despre procentul de fluor din pasta de dinți și cantitatea utilizată la fiecare spălare. Elevii vor realiza și grafice comparative între cantitățile ingerate zilnic și lunar.
Artă	Crearea unei campanii vizuale educative despre utilizarea în siguranță a pastei de dinți.	✓ *Crearea unei campanii vizuale educaționale.* Elevii vor crea un poster educativ sau un infografic pentru a sensibiliza copiii și părinții cu privire la cantitatea corectă de pastă de dinți care trebuie utilizată. În

		campanie, ei vor explica riscurile și beneficiile fluorului, folosind imagini și date științifice.
Educație pentru sănătate	Elaborarea unui ghid practic pentru igiena dentară corectă.	✓ *Ghidul familiei pentru igiena dentară.* Elevii vor elabora un ghid pentru o familie ipotetică, recomandând produse și metode sigure pentru igiena dentară, în funcție de vârstă. Ei vor explica rolul părinților în supravegherea copiilor și vor sugera modalități pentru a asigura un regim optim de igienă orală fără riscuri pentru sănătate.



Problemă interdisciplinară STE(A)M – *Reacții chimice în prepararea murăturilor/conservelor de casă* – poate fi propusă pentru elevii clasei a X-a în cadrul Unităților de învățare *Reacțiile chimice – transformări ale substanțelor* și *Soluții. Interacțiunile substanțelor în soluții.*

Context științific: În fiecare toamnă, multe gospodării pregătesc conserve de casă, cum ar fi murături sau compoturi, pentru a avea alimente pentru iarnă. Procesul de conservare presupune modificări chimice esențiale care ajută la păstrarea alimentelor în condiții optime. Aciditatea soluției (pH-ul), dată de oțet sau alți acizi organici, reduce mediul favorabil dezvoltării bacteriilor și mucegaiurilor, în timp ce sarea și zahărul contribuie prin efectul osmotic, extrăgând apa din celulele microorganismelor și inhibându-le creșterea. În plus, tratamentele termice, cum ar fi fierberea, distrug microorganismele periculoase, prevenind alterarea alimentelor. Cantitățile de sare, zahăr sau oțet trebuie calculate cu precizie, deoarece excesul sau lipsa acestora poate afecta atât gustul, cât și siguranța produsului. Calculul concentrației optime de conservanți este esențial pentru asigurarea unui produs sigur și gustos. Astfel, procesul de

conservare nu doar că protejează alimentele, dar implică și procese chimice care influențează textura și aroma acestora.

- **Problemă:** *Tu și familia ta doriți să pregătiți murături pentru iarnă. Problema este că nu știți cantitatea exactă de sare și oțet necesară pentru a asigura conservarea optimă a legumelor și pentru a preveni alterarea. De asemenea, vrei să înțelegi cum aceste ingrediente afectează pH-ul soluției și cât de sigură este conserva obținută. Pe baza unei rețete de bază, trebuie să calculezi cantitățile exacte de ingrediente și să determini ce reacții chimice au loc în timpul procesului de conservare. Totodată, vei investiga dacă este posibil să înlocuiești sarea sau oțetul cu alți conservanți naturali.*

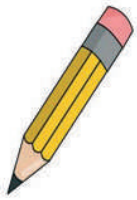
Tabelul 4.10. Sinapse cognitive în soluționarea problemei

Disciplina	***Structura interdisciplinară***	***Sarcini de lucru***
Știință (chimie și biologie)	Înțelegerea reacțiilor chimice implicate în procesul de conservare și măsurarea acidității (pH) a soluțiilor. Studiul rolului microorganismelor în alterarea alimentelor și efectul conservării asupra valorii nutriționale.	✓ *Analiza reacțiilor chimice.* Elevii vor identifica și descrie reacțiile chimice care au loc între acidul acetic din oțet și componentele din legume, explicând mecanismul de conservare. ✓ *Calculul ingredientelor.* Elevii vor calcula cantitatea exactă de sare și oțet necesară pentru a prepara un borcan de murături de 1 litru, astfel încât soluția să aibă un pH adecvat pentru conservare (aproximativ 4-4.5). ✓ *Măsurarea pH-ului.* Elevii vor utiliza un pH-metru sau indicatori chimici pentru a măsura pH-

		ul soluției de conservare înainte și după adăugarea ingredientelor. Vor compara valorile obținute cu cele recomandate pentru siguranța alimentară. ✓ *Studii despre microorganisme.* Elevii vor cerceta rolul microorganismelor (bacterii, mucegaiuri) în procesul de alterare a alimentelor. Vor discuta despre cum sarea și oțetul inhibă dezvoltarea acestor microorganisme și despre importanța acidității în prevenirea alterării. ✓ *Impactul asupra valorii nutriționale.* Elevii vor studia efectele conservării asupra valorii nutriționale a legumelor, discutând despre modul în care procesul de conservare afectează vitaminele și mineralele din alimente.
Tehnologie și inginerie	Utilizarea instrumentelor pentru a testa și ajusta rețetele de conservare. Proiectarea unui sistem eficient de	✓ *Analiza produselor comerciale.* Elevii vor analiza diverse tipuri de murături și alte produse conservate din comerț, utilizând echipamente tehnologice (pH-metru, senzori etc.) pentru a monitoriza calitatea acestora și pentru a formula concluzii pertinente

	conservare la scară mai mare.	sau a ajusta, dacă este necesar, rețetele de conservare. ✓ *Proiectarea unui sistem de conservare.* Elevii vor proiecta un sistem de conservare la scară mai mare (pentru o cantitate mai mare de alimente) și vor evalua eficiența acesteia în funcție de factorii de mediu (temperatura, durata de păstrare).
Matematică	Calcularea proporțiilor și ajustarea rețetelor în funcție de dimensiunea recipientelor.	✓ *Calcularea proporțiilor.* Elevii vor calcula proporțiile exacte de sare, oțet și apă necesare pentru a menține un pH constant și sigur. Vor calcula concentrațiile soluțiilor în funcție de dimensiunea recipientelor (de exemplu, pentru borcane de 0,7 litri, 1 litru, 3 litri). ✓ *Ajustarea rețetelor.* Elevii vor ajusta rețetele și vor calcula volumele în funcție de borcanele disponibile.
Artă	Implicarea elevilor în activități creative care să îmbogățească procesul de învățare și să promoveze expresia artistică	✓ Designul etichetelor. Elevii vor crea etichete artistice pentru borcanele de murături, folosind tehnici de design grafic. Vor include informații despre ingredientele utilizate, data preparării și beneficiile nutriționale.

	legată de știință și sustenabilitate.	✓ *Prezentări vizuale.* Elevii vor realiza prezentări vizuale, postere, infografice care să ilustreze procesul de conservare a legumelor, reacțiile chimice implicate și impactul asupra sănătății.
Educație pentru sustenabilitate și ecologie	Propunerea unor soluții ecologice pentru conservarea alimentelor.	✓ *Evaluarea impactului ecologic al metodei de conservare.* Elevii vor analiza impactul ecologic al diferitelor metode de conservare a legumelor, inclusiv utilizarea sării și oțetului în comparație cu alternativele ecologice. Aceștia vor evalua consumul de resurse (apă, energie, ingrediente) și emisiile de carbon asociate cu fiecare metodă. Elevii vor prezenta concluziile printr-un raport sau o prezentare, evidențiind avantajele și dezavantajele fiecărei metode din perspectiva sustenabilității și ecologiei.



Problemă interdisciplinară STE(A)M – *Planificarea unui meniu sănătos și sustenabil pentru cantina școlară* propusă pentru elevii clasei a XII-a în cadrul unității de învățare *Compușii organici cu importanță vitală și industrială* pentru profilul real și unitățile de învățare *Hidrații de carbon – produși ai fotosintezei*, *Aminoacizii, proteinele – baza vieții*.

Context științific: Cantina liceului trebuie să ofere un meniu sănătos și echilibrat, care să susțină dezvoltarea adolescenților și să fie sustenabil din

punct de vedere ecologic și economic. Pe lângă respectarea cerințelor nutriționale (50-55% glucide, 10-15% proteine, 30-35% grăsimi), bucătarul-șef trebuie să țină cont de utilizarea eficientă a resurselor alimentare și reducerea risipei de alimente. Este esențial ca meniul să includă alimente bogate în micronutrienți precum fierul, calciul și vitaminele esențiale pentru adolescenți, contribuind astfel la prevenirea deficiențelor nutriționale. Totodată, prioritatea produselor locale și de sezon reduce amprenta de carbon a cantinei și sprijină economia locală. Meniul trebuie, de asemenea, să fie variat, pentru a încuraja obiceiuri alimentare sănătoase pe termen lung și a respecta preferințele culturale și alimentare ale elevilor.

- **Problemă:** *Ca manager al cantinei, trebuie să organizezi un concurs pentru alegerea bucătarului-șef. Candidații trebuie să propună un meniu zilnic echilibrat care să îndeplinească necesitățile nutriționale ale adolescenților și să includă alimente locale, sustenabile și accesibile ca preț. Pe lângă alcătuirea meniului, bucătarul trebuie să demonstreze prezența proteinelor, glucidelor și grăsimilor în alimente utilizând metode chimice și să calculeze impactul ecologic și economic al alimentelor propuse.*

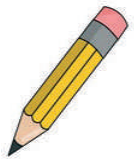
Tabelul 4.11. Sinapse cognitive în soluționarea problemei

Disciplina	***Structura interdisciplinară***	***Sarcini de lucru***
Știință (chimie și biologie)	Înțelegerea procesului de analiză a nutrienților și impactul acestora asupra sănătății.	✓ *Identificarea nutrienților în produsele alimentare.* Disciplina școlară chimie va pregăti elevii să identifice alimentele care conțin cantități adecvate de glucide, proteine și

		grăsimi și să efectueze teste chimice pentru a demonstra prezența acestor compuși organici. *Reacțiile chimice utilizate:* Testul cu iod pentru amidon (glucide), testul cu acid azotic pentru proteine și testul cu acid acetic pentru grăsimi. ✓ *Analiza rolului nutrienților.* La biologie, elevii vor analiza rolul acestor nutrienți în dezvoltarea organismului adolescentin, discutând despre importanța unei diete echilibrate.
Tehnologie și inginerie	Proiectarea unui meniu și utilizarea tehnologiilor de monitorizare a calității al9imentelor.	✓ *Proiectarea unui meniu sănătos.* Ținând cont de resursele disponibile în cantina școlară, elevii vor propune meniul pentru o săptămână, incluzând în meniu diferite tipuri de alimente pentru a oferi adolescenților necesarul de nutrienți esențiali pentru creștere și dezvoltare armonioasă. Se vor utiliza aplicațiile digitale pentru a crea o hartă interactivă a ingredientelor meniului sănătos.

		✓ *Monitorizarea calității alimentelor.* Elevii vor identifica tehnologii de monitorizare a calității alimentelor și vor propune un sistem care să evalueze impactul nutrițional al meniului propus.
Matematică	Calcularea necesarului zilnic de nutrienți și optimizarea costurilor ingredientelor.	✓ *Calculul necesarului zilnic de nutrienți.* Elevii vor calcula necesarul zilnic de nutrienți (glucide, proteine, lipide) pentru un adolescent, bazându-se pe alimentele propuse. *Exemplu:* Dacă un adolescent necesită 2000 de calorii pe zi, elevii vor determina ce proporții de glucide, proteine și grăsimi sunt necesare. ✓ *Optimizarea costurilor.* Elevii vor calcula costurile meniului propus, luând în considerare prețurile ingredientelor locale accesibile, și vor optimiza rețetele pentru a se încadra în bugetul cantinei.
Artă	Crearea de campanii vizuale pentru a promova	✓ *Crearea unei campanii vizuale.* Elevii vor crea o prezentare vizuală (un poster sau infografic)

	alimentația sănătoasă.	care să ilustreze meniul propus, beneficiile nutriționale și sustenabilitatea alimentelor alese. Elemente grafice: grafice pentru a promova consumul alimentelor sănătoase și de sezon.
Educație pentru mediu și sănătate	Evaluarea impactului ecologic al alimentelor și propunerea de soluții sustenabile.	✓ *Evaluarea impactului ecologic.* Elevii vor cerceta impactul ecologic al alimentelor (de exemplu, amprenta de carbon a diferitelor produse) și vor propune alternative sustenabile (cum ar fi utilizarea alimentelor locale de sezon).



Problemă interdisciplinară STE(A)M propusă pentru elevii clasei a XII-a în cadrul unității de învățare *Compușii organici în viața societății* unitatea de conținut *Reacții de polimerizare.*

Context științific: Materialele polimerice joacă un rol esențial în tranziția către ambalaje alimentare sustenabile. Hidrocarburile nesaturate, precum etena și propena, sunt materii prime importante în procesele de polimerizare, care produc materiale precum polietilena și polipropilena. Acești polimeri pot fi adaptați pentru a crea ambalaje reutilizabile, biodegradabile sau reciclabile, reducând astfel deșeurile din plastic. Elevii vor analiza atât structura chimică a polimerilor, cât și proprietățile lor fizice, evaluând impactul ecologic al ambalajelor tradiționale și propunând alternative ecologice inovatoare pentru ambalaje alimentare.

Problema: *Materialele polimerice sunt viitorul ecologic pentru ambalaje alimentare durabile. Care sunt hidrocarburile nesaturate, ce pot servi drept materie primă? Identifică-le și caracterizează-le.*

Această problemă interdisciplinară se concentrează pe identificarea și caracterizarea unui material polimeric ecologic care poate fi utilizat pentru ambalaje alimentare durabile.

În cadrul acestei ore elevii:

- vor explora proprietățile chimice și fizice ale materialelor polimerice;
- vor investiga impactul ambalajelor tradiționale asupra mediului;
- vor propune soluții inovatoare pentru dezvoltarea de ambalaje durabile și prietenoase cu mediul înconjurător.

Tabelul 4.12. Legături interdisciplinare

Disciplina	***Conținut, corelații***
Chimie	- Compoziția chimică a hidrocarburilor nesaturate. - Proprietățile chimice ale polimerilor. - Procesele de polimerizare. - Identificarea și caracterizarea hidrocarburilor nesaturate. - Reacțiile chimice implicate în producția de polimeri.
Biologie	- Biodegradabilitatea și impactul asupra mediului al ambalajelor polimerice. - Adaptările microorganismelor la polimeri.
Fizică	- Proprietățile fizice ale polimerilor, cum ar fi densitatea și rezistența. - Tehnologii de procesare a polimerilor.
Matematică	- Calcularea coeficienților de reacție și a eficienței în producția de polimeri. - Analiza datelor experimentale.

Educație economică și antreprenorială	- Analiza costurilor și beneficiilor producției de ambalaje alimentare ecologice. - Impactul asupra economiei locale și globale.
Educație ecologică	- Impactul materialelor plastice convenționale asupra mediului și beneficiile materialelor polimerice ecologice.
Educație pentru sănătate	- Educația privind siguranța alimentară și aspectele legate de ambalaje în alimentație. - Promovarea unei alimentații sănătoase și sustenabile.
Limbă și literatură română	- Scrierea de eseuri sau poezii despre problemele legate de ambalajele alimentare și impactul lor asupra mediului înconjurător.
Tehnologie / Informatică	- Proiectarea de ambalaje alimentare estetice și funcționale din materiale polimerice. - Ilustrații artistice pentru conștientizarea asupra ambalajelor ecologice. - Modelarea și simularea comportamentului materialelor polimerice. - Utilizarea tehnologiei pentru dezvoltarea ambalajelor inteligente.

Pentru soluționarea problemei elevii parcurg următoarele etape:

- Identificarea problemei – alimentele necesită ambalaje ecologice din materiale polimerice.
- Etapa de cercetare și explorare a problemei aduce în fața elevilor întrebări precum: Ce sunt materialele polimerice? Tipuri de polimeri? Care sunt proprietățile chimice și fizice ale polimerilor? Cum structura moleculară afectează proprietățile materialelor polimerice?

- În cadrul etapei de identificare a soluțiilor elevii, pe baza cunoștințelor dobândite în cadrul orelor de chimie organică, vor propune structura moleculară pentru un polimer ecologic.
- La etapa de planificare și proiectare elevii vor elabora cu ajutorul softului ChemBioDraw structura grafică a moleculei identificate și vor calcula care ar fi costul obținerii ei.
- În cadrul etapei de implementare se vor identifica metode de sinteză a polimerilor cu proprietăți, cum ar fi biodegradabilitatea și stabilitatea la temperatură, se va analiza potențialul de realizare a sintezei chimice în laborator, se vor realiza calcule matematice pentru a cunoaște diferențele de preț dintre materialul polimeric ecologic și ambalajele actuale ale produselor alimentare.
- Comunicarea rezultatelor va avea loc în etapa de reflecție a lecției care va învăța elevii care sunt avantajele materialelor polimerice ecologice pentru ambalaje alimentare durabile.
- Etapa de reflexie și învățare rămâne ca temă pentru extensie, acolo unde elevii vor realiza pliante educaționale, care să promoveze utilizarea materialelor polimerice ecologice în comunitatea lor și vor vorbi întregii societăți despre importanța protejării mediului înconjurător prin reducerea utilizării ambalajelor tradiționale.



