



**ABORDAREA STEAM ÎN EDUCAȚIE
LA DISCIPLINELE DE STUDIU
FIZICĂ, CHIMIE, BIOLOGIE, GEOGRAFIE**

GHID METODIC

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
AL REPUBLICII MOLDOVA
AGENȚIA NAȚIONALĂ PENTRU CERCETARE ȘI DEZVOLTARE
UNIVERSITATEA PEDAGOGICĂ DE STAT „Ion Creangă”**

Abordarea STE(A)M în educație la disciplinele de studiu fizică, chimie, biologie, geografie

Ghid metodic

Chișinău, 2022

AUTORI:

Viorel Bocancea, doctor, conferențiar universitar

Nadejda Cazacioc, doctorandă

Daniela Placinta, doctorandă

Elena Jechiu, lector universitar

RECENZENȚI:

Eduard Coropceanu, doctor, profesor universitar, Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă”.

Elena Sochircă, doctor, conferențiar universitar, Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă”.

Țăganaș Odetta, doctor, profesoară de biologie, grad didactic superior, Instituția Publică Liceul Teoretic „Spiru Haret”, mun. Chișinău.

Lucrarea „Abordarea STE(A)M în educație la disciplinele de studiu fizică, chimie, biologie, geografie. Ghid metodic” a fost aprobată pentru editare prin decizia Senatului Universității Pedagogice de Stat „Ion Creangă” (Proces verbal nr.3 al Ședinței Senatului din 24. 11. 2022).

Descrierea CIP a Camerei Naționale a Cărții

Abordarea STE(A)M în educație la disciplinele de studiu fizică, chimie, biologie, geografie. Ghid metodic /Viorel Bocancea; Univ. Ped.de Stat „Ion Creangă”. – Chișinău: Tipogr. UPSC, 2022, 58 p.

Bibliogr.: p.55-58 (51 tit.)

ISBN 978-9975-46-682-0.

100 ex.

Ghidul este realizat în cadrul proiectului: *Reconfigurarea procesului de învățare din învățământul general în contextul provocărilor societale*, inclus în „Programul de stat” (2020-2023), Prioritatea IV: Provocări societale, cifrul **20.80009.0807.27**, cu suportul financiar oferit de *Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare, Institutul de Științe ale Educației, în parteneriat cu Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă”*.

Director de proiect - Ludmila FRANȚUZAN, doctor, conferențiar cercetător

Coordonator – Viorel BOCANCEA, doctor, conferențiar universitar

Curpîns		
Introducere		4
I	Abordarea STEAM în educație – reperi teoretice și acționale	5
	1.1 Interrelațiile conceptului educațional STEAM cu educația viitorului.	5
	1.2 Rolul abordării STEM în dezvoltarea socio-economică.	8
	1.3 Abordări conceptuale STEAM în procesul educațional la disciplinele Fizică, Biologie, Chimie și Geografie.	9
II	Reperi metodologici ale conceptului educațional STEAM în învățământul general (fizică, chimie, biologie, geografie).	11
	2.1 Aspecte didactice ale conceptului educațional STEAM.	11
	2.2 Strategii utilizate în procesul de învățământ din perspectiva conceptului educațional STEAM.	14
	2.3 Caracteristici ale învățării bazate pe abordarea STEAM.	15
III	Reperi praxiologice ale conceptului educațional STEAM în învățământul general (fizică, chimie, biologie, geografie)	18
	3.1 Exemple de activități și produse de învățare STEAM la disciplina de studiu Fizică.	18
	3.2 Exemple de activități și produse de învățare STEAM la disciplina de studiu Chimie.	22
	3.3 Exemple de activități și produse de învățare STEAM la disciplina Biologie.	34
	3.4 Exemple de activități și produse de învățare STEAM la disciplina Geografie.	47
Bibliografie		55

INTRODUCERE

Tendențele globale de modernizare socio-economică condiționează involuntar schimbări la nivel de paradigme educaționale. Odată cu dezvoltarea tehnologiilor și lumii digitale se resimte și necesitatea adaptării educației la „noul normal” al societății în care trăim, ce pune accentul pe valorificarea potențialului noii generații în construirea viitorului. Școala de astăzi trebuie să fie capabilă să crească o nouă generație conform standardelor secolului XXI.

Educația STEAM este răspunsul la provocările pieței muncii pentru domeniul educație și formare de specialiști, un domeniu cheie de o importanță majoră pentru societatea în continuă dezvoltare care tinde să evidențieze valoarea și relevanța formării unei viziuni integrate ale științei, tehnologiei, ingineriei și matematicii atât în contexte educaționale, cât și în viața de zi cu zi. Educația STEAM este o punte de legătură între activitățile de învățare, angajarea și dezvoltarea carierei profesionale accentul fiind deplasat spre inovație, creativitate și gândire critică.

Abordarea STEAM în educație mizează pe curiozitatea educabililor și dorința de a descoperi lumea care îi înconjoară, de a analiza și cerceta problemele din realitatea pe care o trăiesc prin investigații sistematice care utilizează o serie de abilități precum gândire critică și procese de cunoaștere științifică. STEAM – este despre aplicarea cunoștințelor în practică, nu despre absorbția oarbă a lor, despre dezvoltarea atitudinilor și formarea abilităților

Ghidul își propune în primele două capitole să elucideze la nivel teoretic, acțional și metodologic conceptul educațional STEAM și în același timp în capitolul III sunt expuse reperele praxiologice ale abordării STEAM în educație. Se exemplifică demersuri didactice la disciplinele: fizică, chimie, biologie și geografie din prisma abordării STEAM în educație. Cu scopul de a disemina bunele practici în domeniul Educație STEAM autorii vă propun modele de lecții, proiecte, studii de caz și situații problemă, care pot fi abordate din perspectiva conceptului educațional STEAM vizând elemente de inter, trans și pluridisciplinaritate și accentuându-se învățarea activă și integrarea crosscurriculară a conținuturilor de învățare.

Lucrarea este realizată în conformitate cu Standardele Internaționale de Educație precum: „Comisia pentru Educație a Consiliului Europei”, „Recomandarea Parlamentului European și a Consiliului privind competențele cheie pentru învățarea pe tot parcursul vieții” și cu documentele de politici educaționale din țară precum: „Codul Educației al Republicii Moldova”, „Curriculum 2019” și este destinată atât profesorilor de fizică, chimie, biologie și geografie cât și părinților și elevilor.

Aducem sincere mulțumiri colegilor care au contribuit la îmbunătățirea manuscrisului.

Vă dorim succes!

Autorii

I. ABORDAREA STEAM ÎN EDUCAȚIE – REPERE TEORETICE ȘI ACȚIONALE

1.1. Interrelațiile conceptului educațional STEAM cu educația viitorului.

Ajunși în secolul XXI societatea ne vorbește tot mai mult despre nevoia de reconceptualizare a sistemului educațional. Nu este suficientă doar adaptarea unor elemente din sistem la noile cerințe ale pieții muncii dar și o reconceptualizare a sistemului de învățământ în întregime, or modul în care am învățat ieri este deja istorie, iar noua generație trebuie pregătită pentru viitor, și nu viitorul de mâine, dar acel viitor îndepărtat care mizează pe potențialul creativ-cognitiv al angajaților de a se adapta oricărei situații. Dezvoltarea substanțială a tuturor sferelor de activitate resimțită de către societatea modernă necesită reevaluarea și reorganizarea fundamentală a paradigmei educaționale pentru a se racorda la necesitățile realității viitorului, bazate pe activitatea de cercetare, inovare și transfer tehnologic spre economia reală [16]. Axa cronologică a dezvoltării sistemului educațional ne vorbește despre faptul că pentru început învățarea a pornit de la o memorare oarbă a conținuturilor curriculare – acolo unde sistemul educațional producea doar acei muncitori capabili doar să reproducă cunoștințele, ulterior echilibrul s-a deplasat spre memorarea involuntară a conținuturilor și deja potențialul creativ al angajatului devenea mai flexibil. Mijlocul secolului XX pune accent pe utilitatea cunoștințelor dobândite în cadrul orelor – aici formabilii conștientizează rolul fiecărei picături de știință, dar încă sunt departe de a demonstra utilitatea lor în practică.

Dezvoltarea tehnologiilor și inovațiile digitale provoacă schimbări majore care ne aduc în fața unei revoluții industriale ce generează involuntar modificări esențiale în toate domeniile de importanță vitală pe care se axează umanitatea, inclusiv și în educație. În așa mod ajunși în secolul XXI vorbim despre Revoluția Industrială 4 ce condiționează Revoluția Educațională 4 care e și firesc să necesite o reevaluare a educației tradiționale și o reorganizare a acesteia, deoarece învățământul modern se axează pe activitățile didactice în totalitate susținute și ghidate de prezența tehnologiilor în procesele de cercetare și investigare, inclusiv inteligența artificială, realitatea virtuală, managementul datelor, tehnologii omniprezente, roboți și alte tehnologii durabile care pun accent pe potențialul de dezvoltare a abilităților practice ce au misiunea de a fortifica capacitatea elevilor de a-și integra cunoștințele în realitatea pe care o trăiesc. Tendințele educației viitorului pun accent pe realitatea augmentată, inteligența artificială, programare și robotică, activități practice, imprimare 3D și software de animație împreună cu integrarea învățării STEAM, încurajând cultivarea creativității în diverse arii curriculare [24].

Abordarea STEAM în educație este acel concept didactic care armonizează perfect necesitățile educabililor și paradigma fundamentală a învățării cerută de noua generație în creștere care vizează implicarea subiectului învățării în mod direct în procesul de autoformare. Implementarea conceptului educațional STEAM este una dintre cele mai bune modalități de a atinge Obiectivul 4 de Dezvoltare Durabilă al Națiunilor Unite, care are ca scopul de a „asigura cetățenii cu educație de calitate, incluzivă și echitabilă și în același timp are ca obiectiv major promovarea conceptului de învățare pe tot parcursul vieții pentru toți” [21]. În acest context, învățarea durabilă este pe drept echivalată cu educația viitorului care la rândul ei este axată pe abordări ce se concentrează mai degrabă pe elemente legate de procesele de învățare decât pe depozitarea cunoștințelor. Abordarea STEAM în educație ca element al învățării durabile nu ar

trebui privită doar ca o simplă completare la practicile tradiționale de învățare și predare, ea ar trebui să reprezinte o schimbare complexă a întregului proces didactic bazată pe reorganizarea fundamentală a conceptelor de predare-învățare-evaluare. La o cercetare aprofundată a procesului de învățare constatăm că un element de bază al conceptului Educației 4.0 este abordarea STEAM care ne permite să dezvoltăm performanța viitoare a elevilor cu scopul de ai susține în formarea continuă a acestora [1].

Tabelul 1. Componentele de bază ale Educației 4.0 [3].

Componentele de bază ale Educației 4.0		
Competențe	Competențe transversale	Lucru în echipă; colaborare; gândire critică; cooperare; inițiativă; comunicare; creativitate, adaptabilitate; învățarea pe tot parcursul vieții.
	Competențe disciplinare.	Formarea și dezvoltarea cunoștințelor funcționale, tehnice și tehnologice și a abilităților de performanță de succes la locul de muncă; Capacitatea de a cerceta, proiecta, crea și implementa noi tehnologii; Utilizarea tehnologiilor emergente și a celor mai bune practici pentru a propune soluții bazate pe tehnologie.
Forme și strategii de învățare	Forme ale învățării.	Învățare față în față, bazată în principal pe învățare activă; Învățare online la distanță; Învățare hibridă.
	Strategii de învățare	Abordări pedagogice, cum ar fi învățarea bazată pe cercetare, învățarea bazată pe rezolvări de probleme/situații-problemă, învățarea prin practică și învățarea bazată pe jocuri.
Tehnologia informației și comunicațiilor (TIC).	Bazat pe tehnologie	Inteligență artificială și învățare automată, procesare ridicată a datelor cu aplicarea științei datelor, analiză a datelor și procesare virtuală a imaginilor pentru medii virtuale și experiențiale.
	Instrumente și platforme	Sesiuni online sincrone pentru a sprijini învățarea elevilor prin tehnologii de conferințe web și platforme de învățare asincrone.
Nivelurile de infrastructură	Nivelul clasei	Mobilier inovator; echipamente digitale de învățare; laboratoare performante, utilaje moderne care să susțină învățarea elemente de demonstrare a realității virtuală și augmentată și sisteme de hologramă.
	Nivel instituțional	Include recreere, confort, durabilitate și accesibilitate; servicii precum biblioteci online, sisteme de mesagerie instantanee, laboratoare la distanță activate și utilizate pe scară largă; acces la serviciile de internet

De facto, conceptele „Educație 4.0”, „educație durabilă” și „abordarea STEAM în educație” ne vorbesc despre acea Educație a viitorului care ne bate la ușă astăzi și care are menirea să pregătească pentru viață noua generație. Dacă analizăm Tabelul 1 observăm că vorbim despre formarea competențelor educabililor, desprindem ideea unei învățări prin experiențe practice bazate pe tehnologii digitale, instrumente și platforme educaționale și acel nivel de dotare a infrastructurii școlare care ne-ar pe soluționarea unor probleme în cadrul multidisciplinar, or Educația STEAM are exact aceiași temelie și vine cu aceleași axe de coordonate, iar cel mai important este că scopul comun al acestor concepte vizate este pregătirea specialistului necesar pieței muncii. Cerințele pieții muncii de a avea specialiști flexibili, dinamici și capabili să se adapteze oricărei situații din realitatea pe care o trăiesc impun involuntar sistemului educațional necesitatea racordării metodelor și tehnicilor de predare-învățare-evaluare cu cerințele secolului XXI, astfel încât formarea educabilului să fie un proces de învățare pe tot parcursul vieții care permite dezvoltarea personalității educabilului la un nivel superior a cunoștințelor și abilităților dobândite în stadiile anterioare de învățare [4]. De fapt politicile educaționale moderne își propun dezvoltarea potențialului cognitiv al educabilului prin antrenarea concomitentă a ambelor zone ale creierului uman, or științele reale necesită un strop de creativitate, imaginație și perspicacitate pentru a-și reliefa gândirea analitică, rațiunea și logică. Intersecția dintre lumea artei, frumosului și științele reale și-o asumă în mod flexibil abordarea STEAM în educație prin incluziunea A-artelor într-un domeniu de cercetare ce presupune viziuni directe asupra situațiilor-problemă cu scopul de a forma cunoștințe, atitudini și abilități. Pe lângă competențele care au devenit extrem de relevante astăzi o importanță majoră posedă trebuie să acordăm raționamentului complexității, care formează la educabili capacitatea de a reflecta cum să abordeze lumea în schimbare [33]. Or învățământul trebuie să formeze specialiști capabili de a se adapta oricărei situații cu care se întâlnesc.

În timp STEAM – a devenit mai mult decât un acronim, inițialele căruia reprezintă 5 domenii de studiu conexe, care permit interrelaționarea conceptelor ce au rădăcini comune. Altfel spus învățarea axată pe abordarea STEAM nu se egalează doar cu Știința, Tehnologiile, Ingineria, Artele și Matematica dar pornește de la ele, ancorându-se perfect în realitatea educabilului. Unul dintre conceptele de bază a educației STEM este învățarea integrată care presupune studiul interdisciplinar și integrarea domeniilor principale ce stau la baza conceptului precum: științe ale naturii, tehnologie, inginerie și matematică prin strategii didactice care permit abordarea temelor crosscurriculare multidisciplinar/pluridisciplinar și transdisciplinar [17]. Obiectivele finale ale abordării STEAM în educație sunt de a cultiva viitoare talente interdisciplinare și de a le spori competitivitatea în ceea ce privește dezvoltarea potențialului prin implicarea tehnologiilor în educație. Abordarea STEAM implică acele sinapse cross-curriculare care integrează perfect interdisciplinaritatea cu problemele din viața reală și are scopul prioritar de a dezvolta la elevi competența de a-și construi o carieră, prin stimularea capacității cognitive și antrenarea abilităților creative. Abordarea integrată a învățării care vizează dezvoltarea gândirii critice și se centrează pe învățarea aplicată este la fel ca axonul neuronului care transmite elevului acele principii de bază ale învățării ce îi permit să dezvolte cunoștințe ce „ar putea fi aplicate în contexte cât mai diverse posibil pentru soluționarea problemelor reale [15]. Abordarea STEAM în educație permite elevului să-și dezvolte abilitățile practice prin acele elemente de antrenament al soluționării problemelor.

Abilitățile practice sunt cele care fortifică capacitatea elevilor de a-și integra cunoștințele dobândite la diverse materii și de a le aplica în soluționarea problemelor din viața reală. Aplicarea cunoștințelor în practică este unul din factorii cheie în motivarea pentru învățare. Educabilii trebuie

învățați să gândească sistematic prin încercări și erori, iar procesele de învățare practică pot îmbunătăți motivația elevilor și rezultatele învățării. Trebuie să menționăm că elevii se formează 75% din absorbția cunoștințelor prin activități practice și 100% prin aplicarea imediată a ceea ce au învățat [18, 23]. Provocările viitorului educației presupun diferite perspective: tehnologii care ajută la realizarea învățării semnificative a elevilor, evaluarea succesului învățării cu media digitală, determinarea cadrului de competențe ale elevilor, omogenizarea abilităților pe care trebuie să le dețină profesorii pentru a răspunde cerințelor unei societăți globalizate și digitalizate și încorporarea celor emergente și perturbatoare.

1.2. Rolul abordării STEM în dezvoltarea socio-economică.

În ultimul deceniu, educația integrată, bazată pe interdisciplinaritate și transdisciplinaritate a apărut din nevoile de a forma un cetățean global pregătit pentru modernitate. Nu există nici o îndoială că lumea s-a schimbat și continuă să se schimbe. Ca societate globală, ne aflăm în mijlocul unor schimbări în toate domeniile vieții, de la felul în care socializăm, consumăm știri și informații, până la cumpărarea de bunuri și la angajarea în câmpul de muncă. Forumul Economic Mondial [31] a identificat aceste schimbări drept începutul celei de-a patra revoluții industriale, care este determinată de descentralizarea globală, de acceptarea inovației interdisciplinare și de valorificarea rapidă a acesteia în societate.

Nevoia de schimbare și adaptare a determinat acordarea unei atenții sporite abordărilor transversale integrate în știință, tehnologie, inginerie și matematică (STEM). În timp ce conceptul poate fi dezbătut, premisa și raționamentul de bază ale educației STEM au integrat întotdeauna înțelegerile transdisciplinare a patru domenii pentru a cuprinde o viziune mai holistică a dezvoltării societale [7]. Astfel, fie că se numește STEM sau știință, tehnologie, inginerie, arte și matematică (STEAM), accentul ar trebui să fie axat pe pregătirea cetățenilor pentru viitor și care să includă cunoștințele, priceperile și abilitățile asociate integrate în arte și științe umaniste.

Pe măsură ce societatea tranzitează spre următorul ciclu revoluționar, apare necesitatea să se ia în considerare modul în care sistemul educațional va depăși structurile rigide asociate cu revoluțiile anterioare și se va îndrepta către un sistem dinamic care evoluează rapid, odată cu existența pluralistă emergentă a experienței umane. În cadrul educației STEAM, aceasta înseamnă că este nevoie să luăm în considerare modul în care proiectăm atât experiențele noastre de învățare, cât și mediile noastre de învățare.

Mediul de învățare modern este proiectat ținând cont de utilitatea funcțională a instrumentelor de învățare (De exemplu: tehnologia de instruire), accesibilitatea și flexibilitatea acestora [29]. Instrumentele de învățare ar trebui să ofere flexibilitate de utilizare în rândul unui grup divers de elevi într-o varietate de medii de învățare. De exemplu, elevii pot participa astăzi la medii de învățare online sau mixte, alături de spațiile tradiționale de învățare în stilul sălii de clasă.

Pe măsură ce luăm în considerare necesitatea de a acumula experiențe de învățare, este nevoie de a recunoaște modul în care spațiile de învățare în sine nu mai reprezintă mecanisme fixe și rigide într-un loc sau timp stabilit. Flexibilitatea spațiilor de învățare poate fi remodelată în ceea ce privește crearea unor medii de învățare care să favorizeze facilitarea incluziunii.

Ideea că domeniile STEM necesită abilități mai rigide de rezolvare a problemelor, care se bazează pe gândire matematică și deductivă, de logică, pierde teren în noua paradigmă a instruirii bazate pe STEAM [12]. Este argumentat faptul că aspectul creativ al artelor este întotdeauna

prezent în soluțiile inovatoare de probleme [11]. Schimbarea strategiilor de instruire pentru a facilita inițiativa de integrare a artelor în STEM necesită o schimbare radicală a tipurilor de pedagogii practicate în mod tradițional în domeniul STEM. Inițiativele educaționale care vizează dizolvarea separărilor dintre știință, tehnologie, inginerie, arte și matematică implică crearea unei structuri educaționale diferite din punct de vedere conceptual - una care se concentrează pe integrarea STEM și artele într-un model STEAM.

Metodele de predare bazate pe arte, cum ar fi crearea de opere vizuale de artă care prezintă concepte științifice, sunt un exemplu de metode de proiectare instrucțională de tip STEAM. Un aspect-cheie al designului STEAM implică angajarea elevilor în design-uri vizuale artistice și creative ale conceptelor tradiționale științifice pentru a facilita o mai bună înțelegere și implicare a acestora. Elevii sunt încurajați să scrie cântece sau să dezvolte poezii care exprimă idei științifice. Corpul este angajat din punct de vedere kinestezic pentru a imita ideile științifice în același mod în care elevii și-ar implica în mod obișnuit corpul în teatru. Ideea de bază în practicile educaționale STEAM este că angajamentul de tip transdisciplinar între practicile educaționale din știință și artă produce gânditori mai creativi și inovatori [20].

În concluzie, luarea în considerare a modului de remodelare a dezvoltării profesionale a cadrelor didactice în ceea ce privește luarea în considerare a modului de utilizare a pedagogiilor centrate pe elev într-un spațiu de învățare modernizat devine de cea mai mare importanță în educație.

1.3. Abordări conceptuale STEAM în procesul educațional la disciplinele Fizică, Chimie, Biologie și Geografie

În prezent, documentele de tip proiectiv și metodologic de care dispune sistemul educațional, dezvoltă ideea promovării procesului de învățare axat pe cercetare, investigare și aplicare a cunoștințelor în situații concrete de activitate economică al membrilor societății. Orientarea profesională a tinerilor generații se efectuează la diverse forme de organizare ale activităților de învățare la toate domeniile inclusiv și la domeniul Științelor naturii.

Persoanele responsabile de organizarea și desfășurarea demersului educațional, adoptă strategiile didactice cele mai oportune în formarea finalităților de învățare care constituie setul de achiziții necesare competențelor cheie. Acest lucru direcționează metodologia profesorului spre activități interdisciplinare care-și găsesc tangențe cu situații reale ale vieții cotidiene. Astfel, totalitatea competențelor specifice ale disciplinelor școlare vor constitui punctul de reper în formarea unei personalități competente și apte de ași aplica cunoștințele în situații concrete ale vieții [27].

Curriculum Național al Republicii Moldova, ediția 2019, prevede posibilități de organizare a educației prin prisma politicilor Uniunii Europene, care educă generații libere, cu viziuni democratice care totodată, exteriorizează setul de valori bazate pe principii morale într-o societate consolidată și bine dezvoltată [8, 9].

Disciplinele conexe domeniului Științe ale naturii, adoptă competențele-cheie prin prisma fizicii, chimiei, biologiei, geografiei. Competențele specifice ale acestor discipline școlare eficientizează procesul educativ din perspectiva interdisciplinarității și transdisciplinarității. Aceste două dimensiuni pe lângă monodisciplinaritate și pluridisciplinaritate constituie „arcul cunoașterii” fiecărui individ trecut prin sistemul educațional [8, 9].

De exemplu, unitățile de competență, incluse în programa la disciplina Biologie, ultima ediție (2019), sunt axate pe posibilități de aplicare a materiei școlare prin prisma STEAM. Astfel, domeniului *științe* i se referă abordarea unităților de conținut cu trimitere la explicarea proceselor ce țin de particularitățile structurale și funcționale ale organismelor vii, utilizând cunoștințele și metodologia aflate în uz, inclusiv observarea și experimentarea, pentru a afirma sau infirma presupunerile științifice bazate pe dovezi bine argumentate. Domeniul *tehnologie* poate fi valorificat prin utilizarea și gestionarea unor instrumente și mașini tehnologice, programe digitale, materiale, rezultate din diverse domenii științifice, pentru a îndeplini proiectul tematic sau pentru a ajunge la o concluzie, în baza obiectului de studiu. *Ingineria*, ca domeniu al conceptului STEAM, implică înțelegerea aspectelor multilaterale ale organismelor vii prin produse vizibile realizate și funcționale. *Arta*, combină proiectul cu anumite elemente din artă, care va defini produsul ca o abordare abstractă și imaginativă. *Matematica*, prezintă domeniul de aplicare a cunoștințelor care vor dezvolta și folosi gândirea și raționamentul matematic pentru a rezolva o serie de probleme ce țin de individualitatea structurilor, proceselor, fenomenelor, legilor, conceptelor organismelor vii.

Îmbinarea acestor domenii deschid viziuni pedagogice care pot fi abordate ca educația STEAM la disciplinele Fizică, Chimie, Biologie și Geografie. Sfera de referință a conceptului de educație STEM la Fizică, Chimie, Biologie și Geografie, evidențiază importanța cunoștințelor științifice promovate de științele naturii, valorificate la nivel de tehnologie (știință aplicată social) și de inginerie (știință aplicată în producția agricolă, industrială, postindustrială, a serviciilor, bazată pe TIC etc.), demonstrate și ordonate matematic și informatic (prin resursele teoretice și metodologice generale și speciale ale matematicii și ale informaticii)

Cultura organizațională STEM la disciplinele Fizică, Chimie, Biologie și Geografie, reflectă valorile pedagogice generale din perspectiva acestei științe, ale adevărului științific și ale utilității/eficienței/eficacității adevărului științific aplicat social (prin tehnologie și inginerie), care susține prevederile curriculare la biologie.

Abordarea conceptului STEAM la Fizică, Chimie, Biologie și Geografie este oportună conform spațiului pedagogic deschis, unde are loc: instruirea spre inovare pedagogică; învățarea prin cooperare, în clasă, pe grupe și microgrupe; integrarea mediilor de învățare virtuală; valorificarea TIC în orice context de predare-învățare-evaluare; conectarea la profesiile viitorului, determinate de evoluția STEM. Totodată, timpul pedagogic deschis implică participanții în proiecte intradisciplinare, interdisciplinare, pluridisciplinare/multidisciplinare, transdisciplinare.

Educația STEAM la Fizică, Chimie, Biologie și Geografie planifică activități de predare-învățare-evaluare, interdisciplinară, pluri-/multidisciplinară, transdisciplinare. În acest caz, rolul specialistului de biologie încurajează procesul de învățare la disciplina dată, ghidează educații spre o anumită activitatea profesională, promovează coordonarea și cooperarea prin diverse parteneriate ale instruirii STEAM [40].

Implementarea conceptului STEAM la disciplinele Fizică, Chimie, Biologie și Geografie, facilitează procesul de predare-învățare-evaluare prin: promovarea activităților experimentale; posibilități de soluționare a problemelor lumii vii la nivel local, regional, global; dezvoltarea gândirii analitice; valorificarea gândirii holistice; autocontrol asupra învățării, ai celor care învață. Ulterior, activitățile și produsele de învățare STEAM, vor exterioriza finalitățile specifice educației STEAM în care sunt vizate toate modelele de cunoaștere, necesare individului actual într-o societate dinamică și informațională. Factorii societății menționate, contribuie la ascensiunea pe scara profesională a valorilor bazate pe principiile științifice și aplicarea acestora în situații concrete ale vieții, care cuprinde domeniile multilaterale ale activității umane.

II. REPERE METODOLOGICE ALE CONCEPTULUI EDUCAȚIONAL STEAM ÎN ÎNVĂȚĂMÂNTUL GENERAL (CHIMIE, BIOLOGIE, GEOGRAFIE).

2.1 Aspecte didactice ale conceptului educațional STEAM.

Abordarea STEAM în educație începe acolo unde profesorul știe să dezvolte capacitățile și aptitudinile elevului pentru formarea atitudinilor și competențelor, or specialistul viitorului este acel student care știe să aplice cunoștințele în practică. Să recunoaștem că majoritatea „joburilor” din viața reală sunt interdisciplinare, iar componenta cheie a abordărilor STEM și STEAM este integrarea [6]. Cei 4 „C” ai abordării STE(A)M în educație vin să dezvolte elevilor: potențialul creativ, gândirea critică, capacitățile de colaborare și comunicare (Figura 2. 1).

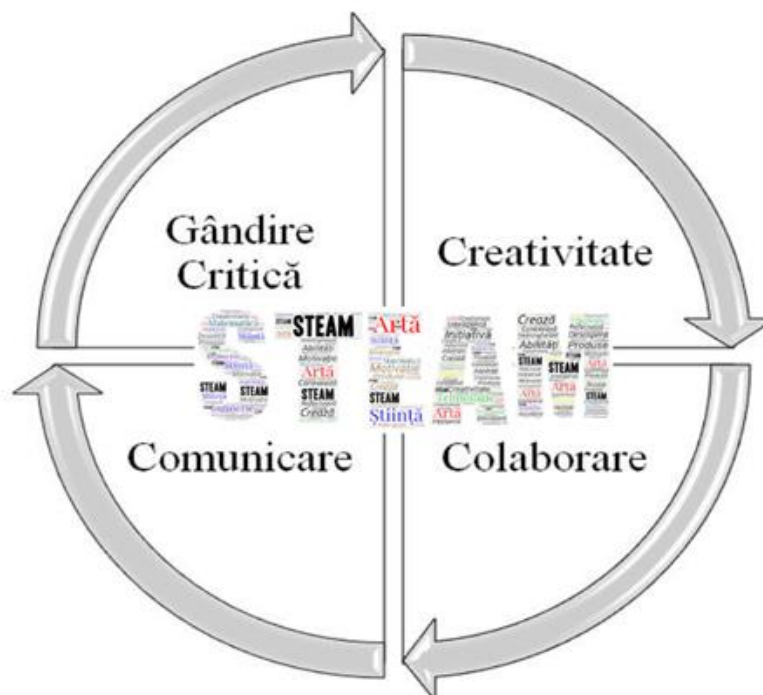


Fig. 2.1. 4 „C” ai abordării STEAM în educație

Abordarea STEAM în educație pornește de la realitatea celui care învață și se concentrează pe cunoștințele dobândite în cadrul orelor și se transformă în noi produse care au menirea să soluționeze problemele cu care se confruntă elevul. Vorbind despre abordarea STEAM trebuie să menționăm că acest tip al învățării depășește granițele sălii de clasă, și se regăsește cu ușurință în învățământul nonformal, pentru că STEAM este acel element de egalitate dintre ceea ce învață elevul la școală și viața pe care el o trăiește. Colaborarea și intersecția cunoștințelor din diferite domenii de studiu este reprezentativă pentru conceptul educațional STEAM. Domeniul educațional la nivel mondial tinde să combine armonios inovarea, cercetarea, învățarea aplicativă și utilă cu scopul de a forma specialiști autodidacți, capabili de performanțe înalte în activitatea profesională, fapt care se resimte și în tendințele curriculare din țara noastră prin modernizarea Curriculumului în 2019 [27]. Abordarea STEAM își propune prin stimularea curiozității elevului să sporească înțelegerea

modului în care funcționează lucrurile din jurul lui și îi oferă oportunitatea să le îmbunătățească prin implementarea tehnologiilor de ultimă oră. STEAM este o abordare integrată a învățării care depășește tiparele curriculumului combinând știința, tehnologia, ingineria, artele și matematica cu scopul de a forma educabilului cunoștințe, atitudini și abilități.