Sarcini de lucru

1. Enumeră beneficiile învățării bazate pe probleme interdisciplinare STE(A)M pentru dezvoltarea potențialului cognitiv creativ al elevilor și cum pot fi aceste beneficii măsurate și evaluate?

2. Argumentează necesitatea implementării problemelor interdisciplinare STE(A)M pentru a asigura învățarea interdisciplinară de calitate?
3. Explică cum identificăm probleme interdisciplinare STE(A)M relevante și autentice care să stimuleze gândirea critică și creativă a elevilor, important corelate cu curriculumul școlar?
4. Descrie strategii eficiente de colaborare între profesori din diverse discipline și explică modul în care aceste strategii facilitează implementarea învățării bazate pe probleme interdisciplinare STE(A)M.
5. Identifică provocările și obstacolele în implementarea cu succes a învățării bazate pe probleme interdisciplinare STE(A)M și cum pot fi acestea depășite?

4.3. Modele de învățare axate pe proiecte STE(A)M

Schimbările sociale și tehnologice din secolul XXI impun revizuirea modelului de predare într-un mod care să asocieze dezvoltarea abilităților creative și inovatoare cu dobândirea de competențe științifice și tehnologice. Astfel, elevii și studenții de azi vor fi pregătiți să abordeze cu succes provocările incerte ale viitorului. Învățarea ***bazată pe proiecte*** (PBL) reprezintă un model pedagogic centrat pe elev și care implică o abordare dinamică a clasei în care elevii dobândesc cunoștințe profunde prin explorarea activă a problemelor din lumea reală [6, 12].

Proiectele STE(A)M sunt structurate în 2 module, și anume (Figura 4.4) „Fișa proiectului" realizată de către cadrul didactic și oferită elevilor în etapa inițială a proiectului și „Fișa de monitorizare sau Jurnalul Proiectului", care se va completa de către elevi/grupul de lucru pe parcursul cercetării. Un alt element definitoriu al Proiectelor STE(A)M sunt „Criteriile de evaluare", propuse de

profesor pentru a măsura progresul și succesul proiectului. Ele sunt oferite elevilor odată cu fișa proiectului pentru a oferi educabililor o viziune clară asupra procesului de evaluare și indicatorilor de performanță.

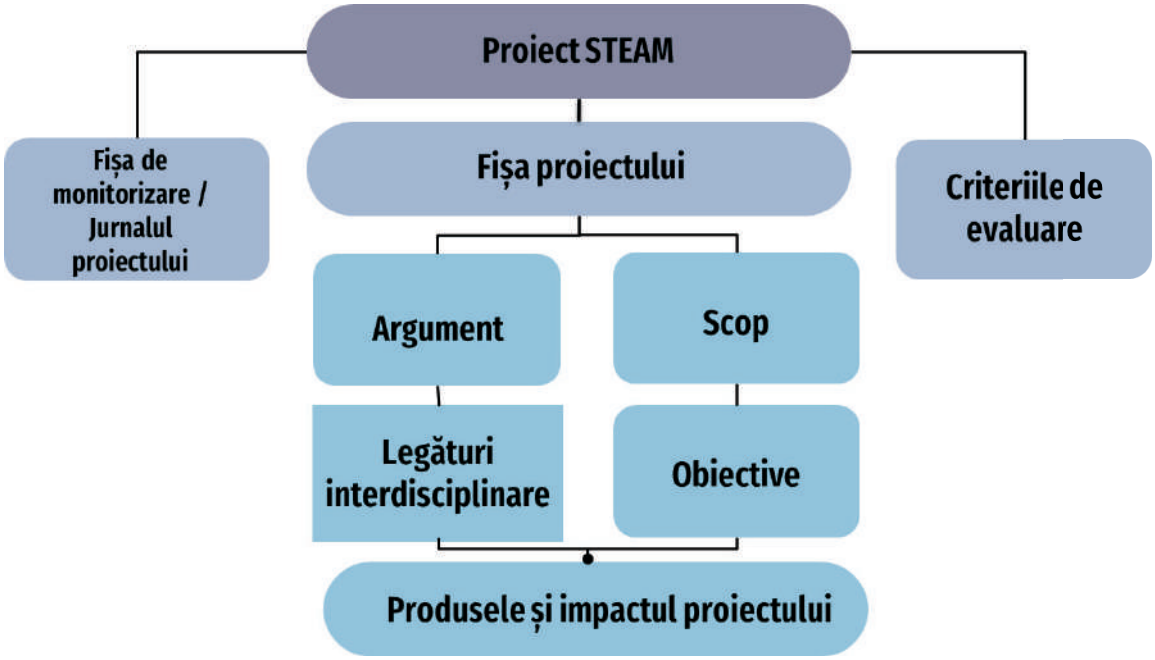


Fig. 4.4. Designul unui proiect STE(A)M

Criteriile de evaluare servesc drept ghid pentru a oferi feedback constructiv, ele trebuie să fie clare, măsurabile și relevante pentru obiectivele proiectului și pot viza aspecte precum: calitatea produsului final, implicarea și contribuția fiecărui membru al echipei, capacitatea de rezolvare a problemelor și creativitatea.

Învățarea bazată pe proiecte STE(A)M pornește de la argumentul proiectului (Figura 4.5), care generează debutul cognitiv al procesului de cercetare, trece prin scopul proiectului, unde se creează conexiunea directă între realitate și problema de cercetare ca în final acțiunile întreprinse pentru soluționarea problemei de cercetare să se regăsească în impactul proiectului. Această metodă de învățare devine eficientă în dezvoltarea competențelor de rezolvare a problemelor, gândire critică și creativitate, precum și în promovarea colaborării și comunicării.



Fig. 4.5. Particularități de proiectare și desfășurare a proiectelor STE(A)M

Fișa proiectului conține:

- *„Argumentul”,* care reprezintă un text motivațional, menit să provoace curiozitatea elevilor și dorința de a cerceta. În cadrul argumentului se reliefează problema sau provocarea pe care proiectul intenționează să o soluționeze.
- *„Scopul proiectului”* trebuie să fie clar formulat, specific și să indice rezultatul final dorit.
- *„Obiective”* – în cadrul acestei secțiuni sunt enumerate obiectivele specifice pe care proiectul intenționează să le atingă, care ar trebui să fie măsurabile și să descrie ce se așteaptă să realizeze elevii prin intermediul proiectului.
- *„Legăturile interdisciplinare”* – un tabel în care elevul înscrie legăturile interdisciplinare identificate de el în cercetarea științifică a problemei, care ar trebui să evidențieze modul în care proiectul integrează elemente din domeniile STE(A)M.

- *„Produsele proiectului”* – sunt enumerate produsele așteptate la finalul proiectului, cum ar fi pliante, cărți digitale, expoziții, conferințe, machete, prototipuri etc.
- *„Impactul proiectului”* – în cadrul acestei secțiuni sunt descrise așteptările după finalizarea proiectului.

Fișa de monitorizare sau ***Jurnalul Proiectului*** conține un tabel structurat, care reprezintă prezentarea generală a etapelor sau fazelor proiectului și activităților realizate pe parcursul cercetării. Structura fișei de monitorizare este gândită de profesor și adaptată la proiect și nivelul de vârstă al elevilor. Completarea acestui tabel este importantă, deoarece oferă o imagine clară a modului în care proiectul progresează în timp.

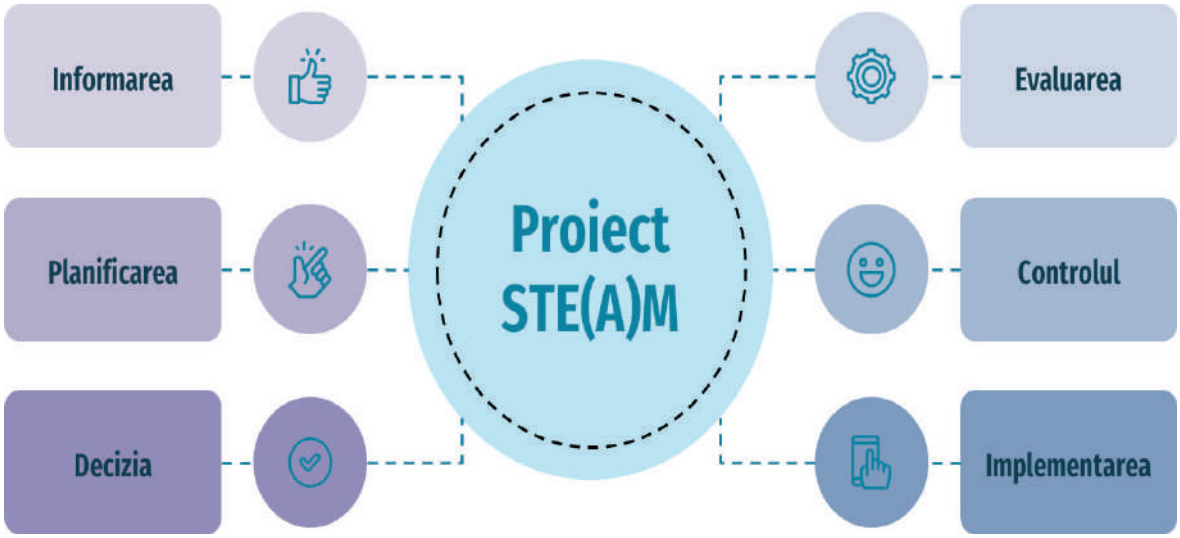


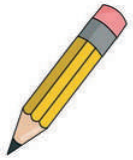
Fig. 4.6. Etapele unui proiect STE(A)M [1]

Conform lucrării [10], în cadrul unui proiect STE(A)M se disting următoarele etape (Figura 4.6):

- informarea – care vizează cunoașterea conceptelor și stabilirea contextului proiectului,
- planificarea – organizarea procesului și distribuirea sarcinilor,
- decizia – alegerea variantelor optime și optimizarea proiectului,

- implementarea – realizarea efectivă a produsului și promovarea acestuia,
- controlul – verificarea calității,
- evaluarea – analiza rezultatelor.

Fiecare etapă a proiectului STE(A)M va încuraja elevii să acționeze și să elaboreze soluții creativ-inovative pentru problema identificată.



Proiect STE(A)M – *Chimia în viața de zi cu zi*, propus în clasa a VIII-a la Unitatea de învățare *Clasele de compuși anorganici,* unitatea de competență 4.7: *Elaborarea și prezentarea unui proiect creativ referitor la utilizarea și importanța oxizilor, acizilor, bazelor, sărurilor.*

Argumentul proiectului: Chimia ne înconjoară în fiecare zi sub forma unui secret bine păstrat al lumii noastre cotidiene. Este un magician tăcut, un pictor abil și un bucătar priceput, care operează în culisele vieții noastre, aducând magie în fiecare moment. Dimineață ne așteaptă o ceașcă de cafea cu lapte sau ceai, o băutură caldă care ne revigorează. Însă câți dintre voi știu că în spatele aromei și gustului acestei licori delicioase stă chimia, care deslușește tainele extractelor de cafea și frunze de ceai, dezvăluindu-ne aromele ascunse. În bucătărie, chimia devine ajutorul nostru secret. Fiecare coptură are în „spatele ei" reacții chimice, care transformă prin minune ingredientele în produse de patiserie delicioase. Din drojdie și făină se plămădește pâinea, iar când combinăm ulei și oțet, obținem o emulsie perfectă pentru salate. În viața de zi cu zi, chimia ne învață să privim dincolo de suprafață și să apreciem minunile care ne înconjoară. Chimia nu se oprește aici; ea dă viață culorilor hainelor noastre, parfumurilor îmbietoare și chiar medicamentelor care ne mențin sănătoși. Fie că este vorba despre conservarea alimentelor sau despre combustibilul care ne pune mașinile în mișcare,

chimia își face simțită prezența în fiecare aspect al vieții moderne. Descoperind-o, învățăm să înțelegem mai bine lumea și să folosim știința în beneficiul nostru.

Scopul proiectului rezidă în cercetarea și elucidarea importanței substanțelor chimice anorganice în existența umană, precum și în relevanța chimiei în contextul cotidian al mediului înconjurător. De asemenea, se urmărește investigarea impactului pe care substanțele chimice le au asupra domeniilor cum ar fi sănătatea umană, mediu și societate și se mai umărește a promova utilizarea conștientă sigură și sustenabilă a produselor chimice în viața de zi cu zi.

Obiective:

- Identificarea și cercetarea compoziției chimice, etichetelor și pictogramelor produselor chimice din gospodărie;
- Cercetarea interdisciplinară a produselor chimice;
- Analiza impactului produselor chimice din gospodărie asupra sănătății și ecosistemelor;
- Dezvoltarea abilităților de proiectare și implementare a soluțiilor de siguranță pentru utilizarea responsabilă a substanțelor chimice din gospodărie;
- Realizarea unei cărți sumare cu substanțele chimice din gospodărie;
- Elaborarea și diseminarea pliantelor informative;
- Realizarea conferinței școlare cu prezentarea comunicărilor științifice și posterelor „Chimia în viața de zi cu zi”.

Produsele proiectului:

- Conferință școlară cu comunicări științifice;
- Trusa de siguranță chimică;
- Expoziție de postere „Chimia în viața de zi cu zi”;
- Expoziție de carte „Cartea substanțelor chimice de acasă”;

- Pliante informative – impactul substanțelor chimice asupra mediului.

Tabelul 4.13. Legăturile interdisciplinare în cadrul proiectului *Chimia în viața de zi cu zi*

Disciplina	***Conținut, corelații***
Chimie	Identificarea și înțelegerea substanțelor chimice din produsele de uz casnic. Evaluarea proprietăților chimice ale acestora.
Biologie	Impactul substanțelor chimice asupra sănătății umane, a biodiversității și a ecosistemelor. Efectele substanțelor chimice asupra organismelor vii.
Fizică	Studiul proprietăților fizice ale substanțelor chimice, cum ar fi densitatea sau conductibilitatea electrică.
Geografie	Identificarea resurselor naturale și a impactului asupra mediului în ceea ce privește extragerea sau producția substanțelor chimice.
Educație pentru sănătate	Promovarea utilizării sigure a substanțelor chimice în gospodărie. Informații despre riscurile pentru sănătate și prevenirea acestora.
Educație ecologică	Evaluarea impactului substanțelor chimice asupra mediului și a potențialelor soluții de reducere a acestui impact. Promovarea practicilor ecologice și a utilizării sustenabile a substanțelor chimice.
Limba și literatura română	Comunicarea rezultatelor. Elaborarea de rapoarte, prezentări și documentații.

Impactul proiectului: La finele proiectului, elevii își vor dezvolta competențe de cercetare, analiză și evaluare a substanțelor chimice și a impactului

acestora, dobândind o înțelegere mai profundă a conceptelor chimice legate de substanțele anorganice din gospodărie, compoziția lor și efectele asupra sănătății și mediului. În plus, vor învăța să identifice alternative mai sigure și sustenabile, promovând utilizarea responsabilă a produselor chimice în viața cotidiană. Activitatea va contribui la formarea unei perspective critice și conștiente asupra rolului chimiei în protejarea mediului și sănătății publice. Elevii își vor dezvolta, de asemenea, abilități de comunicare și colaborare prin prezentarea concluziilor lor în fața colegilor și a comunității. Prin realizarea de materiale educaționale, aceștia vor deveni agenți ai schimbării, promovând practici mai sigure și ecologice. Pe termen lung, proiectul va stimula gândirea științifică și responsabilitatea socială, încurajând implicarea activă în problemele de mediu.

Tabelul 4.14. Criterii de evaluare

	Capacități	***Criterii de evaluare***	***Punctaj***
1.	Cunoaștere	• Identifică și numește corect cel puțin 10 substanțe chimice întâlnite în gospodărie; • Recunosc, denumesc și clasifică substanțele chimice indicate pe eticheta produselor analizate.	• 5 p. • 10 p. • 15 p.
2.	Înțelegere	• Percep și înțeleg semnificația pictogramelor de pe etichetele substanțelor chimice; • Identifică și expun conexiunile interdisciplinare din cadrul proiectului; • Înțeleg impactul substanțelor chimice din gospodărie asupra sănătății și mediului;	• 5 p. • 10 p. • 15 p.
3.	Aplicare	• Organizează conferința școlară în cadrul căreia se vor prezenta cărțile și posterele și se vor disemina pliantele.	• 5 p. • 10 p. • 15 p.

4.	Analiză	• Analizează în profunzime impactul substanțelor chimice asupra mediului, identificând corect cel puțin 3 efecte și riscuri potențiale asupra ecosistemelor.	• 5 p. • 10 p. • 15 p.
5.	Sinteză	• Creează „Cartea substanțelor chimice de acasă”, care include inclusiv compoziție, utilizare și impact, accesibile și bine organizate; • Realizează postere „Chimia în viața de zi cu zi”; • Elaborează pliante informative care furnizează informații utile și sfaturi practice pentru utilizarea sigură a substanțelor chimice din gospodărie; • Elaborează „Trusă de siguranță chimică”.	• 10 p. • 20 p. • 30 p. • 40 p.
6.	Evaluare	• Autoevaluarea muncii elevilor în proiect, cu identificarea punctelor forte și a celor slabe; • Evaluarea impactului proiectului în comunitate și formularea concluziilor cu privire la succesul și nevoile de îmbunătățire ale proiectului.	• 5 p. • 10 p. • 15 p.

Contextul de învățare STE(A)M

Știință: Proiectul se bazează pe fundamentele chimiei, implică cercetarea și înțelegerea substanțelor anorganice, compoziția lor și impactul asupra metodelor asupra lor și asupra mediului, oferă educabililor oportunitatea de a explora conceptele și științifice într-un context real. Prin aplicarea metodei investigației științifice, educabilii sunt implicați în formularea ipotezelor, testarea acestora prin experimente și analize rezultate. Astfel, proiectul favorizează gândirea critică, capacitatea de a corela date experimentale și de a tragezii concluzii pertinente.

Tehnologie: În cadrul proiectului, tehnologiile cercetării sunt în gestionarea de date și colectarea informațiilor relevante. De asemenea, tehnologiile sunt prezente la elaborarea materialelor educaționale digitale, crearea prezentărilor, materialelor de comunicare. Utilizarea tehnologiilor moderne în procesul educațional contribuie la formarea competențelor digitale și la optimizarea procesului de învățare. Platformele interactive, simulările virtuale și laboratoarele online facilitează dezvoltarea fenomenelor chimice complexe, oferind oportunități de experimentare în medii sigure.

Inginerie: Elevii creează o „Trusă de siguranță chimică" pentru uz, incluzând etichete de avertizare, soluții ecologice și un ghid pentru gestionarea chimicelor. Activitatea dezvoltă abilități de cercetare și design, sensibilizând elevii în raport cu impactul substanțelor chimice asupra sănătății și mediului.

Arte: Dimensiunea artistică/creativă a proiectului se reliefează la crearea pliantelor, posterelor, broșurilor pentru a prezenta substanțe chimice sau efecte asupra sănătății și mediului. Această componentă nu doar că sprijină comunicarea vizuală a rezultatelor, ci stimulează și creativitatea educabililor, ceea ce este esențial în formularea unor soluții inovatoare la probleme legate de siguranța chimică și protecția mediului.

Matematică: Se integrează în proiectul prin colectarea și analiza datelor legate de poziția chimică sau efectele substanțelor chimice asupra mediului. Integrarea matematicii asigurări o abordare riguroasă a datelor experimentale, contribuind la interpretarea corectă a informațiilor și la dezvoltarea raționamentului logic.

Contextul de învățare STE(A)M permite o abordare integrată a cunoștințelor, dezvoltând competențe esențiale pentru cercetare și inovare. Astfel, prin implementarea acestui proiect, elevii nu doar că dezvoltă cunoștințele domeniului științelor, ci dobândesc și competențe transversale necesare pentru o societate bazată pe cunoaștere și sustenabilitate.

Tabelul 4.15. Model de fișă de monitorizare/Jurnalul proiectului

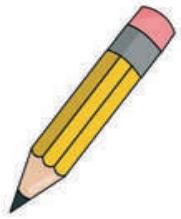
Chimia în viața de zi cu zi

Etapa	Activități desfășurate	Notițe
Informare	*Identificarea și examinarea problemei.* Utilizarea incorectă a substanțelor chimice în gospodărie, adesea datorată lipsei de cunoștințe despre pictograme, etichete și instrucțiuni, conduce la eliminarea inadecvată a deșeurilor chimice, expunând astfel atât sănătatea umană, cât și mediul la potențiale riscuri semnificative, cu impact asupra calității aerului, apei și solului, generând riscuri majore pentru ecosistem.	
	Scopul proiectului: informarea comunității despre utilizarea responsabilă și sigură a substanțelor chimice din gospodărie, reducând impactul negativ asupra sănătății umane și a mediului.	
	Obiectivele: 1. Identificarea și cercetarea compoziției chimice, etichetelor și pictogramelor produselor chimice din gospodărie; 2. Cercetarea interdisciplinară a produselor chimice; 3. Analiza impactului produselor chimice din gospodărie asupra sănătății și mediului; 4. Dezvoltarea abilităților de proiectare și implementare a soluțiilor de siguranță pentru utilizarea responsabilă a substanțelor chimice din gospodărie;	

	5. Realizarea unei cărți sumare cu substanțele chimice din gospodărie; 6. Elaborarea și diseminarea pliantelor informative; 7. Realizarea conferinței școlare cu prezentarea comunicărilor științifice și posterelor „Chimia în viața de zi cu zi”;	
	Sistematizarea și aprofundarea cunoștințelor ce țin de tema proiectului, surse bibliografice • Hartmann, S., & Klaschka, U. (2017). Interested consumers' awareness of harmful chemicals in everyday products. *Environmental Sciences Europe*, *29*, 1-19. • Șaragov, V. (2022). Unele aspecte în predarea impactului poluării asupra sănătății. În *Chimie ecologică și de mediu* (p. 23-23). • Rujavnita, I. (2022). Determinarea calității detergenților, impactul negativ asupra mediului și sănătății umane. În *Chimie ecologică și de mediu* (pp. 21-22). • Lewis, G. R., & Lewis, G. R. (1999). *1001 Chemicals in everyday products*. Wiley. Disponibil: https://shorturl.at/jJOW7 • https://chemicalsinourlife.echa.europa.eu/ro/chemicals-in-cleaning-products • https://apmif.anpm.ro/substante-chimice-periculoase	

	https://dinelli.ru/ro/pedikyur/sredstva-i-veshchestva-bytovoi-himii-primery-novosti-zdorovya-mediciny-i.html	
Planificare	Se propune realizarea unei liste cu cel puțin 10 substanțe chimice ce pot fi întâlnite în gospodărie în funcție de numărul de elevi din clasă. Se cercetează compoziția chimică a substanțelor conform etichetelor și se identifică compușii anorganici, se analizează pictogramele. Se analizează legăturile interdisciplinare din cadrul proiectului. Se studiază literatura de specialitate pentru a identifica impactul acestor produse chimice asupra sănătății și mediului. Se realizează produsele proiectului și se prezentă elaborările în cadrul conferinței finale.	
Decizie	*Repartizarea sarcinilor de lucru* La nivel de clasă se analizează substanțele chimice identificate în gospodărie, se cercetează compoziția chimică a fiecăreia, apoi sunt împărțite pe grupuri de lucru în așa mod, ca substanțele să nu se repete. Respectiv, la nivel de clasă, se formează 3-4 grupuri de lucru. În interiorul grupului se vor identifica elevi responsabili de fiecare sarcină și se va nota în fișa de monitorizare responsabilul și sarcina pe care o are, la etapa de decizie.	
Implementare	Pe parcursul realizării proiectului sunt notate aici toate activitățile realizate de către elevi/grup.	

Control	Periodic, această fișă va fi monitorizată de către profesor pentru a ghida parcursul de cercetare al proiectului.	
Evaluare	Evaluarea proiectului se va realiza în cadrul conferinței școlare, unde vor fi prezentate rezultatele finale, cărțile, pliantele, posterele, trusa de siguranță chimică și comunicările științifice.	



Proiect STE(A)M *Călătoria Siliciului în lumea energiei solare*, poate fi propus elevilor din clasa IX, X-a, unde se studiază *Nemetalele* sau poate fi propus ca proiect complex în cadrul ariei curriculare „Matematică și Știință".

Proiectul se planifică pentru întreg semestrul. *Profesorul de chimie*, coordonatorul proiectului, este responsabil ca elevii să cunoască procesele chimice implicate în obținerea și purificarea siliciului din nisip, va coordona experimentele și demonstrațiile practice legate de chimie și va evalua înțelegerea elevilor în acest domeniu. *Profesorul de fizică* le va explica elevilor modul de funcționare a panourilor fotovoltaice și modul în care energia solară este transformată în electricitate. De asemenea, va coordona experimentele legate de fizica solară. *Profesorul de matematică* va oferi sprijin în calcularea eficienței panourilor fotovoltaice și a producției de energie electrică, ajutând elevii să înțeleagă conceptele matematice din cadrul proiectului.

***Argumentul proiectului**:* Într-o lume în continuă schimbare, în care resursele naturale sunt epuizate rapid, energia solară se dezvoltă ca o soluție inteligentă și ecologică pentru nevoile noastre energetice. Și totul începe cu ceva obișnuit precum nisipul. Imaginează-ți posibilitatea de a transforma un material banal, ca nisipul, într-o sursă de energie inepuizabilă. Fiecare particulă de nisip poate deveni o treaptă în direcția unui viitor mai sustenabil, mai curat

și mai ecologic. În lumina cunoașterii științifice, nisipul nu este doar un grăunte de siliciu, ci și o comoară de resurse. Ceea ce începe ca o aparentă simplă aglomerare de particule devine elementul-cheie pentru panourile fotovoltaice, care au puterea de a schimba lumea. Înțelegând acest proces științific complex, vă deschideți ușa către o lume de posibilități și impact asupra mediului înconjurător.

Scopul proiectului rezidă în înțelegerea profundă a modului în care siliciul este obținut din nisip și transformat în materiale pentru panouri solare, și, în același timp, înțelegerea importanței materiilor prime naturale în producerea energiei solare și promovarea utilizării energiei solare ca sursă de energie curată.

Obiective:

- Înțelegerea chimiei și tehnologiei din spatele producției de panouri fotovoltaice din materiale pe bază de siliciu.
- Organizarea evenimentelor educaționale sau prezentări publice pentru a informa oamenii despre avantajele energiei solare.
- Dezvoltarea ideilor creative și inovatoare pentru utilizarea eficientă a energiei solare în școală și în comunitate.
- Dezvoltarea planurilor concrete pentru instalarea panourilor fotovoltaice în școală sau în comunitatea noastră.

Tabelul 4.16. Legăturile interdisciplinare în cadrul proiectului *Călătoria Siliciului în lumea energiei solare*

Disciplina	***Conținut, corelații***
Chimie	Cercetarea proceselor chimice implicate în obținerea și purificarea siliciului. Studiul structurii chimice a siliciului și a materialelor utilizate în fabricarea panourilor fotovoltaice.

Matematică	Calcularea eficienței panourilor fotovoltaice și a producției de energie electrică în funcție de unghiul de incidență al razelor solare.
Fizică	Studiul mecanismului funcționării panourilor fotovoltaice și a conversiei energiei solare în electricitate. Înțelegerea radiației solare și a fenomenelor legate de lumina solară.
Geografie	Analiza locațiilor potențiale pentru instalarea panourilor fotovoltaice și evaluarea potențialului de energie solară în diferite regiuni geografice.
Istorie	Explorarea istoriei dezvoltării tehnologiei fotovoltaice și a contribuțiilor notabile în acest domeniu.
Educație economică și antreprenorială	Evaluarea costurilor și beneficiilor instalării sistemelor de energie solară. Studiul impactului economic al trecerii la surse de energie regenerabilă.
Educație ecologică	Dezbateri despre impactul asupra mediului al diferitelor surse de energie și importanța utilizării energiei solare în reducerea amprentei ecologice. Promovarea conștientizării importanței energiei regenerabile în protejarea mediului înconjurător.
Limba și literatura română	Dezvoltarea abilităților de comunicare și prezentare pentru a transmite informații clare și concise despre subiect.

Produsele proiectului:

- Prezentare cu informații detaliate despre procesul de fabricare a panourilor fotovoltaice în cadrul unei manifestări extrașcolare, spre exemplu, cerc de chimie, conferință școlară.

- Postere sau pliante pentru a ilustra importanța siliciului în procesul de fabricare a panourilor fotovoltaice.
- Construcția unui mic generator de energie solară pe bază de nisip.
- Materiale didactice pentru a facilita învățarea, cum ar fi prezentări PowerPoint sau broșuri informative.

Impactul proiectului: Acest proiect oferă elevilor oportunitatea de a înțelege în profunzime procesul chimic de obținere a siliciului din nisip și tranziția acestuia în cristale de siliciu folosite în panourile solare. Elevii vor explora reacțiile chimice și schimbările de stare care au loc în acest proces. Nisipul (dioxid de siliciu, SiO_2), principala materie primă, este transformat în siliciu printr-un proces industrial ce implică reducția sa cu carbon la temperaturi de aproximativ 2000°C, generând siliciu și monoxid de carbon:

$$SiO_2 + 2C \rightarrow Si + 2CO$$

După obținerea siliciului brut, acesta este rafinat pentru a ajunge la o puritate înaltă, esențială pentru aplicațiile fotovoltaice. Printre metodele de purificare se numără procesul Siemens și metoda Czochralski, în care siliciul este transformat chimic și recristalizat pentru a forma siliciu monocristalin sau policristalin. Elevii vor înțelege astfel etapele-cheie care asigură calitatea materialului utilizat în celulele solare.

Structura cristalină a siliciului, caracterizată printr-o rețea cubică cu fețe centrate, determină proprietățile semiconductoare ale acestuia. Electronii din atomii de siliciu pot fi excitați din banda de valență în banda de conducție atunci când absorb energia luminii solare – fenomen fundamental pentru funcționarea panourilor fotovoltaice. Elevii vor explora cum stratul de siliciu dopat (cu elemente precum fosforul sau borul) creează un câmp electric intern, separând electronii și lacunele pentru a genera curent electric prin efectul fotovoltaic. Elevii vor face conexiuni între structura chimică a siliciului și modul în care aceasta influențează eficiența energetică a panourilor solare. Vor analiza

diferențele între utilizarea siliciului monocristalin, care oferă o eficiență mai mare, dar costuri mai ridicate și a celui policristalin – mai accesibil, dar cu o eficiență ușor redusă.

Acest proiect le oferă elevilor șansa de a înțelege procesul chimic din spatele energiei solare, de a deveni mai conștienți de rolul esențial al chimiei în dezvoltarea surselor de energie regenerabilă și de a învăța despre impactul ecologic al optimizării acestor procese. Astfel, se promovează un mod de gândire orientat spre sustenabilitate, inovație și utilizarea responsabilă a resurselor.

Tabelul 4.17. Criterii de evaluare

	Capacități	**Criterii de evaluare**	**Punctaj**
1.	Cunoaștere	• Identificarea materiilor prime necesare pentru producerea panourilor fotovoltaice. • Descrierea etapelor procesului de obținere a siliciului din nisip. • Categorizarea diferitelor tipuri de panouri solare utilizate în funcție de materialul lor de bază.	• 5 p. • 10 p. • 15 p.
2.	Înțelegere	• Explicarea relației dintre nisip și siliciul utilizat în fabricarea panourilor solare. • Interpretarea funcționării panourilor solare și a modului în care transformă lumina solară în energie electrică. • Compararea beneficiilor și dezavantajelor utilizării energiei solare în comparație cu sursele de energie tradiționale.	• 5 p. • 10 p. • 15 p.

3.	Aplicare	• Demonstrarea modului în care siliciul poate fi obținut din nisip. • Propunerea unui proiect simplu de instalare a unui sistem de energie solară într-un mediu specific. • Utilizarea cunoștințelor dobândite pentru a evalua fezabilitatea utilizării energiei solare într-o anumită locație.	• 5 p. • 10 p. • 15 p.
4.	Analiză	• Identificarea problemelor sau provocărilor legate de procesul de obținere a siliciului din nisip și de producția panourilor solare. • Analizarea impactului utilizării energiei solare asupra mediului și economiei. • Compararea diferitelor metode de producere a panourilor solare și a impactului lor asupra eficienței.	• 5 p. • 10 p. • 15 p.
5.	Sinteză	• Dezvoltarea unui model conceptual care explică în mod clar procesul de fabricare a panourilor solare din siliciu. • Crearea unui plan detaliat pentru instalarea unui sistem de energie solară într-un loc specific, luând în considerare toate aspectele tehnice și financiare. • Propunerea de inovații sau îmbunătățiri ale tehnologiei solare actuale.	• 10 p. • 20 p. • 30 p.
6.	Evaluare	• Evaluarea avantajelor și dezavantajelor utilizării energiei solare în contextul unei analize critice.	• 5 p. • 10 p. • 15 p.

		• Argumentarea unei opinii cu privire la rolul pe care energia solară ar trebui să-l joace în viitorul producției de energie. • Evaluarea reciprocă a proiectelor în cadrul clasei în funcție de fezabilitate și eficiență.	