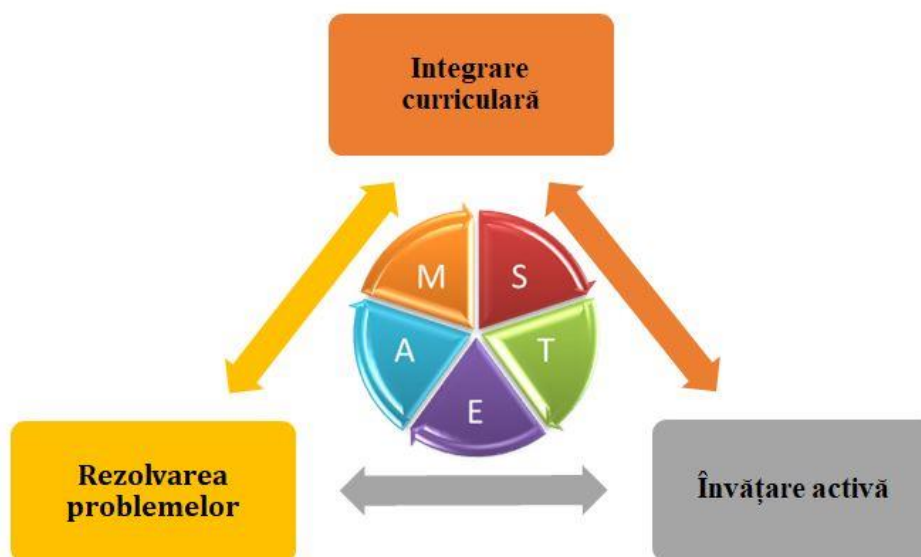


Fig. 2.2. Elemente de baza ale abordării STEAM în educație

Când spunem STEAM (Figura 2. 2) vorbim despre acea învățare care se echivalează cu un triunghi echilateral ce are 3 laturi egale și importante în aceeași măsură și aici facem referința la: integrarea curriculară, învățarea activă și realitatea educabilului. Integrarea curriculară este elementul de baza a acestui concept educațional care încurajează elevii spre o analiză mai complexă și mai aprofundată a temei cercetate cu scopul de a defini fiecare latură a problemei și de a găsi soluția perfectă. Integrarea curriculară este unul din factorii esențiali pe care mizează educația contemporană atunci când își propune ca obiectiv major adaptarea curriculumului la cerințele societății moderne [32]. De asemenea în cadrul conceptual al învățării STEAM se aprofundează gândirea din perspective diferite și se mizează pe dezvoltarea abilităților multilaterale axându-se pe domeniile conexe problemei cercetate, aici dispar granițele disciplinare și vorbim despre inter-, trans- și pluridisciplinaritate ca elemente de bază în formarea cunoștințelor și competențelor. Paradigma educațională STE(A)M pune accentul anume pe integrarea curriculară, nu în zădar la formarea conceptuală a acestui tip de învățare contribuie setul de 5 discipline științe, tehnologie, inginerie, arte și matematică care provoacă spre învățarea prin cercetare – instruirea prin proiecte, aplicarea cunoștințelor în practică.

Abordarea STEAM în cadrul educațional își propune să faciliteze calea spre succesele elevilor îmbinând în egală măsură potențialul cognitiv al educabilului, creativitatea și elementele de noutate care tind să le formeze competențe prin experimentare și aplicare în practică a cunoștințelor dobândite în cadrul orelor. O altă latură destul de importantă a conceptului educațional STEAM este învățarea activă și aici trebuie să specificăm că elevul este cel care își formează cunoașterea prin acțiunile pe care le întreprinde, ori fiecare activitate realizată are menirea să aducă educabilului acel bagaj cognitiv indispensabil pentru rezolvarea problemelor cu care se va întâlni pe parcursul vieții. Metodologiile active de predare- învățare - evaluare plasează elevii în centrul acestui proces și îi fac mai degrabă protagoniști ai descoperirii, decât destinatari

pasivi ai informațiilor [2]. Spre deosebire de educația bazată pe informații care există pe hârtie sau pe tablă, educația STEAM permite elevilor să învețe cum să gândească și să dezvolte legături între cunoștințele pe care le-au dobândit și lumea reală în care ei trăiesc. Educația STEAM promovează învățarea activ-creativă, transformatoare, integrată, care oferă elevilor oportunitatea de a valorifica elementele inter, trans și pluridisciplinare în rezolvarea problemelor cu care se ciocnesc în viața de zi cu zi. Constatăm că abordarea STEAM în educație este acel tip al învățării active care implică educabilul în procesul de formare a cunoștințelor mizând pe elementele de curiozitate și dorința de cunoaștere pe care acesta o manifestă în cadrul procesului de învățare. STEAM este o abordare didactică relativ nouă, ce pune accent în egală măsură pe potențialul fiecărui elev care scoate în evidență cele mai bune calități pe care acesta le posedă.

Conceptul educațional STEAM este un proces didactic complex care permite educabilului să transforme cunoștințele dobândite în cadrul procesului de învățare în acțiuni concrete ce au menirea să îi soluționeze problemele cu care se confruntă în viața reală [13] fapt care ne permite să afirmăm că formarea cunoștințelor abordată într-un mod creativ și inovator trasează corespondențe directe către finalitatea acestui proces care tinde să devină soluția complexă în rezolvarea unei probleme. Efectiv atunci când spunem abordarea STEAM în educație vorbim despre acele metode de predare – învățare – evaluare care permit celui ce învață să fie pilonul de bază în propria formare și profesorului să fie ghidul descoperirii elementului de noutate și facilitatorul procesului de modelare a personalității în dezvoltare. Abordarea STEAM în educație este acel concept didactic care mizează pe curiozitatea elevului și vine să îl pună în situația de a rezolva probleme importante pentru el prin acțiuni concrete.

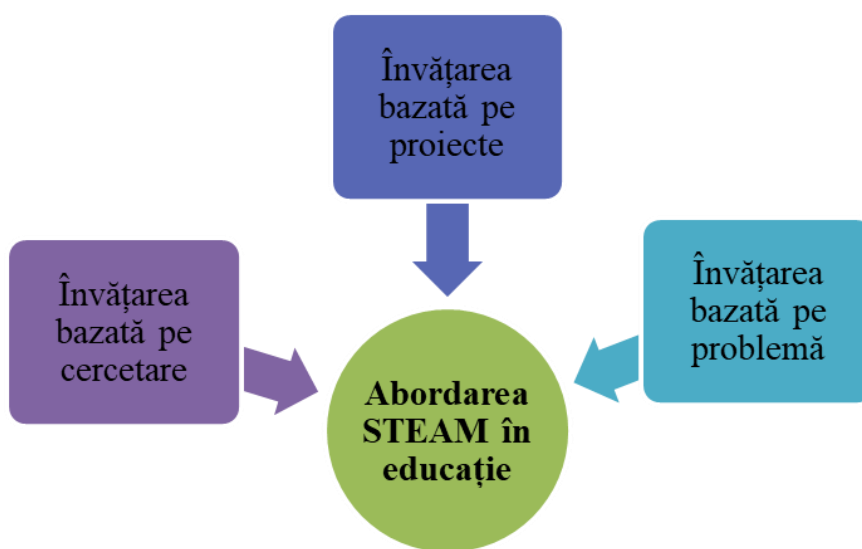


Fig. 2.3. Strategii didactice specifice conceptului educațional STEAM

Didactica conceptului educațional STEAM vizează 3 strategii didactice inovative: aici facem referința la (Figura 2.3): învățarea bazată pe cercetare, proiecte și probleme, toate strategiile sunt specifice conceptului educațional STEAM deoarece soluționează probleme din viața reală, prin aplicarea în practică a cunoștințelor științifice prin realizarea produselor, ceea ce per final conduce la formarea de competențe. Atât instruirea prin cercetare, cât și învățarea bazată pe proiecte, învățarea bazată pe problemă sunt axate pe rezolvarea unei probleme din viața reală aplicând cunoștințele dobândite în cadrul studiului științific la diferite discipline, or paradigma educațională a învățării prin descoperire, bazată pe curiozitatea educabilului și aplicarea cunoștințelor științifice

în practică prin realizarea produselor, prototipurilor, modelelor nu este altceva decât baza teoretico- didactică a conceptului STEAM. Necesitatea timpurilor în care trăim ne conduce spre ideea că demersul didactic și procesul de formare a cunoștințelor trebuie să depășească granița sălii de clasă și „actul educațional să nu fie o distribuire de cunoștințe ci un proces de integrare a acestora în realitatea existențială a educabilului” [14].

2.2 Strategii utilizate în procesul de învățământ din perspectiva conceptului educațional STEAM.

Strategiile oportune conceptului educațional STEAM eficientizează învățarea elevilor și le dezvoltă abilități cognitive cu efect motivațional asupra scopurilor propuse. Părțile componente ale strategiei, prefigurează scenariul activităților de învățare activă, cu finalități inter și transdisciplinare. Cadrul didactic își planifică formele de organizare ale învățării în cel mai eficient mod, ca un mediu prielnic la realizarea obiectivelor educaționale [46].

Strategia didactică în procesul învățării din perspectiva conceptului educațional STEAM, este un mod de îmbinare a metodologiei didactice STEAM și a mijloacelor de învățământ prin care se asigură proiectarea, organizarea, realizarea cercetării, investigării domeniului indicat. Strategiile sunt fundamentate pe principiile didactice și asigură parcurgerea unei secvențe de predare-învățare-evaluare STEAM, de către elevi. În alegerea strategiei optime trebuie stabilite:

- obiectivele și competențele vizate în cadrul educației STEAM;
- conținuturile învățării STEAM;
- tipul de învățare care va fi dezvoltat prin abordări conceptuale STEAM;
- mediul instrucțional STEAM;
- timpul școlar optim pentru învățare, din perspectiva conceptului educațional STEAM.

Ținând cont de criteriile care diferențiază strategiile didactice, conceptul educațional STEAM, trebuie privit din perspectiva fiecărui grup de strategii [22].

La mod general, integrarea STEAM în sistemul de strategii didactice, poate fi racordat la tipul de *gândire pe nivele cognitive*. În acest caz, cercetarea în cadrul educației STEAM, trece de la particular la general, prin respectarea dimensiunii efect-cauză. Gândirea, ca formă fundamentală a raționamentului, exercită exclusiv după planul conceptelor, iar în baza premiselor derivă concluziile de rigoare. Sunt identificate asemănări dintre idei, lucruri, situații, fapte unde, prin aspectele particulare se diferențiază într-o măsură oarecare. Raționamentul transductiv sporește tranziția de la gradul general al adevărului științific, spre realități cu același grad de generalitate în cadrul educației STEAM. În produsele gândirii pe nivele cognitive se urmărește totodată, abordări mixte, diferite ca origine, natură, funcție etc. ale conceptului STEAM.

STEAM și sistemul de strategii *după gradul de dirijare al învățării*, respectă procesul de învățare prin dirijarea strictă și rigidă ale metodelor algoritmice, unde logica utilizează notațiile algoritmice. Inclusiv, și prin accentuarea efortului celui ce învață, deviind într-o măsură oarecare, de la prevederile metodelor algoritmice.

După *activitatea realizată de participanți la actul de instruire STEAM*, implică individul în activități activ-participative unde are loc comunicarea și demonstrarea adevărului științific în urma descoperirilor din cadrul activităților experimentale. Randamentul școlar este verificat prin mai multe forme de evaluare, în urma cărora sunt vizibile rezultatele învățării STEAM.

Strategia didactică STEAM depinde de următorii factori:

- ✓ concepția pedagogică generală STEAM și personală a profesorului;

- ✓ forma de organizare aleasă pentru activitățile STEAM;
- ✓ metodele didactice pentru care se optează în cadrul procesului de învățare STEAM;
- ✓ mijloacele de învățământ STEAM disponibile.

Strategia procesului de învățare din perspectiva conceptului educațional STEAM, va cuprinde anumite viziuni:

- ✓ învățarea STEAM să motiveze elevii pentru cercetarea și experimentarea proceselor din lumea reală prin propria inițiativă și creativitate individualizată;
- ✓ încurajarea inovațiilor și antreprenoriatului prin activități interdisciplinare la rezolvarea problemelor din diferite domenii ale științei;
- ✓ susținerea, încurajarea, ghidarea elevilor în completarea și valorificarea capacităților cognitive;
- ✓ utilizarea metodelor de predare-învățare-evaluare inovatoare, adaptate la procesul educațional STEAM.

2.3 Caracteristici ale învățării bazate pe abordarea STEAM.

Analizând experiența internațională în domeniul educației integrate prin modelul STEM și literatura de specialitate, putem menționa că STEM-ul se axează pe câteva practici instructive, și anume [34]:

1. Abordarea integrată a conținuturilor STEM;
2. Focusarea pe probleme /problematizare (Problem Based Learning);
3. Învățarea prin investigare/cercetare/experiențială/descoperire;
4. Învățarea prin proiecte ingineresti/tehnologice;
5. Învățarea prin cooperare (lucrul în echipă);
6. Centrarea pe elev;
7. Învățare și implicare activă;
8. Evaluarea;
9. Competențe pentru secolul XXI.

1. Abordarea integrată a conținuturilor prin modelul STEM – sunt incluse practici instructive care pledează pentru conexiuni între diferite discipline STEM. Există mai multe abordări pentru realizarea acestor conexiuni. Cele mai cunoscute sunt interdisciplinaritatea și multidisciplinaritatea. Într-o abordare multidisciplinară, conceptele și abilitățile specifice subiectului sunt învățate separat în fiecare disciplină, iar așteptările de la elevi sunt orientate spre conectarea conținuturilor, predat în clase diferite, pe cont propriu. O abordare interdisciplinară, pe de altă parte, începe cu o problemă sau problemă din lumea reală și se concentrează pe conținut și abilități interdisciplinare (de exemplu, gândire critică și rezolvarea problemelor), mai degrabă decât conținut și abilități specifice subiectului.

Curricula integrată, pe de altă parte, asimilează în mod explicit concepte din mai multe discipline și aplică o atenție egală la două sau mai multe discipline. O distincție similară o face Roehrig și colab. (2012) [28] care fac o diferențiere între integrarea conținutului și integrarea contextului. Potrivit acestora, integrarea conținutului se concentrează pe fuzionarea disciplinelor într-o singură activitate curriculară sau unitate pentru a evidenția „idei esențiale” din mai multe domenii de conținut, în timp ce integrarea contextului se concentrează pe conținutul unei discipline și folosește contexte din altele pentru a realiza conținuturi mai relevante.

Deși nu există un consens cu privire la terminologie, în majoritatea articolelor analizate se pune accentul pe o legătură strânsă între diferitele discipline STEM, care este necesară pentru o educație integrată prin STEM și pentru funcționarea acestui model. Multe lucrări (de exemplu, Satchwell și Loepp, 2002; Shahali și colab., 2016) [30] subliniază importanța aplicării unei atenții egale la două sau mai multe discipline STEM și/sau asimilarea explicit a unor concepte din diferite STEM-discipline. Crearea integrării explicite este esențială, deoarece elevii nu integrează spontan concepte pe diferite reprezentări și materiale pe cont propriu (Pearson, 2017) [26].

2. Focusarea pe probleme/situații-problemă – presupune utilizarea problemelor din lumea reală legate de un context antrenant și motivant. În lucrările analizate sunt folosiți diferiți termeni pentru a desemna acest lucru: învățarea centrată pe probleme, învățarea bazată pe probleme și învățarea bazată pe proiecte. Deși toate aceste abordări sunt centrate pe elevi, promovează învățarea activă și pledează pentru utilizarea problemelor autentice din lumea reală, există diferențe specifice între aceste abordări instructive.

3. Învățarea bazată pe investigare/învățarea experiențială/prin descoperire. O a treia categorie cuprinde practici de instruire care se referă la utilizarea învățării prin investigare/experiențială/prin descoperire. În învățarea bazată pe descoperire, elevii se angajează în activități practice care le permit să descopere concepte noi și să dezvolte noi conexiuni cognitive. Astfel, acest tip de învățare este folosit în mod intenționat pentru a promova construcția cunoștințelor, iar elevii sunt încurajați să-și testeze ideile existente, făcând predicții, respectând și înregistrând explicațiile lor.

4. Învățarea prin proiecte ingineresti/tehnologice se referă la utilizarea proiectării tehnologice sau ingineresti. Prin implicarea activă a elevilor în provocări de proiectare inginerescă, ei nu numai că învață despre procesele de proiectare inginerescă și practicile ingineresti, dar își aprofundează înțelegerea ideilor de bază la disciplinele școlare [19].

Activitățile de proiectare inginerescă pot consolida cunoștințele elevilor despre știință, tehnologie și matematică, deoarece completează lacunele dintre cunoștințele de conținut factice, cunoștințele abstracte și aplicațiile practice. În lucrările analizate sunt menționate mai multe aspecte ale proiectării ingineresti calitative. În primul rând, provocările eficiente ale proiectării ar trebui să fie deschise, autentice, practice și multidisciplinare. Acestea sunt provocări care reprezintă probleme din industrie și permit elevilor să exploreze sau să dezvolte tehnologii și să le solicite să lucreze cu informații incomplete și să ia în considerare constrângerile, siguranța, riscurile și soluțiile alternative. Mai mult, realizarea proiectelor ingineresti ar trebui să implice diferite faze iterative, cum ar fi definirea problemei, proiectarea soluțiilor de inginerie, implementarea unei soluții, testarea acesteia și evaluarea soluției [25]. Mai mult, pe tot parcursul procesului de proiectare, elevii trebuie să gestioneze riscul și incertitudinea, să ia în considerare experiența anterioară și să învețe de la un eventual eșec. Elevii ar trebui să poată demonstra ceea ce au învățat în procesul de proiectare, să își justifice deciziile de proiectare prin intermediul acestor cunoștințe recent dobândite și să vină cu recomandări despre proiectare, pe baza rezultatelor testelor lor.

5. Învățarea prin cooperare - presupune promovarea muncii în echipă și colaborarea cu ceilalți. În lucrările revizuite se disting două abordări ale învățării în grupuri mici: învățarea colaborativă și cooperarea [25]. Profesorul nu monitorizează în mod activ grupurile, având rolul de facilitator. Pe de altă parte, în învățarea cooperativă, profesorul se deplasează de la echipă la echipă, observă interacțiunile și intervine atunci când simte că este necesară implicarea lui. Mai mult, este oferită instruire în abilități sociale în grupuri mici, iar profesorul încurajează elevii să

evalueze funcționarea grupului pentru a îmbunătăți nivelurile de participare și performanță. Rezolvarea problemelor STEM/STEAM prin învățarea prin colaborare/cooperare încurajează munca în echipă prin finalizarea provocărilor de grup. În acest sens, un Curriculum transdisciplinar STEM/STEAM ar trebui să fie orientat spre producerea de situații-problemă care să dezvolte abilitățile de cooperare insuflă elevilor, deoarece abilitățile de colaborare/cooperare sunt foarte apreciate în lumea modernă [35]. Elevii sunt orientați spre dezvoltarea abilităților de cooperare în rezolvarea problemelor, care se concentrează pe modul în care rolurile individuale ale elevilor contribuie la îndeplinirea sarcinilor într-un efort de grup. În consecință, elevii învață să colaboreze cu alți elevi care au diverse interese și abilități și vin din diverse medii.

6. Centrarea pe elev se referă la utilizarea teoriilor centrate pe elevi și indică faptul că lecțiile și activitățile dintr-o unitate de învățare integrată prin STEM ar trebui să fie centrate pe elev, deoarece elevii dezvoltă o mai bună înțelegere și abilități prin participarea activă la activități de învățare.

7. Învățare și implicare activă. Prin activități practice, elevii sunt mai puțin restricționați și pot experimenta în mod activ învățarea. Mai mult, relevanța este transmisă prin învățarea practică, deoarece permite elevilor să observe rolul inovației în viața de zi cu zi.

8. Evaluare – este parte componentă a procesului instructiv-educativ. Evaluările ar trebui să le prezinte elevilor sarcini autentice care le impun să conecteze toate conceptele cheie studiate în matematică, știință și tehnologie și ar trebui să includă și un barem de notare.

9. Abilități din secolul XXI. Categoria finală cuprinde „abilități din secolul XXI”, referindu-se la cunoștințe, abilități și atitudini care sunt considerate necesare pentru a activa și integra eficientă ca cetățeni, muncitori și lideri la locul de muncă în secolul XXI [10]. Deși există mai multe liste de abilități necesare secolului XXI, cele numite de Brian et al. (2015) includ creativitatea și inovația, gândirea critică, rezolvarea problemelor, comunicarea și colaborarea.

Crearea de conexiuni semnificative între disciplinele STEM este o sarcină dificilă. Necesită un act iterativ de potrivire și reorganizare a obiectivelor de învățare între diferitele discipline, căutarea unei secvențe adecvate pentru aceste obiective și încorporarea de noi obiective de învățare. Prin urmare, cadrele didactice trebuie să fie dispuși să investească timp și efort în implementarea integrării. Mai mult decât atât, pentru a permite elevilor să efectueze propriile experimente sau să construiască un prototip este nevoie de timp suplimentar. În plus, crearea unei abordări de învățare interdisciplinară necesită cooperare între cadrele didactice diferitelor discipline STEM, ceea ce necesită resurse umane, financiare, materiale și infrastructurale suficiente.

Învățarea prin proiecte presupune respectarea unor particularități ale proiectului care să determine rezultatele scontate, și anume, proiectele trebuie să aibă un scop bine definit și relevanță. Trebuie acordat suficient timp pentru ca elevii să se gândească, să planifice, să execute, să schimbe cursul, să extindă și să editeze proiectele lor. Timpul din cadrul lecției oferă elevilor acces egal la expertiză și materiale; proiectele pot avea, de asemenea, nevoie de suficient timp în afara școlii. Proiectele trebuie să fie complexe – cele mai bune proiecte combină mai multe domenii și fac apel la cunoștințele prealabile deținute de elevi. În timpul lucrului asupra unui proiect, elevii sunt conectați între ei. Lecțiile învățate în timpul conexiunilor interpersonale care sunt necesare pentru realizarea proiectelor de echipă sunt durabile în timp.

III. REPERE PRACXIOLOGICE ALE CONCEPTULUI EDUCAȚIONAL STEAM ÎN ÎNVĂȚĂMÂNTUL GENERAL (FIZICĂ, CHIMIE, BIOLOGIE, GEOGRAFIE)

3.1 Exemple de activități și produse de învățare STEAM la disciplina de studiu Fizica.

Realizarea obiectivelor educației STEM/STEAM este concepută la fizică prin realizarea proiectelor STEM/STEAM recomandate în curricula școlară [48], [49]. În continuare ne vom referi la unele aspecte ale realizării acestor proiecte.

Alegerea temei proiectului. Tema proiectului trebuie să fie ancorată în realitatea înconjurătoare. Acesta rezultă din formularea unei probleme cu care se confruntă oamenii din localitatea dată. De exemplu, costurile mari la carburanți ar fi o problemă din care ar rezulta tema proiectului STEM „Utilizarea surselor de energie regenerabilă”.

Metoda de bază: proiectul.

Procedee: conversație, explicație, lucrări practice.

Clasa: a VIII-a.

Disciplina: Fizica.

Subiectul: Producerea căldurii. Combustibili.

Unitatea de competență vizată: Calcularea cantității de căldură la arderea combustibililor.

Formele de organizare: frontală, grupală, individuală.

Mijloace de învățământ: laptopuri conectate la internet, videoproiector, filme documentare, reviste, enciclopedii, coli de hârtie, creioane colorate, markere, motor de current continuu, celulă fotovoltaică, elice, placa Arduino, senzori.

Exemplificarea utilizării metodei:

- a) **Alegerea temei:** Utilizarea surselor de energie regenerabilă.
- b) **Prezentarea scopului proiectului:** Culegerea, selectarea și prelucrarea unor informații despre utilizarea surselor de energie regenerabile în cotidian.
- c) **Planificarea activităților:** Profesorul prezintă modalitatea de lucru, sunt stabilite activitățile care urmează să fie desfășurate pe o perioadă de patru săptămâni. Elevii se împart în trei echipe. Se distribuie fiecărui elev o listă cu activitățile din proiect.
- d) **Lista de activități:**
 - 1) Organizarea grupurilor formate din câte patru-cinci elevi. Stabilirea responsabilităților.
 - 2) Culegerea informațiilor despre sursele de energie regenerabilă (generatoare eoliene, celule fotovoltaice, cazane cu biomasă etc.) având la dispoziție reviste, enciclopedii și posibilități de vizionare a filmelor documentare.

- 3) Completarea unor fișe cu date despre costul, modul de selectare, timpul de rambursare a cheltuielilor la diferite surse de energie regenerabilă.
 - 4) Redactarea unor postere de prezentare a unor surse de energie regenerabilă, care pot fi utilizate în localitatea respectivă.
 - 5) Realizarea unor scheme de instalare a surselor de energie regenerabilă.
 - 6) Montarea unor circuite electrice care să ilustreze obținerea energiei electrice și termice de la surse de energie regenerabilă. Elaborarea machetelor funcționale a surselor de energie regenerabilă.
 - 7) Redactarea unui pliant cu liste de reguli de utilizare a surselor de energie regenerabilă pentru locatari, în scopul economiei energiei electrice și a energiei termice.
 - 8) Redactarea unui text cu titlul *Economia energiei electrice și termice prin utilizarea surselor de energie regenerabilă*.
 - 9) Elaborarea unei coperti pentru Ghidul utilizatorului *Economia energiei electrice și termice prin utilizarea surselor de energie regenerabilă*.
 - 10) Asamblarea produselor obținute și legarea acestora într-o carte *Economia energiei electrice și termice prin utilizarea surselor de energie regenerabilă*.
 - 11) Prezentarea rezultatelor proiectului.
- e) **Investigarea propriuzisă și realizarea produselor de către fiecare grup.**

Elevii culeg informații, selectează informații utile pentru realizarea produselor, asamblarea machetelor funcționale și prezentarea rezultatelor proiectului.

- f) **Prezentarea rezultatelor proiectului** (a cărților *Economia energiei electrice și termice prin utilizarea surselor de energie regenerabilă*, elaborate de fiecare grup, pliantelor cu reguli pentru locatari etc.); evaluarea activității și a produselor.

Fiecare grup alege forma și modalitatea de prezentare a produsului obținut. Elevii prezintă cărțile și machetele funcționale în fața colegilor, modul în care au colaborat pe parcursul derulării proiectului și atribuțiile îndeplinite de fiecare membru. Răspund la întrebările adresate de colegii din celelalte grupe.

În continuare vom descrie un produs realizat în cadrul acestui proiect.

Panou solar cu dispozitiv de orientare după Soare (tracker) pe bază de Arduino

Este cunoscut faptul că eficiența panourilor solare/fotovoltaice sporește considerabil atunci când acestea sunt dotate cu dispozitive, care orientează panoul după Soare (tracker) pentru a obține o iluminare maximă. În continuare se propune descrierea unui dispozitiv, care reprezintă un machet funcțional al tracker-ului real, elaborat în cadrul proiectului „Surse de energie regenerabilă”.

Circuitul dispozitivului se bazează pe utilizarea a două fotorezistoare (LDR - Light dependent resistor) pentru detectarea luminii și a unui servomotor pentru a roti automat panoul solar în direcția iluminării solare maxime.

Componente necesare:

1. Placa Arduino Uno
2. Servomotor SG 90
3. Panou solar
4. Fotorezistor (2 buc.)
5. Rezistoare 10 k Ω (2 buc.)
6. Baterie (de la 6 la 9 V).

Principiul de funcționare.

În acest proiect, fotorezistoarele vor funcționa în calitate de senzori de lumină. La incidența luminii pe fotorezistor, rezistența acestuia scade. Grație acestei proprietăți, fotorezistoarele deseori sunt folosite ca senzori de lumină. Pentru a compara iluminarea la ambele capete ale panoului solar, vom plasa fotorezistoarele la capetele acestuia, iar servomotorul va fi folosit pentru a roti panoul solar în funcție de informația primită de la senzorii de lumină (Figura 3.1). Acesta va roti panoul solar în direcția fotorezistorului a cărui rezistență va fi mai mică, ceea ce va însemna că mai multă lumină solară ajunge la acesta. Dacă iluminarea pe ambele fotorezistoare este aproximativ aceeași, servomotorul nu va roti panoul solar. Altfel spus, servomotorul va roti panoul solar într-o astfel de poziție, încât ambele fotorezistoare să aibă aproximativ aceeași rezistență, ceea ce ar însemna că iluminarea panoului este maximă. Montarea circuitului este reprezentată în figura 3.1.

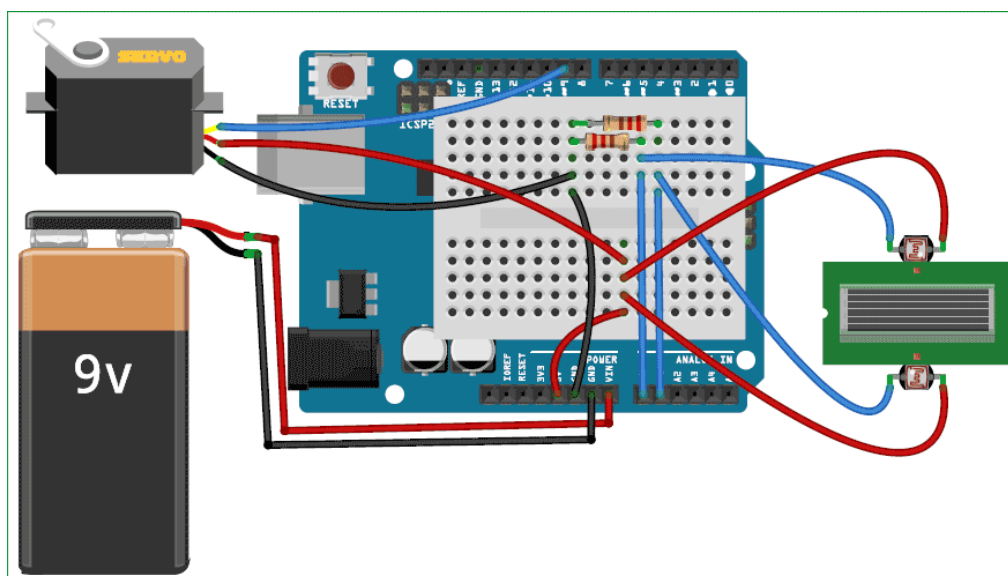


Fig. 3.1. Montajul circuitului programabil pentru funcționarea tracker-ului.

În acest circuit, placa Arduino este alimentată de la o baterie de 9V. Restul circuitului este alimentat de la placa Arduino. Tensiunea recomandată pentru alimentarea plăcii Arduino este de la 7 până la 12 V (deși se permite de la 6 până la 20 V). Prin urmare tensiunea de 9 V se încadrează bine în acest interval.