Contextul de învățare STE(A)M

Știință: Explorarea proceselor științifice implicate în obținerea și prelucrarea siliciului din nisip, evidențiind aspectele chimice, fizice și ecologice. Cercetarea proceselor de conversie a energiei solare în electricitate. Explorarea radiației solare și a fenomenelor legate de lumina solară.

Tehnologiile sunt utilizate la explicarea modului de funcționare a panourilor solare și modul în care acestea transformă lumina solară în energie electrică. De asemenea, se vor analiza și tehnologiile utilizate în fabricarea și instalarea panourilor solare.

Inginerie: se vor analiza procesele ce stau la baza producției de energie solară. Se vor explora procesele de purificare a siliciului.

Artele pot fi integrate în proiect prin intermediul prezentării creative a informațiilor, cum ar fi realizarea de afișe sau pliante. De asemenea, elevii pot explora aspectele estetice ale panourilor solare și a arhitecturii solare.

Matematica – în cadrul proiectului sunt utilizate conceptele matematice la calcularea eficienței panourilor solare și a producției de energie electrică în diferite condiții.

Pentru a consolida învățarea, elevii vor avea ocazia să realizeze machete sau prototipuri de panouri solare, aplicând cunoștințele dobândite în mod practic. Aceste activități vor facilita înțelegerea proceselor tehnologice și ingineriei din spatele energiei solare, oferindu-le o perspectivă concretă asupra aplicabilității științei în viața reală. Astfel, proiectul va îmbina teoria cu practica, stimulând creativitatea și gândirea critică a elevilor.

Tabelul 4.18. Model de fișă de monitorizare /Jurnalul proiectului

Etapa	Acțiuni / activități desfășurate	Modalități de realizare	Responsabil
De documentare	**1. Identificarea și examinarea problemei** (săptămâna 1)		
	Problema identificată Lipsa de conștientizare și înțelegere a proceselor chimice și tehnologice implicate în producția de energie solară și a impactului acesteia asupra mediului și societății	Asalt de idei, discuții	Lider de grup/ profesor de chimie
	2. Formularea scopului, obiectivelor, repartizarea sarcinilor de lucru în cadrul proiectului (săptămâna 1)		
	Scopul este de a înțelege, promova și contribui la conștientizarea implementării energiei solare ca sursă durabilă de electricitate în comunitatea noastră și la nivel global. **Obiectivele:** • Înțelegerea chimiei și tehnologiei din spatele producției de panouri fotovoltaice din materiale pe bază de siliciu. • Organizarea evenimentelor educaționale sau prezentări publice pentru a informa oamenii despre avantajele energiei solare. • Dezvoltarea ideilor creative și inovatoare pentru utilizarea eficientă a energiei solare în școală și în comunitate.	Asalt de idei, discuții	Lider de grup/ profesorii coordona-tori

	• Dezvoltarea planurilor concrete pentru instalarea panourilor fotovoltaice în școală sau în comunitatea noastră.		
De informare	**3. Sistematizarea și aprofundarea cunoștințelor ce țin de tema proiectului. Surse bibliografice** (săptămâna 2-3)		
	• Planul Național Integrat în domeniul Energiei și Schimbărilor Climatice 2021-2030, disponibil online: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-04/ro_final_necp_main_ro_0.pdf • https://free-energy-monitor.com/index.php/energy/fotovoltaice • BOSTAN, I., DULGHERU, V., DICUSARĂ, I., & COZMA, I. (2012). Energia solară și sistemele fotovoltaice de conversie cu eficiență sporită. În: Energetica Moldovei. Aspecte regionale de dezvoltare, pp. 507-511. • CVASVITCHI, C., & MUNTEANU, T. (2014). Energia solară – sursă energetică regenerabilă. În: Conferinţa Tehnico-Ştiinţifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor şi Studenţilor. Vol. 3, pp. 437-440. • EVTODIENCO, Carolina. Energia alternativă şi rolul chimiei. În: *Chimia ecologică şi a mediului*, Ed. 20, 22 noiembrie 2022, Chisinau. Chişinău: CEP USM, 2022, Ediția 20, R, pp. 32-33.	Cercetare științifică, analiza surselor de specialitate	Membrii grupului, profesorii coordonatori

	• GROSU, C. (2022). Metode alternative de energie – energia verde în contextul crizei energetice din R. Moldova. În: *Chimia ecologică şi a mediului,* pp. 39-41.		
De implementare	**4. Identificarea sarcinilor de lucru, realizarea produselor** (săptămâna 4-8)		
	Identificarea materiilor prime necesare pentru producerea panourilor solare; Evidențierea etapelor procesului de obținere a siliciului din nisip; Cercetarea și clasificarea panourilor solare, cum ar fi panouri monocristaline, policristaline și cu film subțire, descrierea lor; Explicarea procesului chimic de transformare a nisipului în siliciu pur și modul în care acesta este utilizat în panourile solare; Utilizarea unor tehnici sau experimente simple pentru a arăta procesul de obținere a siliciului din nisip; Elaborarea posterelor care ilustrează modul în care funcționează panourile solare pentru a transforma energia solară în electricitate; Elaborarea unui plan de instalare a unui sistem de conversie a energiei solare într-o locație specifică, inclusiv lista de materiale și bugetul estimativ;	Discuții de grup, analiza și sinteza informați-ilor	Lider de grup, membrii grupului, profesorii coordona-tori

	Dezbateri de grup, avantajele și dezavantajele energiei solare în comparație cu sursele de energie tradițională.		
De prezentare / evaluare	**6. Prezentarea și evaluarea proiectului** (săptămâna 9-10)		
	Această etapă ar trebui să ofere o oportunitate pentru elevi să-și demonstreze cunoștințele, să împărtășească rezultatele și să sublinieze impactul proiectului lor asupra comunității. În cadrul conferinței școlare se vor prezenta toate produsele proiectului care derivă din obiectivele proiectului și sarcinile de lucru.	Membrii grupului/ profesorii coordona-tori	



Sarcini de lucru

1. Identifică principalele componente ale abordării STE(A)M în învățarea bazată pe proiecte (PBL) și compară această abordare cu metodele educaționale tradiționale.
2. Analizează modul în care abordarea STE(A)M contribuie la dezvoltarea abilităților de rezolvare a problemelor, gândirea critică și creativitatea elevilor și identificarea modalităților prin care aceste competențe pot fi evaluate.
3. Examinează legăturile interdisciplinare dintre domeniile STE(A)M într-o problemă specifică și argumentează importanța integrării acestor elemente într-un proiect.
4. Creează o listă de „obiective specifice” pentru un proiect STE(A)M imaginat, asigurându-vă că acestea sunt măsurabile și relevante pentru rezultatele așteptate.
5. Identifică câteva moduri de măsurare a „impactului proiectului” asupra elevilor și a comunității și argumentează de ce este important să se evalueze acest impact.

4.4. Activități experimentale bazate pe concepția STE(A)M

În ultimii ani, educația a cunoscut o tranziție semnificativă de la metodele tradiționale de predare la abordări interdisciplinare și practice, iar concepția STE(A)M a devenit un pilon central în acest proces. Educația STE(A)M se concentrează pe integrarea științei, tehnologiei, ingineriei, artelor și matematicii, oferind elevilor oportunități de a explora probleme reale și de a-și dezvolta competențele necesare în lumea modernă [9]. Conceptul STE(A)M nu se limitează doar la acumularea de cunoștințe teoretice, ci și la dezvoltarea abilităților practice și de gândire critică precum rezolvarea problemelor, identificarea soluțiilor eficiente, creativitatea, colaborarea [1]. Pe lângă integrarea disciplinelor, esența educației STE(A)M constă în aplicarea cunoștințelor într-un cadru practic și experimental, care are scopul de a face învățarea relevantă și atractivă pentru elevi. În plus, activitățile experimentale joacă un rol esențial în formarea competențelor funcționale la educabili, permițând elevilor să aplice concepte teoretice într-un mod practic și să-și dezvolte abilități cognitive și practice esențiale [3].

Activitățile experimentale sunt de o importanță fundamentală în cadrul educației STE(A)M, deoarece oferă elevilor ocazia să aplice cunoștințele teoretice în situații practice, consolidându-și astfel înțelegerea conceptelor studiate. Studiile arată că învățarea prin experimentare contribuie la o mai bună reținere a informațiilor și la dezvoltarea gândirii logice, a abilităților de rezolvare a problemelor și a creativității [11]. Lucrând în echipe pentru a rezolva probleme complexe, elevii își perfecționează capacitatea de a colabora eficient în rezolvare problemelor cu diferit grad de dificultate – o competență esențială în societatea modernă, dar mai ales pentru viitor.

Formarea personalității elevilor prin activități experimentale STE(A)M nu doar că îmbunătățește competențele lor tehnice, dar și exercită un impact profund asupra dezvoltării lor cognitive și socio-emoționale. Participarea activă în aceste

proiecte îi pregătește pentru viitoarele provocări profesionale și personale. Activitățile experimentale bazate pe proiecte dezvoltă abilități de colaborare, comunicare și leadership, pregătindu-i pe elevi pentru un mediu de lucru modern și de perspectivă, în care activitatea în echipă este esențială pentru realizarea sarcinilor complexe [2]. Un alt avantaj al acestei metode este că elevii sunt mai motivați și implicați activ în procesul de învățare. Integrarea unor provocări reale și a unor soluții practice face învățarea mai atractivă, utilă și relevantă pentru elevi. De asemenea, elevii încep să perceapă învățarea ca pe un proces dinamic și interactiv, cu aplicabilitate imediată în viața reală, fapt care contribuie la creșterea satisfacției și motivației lor [8].

Pentru a ilustra eficiența și relevanța educației STE(A)M în dezvoltarea elevilor, este esențial să vedem cum teoriile și conceptele prezentate se aplică concret în cadrul unor activități experimentale. Aceste experimente oferă o înțelegere profundă a fenomenelor științifice și tehnologice și integrează elemente de creativitate și gândire critică, susținând o învățare holistică. Prin participarea la activități hands-on, elevii își dezvoltă abilitățile într-o manieră colaborativă și practică, având ocazia să vadă imediat impactul muncii lor. Iată câteva exemple de experimente care demonstrează modul în care educația STE(A)M integrează știința, tehnologia, ingineria, arta și matematica într-un mod atractiv și aplicabil.



Experiment: ***Fabricarea săpunului prin saponificare*** **–** un experiment care combină conceptele de chimie și artă prin crearea unui produs eco-friendly personalizat.

- **Problema**: Conștientizarea utilizării substanțelor chimice de zi cu zi și dezvoltarea soluțiilor eco-friendly pentru igienă.
- **Obiectiv**: Înțelegerea procesului chimic de saponificare și crearea săpunului personalizat din ingrediente naturale.

- **Etape**:
  1. Elevii se familiarizează cu conceptele de reacție de saponificare și chimia acizilor grași.
  2. Se oferă elevilor grăsimi (uleiuri vegetale) și baze (hidroxid de sodiu).
  3. Elevii realizează reacția de saponificare, respectând normele de siguranță.
  4. Elevii personalizează produsul, adăugând culori și forme artistice.
  5. Elevii generează idei despre impactul ecologic al produselor de igienă și alternative sustenabile.

Context STE(A)M: Chimie (reacția de saponificare), tehnologie (procesarea săpunului), inginerie (proiectarea unui produs funcțional) și artă (crearea unui design estetic).



Experiment: ***Crearea unui baterii de lămâie*** **–** o explorare a surselor alternative de energie prin intermediul principiilor electrochimiei.

- **Problema**: Explorarea surselor alternative de energie și principiile electrochimice.
- **Obiectiv**: Construirea unei baterii folosind lămâi și înțeleagerea procesului de conversie chimică în energie electrică.
- **Etape**:
  1. Se analizează principiile electrochimiei și cum funcționează o celulă galvanică.
  2. Elevii folosesc lămâi, electrozi de cupru și zinc pentru a crea o baterie.
  3. Măsoară tensiunea produsă și discută despre reacția electrochimică din lămâie.
  4. Conectează bateriile cu lămâie în serie pentru a obține suficientă tensiune pentru a aprinde un LED.

5. Elevii dezvoltă o prezentare vizuală, care să explice procesul chimic și cum poate fi aplicat în viața reală.

Context STE(A)M: Chimie (reacția redox), inginerie (crearea circuitului), tehnologie (aprinderea LED-ului) și artă (crearea prezentării vizuale).



Experiment: ***Fabricarea vopselelor naturale*** – un proiect interdisciplinar, care implică chimia pigmenților naturali și creativitatea artistică.

- **Problema**: Explorarea surselor sustenabile de coloranți și chimia pigmenților naturali.
- **Obiectiv**: Extragerea de pigmenți din surse naturale și crearea de vopsele personalizate, înțelegând procesele chimice implicate.
- **Etape**:
  1. Se explică elevilor conceptul de pigmenți naturali și unde se întâlnesc (plante, fructe, legume).
  2. Elevii aleg materiale pentru extracție, cum ar fi sfecla roșie, spanacul, afinele sau turmericul.
  3. Folosind metode simple de extracție, cum ar fi fierberea sau macerarea, elevii obțin pigmenții.
  4. Pigmenții sunt amestecați cu agenți de legare (ulei sau apă) pentru a crea vopsele.
  5. Elevii folosesc vopselele pentru a crea lucrări de artă și discută despre impactul ecologic al coloranților sintetici versus cei naturali.

Context STE(A)M: Chimie (extracția pigmenților), tehnologie (producerea vopselei), artă (crearea lucrărilor), inginerie (optimizarea procesului de extracție).



Experiment: ***Simularea efectului de seră în miniatură*** – un experiment menit să explice schimbările climatice și impactul gazelor cu efect de seră.

- **Problema**: Înțelegerea schimbărilor climatice și efectelor chimice ale emisiilor de CO_2 asupra atmosferei.
- **Obiectiv**: Construirea unei mini-sere pentru a demonstra efectul de seră și impactul emisiilor de gaze.
- **Etape**:
  1. Se explică elevilor conceptele de efect de seră și schimbări climatice.
  2. Elevii construiesc o mini-seră folosind borcane, apă și diferite materiale, care imită condițiile atmosferice (CO_2 generat prin reacții chimice).
  3. Măsoară variația temperaturii în interiorul mini-serei și compară datele obținute cu temperatura din mediul extern.
  4. Discută despre rolul chimic al gazelor cu efect de seră și cum influențează clima.
  5. Elevii creează afișe sau prezentări, care explică cauzele și efectele schimbărilor climatice, integrând soluții posibile.

Context STE(A)M: Chimie (producerea și măsurarea CO_2), inginerie (construcția mini-serei), tehnologie (măsurarea temperaturii), artă (crearea afișelor).



Experiment: ***Producerea bioplasticului din amidon*** – un exemplu de abordare sustenabilă a problemei poluării cu plastic, integrând chimia polimerilor și tehnologia.

- **Problema:** Poluarea cu plastic și dezvoltarea unor materiale sustenabile.
- **Obiectiv:** Crearea de bioplastic folosind amidon și explorarea de alternative ecologice la plasticul tradițional.
- **Etape:**
  1. Se explică elevilor conceptele de polimeri și plastic, se analizează impactul plasticului asupra mediului.
  2. Elevii prepară o soluție de amidon, apă, oțet și glicerină pentru a crea bioplastic.
  3. Se încălzește soluția până se formează o pastă vâscoasă, care este apoi modelată și lăsată să se întărească.
  4. După uscare, bioplasticul este evaluat pentru rezistență și flexibilitate în comparație cu plasticul tradițional.
  5. Elevii discută despre posibile aplicații ale bioplasticului și efectele pozitive asupra mediului.

Context STE(A)M: Chimie (obținerea polimerilor), inginerie (producerea și testarea materialului), tehnologie (procesarea bioplasticului), artă (modelarea bioplasticului).



Experiment: ***Fabricarea unui extinctor de casă*** – o explorare a reacțiilor acido-bazice pentru siguranța împotriva incendiilor.

- **Problema**: Siguranța la incendiu este esențială, iar cunoașterea modului în care reacțiile chimice pot fi utilizate pentru a stinge flăcările este o abilitate valoroasă. Elevii vor învăța cum pot crea un extinctor simplu folosind reacții acido-bazice.

- **Obiectiv**: Construirea unui extinctor de casă folosind materiale accesibile și înțeleagerea reacțiilor chimice de neutralizare prin care se elimină oxigenul necesar arderii.
- **Etape**:
  1. Se discută despre reacțiile acido-bazice și cum producerea dioxidului de carbon poate sufoca focul.
  2. Elevii combină bicarbonat de sodiu și oțet într-un recipient etanș pentru a produce CO_2.
  3. Demonstrează cum gazul eliberat stinge o flacără mică (ex: o lumânare aprinsă).
  4. Elevii discută despre aplicațiile reale ale extinctorului și siguranța în caz de incendiu.
  5. Creează un proiect vizual despre mecanismele de siguranță în caz de incendiu și cum sunt folosite reacțiile chimice în viața de zi cu zi.

Context STE(A)M: Chimie (reacțiile acido-bazice și producerea CO_2), inginerie (construirea extinctorului), tehnologie (testarea eficienței extinctorului) și artă (crearea unui proiect vizual educativ).



Experiment: ***Crearea unui filtru de apă din materiale naturale*** – o explorare a purificării apei prin metode sustenabile.

- **Problema**: Poluarea apei și accesul limitat la apă potabilă sunt provocări globale majore. Elevii vor învăța cum să folosească materiale naturale pentru a construi un filtru de apă eficient, înțelegând procesele implicate în purificarea apei.

- **Obiectiv**: Construirea unui filtru de apă folosind nisip, pietriș, cărbune activ și bumbac și înțeleagerea modulului în care aceste materiale ajută la filtrarea impurităților din apă.
- **Etape**:
  1. A explica elevilor principiile filtrării și a discuta despre tipurile de impurități care se pot găsi în apa murdară (particule solide, contaminanți chimici, bacterii).
  2. Elevii selectează și asamblează din materialele naturale (nisip, pietriș, cărbune activ, bumbac) într-un recipient un filtru stratificat.
  3. Testarea eficienței filtrului turnând apă murdară și observând claritatea apei rezultate.
  4. Analizează calitatea apei filtrate folosind criterii precum miros, culoare și claritate.
  5. Relatează despre avantajele și dezavantajele utilizării materialelor naturale pentru filtrare, precum și despre impactul asupra mediului.
  6. Elevii redactează un raport detaliat despre eficiența filtrului, integrând soluții sustenabile pentru purificarea apei în comunități fără acces la tehnologie modernă.

Context STE(A)M: Chimie (adsorbția și filtrarea impurităților), inginerie (construcția și optimizarea filtrului), tehnologie (analiza calității apei) și artă (designul creativ și funcțional al filtrului).



Experiment: ***Detectarea acidității cu ajutorul indicatorilor naturali*** **–** o explorare a pH-ului și aplicațiilor sale ecologice și alimentare.

- **Problema**: Înțelegerea pH-ului este importantă în diverse domenii, cum ar fi alimentația, ecologia și chimia. Elevii vor explora utilizarea pigmenților naturali pentru a detecta aciditatea și bazicitatea soluțiilor casnice.
- **Obiectiv**: Folosirea de indicatori naturali extrași din varză roșie pentru a detecta pH-ul unor soluții casnice și înțelegerea cum acest experiment poate fi aplicat în viața de zi cu zi.
- **Etape**:
  1. Se explică elevilor conceptul de pH și cum indicatorii chimici ajută la determinarea acidității și bazicității substanțelor.
  2. Elevii extrag pigmenți din varză roșie, obținând o soluție de indicator natural.
  3. Elevii testează diferite soluții casnice, cum ar fi sucul de lămâie, bicarbonatul și oțetul, observând schimbările de culoare care indică valoarea pH-ului.
  4. Se analizează potențialul de aplicare a acestui experiment în testarea pH-ului solului, alimentelor sau a altor substanțe din mediul înconjurător.
  5. Elevii creează un raport științific, ilustrând diferitele niveluri de pH și impactul acestora asupra mediului sau alimentației.

Context STE(A)M: Chimie (studiul pH-ului și al indicatorilor naturali), tehnologie (măsurarea acidității și bazicității), ecologie (impactul pH-ului asupra mediului și solului) și artă (crearea unui raport vizual pentru reprezentarea rezultatelor).



Experiment: ***Producerea cristalelor de sare*** – o explorare a procesului de cristalizare și a aplicațiilor sale industriale.

- **Problema**: Procesul de cristalizare are aplicații largi în industrie, de la fabricarea zahărului până la producția de bijuterii. Elevii vor învăța cum să producă cristale de sare și să înțeleagă mecanismele chimice din spatele formării acestora.
- **Obiectiv**: Crearea de cristale de sare dintr-o soluție saturată și analiza mecanismelor chimice implicate în formarea acestora, explorând aplicabilitatea cristalizării în industrie.
- **Etape**:
    1. Se explică elevilor conceptul de soluție saturată și explicați modul în care se formează cristalele atunci când apa se evaporă dintr-o soluție saturată.
    2. Elevii dizolvă sare de bucătărie în apă fierbinte, amestecând continuu, până la saturație.
    3. Elevii monitorizează zilnic creșterea cristalelor pe firul suspendat în soluție, observând formarea lor treptată pe parcursul mai multor zile.
    4. Se analizează aplicațiile formării cristalelor în diverse domenii industriale, precum producția de zahăr, sare și obținerea cristalelor sintetice în industria bijuteriilor.
    5. Elevii prezintă rezultatele experimentului, discutând eficiența procesului și explorând modul în care cristalizarea poate fi optimizată pentru aplicații practice.

Context STE(A)M: Chimie (procesele de saturare și cristalizare), inginerie (optimizarea creșterii cristalelor), tehnologie (monitorizarea formării cristalelor) și artă (designul și estetica cristalelor).

Activitățile experimentale descrise în cadrul educației STE(A)M au un rol esențial în dezvoltarea abilităților elevilor, oferindu-le șansa de a înțelege conceptele teoretice prin aplicare practică. Fie că este vorba despre fabricarea săpunului, crearea unei baterii din lămâie sau simularea efectului de seră, elevii

dobândesc nu doar cunoștințe științifice, ci și abilități de colaborare, gândire critică și creativitate. Aceste activități contribuie la formarea unei generații pregătite să abordeze diverse provocări, având la bază soluții sustenabile și inovative. Prin educația STE(A)M, elevii învață să devină buni profesioniști și cetățeni responsabili, capabili să contribuie la dezvoltarea durabilă a societății.



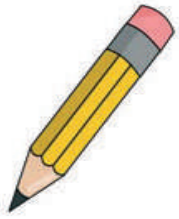
Sarcini de lucru

1. Explică cum activitățile experimentale bazate pe conceptul STE(A)M contribuie la dezvoltarea competențelor cognitive și socio-emoționale ale elevilor.
2. Dedu impactul activităților experimentale STE(A)M asupra motivației și implicării elevilor în procesul de învățare.
3. Analizează modul în care colaborarea în cadrul activităților experimentale STE(A)M influențează dezvoltarea abilităților de rezolvare a problemelor și de leadership.
4. Elaborează un scenariu de activitate experimentală STE(A)M care integrează din știință, elemente, tehnologie, inginerie, artă și matematică, evidențiind obiectivele și creșterea rezultatelor.
5. Evidențiază beneficiile utilizării activităților experimentale STE(A)M în pregătirea elevilor pentru carierele viitorului, oferind exemple relevante.
6. Propune strategii prin care profesorii pot integra activitățile experimentale STE(A)M în curriculumul tradițional, maximizând impactul asupra învățării.

4.5. Activități extracurriculare STE(A)M

Activitățile extracurriculare STE(A)M sunt o modalitate excelentă de a îmbunătăți educația elevilor, dezvoltându-le abilități și cunoștințe în domenii

interdisciplinare. Aceste activități pot varia de la cluburi școlare la ateliere, conferințe, competiții și evenimente speciale și pot fi realizate într-o varietate de contexte, inclusiv școli, biblioteci, muzee, întreprinderi, centre comunitare sau chiar online. Activitățile extracurriculare STE(A)M pot implica experimente practice, proiecte, discuții, explorare de teren, utilizarea tehnologiei și a programelor de calculator, arte vizuale și interpretative, precum și activități interactive. Este important să se țină cont de interesele și pasiunile elevilor pentru a-i motiva și implica în activități.



Cercul de chimie digitală – Chimie 2.0

Cercul de chimie oferă educabililor o experiență holistică de învățare STE(A)M, în care cunoștințele și competențele în știință, tehnologie, inginerie, arte și matematică sunt integrate pentru a promova înțelegerea comprehensivă a chimiei și dezvoltarea competențelor digitale.

Acest model de învățare STE(A)M încurajează gândirea creativă, explorarea interdisciplinară și pregătește elevii pentru cariere și provocări complexe din lumea reală.

Cercul de chimie digitală „Chimie 2.0” are drept scop integrarea tehnologiei digitale, a jocurilor interactive și a inteligenței artificiale în învățarea chimiei pentru a crea o experiență educativă captivantă și interactivă. Scopul general al cercului este de a dezvolta cunoștințe profunde în chimie, abilități digitale și competențe de gândire critică într-un mediu modern și atractiv. Prin abordarea interactivă și prin rezolvarea de probleme chimice complexe, cercul încurajează dezvoltarea gândirii critice și creative în rândul elevilor.

Obiectivele generale ale acestui cerc sunt:

- Explorarea conceptelor chimice prin intermediul tehnologiilor inovative;

- Utilizarea software-ului specializat din domeniul chimiei în explicarea și înțelegerea conceptelor chimice;
- Pregătirea educabililor pentru carierele viitorului și studiile superioare;
- Motivarea pentru învățarea disciplinei de studiu chimia.

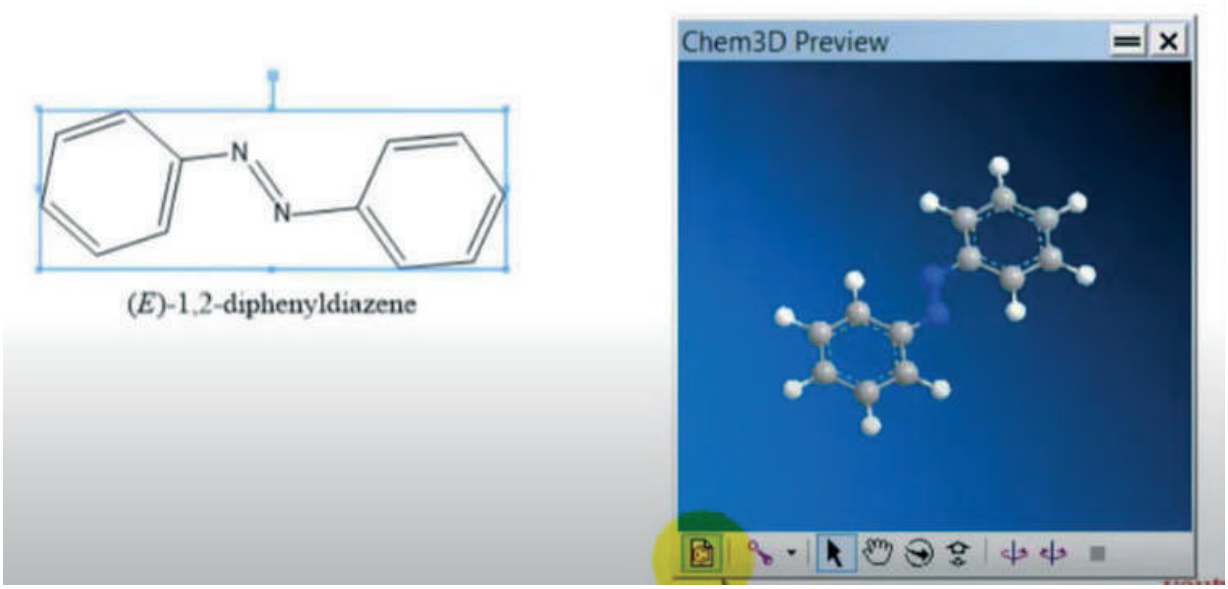


Fig. 4.7. Structura substanței vizualizată prin intermediul softwere-ului ChemBioOffice

Contextul STE(A)M al Cercului de chimie digitală – Chimie 2.0

Știință **–** Activitatea în cadrul cercului se centrează pe principii științifice de bază în chimie, precum și pe metode de cercetare și experimentare care să ofere o înțelegere profundă a disciplinei de studiu chimia.

Tehnologie – În cadrul cercului elevii vor utiliza tehnologiile pentru a explora și a înțelege chimia într-un mod interactiv și captivant. Software specilizat, laboratoarele virtuale, simulările interactive și programele de Inteligență artificială au menirea să dezvolte motivarea pentru instruire și dragostea față de disciplina chimie.

Inginerie – Cercul de chimie va învăța elevii să proiecteze experimente virtuale, pentru a rezolva probleme chimice complexe.

Arte – Deși sfera de activitate a cercului vizează discipline școlare cu profil real, artele vor fi prezente în cadrul cercului prin realizarea proiectelor creative, spre exemplu, crearea vizualizărilor artistice ale moleculelor în format 3D sau pot să-și exprime creativ descoperirile lor în filmulețe sau prezentări.

Matematică – În cadrul cercului de chimie se vor efectua calcule și analize matematice, cum ar fi egalarea ecuațiilor chimice și interpretarea datelor experimentale.

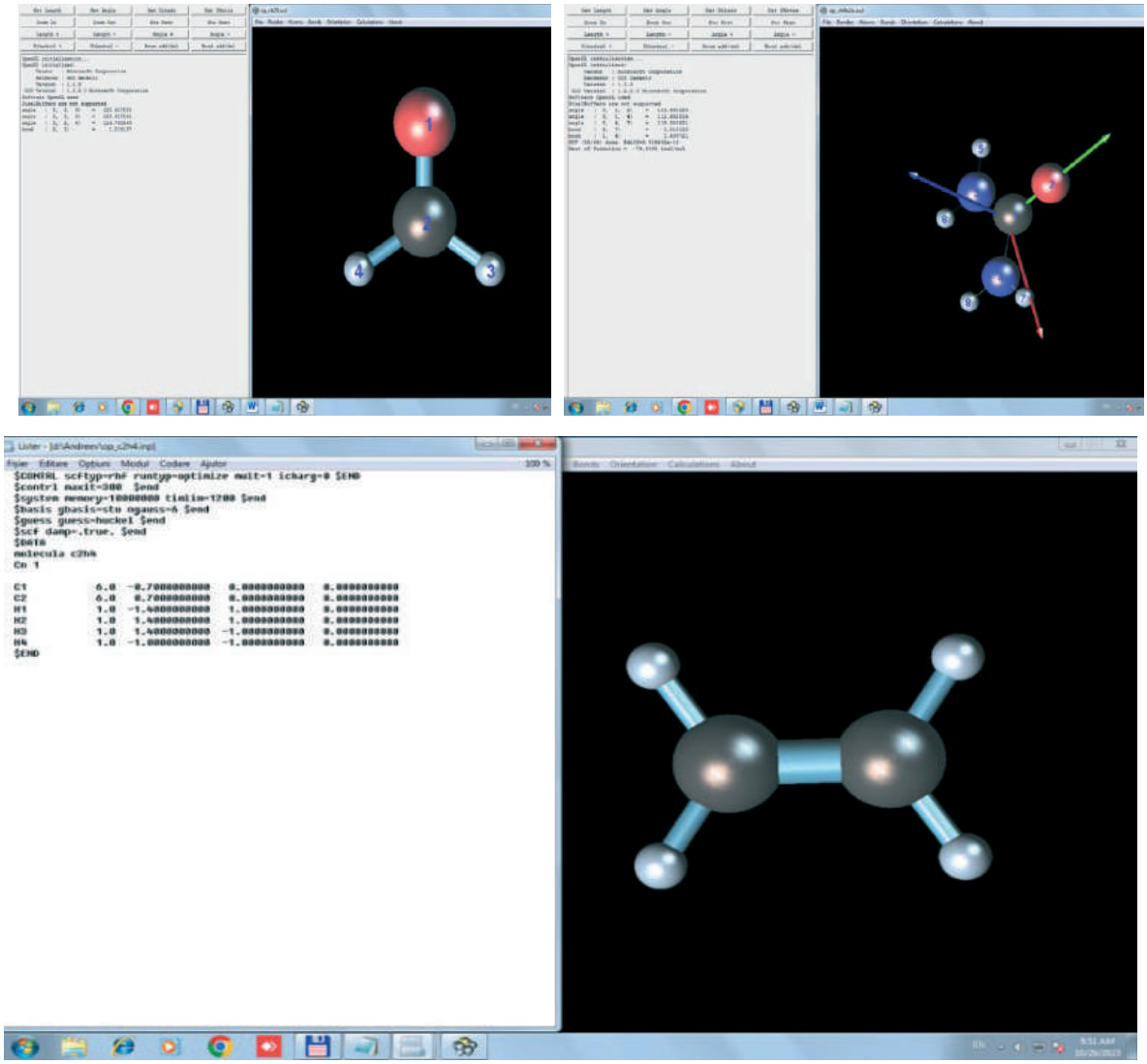


Fig. 4.8. Interfața de lucru al soft-ului

Oportunități de învățare în cadrul Cercului de chimie de chimie digitală

În cadrul cercului de chimie, elevii învață prin intermediul software-ul *ChemBioOffice* să redea moleculele substanțelor și, în același timp, programul oferă opțiunea de a vizualiza structura tridimensională a moleculelor și a analiza în detaliu parametrii geometrici ai moleculei (lungimea de legătură, unghiurile de valență, unghiurile diedrale, etc.) (Figura 4.7).