Servomotorul este conectat la portul 5V și la portul GND al plăcii Arduino, iar intrarea de semnal al servomotorului - la portul digital 9 al plăcii Arduino. Un pin al fotorezistorului este conectat la un capăt al rezistorului cu rezistența de 10 k Ω și la portul A0 al plăcii Arduino. Celălalt capăt al rezistorului se conectează la portul GND. Capătul rămas al fotorezistorului se conectează la portul 5V al plăcii Arduino. În mod similar, se conectează al doilea fotorezistor, folosind portul A1 al plăcii Arduino.

Codul utilizat la funcționarea tracker-ului (după [48]) este reprezentat în figura 3. 2.

Acest machet funcțional poate fi utilizat la efectuarea unei lucrări de laborator „Studiul comparativ al puterii electrice generate de panoul solar”. Scopul acestei lucrări cu caracter de cercetare este de a estima eficiența tracker-ului în utilizarea bateriilor solare. În tabelul 1 sunt reprezentate valorile puterii electrice generate de același panou solar: în primul caz dotat cu tracher, în cel de al doilea – fără astfel de dispozitiv [49].

```

#include <Servo.h>          //including the library of servo motor
Servo sg90;                //initializing a variable for servo named sg90
int initial_position = 90; //Declaring the initial position at 90
int LDR1 = A0;             //Pin at which LDR is connected
int LDR2 = A1;             //Pin at which LDR is connected
int error = 5;             //initializing variable for error
int servopin=9;
void setup()
{
  sg90.attach(servopin); // attaches the servo on pin 9
  pinMode(LDR1, INPUT);  //Making the LDR pin as input
  pinMode(LDR2, INPUT);
  sg90.write(initial_position); //Move servo at 90 degree
  delay(2000);           // giving a delay of 2 seconds
}

void loop()
{
  int R1 = analogRead(LDR1); // reading value from LDR 1
  int R2 = analogRead(LDR2); // reading value from LDR 2
  int diff1= abs(R1 - R2);    // Calculating the difference between the LDR's
  int diff2= abs(R2 - R1);

  if((diff1 <= error) || (diff2 <= error)) {
    //if the difference is under the error then do nothing
  } else {
    if(R1 > R2)
    {
      initial_position = --initial_position; //Move the servo towards 0 degree
    }
    if(R1 < R2)
    {
      initial_position = ++initial_position; //Move the servo towards 180 degree
    }
  }
  sg90.write(initial_position); // write the position to servo
  delay(100);
}

```

Fig. 3.2. Codul pentru funcționarea traker-ului.

Tabelul 1. Valorile puterii electrice generate de același panou solar în primul caz dotat cu tracher, în cel de al doilea – fără astfel de dispozitiv.

Ora	Puterea generată de panoul dotat cu traker (W)	Puterea generată de panoul fără traker (W)
10:00AM	3,55	2,85
11:00AM	3,71	3,23
12:00PM	4,11	2,72

01:00PM	4,22	2,45
02:00PM	3,92	2,36
03:00PM	3,71	2,23
04:00PM	3,53	2,11

Alte exemple de produse similare (macaraua hidraulică, motorul Stirling), realizate în cadrul altor proiecte sunt prezentate în Ghidurile de implementare a curriculumului de fizică [50] și [51].

Evident că înafară de machete funcționale, produse realizate în cadrul acestui proiect pot fi:

- Cartea *Economia energiei electrice și termice prin utilizarea surselor de energie regenerabile*.
- Pliantul cu *Reguli de utilizare a surselor de energie regenerabile pentru locatari*, în scopul economiei energiei electrice și a energiei termice ș.a.

Totodată nu putem considera produse realizate în cadrul unui proiect:

- prezentarea Power Point cu descrierea produsului;
- referatele despre activitatea în cadrul proiectului;
- posterul format A 1, cu prezentarea produsului ș.a.

Aceste materiale, utilizate la susținerea publică a proiectului trebuie considerate forme de prezentare a produsului, care se apreciază pentru aspectul grafic și estetic, creativitatea manifestată etc.

3.2 Exemple de activități și produse de învățare STEAM la disciplina de studiu Chimie.

Schimbările societale impun involuntar modificări esențiale și în domeniul Științe ale Educației care efectiv pornesc de la profesor care trebuie să știe să modeleze Curriculum-ul în așa mod ca să formeze educabilul capabil de performanțe. Un curriculum modern al secolul 21 trebuie să implice acele abordări didactice ale învățării care să-i ajute pe elevi să-și dezvolte abilitățile necesare pentru a fi competitivi în secolul 21. Abordarea STEAM în cadrul curricular la disciplina chimie poate fi realizată atât în cadrul unei ore ce va include elemente de noutate pentru elevi și potențiale probleme cu care elevii s-ar putea întâlni în viața de zi cu zi, sau ca proiect modular la unitatea de învățare desigur aici s-ar putea regăsi și proiectele de cercetare.

a. Abordarea STEAM în cadrul unei ore de chimie

- clasa a IX-a Unitatea de învățare – Metalele și compușii lor cu importanță practică, tema: Caracteristica generală, proprietăți fizice, domenii de utilizare și răspândirea metalelor în natură.

La etapa de realizarea sensului clasa se împarte în 6 echipe și se lucrează timp de 15 minute. După care în alte 20 minute sunt prezentate produsele echipelor.

1. **Echipă „Istoricii”** construiesc o axă cronologică a descoperirii metalelor și indică savantul, țara, orașul în care au fost descoperite acele elemente chimice. Specifică principalele etape istorice de utilizare a lor, în același timp folosind una din platformele educaționale cunoscute (Canva, Padlet,

Learningapps) transpun aceste date în mediul digital fie sub forma unui joc didactic, fie sub formă de prezentare.

Tabelul 2. Date istorice ale descoperirii elementelor chimice metalice.

Elementul chimic	Anul descoperii	Savantul	Țara în care a fost descoperit
Calciu	1808	Davy H.	Anglia
Aluminiu	1825	Oersted H.	Danemarca
Sodiu, Potasiu	1807	Davy H.	Anglia
Manganul	1774	Scheele C., Gahn J.	Suedia
Nichel	1751	Cronstedt A.	Suedia
Crom	1797	Vauquelin L.	Franța
Titan	1795	Klaproth M.	Germania
Fierul	Cunoscut încă din antichitate anul 4000 î.Hr		
Zinc	Cunoscut din sec. V. î. Hr.		

În aceiși ordine de idei elevii pot vorbi despre trei perioade istorice importante în cunoașterea metalelor: epoca fierului, epoca bronzului – care este un aliaj al cuprului cu staniul și epoca cuprului. Elevii pot numi principalele obiecte din metale fabricate și utilizate în acele timpuri (Figura 3.3).



Fig. 3.3. Perioade istorice importante în cunoașterea metalelor

2. **Echipa „Geografii”**, folosind diverse resurse educaționale și în baza informației propuse în atlasul geografic având la îndemână o hartă de contur indică toate țările care conțin minereuri de metale și zăcămintele lor. De asemenea cu ajutorul unei platforme educaționale elevii pot crea o imagine interactivă care să reflecte descoperirea lor. Desigur analiza zăcămintelor de substanțe minerale utile poate fi marginalizată în granițele Republicii Moldova.

3. **Echipa „Biologii”** cercetează informațiile ce țin de rolul biologic al metalelor surse directe de unde ne putem îmbogăți cu micro sau macroelemente metalice (Tabelul 3). Propun un meniu sănătos pentru o zi.

Tabelul 3. Surse de microelemente și rolul lor biologic

Metalul	Surse	Rolul biologic
Magneziu	Smochine, legume cu fructe verzi, nuci și semințe.	Reglează echilibrul psihic, combate stările de nervozitate.
Potasiu	Citrici, banane, semințe de floarea soarelui.	Împreună cu sodiul echilibrează cantitatea apei din organism.
Sodiu	Sarea de bucătărie, sfeclă, morcovi, carne de vită.	Contribuie la buna funcționare a sistemului nervos și cel muscular.
Calciu	Produse lactate, fasole uscată, somon carne.	Întreține sănătatea dinților, oaselor, combate cariile.
Fier	Spanac, brocoli, orez brun, linte năutul, ciupercile.	Fierul este elementul chimic care ajută la fixarea oxigenului în corpul uman. Este parte componentă a hemoglobinei.

4. **Echipa „Fizicienii”** analizează principalele proprietăți fizice ale metalelor precum – temperatura de topire, densitatea, punctul de fierbere, cu ajutorul platformei Beam se pot construi diagrame reprezentative a acestor indici (Figura 3.4, 3.5, 3.6), sau simplu se pot reprezenta pe coli de hârtie.

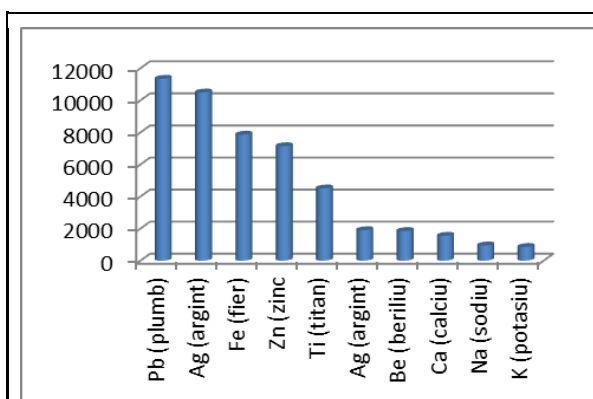


Fig. 3.4. Densitatea metalelor kg/m³

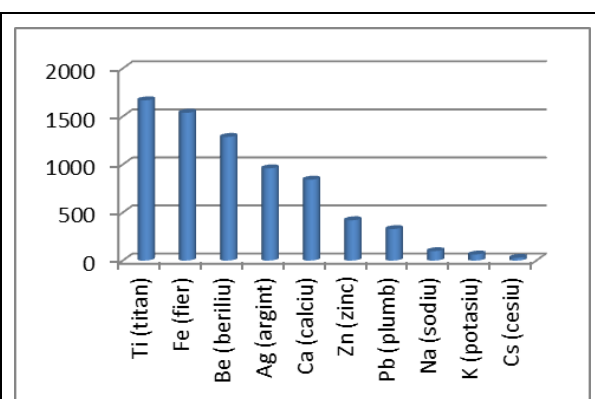


Fig. 3.5. Temperatura de topire a metalelor °C

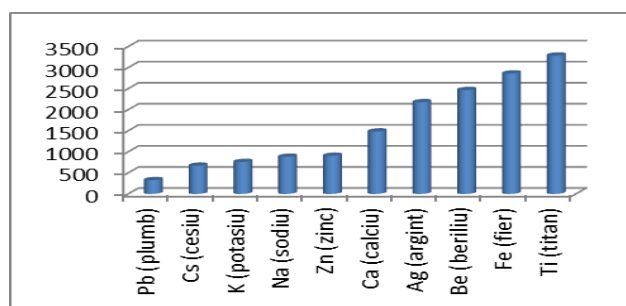


Fig. 3.6. Temperatura de fierbere °C

Tot echipa fizicienilor în contextul temei de studiu: „Caracteristica generală și proprietățile fizice ale metalelor” poate demonstra conductibilitatea electrică a metalelor cu ajutorul unei surse de current, două șârmuțe de cupru, aluminiu sau fier și a unui beculeț led, prin crearea unui circuit închis care ar aprinde beculețul, semn că metalul utilizat la construcția circuitului conduce curentul electric.

5. **Echipe „Chimiștii”** sunt cei care demonstrează experimental cum putem identifica ionii metalici cu ajutorul testului de flăcără, în același timp deduc legătura logică dintre culorile focurilor de artificii și componența lor. Acest experiment poate fi realizat și cu ajutorul laboratoarelor virtuale precum „Yenka” sau „Crocodile Chemistry” (Figura 3.7, Tabelul 4).

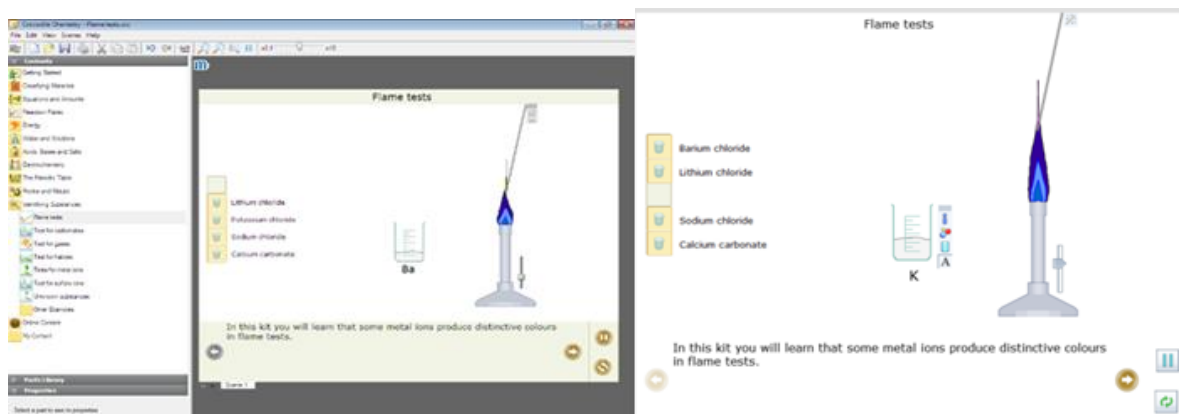


Fig. 3.7. Colorarea flăcării cu ajutorul metalelor

Tabelul 4. Indicele de culoarea al flăcării metalelor

Metale	Culoarea flăcării
Sodiu	Galben
Calciu	Portocaliu
Potasiu	Violet pal
Magneziu	Alb
Litiu	Roșu
Cupru (II) halogenat	Albastru-verde

Cupru (II) nehalogenat	Verde
------------------------	-------

6. Echipa „Filologii” sunt cei care vor propune un joc de rol în care să fie reflectate principalele domenii de utilizare a Metalelor

b. Abordarea STEAM în educație prin învățarea bazată pe cercetare.
Studiu de Caz

„Unul din restauratorii Bisericii Adormirii Maicii Domnului acuză cefalee și ușoare tremurături ale mâinilor. Medicul depistează pete albastre cenușii pe marginea gingiei și colorația palid cenușie a pielii. De aici deduce o boală profesională legată de vopseaua pe care aceștia o utilizează ce are la bază un metal toxic. Cunoaștem că acest metal a fost utilizată încă din Evul Mediu la producerea pigmentilor coloranți. Sarea acestui metal la interacțiunea cu acidul clorhidric formează precipitat alb, iar la interacțiunea cu iodura de potasiu formează precipitat galben (Figura 3.8).



Fig. 3.8. Reacții chimice de identificare a cationilor de plumb în soluție

- Identifică metalul și sarea care îi corespunde.
- Analizează proprietățile fizice a sării descoperite și a metalului.
- Scrie și egalează ecuațiile reacțiilor chimice.
- Cercetează structura scoarței terestre care sunt cele mai bogate țări în minereuri de acest metal, poziționează-le pe hartă.
- Analizează impactul acestui metal asupra mediului înconjurător și a sănătății omului. Scrie un eseu, sau o comunicare.

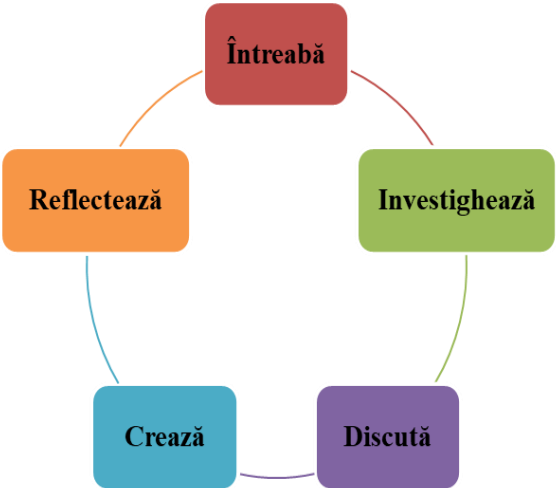


Fig. 3.9. Etape în rezolvarea studiului de caz

Etape în rezolvarea studiului de caz:

- 1) **Întreabă:** Momentul în care elevii în baza temei propuse de profesor își formulează un șir de întrebări care ulterior sunt transformate în pilonii de cercetare a studiului de caz.
- 2) **Investighează:** Momentul în care elevii investighează multidisciplinar problema formulată în baza întrebărilor formulate anterior.
- 3) **Discută:** În urma cercetărilor efectuate elevii discută despre care sunt pașii ce trebuie întreprinși pentru soluționarea acestui studiu de caz.
- 4) **Creează:** Momentul în care elevii transformă achizițiile cognitive dobândite pe parcursul investigării și cercetării în produse.
- 5) **Reflectează:** Momentul în care elevii reflectează asupra celor învățate, cum pot utiliza cunoștințele dobândite în cadrul procesului de rezolvare a studiului de caz în viața de zi cu zi.

Tabelul 5. Etape în analiza studiului de caz

Etape de lucru	Activități desfășurate
Întreabă	Despre ce boală este vorba? Care sunt simptomele? Care este metalul toxic? Despre ce sare este vorba? Cum influențează acțiunea toxică a metalului asupra organismului uman?
Investighează	Din ce grupă analitică face parte ionul metalului? Cum poate fi identificat? Care sunt reacțiile chimice? Unde găsim cele mai mari resurse de plumb? Cum ne protejăm? Istoricul descoperiri plumbului?
Discută	Despre toxicitatea plumbului, riscul iminent al plumbului asupra sănătății
Creează	Plinte informative ” Toxicitatea plumbului” Un eseu despre impactul Plumbului asupra mediului înconjurător și a sănătății omului. Flash –mob ”SPUNE NU plumbului în vopsele”
Reflectează	Dacă fac reparație în casa mea cum aleg vopseaua? Cât de important este să aleg corect? Care alte produse pot conține pigmenți de plumb? Cum fac să le evit?

c. Abordarea STEAM în educație prin învățarea bazată pe problemă

- Clasa X profil real - proiect STEAM la unitatea de învățare: ”Soluții. Interacțiunile substanțelor în soluții”

Situație-problemă propusă în cadrul temei: Noțiunea de pH. Indicatorii acido-bazici. Scala pH.

- Persoana X în vârstă de 35 ani se adresează medicul cu stări de vomă, arsuri gastrice, dureri acute de stomac, în urma analizelor și testelor medicale se stabilește diagnoza „hiperaciditate gastrică”. Medicul recomandă un regim alimentar echilibrat. Cum în condiții casnice s-ar putea investiga pH-ul produselor consumate, pentru a stabili meniul corect.

Pentru a rezolva această situație-problemă elevul trebuie să cunoască noțiuni elementare din anatomia omului ce fac referință la bolile sistemului digestiv, respectiv să cunoască că un meniu echilibrat reprezintă 20% alimente acidifiante și 80% alimente alcalinizate.

Fiecare problema presupune **5 etape** esențiale în rezolvarea sa:

1. **Etapa de sesizare a problemei.** Având la dispoziție situația-problemă elevii deduc problema existentă, formulează întrebări, prin discuții selectează acele întrebări care sunt mai importante.
2. **Analiza aprofundată a problemei.** Ar fi echivalentă cu cercetarea științifică a problemei, elevii se informează referitor la toate laturile pe care ar trebui să le cunoască ca să poată soluționa problema apărută.
3. **Căutarea soluțiilor.** pH-ul poate fi determinat în condiții casnice cu ajutorul indicatorilor produși din: varză roșie, ceapă roșie, afine, suc de rodii, struguri. Spre exemplu se mărunțește varza roșie se adaugă apă clocotindă, se lasă timp de jumătate de oră se amestecă periodic, apoi se filtrează sucul obținut de pulpa de varză. La adăugarea indicatorului produs din varză roșie în soluția cercetată vom observa schimbarea culorii soluției, acesta fiind un semn al reacției chimice, deja în funcție de culoare care va apărea noi vom stabili pH-ul.

Tabelul. 6. pH-ul și culoarea soluției la adăugarea indicatorului de varză roșie

pH-ul	2	4	6	8	10	12
Culoarea soluției	Roșu	Violet	Violet închis	Albastru	Albastru verzui	Galben Verzui

4. Obținerea și evaluarea rezultatului. Aceasta este etapa în care elevii experimentează practic cunoștințele dobândite. Produc acel indicator de varză roșie, storc sucul a câteva fructe și legume, stabilesc pH-ul lor, ulterior ar putea verifica și cu hîrtia indicator rezultatele obținute. Realizează un calcul matematic și stabilesc care ar fi acele produse alimentare ce trebuie consumate pentru trata boala pe care medicul i-a depistat-o, în același timp se ține cont și de tabelul 7. În urma concluziilor formulate, calculelor efectuate elevii stabilesc un meniu pentru o săptămână.

5. Reflecție, personalizarea noilor achiziții. Este etapa care valorifică achizițiile cognitive ale elevului dobândite în urma procesului de studiu. Elevul cunoaște exact cum să stabilească pH-ul produselor alimentare în condiții casnice, care sunt acele produse alimentare pe care trebuie să le consume că să nu se îmbolnăvească și el de hiper hipoaciditate. Ce alte afecțiuni pot suferi în cazul în care nu respect un meniu echilibrat?

1. Etapa de sesizare a problemei

- Elevii își pun întrebarea cum în condiții casnice pot verifica pH-ul produselor alimentare? În baza acestei întrebări este formulată problema.

2. Analiza aprofundată a problemei

- Ce este hipoaciditatea gastrică? Cum alimentele ce le consum o influențează? Cum pH-ul acționează asupra acesteia?

3. Căutarea soluțiilor

- Cum în condiții casnice pot stabili pH-ul alimentelor? De ce am nevoie?

4. Obținerea și evaluarea rezultatului

- Elevii investigează o serie de produse alimentare, stabilesc pH-ul lor, fac calcule matematice ținând cont de raportul indicat alcătuiesc un meniu sănătos care a duce la reglarea problemelor de sănătate.

5. Reflecție, personalizarea noilor achiziții

- Ce manânc de azi înainte ca să fiu sănătos? Cum acționează pH-ul asupra organismului meu afectează doar sistemul gastric?

Fig. 3.10. Întrebări și activități care trebuie realizate de elevi în soluționarea problemei.

d. Abordarea STEAM în educație prin învățarea bazată pe proiecte.

Tot la clasa a 10-a, doar că de data asta ca produs al unității de învățare: ”Soluții. Interacțiunile substanțelor în soluții” elevilor li se propune un proiect STEAM.

Tema proiectului: Chimia alimentelor și sănătatea ta.

Argumentul proiectului: Cunoști că alimentația corectă asigură sănătatea corpului tău, dar cu siguranță nu cunoșteai că pH-ul este unul din indicii de calitate ce ne vorbesc despre starea de sănătate a corpului uman. Toate celulele corpului uman necesită un mediu bazic pentru a crește și se dezvoltă în armonie, pe când virusurile, bacteriile, ciupercile, celulele canceroase se dezvoltă prielnic într-un mediu acid. S-ar părea că Ph-ul este doar o mărime ce ne permite să apreciem dacă avem o soluție acidă atunci când numărul de ioni de H^+ depășește vădit numărul ionil de OH^- sau bazică atunci când raportul este invers numărul de ioni de OH^- depășește vădit numărul ionil de H^+ în soluție. În corpul uman pH-ul este reglat de sânge și normal ar fi ca acesta să varieze între 7,30-7,45. Pentru a menține în normă elichilbrul pH-ul în corpul tău consumă 80% alimente alcalinizate și 20% alimente acidifiante, dar atenție este important să verifici pH-ul compușilor rezultați după metabolizarea alimentelor.

Tabelul 7. Valorile pH-ului pentru diferite alimente până la și după metabolizare.

Produsul alimentar	pH-ul până la metabolizare	pH-ul după la metabolizare
Băuturi carbogazoase	2,7-4,2	~2,5-3,5
Lapte procesat	6,1-6,5	~6,5

Iaurt	4,4	~6
Albuș de ou	6,1-6,9	~6,5
Gălbenuș de ou	6,0-6,9	~7
Cafea	4,1-5,3	~4,5
Ceai verde	4,0-6,0	~9
Lămâie	2,0-2,8	~10
Mandarine	3,9	~9
Brocoli crud	6,6-6,8	~9,5
Cartofi prăjiți	-	~3
Roșie	4,3-4,9	~8
Paste albe	5,1-6,5	~4,5
Ciocolată	6,0-7,0	~5,5
Miere proaspătă	3,5-6,0	~7

Scopul proiectului: Alcătuirea unui meniu sănătos axat raportul echilibrat al pH-ului produselor consumate deja metabolizate

Obiectivele proiectului:

- ✓ Analiza produselor alimentare pe care le consumă elevul zilic.
- ✓ Studierea literaturii de specialitate
- ✓ Cercetarea pH-ului fructelor și legumelor, și altor alimente pregătite deja.
- ✓ Realizarea unui meniu sănătos și echilibrat din punct de vedere al indicelui de pH-ului.

Tabelul 8. Legături interdisciplinare în cadrul proiectului

Interdisciplinaritatea	Aspecte vizate în cercetare
-------------------------------	------------------------------------

Chimie	Investigarea pH-ului produselor alimentare cu ajutorul pH-metrului sau hârtiei de pH.
Biologie	Analiza Fructelor și legumelor la prezența vitaminelor și mineralelor, rolul lor în organismul uman.
Geografie	Arii de cultivare a fructelor și legumelor. Regiuni climatice prielnice culturilor agricole. Tipurile de sol pe care se cultiva culturile agricole expuse în cercetare.
Fizică	Proprietăți fizice ale produselor alimentare care ne orientează spre pH-ul pe care îl posedă.

Odată cu anunțarea temei proiectului și obiectivelor, la dispoziția elevilor se pune și „Fișa proiectului” care are menirea să organizeze lucrul elevilor și să ajute profesorul la evaluare.

Tabelul 9. Fișa proiectului „Chimia alimentelor și sănătatea ta.”

<i>Fișa proiectului „pH-ul alimentelor și sănătatea ta ”</i>	
Ce cunosc despre pH?	
De ce este bine ca organismul nostru să își mențină un pH alcalin? Cum facem asta?	
Ce știu despre vitaminele și mineralele care se conțin în produsele alimentare pe care le consum?	
Ce cunosc despre regiunile climatice, tipurile de sol, și ariile de cultivare a legumelor și fructelor pe care le consum?	
Cine mă poate ajuta să alcătuiesc un meniu sănătos echilibrat?	

Ce fac pentru a realiza acest proiect?	1. 2. 3.
Ce am învățat în cadrul proiectului?	
De ce a fost nevoie să realizez acest proiect?	
Ce încă rămâne să studiez?	

Ulterior profesorul monitorizează evoluția și dezvoltarea proiectului, îndrumând elevii să urmeze cele 5 etape importante în realizarea proiectului: Informare, Planificare, Decizie, Implementare, Evaluare [5].

Tabelul 10. Desfășurarea proiectului „Chimia alimentelor și sănătatea ta”

Desfășurarea proiectului		
Informare	Obiective	Activități desfășurate
	Identificarea, examinarea și formularea problemei.	În cadrul grupului de lucru elevii vor identifica și formula problema pe care ulterior o vor cerceta.
	Analiza meniului zilnic al elevului cu scopul de a stabili cele mai întrebuițate produse alimentare care ulterior vor fi spuse cercetării.	În cadrul grupului elevii stabilesc o listă de produse alimentare care sunt consumate mai des care ulterior vor fi supuse cercetării
	Identificarea resurselor necesare pentru desfășurarea experimentului chimic.	Se pregătește utilajul de laborator necesar experimentului chimic.
Planificare	Formarea grupului de lucru.	Profesorul formează grupe de elevi în baza unor criterii bine cunoscute din timp de către elev, în așa mod ca fiecare grup să aibă un potențial egal.

	Cercetare literaturii de specialitate din domeniul, geografie, biologie, fizică pentru aprofundarea cunoștințelor în domeniul cercetat.	Elevii cercetează tema de studiu din manualul de chimie, ulterior ținând cont de elementele interdisciplinare studiază și alte resurse bibliografice.
	Stabilirea traseului de dezvoltare și realizare a proiectului.	Elevii planifică în baza cunoștințelor științifice dobândite ce vor realiza în cadrul acestui proiect.
Decizia	Repartizarea sarcinilor de lucru în cadrul proiectului.	În cadrul grupului elevii își repartizează sarcini de lucru în funcție de potențialul pe care îl posedă și posibilitățile de implicare.
	Stabilirea perioadei, modalităților de realizare a proiectului și persoanei responsabile.	Fiecare grup stabilește o perioadă minimă și maximă de realizare a sarcinilor de lucru în așa mod ca să se încadreze în timp cu prezentarea proiectului.
Implementare	Realizarea unui meniu sănătos și echilibrat din punct de vedere al indicelui de pH.	În urma cercetărilor efectuate elevii alcătuiesc un meniu sănătos ținând cont de potențialul alimentelor de alcalinizare sau acidifiere, neapărat țin con de raportul 80%/20%, consultă și aprobă acest meniu cu medicul instituției și bucătarul șef de la cantina.
	Realizarea unor pliante, cărțulii „pH echilibrat – corp Sănătos”.	Cu ajutorul informațiilor pe care le-au dobândit realizează fie unele pliante informative care vor fi distribuite în liceu, fie niște cărțulii digitale care vor fi distribuite pe rețelele de socializare, sau suport hârtie care vor fi donate bibliotecii.
	Desfășurarea unei activități publice la nivel de instituție.	La nivel de clasă se stabilește din fiecare grup câte un elev care vor forma împreună o echipă ce va mediatiza informațiile în cadrul instituției. S-au se poate desfășura o masa rotunda unde elevii să expună cunoștințele dobândite altor colegi din liceu.
Evaluare	Autoevaluarea.	Evaluarea propriilor cunoștințe dobândite în cadrul proiectului, ce voi consuma de azi înainte? Cum îmi selectez alimentele din care voi prepara hrana?
	Prezentarea publică a proiectului.	Proiectele pot fi prezentate în cadrul clasei, sau înafara orelor de curs într-o activitate extracurriculară precum ar fi o masa rotunda.

Produsele proiectului: Meniu echilibrat, pliante, cărțulii, activitate publică.

Impactul proiectului: - Câte persoane și-au modificat atitudinea față de modul în care se alimentează?

Pentru a fi notați elevilor li se propun **Criteriile de evaluare** Tabelul 11

Tabelul 11. Criterii de evaluare a proiectului „Chimia alimentelor și sănătatea ta”

Criterii de evaluare a proiectului			
1.	Analiza surselor bibliografice	2-4 surse	2 puncte
		4-6 surse	3 puncte
		7 și mai multe	5 puncte
2.	Alcătuirea unui meniu echilibrat	10 puncte	
3.	Corectitudinea științifică a datelor expuse	10 puncte	
4.	Fișa proiectului completată	10 puncte	
5.	Analiza interdisciplinară a conceptului cheie din proiect	1-2 discipline de studiu	5 puncte
		3-4 discipline	10 puncte
6.	Prezentarea produsului și relevanța conținutului lucrării	5 puncte	
Total			50 puncte

3.3 Exemple de activități și produse de învățarea STEAM la disciplina Biologie.

Activitățile de învățare a elevilor la disciplina Biologie, depind de finalitățile de învățare și aprecierea acestora. Pentru ca învățarea să nu devină un proces mecanic, în care se învață automat specificul particularităților structurale și funcționale ale organismelor vii, se propun realizarea anumitor produse de învățare.