Un alt program computațional ce poate fi utilizat este sofware-ul *Gammes,* care oferă la fel oportunitatea de a modela formule și a le optimiza din punct de vedere chimic. Lucrul în programă începe cu introducerea datelor elementelor chimice ale formulei prin coordonatele carteziene, care sunt calculate preventiv de către elevi, programul oferă un șir de informații, precum ar fi lungimea legăturii, unghiul dintre atomi etc. (Fig. 4.8).

O altă activitate inovatoare ce poate fi propusă este dezvoltarea și implementarea de programe informatice bazate pe inteligența artificială, cu aplicații practice în chimie. Această direcție contribuie atât la formarea competențelor specifice disciplinei chimie, cât și la dezvoltarea abilităților digitale esențiale pentru viitorul educațional și profesional al elevilor. Spre exemplu, vorbim despre scrierea unui program în Python pentru calculul maselor moleculare ale substanțelor chimice. În acest scop, se pot folosi biblioteci științifice avansate, cum ar fi *NumPy* și *SciPy* care permit manipularea eficientă a datelor, și biblioteca *PeriodicTable* care poate fi integrată pentru a oferi informații despre elementele chimice, cum ar fi masele atomice, simbolurile și numerele atomice, facilitând astfel crearea de scripturi care primesc formule chimice introduse de utilizator și calculând masa moleculară relativă pe baza datelor din tabelulul periodic virtual.Programul poate fi extins pentru a include funcții suplimentare, precum determinarea stării fizice a unei substanțe la diverse temperaturi sau identificarea reacțiilor chimice posibile între elemente, oferind elevilor o înțelegere mai profundă a comportamentului chimic al substanțelor (Fig. 4.9). Pe lângă aceasta, prin integrarea unor biblioteci și resurse precum

Open Babel sau *RDKit*, elevii pot explora structurile moleculare, proprietățile chimice și simulări ale reacțiilor, deschizând drumul către aplicații în chimia computațională. Astfel de activități facilitează înțelegerea conceptelor fundamentale de chimie și introduc elevii în programare și în utilizarea tehnologiilor avansate în științe.

```
import periodictable

def calcul_masa_moleculara(formula_chimica):
    elemente = periodictable.formula(formula_chimica)
    masa_moleculara = elemente.mass
    return masa_moleculara

formula = input("Introduceți formula chimică: ")

try:
    masa_moleculara = calcul_masa_moleculara(formula)
    print(f"Masa moleculară relativă a {formula} este {masa_moleculara} g/mol.")
except periodictable.formulas.FormulaError:
    print("Formula chimică este incorectă. Verificați și încercați din nou.")
```

```
Introduceți formula chimică: HNO3
Masa moleculară relativă a HNO3 este 63.01284 g/mol.
```

```
In [4]: pip install periodictable
```

```
Requirement already satisfied: periodictable in c:\users\chimie\anaconda3\lib\site-packages (1.6.1)
Requirement already satisfied: pyparsing in c:\users\chimie\anaconda3\lib\site-packages (from periodictable) (3.0.9)
Requirement already satisfied: numpy in c:\users\chimie\anaconda3\lib\site-packages (from periodictable) (1.23.5)
Note: you may need to restart the kernel to use updated packages.
```

```
In [1]: import periodictable

def calcul_masa_moleculara(formula_chimica):
    elemente = periodictable.formula(formula_chimica)
    masa_moleculara = elemente.mass
    return masa_moleculara

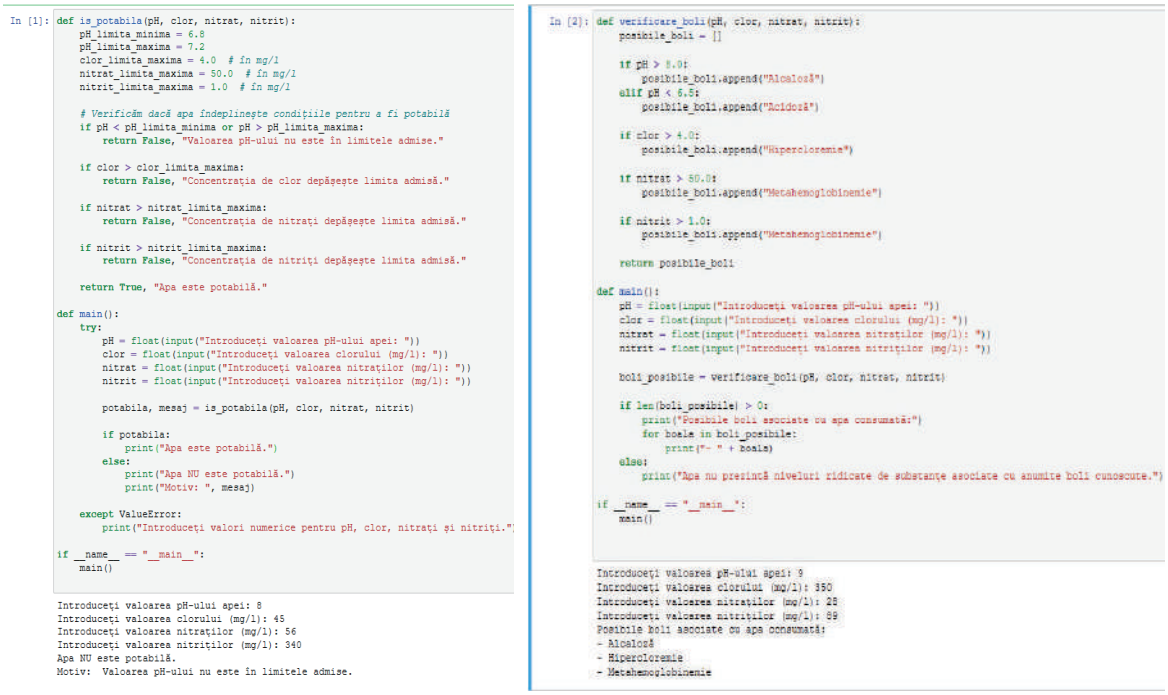
formula = input("Introduceți formula chimică: ")

try:
    masa_moleculara = calcul_masa_moleculara(formula)
    print(f"Masa moleculară relativă a {formula} este {masa_moleculara} g/mol.")
except periodictable.formulas.FormulaError:
    print("Formula chimică este incorectă. Verificați și încercați din nou.")
```

```
Introduceți formula chimică: H2SO4
Masa moleculară relativă a H2SO4 este 98.07848 g/mol.
```

Fig. 4.9. Programul Phyton pentru calculul masei moleculare

Tot din domeniul inteligenței artificiale se propune dezvoltarea unor programe în limbajul *Python* care să prezică calitatea apei pe baza indicilor de calitate introduși de utilizator. Aceste programe oferă, de asemenea, informații generale despre posibilele afecțiuni care pot afecta sănătatea umană în cazul consumului apei respective (Figura 4.10). Pentru realizarea unui astfel de program se pot utiliza biblioteci relevante din domeniul științei datelor și al inteligenței artificiale. Biblioteca *Pandas* este esențială pentru gestionarea și analiza seturilor de date referitoare la calitatea apei, facilitând procesarea eficientă a indicilor introduși. Pentru implementarea algoritmilor de învățare automată care pot clasifica și prezice calitatea apei, *Scikit-learn* oferă instrumente standardizate și ușor de utilizat.



```
In [1]: def is_potabila(pH, clor, nitrat, nitrit):
            pH_limita_minima = 6.8
            pH_limita_maxima = 7.2
            clor_limita_maxima = 4.0  # în mg/l
            nitrat_limita_maxima = 50.0  # în mg/l
            nitrit_limita_maxima = 1.0  # în mg/l

            # Verificăm dacă apa îndeplinește condițiile pentru a fi potabilă
            if pH < pH_limita_minima or pH > pH_limita_maxima:
                return False, "Valoarea pH-ului nu este în limitele admise."

            if clor > clor_limita_maxima:
                return False, "Concentrația de clor depășește limita admisă."

            if nitrat > nitrat_limita_maxima:
                return False, "Concentrația de nitrați depășește limita admisă."

            if nitrit > nitrit_limita_maxima:
                return False, "Concentrația de nitriți depășește limita admisă."

            return True, "Apa este potabilă."

        def main():
            try:
                pH = float(input("Introduceți valoarea pH-ului apei: "))
                clor = float(input("Introduceți valoarea clorului (mg/l): "))
                nitrat = float(input("Introduceți valoarea nitraților (mg/l): "))
                nitrit = float(input("Introduceți valoarea nitriților (mg/l): "))

                potabila, mesaj = is_potabila(pH, clor, nitrat, nitrit)

                if potabila:
                    print("Apa este potabilă.")
                else:
                    print("Apa NU este potabilă.")
                    print("Motiv: ", mesaj)

            except ValueError:
                print("Introduceți valori numerice pentru pH, clor, nitrați și nitriți.")

        if __name__ == "__main__":
            main()

Introduceți valoarea pH-ului apei: 8
Introduceți valoarea clorului (mg/l): 45
Introduceți valoarea nitraților (mg/l): 56
Introduceți valoarea nitriților (mg/l): 340
Apa NU este potabilă.
Motiv:  Valoarea pH-ului nu este în limitele admise.
```

```
In [2]: def verificare_boli(pH, clor, nitrat, nitrit):
            posibile_boli = []

            if pH > 8.0:
                posibile_boli.append("Alcaloză")
            elif pH < 6.5:
                posibile_boli.append("Acidoză")

            if clor > 4.0:
                posibile_boli.append("Hipercloremia")

            if nitrat > 50.0:
                posibile_boli.append("Metahemoglobinemie")

            if nitrit > 1.0:
                posibile_boli.append("Metahemoglobinemie")

            return posibile_boli

        def main():
            pH = float(input("Introduceți valoarea pH-ului apei: "))
            clor = float(input("Introduceți valoarea clorului (mg/l): "))
            nitrat = float(input("Introduceți valoarea nitraților (mg/l): "))
            nitrit = float(input("Introduceți valoarea nitriților (mg/l): "))

            boli_posibile = verificare_boli(pH, clor, nitrat, nitrit)

            if len(boli_posibile) > 0:
                print("Posibile boli asociate cu apa consumată:")
                for boala in boli_posibile:
                    print("- " + boala)
            else:
                print("Apa nu prezintă niveluri ridicate de substanțe asociate cu anumite boli cunoscute.")

        if __name__ == "__main__":
            main()

Introduceți valoarea pH-ului apei: 9
Introduceți valoarea clorului (mg/l): 350
Introduceți valoarea nitraților (mg/l): 28
Introduceți valoarea nitriților (mg/l): 89
Posibile boli asociate cu apa consumată:
- Alcaloză
- Hipercloremie
- Metahemoglobinemie
```

Fig. 4.10. Programele Phyton de determinare a calității apei

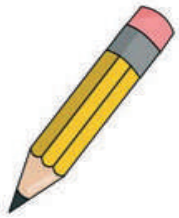
Pentru modelele avansate de inteligență artificială, *TensorFlow* sau *PyTorch* permit construirea și antrenarea unor rețele neuronale care pot spori acuratețea predicțiilor. Vizualizarea datelor și a rezultatelor analizelor este

susținută de bibliotecile *Matplotlib* și *Seaborn*, care oferă instrumente pentru reprezentări grafice, facilitând interpretarea informațiilor de către utilizatori.

Dacă este necesară generarea automată de descrieri cu privire la riscurile pentru sănătate asociate calității apei, se pot integra biblioteci de procesare a limbajului natural, precum *NLTK* (*Natural Language Toolkit*) sau *spaCy*. Acestea permit oferirea de informații suplimentare privind afecțiunile ce pot fi provocate de contaminanții din apă. Prin utilizarea acestor resurse, programul va face posibilă analiza și evaluarea datellor despre calitatea apei într-un mod complet și robust, oferind utilizatorilor atât o evaluare a potabilității, cât și informații relevante pentru prevenirea riscurilor de sănătate.

Integrarea inteligenței artificiale în aceste proiecte le permite elevilor să dezvolte algoritmi capabili să recunoască tipare în datele experimentale sau să optimizeze procesele chimice, deschizând noi perspective pentru învățarea interdisciplinară și stimulând gândirea critică și inovația. Această combinație de cunoștințe teoretice și abilități practice promovează o educație integrată, pregătind elevii să răspundă provocărilor științifice și tehnologice ale viitorului.

De asemenea, în cadrul Cercului de chimie Digitală se pot realiza jocuri interactive online cu specific chimic sau care să prezinte concepte chimice precum *LearningApps, WordWall, Genially*. O altă activitate a cercului de chimie ar viza simulările interactive prin intermediul platformelor *pHet, ChemCollective* și experiențele de laborator prin intermediul platformelor educaționale, precum *Virtual ChemLab, ChemLab Simulator* sau soft-urilor – *CrocodileChemistry, Yenka*. În aceeași ordine de idei, s-ar putea ca elevii să acceseze demonstrațiile științifice ale conceptelor chimice prin intermediul platformei *MozaBook* pentru a înțelege mai bine unele noțiuni și elemente predate în cadrul orelor.



TVC În împărăția chimiei propus spre realizare în cadrul Decadei la Chimie, unde vor participa 2 echipe mixte de elevi clasele 8-12. Juriul va fi reprezentat de către 3 profesori din Aria curriculară Matematică și Științe, preferabil profesorul de biologie, fizică și geografie sau matematică, și doi elevi din clasele absolvente.

Contextul STEAM al TVC „Împărăția chimiei"

Științe **–** activitatea extracurriculară pune accent deosebit pe cunoștințele elevilor din domeniul *chimie*, pe fundamentele teoretice și practice ale acestei discipline.

Tehnologie **–** în cadrul acestei activități, tehnologiile sunt prezentate din umbră la cercetările online ale materiei și modelelor pentru tema de acasă, la proiectarea elementelor de vestimentație, la prezentări și efectele vizuale din timpul activității.

Inginerie **–** în cadrul activității, elevii, realizând tema de acasă, sunt încurajați să proiecteze și să creeze articole vestimentare sau accesorii, ceea ce implică aspecte de inginerie și design.

Artă **–** atelierul practic, dar și defileul de modă sunt în cadrul acestei activități extracurriculare punctele de transfer al creativității în produse originale.

Matematică **–** „Concursul căpitanilor – Duel chimic" implică un aspect matematic, deoarece căpitanii trebuie să scrie formule chimice și să le clasifice corect.

Scenariul activității extracurriculare

Pe fundal, în timp ce prezentatorii vorbesc, un elev demonstrează experimentul „Vulcan chimic la domiciliu" cu dicromat de amoniu și magneziu, iar pe ecran derulează poze cu activitatea elevilor din cadrul orelor de chimie.

Prezentator 1: „Bună ziua și bine v-am găsit stimați oaspeți, dragi profesori și dragi colegi. Ne-am adunat astăzi aici pentru a descoperi minunata lume a

chimiei alături de profesoara de chimie și două echipe dornice să-și împărtășească cunoștințele cu noi.”

Prezentator 2: „După cum bine v-ați dat seama, în școala noastră chimia nu este doar o materie școlară – ea este o experiență fascinantă care integrează știința, tehnologia, inovația, arta și matematica. Elevii noștri nu numai că învață despre elementele chimice, ci și despre cum să le aplice în lumea reală.”

Prezentator 1: „În această zi elevii liceului nostru au hotărât să ne demonstreze că chimia nu este doar o disciplină școlară care implică, ecuații, probleme, calcule, egalări și alte bătăi de cap. Chimia este viața, este tot ce avem în jur.”

Prezentator 2: „Să facem cunoștință cu curajoșii care ne vor demonstra astăzi că chimia poate fi frumoasă!”

Se prezintă echipele, membrii echipelor și căpitanii lor.

Prezentator 1: „Dacă sunteți gata să vă transformați pasiunea pentru știință într-o experiență creativă și inovatoare, alăturați-vă nouă! Să înceapă bătălia! Atenție la ecran, pentru fiecare răspuns corect se oferă câte 10 puncte, iar un răspuns greșit scade 10 puncte și oferă echipei adversare oportunitatea de a răspunde.”