Un rol decisiv la valorificarea potențialului cognitiv în timpul învățării le revin proiectelor STEAM și produselor de învățare realizate în cadrul acestor proiecte. În asemenea cazuri, accentele sunt orientate spre metacogniția individului, iar învățarea devine mai aprofundată, calitativă fiind abordate conținuturi tematice interdisciplinare, prin demersul educațional STEAM.

Activitatea de învățare școlară STEAM are anumite caracteristici: este realizată într-un cadru instituționalizat, fiind reglementată de legi, principii, norme, structuri de organizare și funcționare; prezintă o acțiune ghidată de persoanele din domenii înrudite cu cele STEAM (mai aproape de perioada de absolvire) cu posibilități de autoghidare; acțiunea respectivă necesită o verificare minuțioasă care ulterior, va avea perspective de autocontrol; este un demers conștient, presupunând stabilirea anticipată a scopului, imobilizarea voluntară a efortului; este un proces relațional mijlocit între profesor și elev, manifestându-se în relații de comunicare, socio-afective, de cunoaștere influențată; are un pronunțat caracter informativ și formativ [39].

Activitățile de învățare prin proiecte STEAM și produsele școlare recomandate, prezintă o listă deschisă de contexte semnificative de evidențiere a unităților de competență proiectate pentru formare/dezvoltare și evaluare în cadrul unităților de învățare. Profesorul are libertatea și responsabilitatea să valorifice această listă în mod personalizat la nivelul proiectării și realizării lecțiilor, dar și să o completeze în funcție de specificul clasei concrete de elevi, de resursele disponibile etc. [42]

În continuare sunt propuse proiecte STEAM la biologie, structurate după un algoritm comun. Proiectele sunt prezentate conform fișei proiectului STEAM care la necesitate, în dependență de anumiți factori, poate fi modificată prin respectarea aspectului metodologic al activităților STEAM.

Proiect STEAM la biologie

Fișa proiectului

Tema: *Vegetație prin irigație*

Argument: Proiectul STEAM *Vegetație prin irigație*, valorifică competențele specifice ale disciplinei biologia prin posibilități de soluționare a problemelor lumii vii la nivel local, regional, global. Reperetele pentru realizarea proiectului tematic vor fi atribuite la domeniile competenței-cheie STEAM.

Științe: Explicarea proceselor ce țin de perioada de vegetație conform particularităților structurale și funcționale ale planelor, care contribuie la transportul substanțelor prin țesuturile conducătoare ale acestor organisme, utilizând cunoștințele și metodologia aflate în uz, inclusiv observarea, experimentarea, rezultatele cărora vor prezenta posibilități de menținere a vegetației prin irigație.

Tehnologie: Utilizarea și gestionarea unor instrumente și mașini ale diverselor procese tehnologice, programe digitale, materiale inclusiv, rezultate științifice, necesare proiectului tematic sau pentru a ajunge la o concluzie, în baza posibilităților de menținere a vegetației la plante prin irigație.

Inginerie: Implică înțelegerea rolului semnificativ al irigației în aprovizionarea plantelor cu apă pentru creșterea, dezvoltarea și întreținerea vieții, prin produse vizibile realizate și funcționale.

Artă: Proiectul poate fi combinat cu anumite elemente din artă, care va defini produsul ca o abordare abstractă și imaginativă.

Matematică: Cunoștințele din domeniul matematicii vor dezvolta și folosi gândirea și raționamentul matematic, pentru a rezolva o serie de probleme ce țin de creșterea, dezvoltarea și întreținerea vieții unei plante cu apă, ca posibilități de menținere a vegetației prin irigație, în situații de zi cu zi.

Scopul proiectului: menținerea procesului de vegetație la plante prin diverse posibilități de irigare.

Obiectivele proiectului:

- Să distingă, specificul transportului substanțelor prin organismul plantelor, pentru desfășurarea proceselor de vegetație;
- Să determine, posibilități tehnologice pentru menținerea vegetației la plante, prin irigare;
- Să propună, modalități de aprovizionare cu apă a plantelor, prin produse vizibile realizate și funcționale;
- Să recomande, utilitatea produsului realizat, în diverse domenii de activitate umană.

Aspectele interdisciplinare vizate în proiect

Biologie: specificul transportului substanțelor prin structurile plantelor și procesele de creștere, dezvoltare și întreținerea vieții în diverse condiții ale mediului înconjurător.

Fizica: explicarea proceselor mecanice ce țin de mișcarea și echilibrul corpurilor sub acțiunea forțelor exercitate asupra lor. La fel, posibilități de construire și funcționare a diverselor mecanisme care servesc la transmiterea mișcării. [43].

Chimie: specificul transportului pasiv și activ al substanțelor chimice care contribuie la desfășurarea proceselor de vegetație în structurile plantelor.

Geografie: structura și tipurile solului care influențează procesele de creștere și dezvoltare la plante, în dependență de constituenții straturilor de sol.

Educație tehnologică: propunerea unor modele în conformitate cu aptitudinile personale prin amplificarea capacităților creatoare, precum, și a disponibilității pentru invenție și inovație la identificarea soluțiilor, de către participanții proiectului STEAM *Vegetație prin irigație*.

Matematică: investigarea structurilor prin legi și teorii matematice cu ajutorul metodelor generice de calcul, în realizarea proiectului tematic STEAM *Vegetație prin irigație*.

**Notă: aspectele interdisciplinare pot fi completate în mod particular.*

Etapele proiectului

- *Informarea:* se colectează informația necesară pentru planificarea și realizarea proiectului STEAM *Vegetație prin irigație*, cu ajutorul resurselor disponibile activităților planificate.
- *Planificarea:* în urma unui plan de acțiune se formulează sarcini și se identifică resursele oportune, cu ajutorul cărora participanții proiectului vor avea o viziune clară asupra strategiei didactice ale proiectului tematic. Activitatea membrilor grupului va urma principiul colaborării eficiente în cadrul căruia, fiecare coleg va realiza lucrul de care este responsabil.
- *Decizia:* fiecare grup își va selecta modalitățile cele mai relevante în atingerea scopului propus identificate în cadrul proiectului STEAM *Vegetație prin irigație*. Profesorului îi revine rolul să comenteze și să discute dacă este necesară modificarea acestor strategii.
- *Implementarea:* participanții se implică în realizarea etapizată a produsului creativ, cu elemente de originalitate, gândit și discutat cu membrii din cadrul grupului proiectului tematic STEAM.
- *Controlul:* la această etapă, are loc verificarea de sine stătătoare a rezultatului obținute în proiectului STEAM *Vegetație prin irigație*. Profesorul intervine ca persoană-suport sau consultant.
- *Evaluarea:* organizarea etapei de evaluare va include aspecte de colaborare cu specialiștii/profesorii din domeniile vizate în proiect, iar rezultatele vor fi apreciate conform unor criterii bine definite, de care s-au condus și elevii participanți.

Rezultatele evaluării se vor argumenta printr-o justificare obiectivă, evidențiindu-se creativitatea și originalitatea produsului evaluat din cadrul proiectului STEAM *Vegetație prin irigație* [27].

Produsele proiectului

Materialele, obiectele rezultate în urma proiectului tematic STEAM *Vegetație prin irigație* și prezentarea funcționalității acestora.

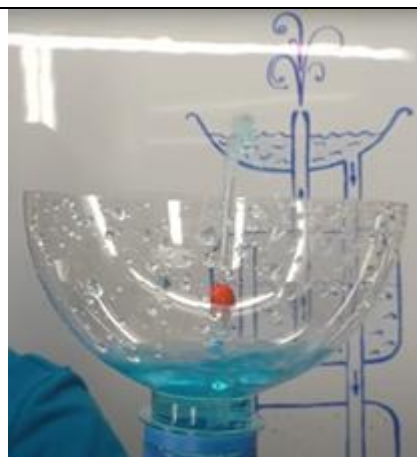


Fig. 3. 11. Model de irigare a plantelor 1. [47].

Fig. 3. 12. Model de irigare a plantelor 2. [36].

Domeniile de activitate umană vizate în proiect

Agricultură, design de landșaft, mecanică, inginerie etc.

Criteriile de evaluare a proiectului pot fi specificate conform etapelor preconizate, în colaborare cu mai mulți specialiști, având la bază aspectele interdisciplinare vizate în proiect (Tabelul 12). Evaluarea produselor va ține cont de obiectivitate, perseverență, dar și de încurajarea participanților de a-și valorifica experiența obținută în alte activități educaționale STEAM.

Tabelul 12. Criteriile de evaluare a proiectului STEAM

Nr. d. o.	Criteriile de evaluare	Puncte:									
		„1”	„2”	„3”	„4”	„5”	„6”	„7”	„8”	„9”	„10”
1.	Acoperirea subiectului propus: - tema; - argumentul proiectului;										

	- obiectivele proiectului.										
2.	Elaborarea și structurarea proiectului										
3.	Coerența demersului științific										
4.	Aspectele interdisciplinare vizate în proiect										
5.	Structurarea schematică a informației										
6.	Consecvența etapelor din proiect										
7.	Eficiența resurselor utilizate în realizarea proiectului: - resurse materiale; - umane; - timp; - spațiu.										
8.	Originalitatea ideii proiectului										
9.	Impactul proiectului										

10	Calitatea prezentării rezultatelor obținute: - relevanța: - justificarea consecvenței; - coerența raționamentului.										
11	Contribuția personală în dezvoltarea proiectului										
12	Caracterul inter- și transdisciplinar al cercetării în cadrul proiectului										
13	Din oficiu										
	Total, din 130 puncte:										

Proiect STEAM la biologie

Fișa proiectului

Tema: *Plantele: soluții tehnice inspirate de om*

Argument: Proiectul STEAM *Plantele: soluții tehnice inspirate de om*, valorifică competențele specifice ale disciplinei biologie prin posibilități a soluționare a problemelor ce țin de particularitățile structurale și funcționale ale plantelor inspirate de om ca scopuri tehnologice, în diverse aspecte ale vieții. Reperele pentru realizarea proiectului tematic vor fi atribuite la domeniile competenței-cheie STEAM.

Științe: Explicarea procesele ce țin de perioada de vegetație conform particularităților structurale și funcționale ale plantelor, care contribuie la transportul substanțelor prin țesuturile conducătoare ale acestor organisme, utilizând cunoștințele și metodologia aflate în uz, inclusiv observarea, experimentarea, rezultatele cărora vor prezenta posibilități de menținere a vegetației prin irigație.

Tehnologie: Utilizarea și gestionarea unor instrumente și mașini ale diverselor procese tehnologice, programe digitale, materiale inclusiv, rezultate științifice, necesare proiectul tematic sau pentru a ajunge la o concluzie, în baza posibilităților de menținere a vegetației la plante prin irigație.

Inginerie: Implică înțelegerea structurii plantelor și funcțiilor acestora, preluate de om în diverse domenii ale vieții, prin produse vizibile realizate și funcționale.

Artă: Proiectul poate fi combinat cu anumite elemente din artă, care va defini produsul ca o abordare abstractă și imaginativă.

Matematică: Cunoștințele din domeniul matematicii vor dezvolta și folosi gândirea și raționamentul matematic pentru a rezolva o serie de probleme ce țin de particularitățile structurale și funcționale ale plantelor ca soluții tehnologice pentru om, în situații de zi cu zi.

Aspectele interdisciplinare vizate în proiect

Biologie: specificul particularităților structurale și funcționale ale plantelor, analizate la diverse niveluri de organizare a materiei vii.

Fizică: explicarea proceselor ce țin de fenomenele științei naturii care pot fi folosite în sectorul tehnologic, prin aplicarea și experimentarea legilor/teoriilor fizicii.

Chimie: compoziția și proprietățile chimice întâlnite în structurile și procesele fiziologice ale plantelor, care pot fi preluate ca diverse soluții tehnice la soluționarea anumitor probleme necesare omului, în situații de zi cu zi.

Educație tehnologică: propunerea unor modele în conformitate cu aptitudinile personale prin amplificarea capacităților creatoare, precum, și a disponibilității pentru invenție și inovație la identificarea soluțiilor, de către participanții proiectului STEAM *Plantele: soluții tehnice inspirate de om.*

Matematică: investigarea structurilor prin legi și teorii matematice cu ajutorul metodelor generice de calcul, în realizarea proiectului tematic STEAM *Plantele: soluții tehnice inspirate de om.*

**Notă: aspectele interdisciplinare pot fi completate în mod particular.*

Scopul proiectului: elaborarea produselor STEAM prin valorificarea cunoștințelor cu privire la structura și funcția plantelor ca soluții tehnologice în diverse domenii de activitate umană.

Obiectivele proiectului:

- ✓ Să identifice, structuri și procese fiziologice ale plantelor, care pot fi preluate ca soluții tehnologice pentru activitatea umană;
- ✓ Să determine, posibilități tehnologice de implementare a principiilor structurale și funcționale ale plantelor, în anumite domenii de activitate umană;
- ✓ Să propună, soluții de aplicare a principiilor structurale și funcționale ale plantelor, prin produse vizibile realizate și funcționale;
- ✓ Să recomande, utilitatea produsului realizat, în diverse domeniile de activitate umană.

Etapele proiectului

- *Informarea:* se colectează informația necesară pentru planificarea și realizarea proiectului STEAM *Plantele: soluții tehnice inspirate de om*, cu ajutorul resurselor disponibile activităților planificate.
- *Planificarea:* în urma unui plan de acțiune se formulează sarcini și se identifică resursele oportune, cu ajutorul cărora participanții proiectului vor avea o viziune clară asupra strategiei didactice ale proiectului tematic. Activitatea membrilor grupului va urma principiul colaborării eficiente în cadrul căruia, fiecare coleg va realiza lucrul de care este responsabil.
- *Decizia:* fiecare grup își va selecta modalitățile cele mai relevante în atingerea scopului propus identificate în cadrul proiectului STEAM *Plantele: soluții tehnice*

inspirate de om. Profesorului îi revine rolul să comenteze și să discute dacă este necesară modificarea acestor strategii.

- *Implementarea*: participanții se implică în realizarea etapizată a produsului creativ, cu elemente de originalitate, gândit și discutat cu membrii din cadrul grupului proiectului tematic STEAM.
- *Controlul*: la această etapă, are loc verificarea de sine stătătoare a rezultatului obținute în proiectului STEAM *Plantele: soluții tehnice inspirate de om*. Profesorul intervine ca persoană-suport sau consultant.
- *Evaluarea*: organizarea etapei de evaluare va include aspecte de colaborare cu specialiștii/profesorii din domeniile vizate în proiect, iar rezultatele vor fi apreciate conform unor criterii bine definite, de care s-au condus și elevii participanți. Rezultatele evaluării se vor argumenta printr-o justificare obiectivă, evidențiindu-se creativitatea și originalitatea produsului evaluat din cadrul proiectului STEAM *Plantele: soluții tehnice inspirate de om* [27].

Produsele proiectului

Materiale, obiecte rezultate în urma proiectului tematic STEAM *Plantele: soluții tehnice inspirate de om* și prezentarea funcționalității acestora.



Fig. 3. 13. Frunză bionică, imagine simbol [45]

Domeniile de activitate umană vizate în proiect

Inginerie, arhitectură, mecanică, industrie, design de landscape etc.

Criteriile de evaluare a proiectului pot fi specificate conform etapelor preconizate, în colaborare cu mai mulți specialiști, având la bază aspectele interdisciplinare vizate în proiect (Tabelul 12). Evaluarea produselor va ține cont de obiectivitate, perseverență, dar și de încurajarea participanților de a-și valorifica experiența obținută în alte activități educaționale STEAM.