Etapa a I-a, „Întrebări fulger” - https://wordwall.net/resource/62517924

1. Care element chimic este utilizat în bateriile solare pentru a converti lumina solară în energie electrică?
   a) Hidrogen (H)
   b) Oxigen (O)
   c) Siliciu (Si)
   d) Carbon (C)
2. Ce reacție chimică are loc într-un motor cu ardere internă?
   a) Oxidarea
   b) Reducerea

c) Hidrogenarea

d) Descompunerea

3. Ce substanță chimică redă culoarea albastră a cerului?

a) Azot (N_2)

b) Ozon (O_3)

c) Vaporii de apă (H_2O)

d) Dioxid de carbon (CO_2)

4. Care dintre următoarele substanțe nu este un gaz cu efect de seră?

a) Dioxid de carbon (CO_2)

b) Metan (CH_4)

c) Azot (N_2)

d) Vaporii de apă (H_2O)

5. Care este simbolul chimic pentru Mercur?

a) Ag

b) Hg

c) Fe

d) Cu

6. În cadrul cărui proces chimic are loc transformarea sucului de struguri în vin?

a) Fermentație

b) Oxidare

c) Ebuliție

d) Sublimare

7. Ce tip de reacție chimică are loc într-o baterie obișnuită?

a) Redox (oxido-reducere)

b) Reacție de sinteză

c) Reacție de descompunere

d) Reacție de neutralizare

8. Care particulă nu este în nucleul atomic?
   a) Proton
   b) Electron
   c) Neutron
   d) Pozitron
9. În cadrul cărei reacții chimice se produce gaz metan în procesul de digestie la animale?
   a) Oxidare
   b) Reducere
   c) Fermentație
   d) Dezintegrare
10. Ce lege chimică afirmă că în timpul unei reacții chimice, masa totală a reactanților este egală cu masa totală a produselor de reacție?
    a) Legea conservării masei
    b) Legea proporțiilor multiple
    c) Legea lui Avogadro
    d) Legea constanței compoziției

Răspunsurile corecte:

1. c) Siliciu (Si)
2. a) Oxidarea
3. a) Azot (N_2)
4. c) Azot (N_2)
5. b) Hg
6. a) Fermentație
7. a) Redox (oxido-reducere)
8. b) Electron
9. c) Fermentație
10. a) Legea conservării masei

Etapa a II-a: ***Tema pentru acasă „Atelier practic – moda din punct de vedere chimic”***

Scopul activității:

1. Să evidențieze modul în care chimia și reciclarea pot fi combinate pentru a crea modă durabilă și inovatoare.
2. Să promoveze conștientizarea asupra reciclării și a impactului acesteia asupra mediului.

Tema pentru acasă este oferită elevilor din timp ca sarcină de lucru în grup, ei sunt încurajați să caute informații despre modă durabilă și despre cum chimia joacă un rol în dezvoltarea materialelor reciclabile pentru modă. Pot căuta exemple de designeri sau branduri care pun accent pe durabilitate. Participanții sunt încurajați să-și utilizeze imaginația și cunoștințele chimice pentru a proiecta și a crea articole vestimentare sau accesorii folosind materialele reciclabile. De exemplu, pot crea rochii, pantofi, pălării, genți și altele. În timpul TVC va avea loc doar o mică defilare de modă, unde echipele își vor prezenta produsele. Unica limită ar fi ca numărul produselor create să nu depășească numărul membrilor din grup. Evaluarea se va realiza în baza produselor prezentate maxim câte 100 puncte pentru fiecare produs.

În cadrul acestei etape căpitanii echipelor prezintă un discurs despre importanța modei durabile și a reciclării în lumea contemporană, pentru care se acordă maxim 100 de puncte. Evaluarea se face în funcție de corectitudinea și coerența textului, argumentarea științifică.

Etapa a III-a: „Concursul căpitanilor – ***Duel chimic*** **”**

Timp de 5 minute căpitanii echipelor au însărcinarea să scrie cât mai multe formule chimice, să le denumească și să le clasifice, să indice câte un domeniu de utilizare pentru fiecare din ele. În această etapă, pentru fiecare substanță scrisă, denumită și atribuită corect unei clase de compuși cu indicarea unui domeniu de utilizare corect juriul va oferi câte 100 de puncte.

Prezentator 1: „Aici călătoria noastră în lumea magică a chimiei a luat sfârșit și, pentru a oferi un minut de răgaz juriului, invităm experții din cadrul laboratorului de chimie să ne prezinte experimentul distractiv *Spuma arzătoare*. Pentru asta vom avea nevoie de un vas încăpător de sticlă, în care avem apă și adăugăm detergent lichid. Ulterior, cu ajutorul unui balonaș de gaz propan-butan, se formează bule de săpun saturate cu gaz, care la aprinderea cu chibritul va arde. Atenție: acest experiment se realizează neapărat ținând cont de tehnica securității în laboratorul de chimie.”

Profesor: „După o activitate plină de provocări și entuziasm, a venit momentul de a încheia evenimentul. Elevii au demonstrat pasiunea lor pentru chimie, și-au testat cunoștințele și și-au împărtășit creativitatea într-un spirit competitiv și prietenos. Acum este timpul să recunoaștem realizările lor și să sărbătorim participarea lor activă.”

Se oferă cuvânt juriului pentru a anunța rezultatele finale ale concursului.



Sarcini de lucru

1. Explică prin ce mecanisme activitățile extracurriculare STE(A)M pot promova o învățare continuă și pot pregăti elevii pentru provocările tehnologice și științifice ale secolului XXI.
2. Dedu beneficiile pe termen lung ale participării elevilor la activitățile extracurriculare STE(A)M asupra carierei lor și a dezvoltării personale.
3. Analizează modul în care activitățile extracurriculare STE(A)M stimulează creativitatea și gândirea critică la elevi și cum pot contribui la dezvoltarea abilităților lor.
4. Elaborează un plan de lecție pentru o activitate extracurriculară STE(A)M, evidențiind cum aceasta încurajează integrarea științei, tehnologiei, ingineriei, artei și matematicii.

5. Evidențiază rolul activităților extracurriculare STE(A)M în soluționarea provocărilor globale.

Bibliografie:

1. BEERS, S. Z. (2011). 21st Century Skills: Preparing Students for THEIR Future. Bloomington: Solution Tree Press. Disponibil online: https://www.yinghuaacademy.org/wp-content/uploads/2014/10/21st_century_skills.pdf
2. BELL, S. (2010). Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. The Clearing House: In: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas, 83(2), pp. 39-43. DOI: 10.1080/00098650903505415
3. BYBEE, R. W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. In: Technology and Engineering Teacher, 70(1), pp. 30-35.
4. CAZACIOC, N., ȘEREMET, I.S., COROPCEANU, E. (2022). Abordări conceptuale STE(A)M axate pe probleme interdisciplinare. In: Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă, pp. 168-175.
5. COROPCEANU, E., CAZACIOC, N. (2023). Conceptul educaţional STEAM – manifest al transferului tehnologic în educaţie. In: Univers Pedagogic, 79(3), pp. 59-66.
6. HADINUGRAHANINGSIH, T., RAHMAWATI, Y., & RIDWAN, A. (2017). Developing 21st century skills in chemistry classrooms: Opportunities and challenges of STE(A)M integration. In: AIP Conference Proceedings. Vol. 1868, No. 1. AIP Publishing. 030008.
7. HONEY, M., PEARSON, G., & SCHWEINGRUBER, H. A. (EDS.). (2014). STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research. National Academies Press. 180 p. ISBN 978-0-309-29796-7
8. KELLEY, T. R., KNOWLES, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. In: International Journal of STEM Education, 3(1), 11. DOI: 10.1186/s40594-016-0046-z

9. LOYENS, S. M. M., RIKERS, R. M. J. P., SCHMIDT, H. G. (2009). Students' conceptions of constructivist learning: A comparison between a traditional and a problem-based learning curriculum. In: Advances in Health Sciences Education, 14(4), pp. 529-545. DOI: 10.1007/s10459-006-9015-5
10. PLACINTA, D., COROPCEANU, E. (2020). Proiectele STE(A)M – fundament al învățării active la biologie. In: Acta et commentationes (Ştiinţe ale Educaţiei), 20(2), pp. 13-23.
11. SANDERS, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. In: The Technology Teacher, 68(4), pp. 20-26.
12. SOUSA, D. A., PILECKI, T. (2013). From STEM to STEAM: Using brain-compatible strategies to integrate the arts. Corwin Press. 260 pag. ISBN 978-1452258331

GLOSAR DE TERMENI

Abilități digitale	Competențele necesare pentru a folosi eficient tehnologiile digitale în activitățile de învățare și cercetare.
Abordare integrată	Metodă educațională care combină mai multe discipline pentru a aborda probleme complexe, punând accent pe legătura dintre acestea.
Antreprenoriat	Procesul de dezvoltare, organizare și gestionare a unui proiect inovator, cu scopul de a transforma idei în afaceri sau produse de succes.
Cercetare științifică	Procesul sistematic de investigare a fenomenelor prin metode științifice, pentru a obține noi cunoștințe.
Colaborare interdisciplinară	Metodă de lucru în care specialiști din diverse domenii (științe, arte, inginerie) colaborează pentru a găsi soluții inovatoare la probleme complexe.
Competențe	Capacitatea de a aplica cunoștințe, abilități și atitudini pentru a soluționa probleme într-un anumit context.
Creativitate	Capacitatea de a genera idei noi și inovatoare, esențială în educația STE(A)M pentru găsirea soluțiilor creative la probleme.
Cultură ecologică	Setul de valori și comportamente care sprijină protecția mediului și utilizarea responsabilă a resurselor naturale.
Curriculum	Totalitatea experiențelor educaționale planificate pentru dezvoltarea competențelor elevilor într-un anumit cadru educațional.

Design bazat pe cercetare	Abordare în care soluțiile educaționale sau tehnologice sunt dezvoltate pe baza rezultatelor cercetării științifice și a dovezilor empirice.
Design thinking	Metodologie centrată pe utilizator, folosită pentru a găsi soluții inovatoare, adesea în proiectele STE(A)M.
Dezvoltare durabilă	Procesul de îmbunătățire a vieții actuale fără a compromite viitorul, prin echilibrul între obiectivele economice, sociale și de mediu.
Ecosistem educațional	Sistem format din toate componentele educaționale, inclusiv instituțiile, resursele și mediul în care se desfășoară educația.
Educație 4.0	Concept care integrează tehnologiile emergente, precum inteligența artificială, realitatea virtuală și augmentată, pentru a adapta educația la nevoile economiei digitale.
Educație extracurriculară	Activitățile educaționale desfășurate în afara curriculumului formal, care completează educația și dezvoltarea personală a elevilor.
Educație STEAM	Extinderea educației STEM prin includerea Artei, pentru a promova creativitatea și gândirea critică.
Educație STEM	Educația care integrează Știința, Tehnologia, Ingineria și Matematica, axată pe dezvoltarea competențelor tehnice și științifice.
Experiment educațional	Activitate practică desfășurată în context educațional, pentru a testa sau a ilustra o ipoteză științifică sau o idee.

Formare de competențe	Procesul prin care elevii sau studenții dezvoltă abilități și cunoștințe specifice domeniului STE(A)M.
Gamificare	Utilizarea elementelor de joc în procesele educaționale pentru a spori implicarea și motivația elevilor, frecvent aplicată în contextul STE(A)M.
Gândire critică	Procesul de analiză și evaluare a informațiilor și argumentelor pentru a ajunge la concluzii logice și bine fundamentate.
Industria 4.0	A patra revoluție industrială, caracterizată prin digitalizarea producției și integrarea tehnologiilor avansate, precum inteligența artificială, IoT, robotica și automatizarea, pentru a crea fabrici inteligente și eficiente.
Inovație	Introducerea de idei, procese, produse sau metode noi care îmbunătățesc un domeniu sau rezolvă o problemă.
Inteligență artificială (AI)	Tehnologie care simulează procese cognitive umane, utilizată în cercetarea și educația STE(A)M pentru automatizarea proceselor și analiză de date.
Interdisciplinaritate	Abordarea care integrează cunoștințe și metode din mai multe discipline pentru a soluționa probleme complexe.
Internetul lucrurilor (IoT)	Rețea de dispozitive interconectate care colectează și schimbă date, fiind utilizată în proiectele STE(A)M pentru a dezvolta soluții tehnice și de inginerie.
Învățare bazată pe probleme	Abordare educațională care implică elevii în rezolvarea unor probleme complexe, reale,

	dezvoltându-le abilitățile de gândire critică și de cercetare.
Învățare bazată pe proiecte	Metoda de predare centrată pe proiecte practice, în care elevii dobândesc cunoștințe și abilități prin lucrul la sarcini reale.
Proiect educațional	Un demers planificat care urmărește realizarea unui obiectiv educațional prin aplicarea unor metode și resurse specifice.
Robotică educațională	Utilizarea roboților și a sistemelor automatizate pentru a dezvolta competențele tehnice și de programare în cadrul educației STE(A)M.
Sustenabilitate	Capacitatea de a susține dezvoltarea economică și socială fără a epuiza resursele naturale sau a afecta negativ mediul înconjurător.
TIC în educație	Integrarea Tehnologiilor Informaționale și de Comunicare în procesele de învățare pentru a facilita accesul la resurse educaționale și colaborare.
Transfer tehnologic	Procesul de transfer al cunoștințelor și tehnologiilor din cercetare către industrie sau educație, pentru a fi aplicate în practică.

RESURSE STEAM

Platforme pentru familiarizarea cu metodologia STE(A)M

1. ***STEM.org Academy*** – https://stem.org/

O platformă ce oferă programe de formare acreditate în domeniul educației STEM și de certificare pentru profesori și elevi. Aceasta include resurse, instrumente și evaluări destinate dezvoltării competențelor în domeniul STEM la nivel global. Prin certificările sale recunoscute, STEM.org validează abilitățile și cunoștințele, contribuind la îmbunătățirea metodelor didactice pentru profesori și la creșterea competențelor practice pentru elevi.

2. ***STEMfinity*** – https://stemfinity.com/

Oferă kituri educaționale și resurse variate pentru implementarea proiectelor STEAM în școli, acoperind domenii precum robotică, programare și științe aplicate. Platforma pune la dispoziție materiale pentru lecții interactive, activități extracurriculare și proiecte practice care stimulează creativitatea și gândirea critică în rândul elevilor. Este ideală pentru profesori care doresc să introducă învățarea bazată pe proiecte în curriculumul lor.

3. ***STEAM Powered Family*** – https://www.steampoweredfamily.com/

Este un blog educațional care promovează proiecte STEAM destinate copiilor, oferind activități practice, tutoriale și proiecte pentru toate vârstele. Blogul este ideal pentru părinți și educatori care doresc să integreze învățarea bazată pe știință, tehnologie, inginerie, arte și matematică în educația de acasă. Activitățile sunt concepute pentru a stimula creativitatea, gândirea critică și abilitățile practice la copii, implicând întreaga familie.

4. ***Scientix*** – https://www.scientix.eu/

Oferă resurse valoroase pentru educația STEM, promovând colaborarea și schimbul de bune practici între profesori, cercetători și alți actori implicați în educație. Platforma pune la dispoziție o vastă colecție de materiale didactice, cursuri de formare online și webinare gratuite, sprijinind profesorii în planificarea

și implementarea lecțiilor STEM interactive și relevante. Scientix facilitează accesul la proiecte europene de succes și susține integrarea inovației în educație, oferind suport pentru activități interdisciplinare și metode didactice moderne.

5. ***STEM Teaching Tools*** – https://stemteachingtools.org/

Oferă ghiduri practice și instrumente de evaluare pentru profesori STEM, axându-se pe pedagogii inovatoare și metode de predare bazate pe cercetare. Platforma ajută educatorii să implementeze învățarea activă și să dezvolte competențe critice la elevi, oferind resurse utile pentru integrarea conceptelor STEM în lecții și proiecte. Este ideală pentru cei care doresc să îmbunătățească calitatea predării și evaluării în domeniul STEM.

6. ***ScienceBuddies*** – https://www.sciencebuddies.org/

Oferă o platformă educațională cu resurse STEM gratuite, inclusiv proiecte științifice, idei pentru experimente și ghiduri pentru activitățile hands-on. Science Buddies sprijină elevii și profesorii în explorarea domeniilor științei, tehnologiei, ingineriei și activității matematice captivante și ușor de înțeles. Platforma include planuri de lecții detaliate, instrumente pentru cercetare și sfaturi utile pentru desfășurarea proiectelor STEM, ajutând la dezvoltarea abilităților practice și la rezolvarea problemelor în mod interdisciplinar.

7. ***TeachEngineering.org –*** https://www.teachengineering.org/

Platforma, care oferă lecții detaliate și proiecte de activități pentru integrarea ingineriei în educație, fiind ideală pentru profesorii care doresc să dezvolte abilități de rezolvare a problemelor și gândire critică în elevi prin metode interdisciplinare. Platforma pune la dispoziție resurse gratuite pentru lecții și proiecte STEM, facilitând utilizarea practică a conceptelor științifice și inginerești în clasă, pentru a sprijini învățarea prin experiență.

8. ***TheProLearner.com*** – https://www.theprolerner.com/?m=1

Oferă un șablon detaliat pentru planificarea lecțiilor STEM, împreună cu un PDF gratuit. Platforma ajută profesorii să creeze lecții structurate și captivante, care

integrează învățarea interdisciplinară și abilitățile de rezolvare a problemelor. Șablonul include obiective, materiale necesare, instrucțiuni pas cu pas și metode de evaluare, facilitând implementarea activităților STEM eficiente în clasă.

9. ***Feedspot STEM Blogs*** – https://education.feedspot.com/stem_blogs/

Este o platformă care colectează și listează cele mai bune bloguri din domeniul educației STEM (Știință, Tehnologie, Inginerie și Matematică). Aceasta oferă acces la resurse educaționale valoroase, idei inovatoare și noutăți din domeniul STEM prin intermediul articolelor publicate de educatori, cercetători și experți. Blogurile incluse pe Feedspot acoperă o gamă largă de subiecte, de la inovații pedagogice și tehnici de predare, până la resurse practice și proiecte pentru elevi și studenți. Platforma este un loc excelent pentru cei care doresc să se inspire din experiențele și cunoștințele altora în educația STEM.

10. ***Edutopia –*** https://www.edutopia.org/

Dezvoltat de Fundația George Lucas, site-ul oferă strategii inovatoare pentru predarea STEAM, concentrându-se pe învățarea bazată pe proiecte și colaborare. Resurse pentru dezvoltarea abilităților de colaborare și creativitate în proiectele STEAM.

Reviste STE(A)M

1. ***International Journal of STEM Education*** – https://stemeducationjournal.springeropen.com/

International Journal of STEM Education este o revistă academică de prestigiu, cu acces liber, dedicată promovării cercetării și inovațiilor în domeniul educației STEM (Știință, Tehnologie, Inginerie și Matematică). Publicația este o platformă esențială pentru diseminarea celor mai recente descoperiri, contribuții teoretice și bune practici care sprijină dezvoltarea unui sistem educațional STEM de înaltă calitate la nivel global.

Revista se remarcă prin caracterul său interdisciplinar și prin abordarea diversificată a educației STEM, publicând articole originale care explorează:

- Abordări pedagogice inovatoare – metode didactice centrate pe elev și strategii bazate pe învățare activă, interdisciplinaritate și utilizarea tehnologiilor digitale în procesul de predare.
- Cercetări empirice și analize teoretice – studii riguroase care examinează aspecte fundamentale și aplicate ale educației STEM, contribuind la dezvoltarea unui cadru teoretic solid.
- Politici educaționale – analize și recomandări care sprijină elaborarea și implementarea politicilor educaționale în STEM, având ca scop creșterea accesului, echității și eficacității în educație.
- Impactul educației STEM asupra dezvoltării competențelor – cercetări care investighează modul în care educația STEM contribuie la formarea abilităților critice, creative și tehnice ale elevilor și studenților, pregătindu-i pentru o piață a muncii în continuă schimbare.
- Dimensiunea globală a educației STEM – studii comparative internaționale și analize asupra modului în care diferite sisteme educaționale implementează și integrează STEM în curriculum.

Cu un proces riguros de „peer-review”, revista asigură validitatea și relevanța cercetărilor publicate, devenind o resursă indispensabilă pentru cadrele didactice, cercetătorii în educație și factorii de decizie. International Journal of STEM Education promovează în mod activ colaborarea între specialiști din diverse domenii, creând astfel un spațiu de dialog și schimb de cunoștințe care contribuie la îmbunătățirea educației STEM la toate nivelurile.

Prin articolele sale, revista își asumă un rol important în sprijinirea transformării educației STEM într-un instrument-cheie pentru abordarea provocărilor globale, cum ar fi tranziția către o economie bazată pe cunoaștere, inovarea tehnologică și sustenabilitatea.

2. ***STEM Education –*** *https://www.aimspress.com/journal/steme*

Revista STEM Education este o publicație academică internațională, de acces deschis, care oferă o platformă interdisciplinară pentru cercetări inovatoare și analize teoretice în domeniul educației STEM (Știință, Tehnologie, Inginerie și Matematică). Aceasta vizează îmbunătățirea înțelegerii și practicilor educaționale prin publicarea de articole originale care abordează subiecte precum:

- Dezvoltarea și implementarea curriculumului STEM – abordări moderne și integrative care promovează interconectarea disciplinelor STEM în contexte educaționale diverse.
- Tehnologii educaționale și pedagogii emergente – explorarea utilizării inteligenței artificiale, simulărilor virtuale și altor instrumente digitale pentru a sprijini procesul de predare-învățare.
- Evaluarea în educația STEM – metode și instrumente pentru măsurarea eficacității programelor STEM, cu accent pe impactul asupra învățării elevilor și dezvoltării competențelor.
- Educația STEM și impactul social – investigarea rolului educației STEM în promovarea incluziunii, echității și rezolvării problemelor globale, precum criza climatică sau lipsa forței de muncă specializate.
- Politici și reforme educaționale în STEM – analiza și recomandările pentru factorii de decizie privind îmbunătățirea cadrului legislativ și a practicilor de implementare la nivel local, național și internațional.

Revista oferă acces atât cadrelor didactice, cât și cercetătorilor, specialiștilor în educație și factorilor de decizie interesați de promovarea unei educații STEM de calitate. Prin contribuțiile sale riguroase, STEM Education contribuie semnificativ la consolidarea conexiunii dintre teoria educațională și practică, promovând astfel o transformare pozitivă în domeniul educației STEM.

3. ***Journal for STEM Education Research*** – https://link.springer.com/journal/41979

Journal for STEM Education Research este o revistă academică de referință în domeniul educației STEM, publicată de Springer, care se concentrează pe avansarea cunoașterii prin cercetări riguroase și interdisiplinare. Cu un caracter accesibil comunității internaționale de educatori, cercetători și factori de decizie, revista promovează publicarea de articole de înaltă calitate care explorează multiple dimensiuni ale educației STEM (Știință, Tehnologie, Inginerie și Matematică).

Revista acoperă o gamă variată de teme, incluzând:

- Perspective teoretice și metodologice în educația STEM – articole care contribuie la dezvoltarea teoretică a educației STEM și la aplicarea metodologiilor avansate în cercetare.
- Designul pedagogic și inovațiile didactice – descrierea strategiilor inovatoare care sprijină învățarea interdisciplinară și integrarea STEM în contexte educaționale formale și nonformale.
- Explorări empirice asupra învățării și predării STEM – studii care examinează în profunzime factorii care influențează performanța elevilor și dezvoltarea abilităților critice, creative și tehnice.
- Dimensiunea socială și incluzivitatea educației STEM – cercetări care analizează accesul echitabil la educația STEM și strategiile pentru reducerea disparităților educaționale între diferite grupuri socio-economice și culturale.
- Impactul educației STEM asupra dezvoltării globale – studii asupra modului în care educația STEM contribuie la pregătirea elevilor pentru provocările societății moderne, inclusiv economia bazată pe cunoaștere și sustenabilitatea.

Revista oferă o platformă pentru discutarea și analizarea critică a cercetărilor existente, fiind un forum important pentru diseminarea celor mai recente descoperiri din domeniu. Journal for STEM Education Research publică articole originale de cercetare, recenzii teoretice, studii de caz și analize comparative. Cu un proces de evaluare riguros, bazat pe „peer-review", publicația asigură validitatea științifică și relevanța contribuțiilor. Aceasta este o resursă esențială pentru cadre didactice, cercetători, experți în politici educaționale și practicieni care doresc să sprijine inovarea și să dezvolte educația STEM la nivel mondial.

4. ***The Journal of STEM Education: Innovations and Research*** – *https://www.jstem.org/jstem/index.php/JSTEM*

The Journal of STEM Education: *Innovations and Research* este o revistă academică recunoscută internațional, dedicată promovării excelenței și inovației în educația STEM (Știință, Tehnologie, Inginerie și Matematică). Publicația oferă o platformă accesibilă pentru diseminarea cercetărilor originale, studiilor de caz, analizelor teoretice și inovațiilor pedagogice, adresându-se educatorilor, cercetătorilor și practicienilor implicați în educația STEM la toate nivelurile.

Revista își propune să contribuie la dezvoltarea profesională a cadrelor didactice și să sprijine îmbunătățirea practicilor educaționale prin publicarea de lucrări care abordează:

- Metode pedagogice inovatoare și design curricular – explorarea strategiilor didactice avansate și a modelelor interdisciplinare care facilitează integrarea disciplinelor STEM.
- Studiile de caz și exemple din practică – descrierea implementării inițiativelor STEM în contexte educaționale diverse, incluzând soluții la provocări specifice și impactul asupra elevilor.

- Cercetări aplicative și evaluări empirice – lucrări care examinează eficacitatea programelor și intervențiilor STEM, contribuind la îmbunătățirea rezultatelor învățării și dezvoltării abilităților elevilor.
- Rolul tehnologiei în educația STEM – analize privind utilizarea instrumentelor digitale, resurselor virtuale și tehnologiilor emergente pentru a sprijini învățarea activă și colaborativă.
- Aspecte socio-culturale și incluzive ale educației STEM – cercetări care promovează echitatea, diversitatea și accesul la oportunități educaționale în STEM pentru grupuri defavorizate.

Prin articolele sale, The Journal of STEM Education contribuie la dezvoltarea unei baze solide de cunoștințe care să informeze și să ghideze educația STEM. Revista este evaluată printr-un proces riguros de peer-review, asigurând calitatea și relevanța cercetărilor publicate. Aceasta reprezintă o resursă valoroasă pentru profesori, cercetători, factori de decizie și practicieni interesați să fie la curent cu tendințele actuale și să implementeze inovații care să transforme educația STEM într-un instrument eficient pentru pregătirea elevilor în fața provocărilor viitorului.

5. ***European Journal of STEM Education*** – *https://www.lectitopublishing.nl/european-journal-of-stem-education*

European Journal of STEM Education este o revistă academică internațională de acces deschis, care promovează cercetările inovatoare și practicile educaționale în domeniul STEM (Știință, Tehnologie, Inginerie și Matematică) în contextul european și global. Revista servește drept platformă pentru diseminarea celor mai recente descoperiri și strategii educaționale, adresându-se cercetătorilor, practicienilor și factorilor de decizie din educație.

Această publicație interdisciplinară se concentrează pe următoarele teme principale:

- Strategii pedagogice în educația STEM – prezentarea de metode inovatoare care integrează disciplina STEM în învățământul preuniversitar și universitar, promovând gândirea critică și colaborativă.
- Studiul interacțiunii dintre tehnologie și educație – articole ce explorează rolul tehnologiilor emergente, cum ar fi realitatea virtuală, inteligența artificială și simulările digitale, în transformarea procesului de predare-învățare.
- Educația STEM în contexte culturale diverse – cercetări care analizează modul în care factori precum diversitatea culturală, echitatea și incluziunea influențează accesul și participarea în educația STEM.
- Evaluarea programelor și intervențiilor STEM – descrierea și analiza instrumentelor de evaluare care măsoară eficacitatea programelor STEM și impactul acestora asupra elevilor, educatorilor și comunităților.
- Contribuția educației STEM la soluționarea provocărilor globale – studii care evidențiază rolul STEM în abordarea unor probleme precum criza climatică, tranziția către energia regenerabilă sau dezvoltarea durabilă.

Revista încurajează publicarea de articole bazate pe cercetări empirice, studii de caz și analize comparative, oferind o perspectivă amplă asupra dinamicii educației STEM. Prin această diversitate, publicația sprijină dialogul dintre practicieni și teoreticieni, contribuind la identificarea soluțiilor inovatoare pentru îmbunătățirea rezultatelor învățării. Orientată spre promovarea colaborării internaționale, European Journal of STEM Education creează un cadru pentru schimbul de idei și bune practici între cadre didactice și cercetători. Prin reflectarea asupra tendințelor contemporane și provocărilor regionale, revista devine un instrument valoros pentru înțelegerea și adaptarea educației STEM în diverse contexte educaționale.

6. ***Journal of STEAM Education*** – https://dergipark.org.tr/en/pub/steam

Este o revistă academică dedicată cercetării și dezvoltării în educația STEAM. Publică articole care explorează integrarea artelor în educația STEM, cu scopul de a crea o abordare interdisciplinară care să îmbunătățească creativitatea, inovația și gândirea critică a elevilor. Revista acoperă subiecte diverse, cum ar fi metodele inovatoare de predare STEAM, dezvoltarea curriculumului, studiile de caz și impactul educației STEAM asupra dezvoltării elevilor. Fiind o platformă accesibilă online, oferă resurse valoroase pentru cercetători, educatori și practicieni interesați de educația STEAM la nivel global.

7. ***IGM Journal of Educational Research*** – https://www.igminresearch.com/

Este o revistă academică dedicată publicării de cercetări originale în domeniul educației. Aceasta oferă o platformă pentru educatori, cercetători și practicieni care își propun să contribuie la îmbunătățirea proceselor de predare-învățare, dezvoltarea curriculumului și politicile educaționale. Revista acoperă o gamă largă de subiecte: de la inovații pedagogice și metode de evaluare la impactul tehnologiei în educație și incluziunea educațională. Fiind accesibilă online, IGM Journal este o resursă utilă pentru cei interesați de tendințele actuale și cercetările emergente în educație.

8. ***Lowcountry Journal of STEM Education*** – https://www.lcjstem.com/index.php/jstem

Este o revistă academică axată pe promovarea cercetării și practicilor educaționale inovatoare în domeniul STEM. Aceasta publică articole care vizează îmbunătățirea predării și învățării STEM, abordând teme precum dezvoltarea curriculumului, metodele de predare, incluziunea în educația STEM și inițiativele locale din regiunea Lowcountry. Revista oferă o platformă pentru educatori și cercetători interesați de implementarea și dezvoltarea educației STEM, având un

accent deosebit pe impactul comunităților locale și regionale asupra educației STEM.

9. ***The Journal of Interdisciplinary Teaching and Learning in STEAM*** – https://scholarship.claremont.edu/steam/

Este o revistă academică publicată de Claremont Colleges, dedicată explorării modului în care educația STEAM (Știință, Tehnologie, Inginerie, Artă și Matematică) poate fi utilizată pentru a crea experiențe de învățare interdisciplinare. Revista publică articole care investighează impactul și beneficiile educației STEAM asupra dezvoltării gândirii critice, inovării și creativității. De asemenea, oferă studii de caz, cercetări teoretice și exemple practice de integrare a artelor în educația STEM, adresându-se educatorilor și cercetătorilor care doresc să adopte o abordare holistică și inovatoare în procesul educațional.

Organizații care promovează Educația STEAM în Republica Moldova

1. ***Centrul Național de Inovații Digitale în Educație „Clasa Viitorului”*** – https://www.clasaviitorului.md/

Este un centru de excelență dedicat promovării integrării tehnologiilor digitale în educație, cu un accent deosebit pe predarea și învățarea STEM (Știință, Tehnologie, Inginerie și Matematică). Centrul oferă soluții inovatoare, resurse educaționale moderne și proiecte care sprijină cadrele didactice în utilizarea tehnologiilor digitale în sălile de clasă. Prin programele sale, centrul facilitează accesul la instrumente digitale și metode interactive, îmbunătățind experiența de învățare pentru elevi și pregătindu-i pentru viitorul digital. Acesta creează oportunități de colaborare între profesori, școli și experți în educație, contribuind la transformarea educației prin inovație.

2. ***Tekwill*** – https://tekwill.md/

Este un centru de excelență în IT și inovație, dedicat dezvoltării abilităților în domeniul tehnologiei și antreprenoriatului. Centrul oferă o gamă largă de cursuri

și activități extracurriculare axate pe STEM, programare, robotică și dezvoltarea start-up-urilor educaționale. Prin parteneriate cu companii din industria IT și universități, Tekwill creează oportunități de învățare și dezvoltare profesională pentru elevi, studenți și profesioniști. Oferă un mediu stimulativ pentru inovație și pregătește participanții pentru cariere de succes în domenii tehnologice de vârf, susținând totodată spiritul antreprenorial.

3. ***Artcor*** – https://artcor.md/

Este un hub creativ care îmbină arta cu tehnologia, oferind un spațiu interdisciplinar pentru educație și inovație în domeniul STEAM. Hub-ul oferă cursuri, ateliere și evenimente care explorează integrarea artei, designului și tehnologiei, promovând o educație interdisciplinară ce stimulează creativitatea și inovația. Prin diverse programe educaționale și colaborative, Artcor susține dezvoltarea competențelor artistice și tehnice, încurajând tinerii și profesioniștii să creeze soluții inovatoare la intersecția dintre arte și științe. Oferă oportunități pentru cei interesați de design, arte vizuale, multimedia și tehnologii creative.

Abordări STE(A)M în educație și cercetare

CAZACIOC Nadejda, COROPCEANU Eduard

Centrul Editorial-Poligrafic al Universității Pedagogice de Stat
„Ion Creangă” din Chișinău, str. Ion Creangă nr. 1, MD-2069