Proiect STEAM la biologie

Fișa proiectului

Tema: *Arborele genealogic al familiei*

Argument: Proiectul STEAM *Arborele genealogic al familiei*, valorifică competențele specifice ale disciplinei biologie prin explicarea proceselor ce țin de mecanismele principale de moștenire a caracterelor ereditare la om. Reperele pentru realizarea proiectului tematic vor fi atribuite la domeniile competenței-cheie STEAM.

Științe: Explicarea proceselor ce țin de perioada de vegetație conform particularităților structurale și funcționale ale plantelor, care contribuie la transportul substanțelor prin țesuturile conducătoare ale acestor organisme, utilizând cunoștințele și metodologia aflate în uz, inclusiv

observarea, experimentarea, rezultatele cărora vor prezenta posibilități de menținere a vegetației prin irigație.

Tehnologie: Utilizarea și gestionarea unor instrumente și mașini ale diverselor procese tehnologice, programe digitale, materiale inclusiv, rezultate științifice, necesare proiectul tematic sau pentru a ajunge la o concluzie, în baza posibilităților de menținere a vegetației la plante prin irigație.

Inginerie: Va aborda aspectul transmiterii legilor eredității, prin produse vizibile realizate și funcționale.

Artă: Proiectul poate fi combinat cu anumite elemente din artă, care va defini produsul ca o abordare abstractă și imaginativă.

Matematică: Cunoștințele din domeniul matematicii vor dezvolta și folosi gândirea și raționamentul matematic va ajuta la rezolvarea problemelor ce țin de mecanismele principale de moștenire a caracterelor ereditare, în situații de zi cu zi.

Aspectele interdisciplinare vizate în proiect

Biologie: specificul proceselor ce țin de mecanismele principale de moștenire a caracterelor ereditare la om.

Chimie: structura și proprietățile chimice ale materialului ereditar, care contribuie la păstrarea și transmiterea informației ereditare.

Istorie: cercetarea arhivelor de familie, a datelor istorice care confirmă prezența și transmiterea din generație în generație a caracterelor ereditare specifice codului genetic.

Educație tehnologică: propunerea unor modele în conformitate cu aptitudinile personale prin amplificarea capacităților creatoare, precum, și a disponibilității pentru invenție și inovație la identificarea soluțiilor, de către participanții proiectului STEAM *Arborele genealogic al familiei*.

Matematică: investigarea structurilor prin legi și teorii matematice cu ajutorul metodelor generice de calcul, în realizarea proiectului tematic STEAM *Arborele genealogic al familiei*.

**Notă: aspectele interdisciplinare pot fi completate în mod particular.*

Scopul proiectului: abordarea individualizată STEAM a mecanismelor principale de moștenire a caracterelor ereditare în familiile participanților la proiect.

Obiectivele proiectului:

- ✓ Să identifice, caracterele ereditare ale familiei transmise din generație în generație, pentru elaborarea arborelui genealogic;
- ✓ Să determine, mecanismele principale de moștenire a caracterelor ereditare, bazate pe dovezi istorice ale legilor eredității;
- ✓ Să propună, soluții de aplicare a mecanismelor de moștenire a caracterelor ereditare, prin produse vizibile realizate și funcționale;
- ✓ Să recomande, utilitatea produsului realizat, în situații de cercetare a legilor eredității.

Etapele proiectului

- ✓ *Informarea:* participanții proiectului STEAM *Arborele genealogic al familiei*, vor consulta diverse surse veridice necesare activității tematice.
- ✓ *Planificarea:* în urma unui plan de acțiune se formulează sarcini și se identifică resursele oportune, cu ajutorul cărora participanții proiectului vor avea o viziune clară asupra strategiei didactice ale proiectului tematic. Activitatea membrilor grupului va urma principiul colaborării eficiente în cadrul căruia, fiecare coleg va realiza lucrul de care este responsabil.

- ✓ **Decizia:** fiecare grup își va selecta modalitățile cele mai relevante în atingerea scopului propus identificate în cadrul proiectului STEAM *Arborele genealogic al familiei*. Cadrului didactic îi va reveni de manager în prefigurarea strategiilor vizate la începutul activității.
- ✓ **Implementarea:** participanții se implică în realizarea etapizată a produsului creativ, cu elemente de originalitate, gândit și discutat cu membrii din cadrul grupului proiectului tematic STEAM.
- ✓ **Controlul:** participanții proiectului STEAM *Arborele genealogic al familiei*, testează și verifică funcționalitatea produsului înainte de fi evaluat de către membrii juriului. Profesorul va interveni cu anumite precizări, dacă este cazul, asupra produsului realizat.
- ✓ **Evaluarea:** organizarea etapei de evaluare va include aspecte de colaborare cu specialiștii/profesorii din domeniile vizate în proiect, iar rezultatele vor fi apreciate conform unor criterii bine definite, de care s-au condus și elevii participanți. Rezultatele evaluării se vor argumenta printr-o justificare obiectivă, evidențiindu-se creativitatea și originalitatea produsului evaluat din cadrul proiectului STEAM *Arborele genealogic al familiei* [27].

Produsele proiectului

Materiale, obiecte rezultate în urma proiectului tematic STEAM *Arborele genealogic al familiei* și prezentarea funcționalității acestora.

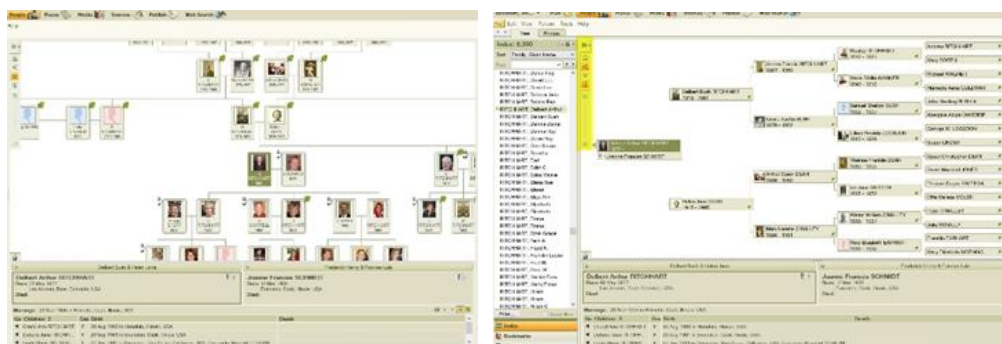


Fig. 3. 14. Arbore genealogic, imagine simbol [37]

Domeniile de activitate umană vizate în proiect

Cercetare, medicină, genetică, biotehnologie, istorie, arhitectură, artă etc.

Criteriile de evaluare a proiectului pot fi specificate conform etapelor preconizate, în colaborare cu mai mulți specialiști, având la bază aspectele interdisciplinare vizate în proiect (Tabelul 12). Evaluarea produselor va ține cont de obiectivitate, perseverență, dar și de încurajarea participanților de a-și valorifica experiența obținută în alte activități educaționale STEAM.

Proiect STEAM la biologie

Fișa proiectului

Tema: *Stay Safe - învățăm și jucăm*

Argument: Proiectul STEAM *Stay Safe - învățăm și jucăm*, valorifică competențele specifice ale disciplinei biologie prin posibilități de soluționare a problemelor ce țin de popularizarea vaccinării împotriva COVID-19, ca o acțiune prioritară în menținerea sănătății și prevenirea îmbolnăvirilor în rândul populației. Reperetele pentru realizarea proiectului tematic vor fi atribuite la domeniile competenței-cheie STEAM.

Științe: Explicarea procesele ce țin de perioada de vegetație conform particularităților structurale și funcționale ale planelor, care contribuie la transportul substanțelor prin țesuturile conducătoare ale acestor organisme, utilizând cunoștințele și metodologia aflate în uz, inclusiv observarea, experimentarea, rezultatele cărora vor prezenta posibilități de menținere a vegetației prin irigație.

Tehnologie: Utilizarea și gestionarea unor instrumente și mașini ale diverselor procese tehnologice, programe digitale, materiale inclusiv, rezultate științifice, necesare proiectul tematic sau pentru a ajunge la o concluzie, în baza posibilităților de menținere a vegetației la plante prin irigație.

Inginerie: Implică înțelegerea structurii virusului și activitatea sistemului imun al omului în urma vaccinării împotriva COVID-19, preluate de om în diverse domenii ale vieții, prin produse vizibile realizate și funcționale.

Artă: Proiectul poate fi combinat cu anumite elemente din artă, care va defini produsul ca o abordare abstractă și imaginativă.

Matematică: Cunoștințele din domeniul matematicii vor dezvolta și folosi gândirea și raționamentul matematic pentru a rezolva o serie de probleme ce țin de vaccinarea împotriva virusului COVID-19 ca soluții tehnologice de popularizare a vaccinării în rândul populației.

Aspectele interdisciplinare vizate în proiect

Biologie: specificul particularităților structurale și funcționale al virusului și efectele vaccinării asupra sistemului imun al organismului uman, ca măsură de prevenire a virozei în rândul populației la nivel local, regional, global.

Chimie: compoziția și proprietățile chimice ale vaccinurilor împotriva virusului COVID-19, și procesele fiziologice al organismului uman, care pot fi preluate ca diverse soluții de prevenire a virozei în rândul populației la nivel local, regional, global.

Informatică: identificarea programelor digitale pentru redarea structurii și funcțiile virusului COVID-19 și ilustrarea efectelor vaccinării asupra organismului uman.

Educație tehnologică: propunerea unor modele, inclusiv, și modele digitale în conformitate cu aptitudinile personale prin amplificarea capacităților creatoare, precum, și a disponibilității pentru invenție și inovație la identificarea soluțiilor, de către participanții proiectului *STEAM Stay Safe - învățăm și jucăm*.

Matematică: investigarea structurilor prin legi și teorii matematice cu ajutorul metodelor generice de calcul, în realizarea proiectului tematic *STEAM Stay Safe - învățăm și jucăm*.

**Notă: aspectele interdisciplinare pot fi completate în mod particular.*

Scopul proiectului: popularizarea vaccinării în rândul oamenilor printr-o formă distractivă, care contribuie la informarea populației cu riscurile virusului COVID-19 asupra sănătății.

Obiectivele proiectului:

- Să illustreze, activitatea virusului COVID-19 și efectele vaccinurilor asupra organismului uman, prin mijloace de popularizare a beneficiilor vaccinării în rândul oamenilor;
- Să prezinte, necesitatea vaccinării în rândul oamenilor, prin diverse forme de popularizare;
- Să integreze, specificul științific al proiectului tematic *Stay Safe - învățăm și jucăm*, prin produse vizibile realizate și funcționale;



- Să recomande, utilitatea produsului realizat, în diverse domeniile de activitate umană.

Etapele proiectului

- *Informarea*: se colectează informația necesară pentru planificarea și realizarea proiectului STEAM *Stay Safe - învățăm și jucăm*, cu ajutorul resurselor disponibile activităților planificate.
- *Planificarea*: în urma unui plan de acțiune se formulează sarcini și se identifică resursele oportune, cu ajutorul cărora participanții proiectului vor avea o viziune clară asupra strategiei didactice ale proiectului tematic. Activitatea membrilor grupului va urma principiul colaborării eficiente în cadrul căruia, fiecare coleg va realiza lucrul de care este responsabil.
- *Decizia*: fiecare grup își va selecta modalitățile cele mai relevante în atingerea scopului propus identificate în cadrul proiectului STEAM *Stay Safe - învățăm și jucăm*. Profesorului îi revine rolul să comenteze și să discute dacă este necesară modificarea acestor strategii.
- *Implementarea*: participanții se implică în realizarea etapizată a produsului creativ, cu elemente de originalitate, gândit și discutat cu membrii din cadrul grupului proiectului tematic STEAM.
- *Controlul*: la această etapă, are loc verificarea de sine stătătoare a rezultatului obținute în proiectului STEAM *Stay Safe - învățăm și jucăm*. Profesorul intervine ca persoană-suport sau consultant.
- *Evaluarea*: organizarea etapei de evaluare va include aspecte de colaborare cu specialiștii/profesorii din domeniile vizate în proiect, iar rezultatele vor fi apreciate conform unor criterii bine definite, de care s-au condus și elevii participanți. Rezultatele evaluării se vor argumenta printr-o justificare obiectivă, evidențiindu-se creativitatea și originalitatea produsului evaluat din cadrul proiectului STEAM *Stay Safe - învățăm și jucăm* [27].

Produsele proiectului

Materiale, obiecte rezultate în urma proiectului tematic STEAM *Stay Safe - învățăm și jucăm* și prezentarea funcționalității acestora. Link-ul de accesare al produsului realizat în cadrul proiectului

	
<p>Fig. 3. 15. Pagina de pornire a produsului STEAM <i>Stay Safe - învățăm și jucăm</i></p>	<p>Fig. 3. 16. Secvență cu etapele jocului STEAM <i>Stay Safe - învățăm și jucăm</i></p>

Domeniile de activitate umană vizate în proiect

Biologie, medicină, informatică, animație grafică etc.

Criteriile de evaluare a proiectului pot fi specificate conform etapelor preconizate, în colaborare cu mai mulți specialiști, având la bază aspectele interdisciplinare vizate în proiect (Tabelul 12). Evaluarea produselor va ține cont de obiectivitate, perseverență, dar și de încurajarea participanților de a-și valorifica experiența obținută în alte activități educaționale STEAM.

Concluzie

Activitățile și produsele de învățare ale proiectelor STEAM la disciplina Biologie, oferă posibilități de învățare fiecărui elev, prin satisfacerea potențialului intelectual care îi va permite integrarea eficientă într-o societate care se auto-actualizează respectând valorile și finalitățile educației STEAM. Astfel, fiecare elev poate deveni:

- personalitate cu capacități de auto dirijare a procesului de învățare, prin posibilități de abordare individualizată a competențelor valorificate și aplicabile în domeniile prioritare de activitate profesională, pe tot parcursul vieții. Calitatea respectivă îi dezvoltă calități durabile, de creștere profesională în condiții dinamice ale dezvoltării economice;
- personalitate comunicabilă și deschisă la rezolvarea diverselor probleme, printr-o cooperare colegială, eficientă cu membrii societății în diverse condiții de autoafirmare;
- conștient și prudent, asumându-și cuviincios valorile naționale și globale și dovedind respect pentru alteritate;
- persoană de succes în domeniul de activitate profesională pentru care pledează, fiind totodată, bine pregătit să rezolve probleme de ordin personal și social care vor cimentă valorile esențiale ale unei societăți progresive;
- informat, activ și pro activ, participând esențial la îmbunătățirea factorilor, condițiilor de dezvoltare a mediului comunitar la nivel național, internațional și global [44].

Caracteristicile prezentate duc la formarea anumitor competențe transversale axate pe „metacogniție unde, capacitatea de a reflecta asupra proceselor de gândire permite să interpreteze realitatea. De asemenea, este capacitatea de a le controla, monitoriza, evalua și reglementa în măsura în care acestea intervin în cogniție” [38].

Putem menționa că proiectele STEAM, duc la corelarea tuturor competențelor, de la diverse discipline școlare prin:

- ✓ **receptare și interiorizare** - identificarea noțiunilor, fenomenelor, proceselor, relațiilor etc.;
- ✓ **prelucrarea primară a datelor/informațiilor, observărilor** - inducția, deducția etc.;
- ✓ **modelare și algoritmizare** – prezentarea produselor ca rezultat al modelării și algoritmizării etc.;
- ✓ **exprimare și argumentare** – justificarea datelor observate și înregistrate etc.;
- ✓ **prelucrare secundară a rezultatelor, datelor, observărilor** - extrapolarea; extinderea; abstractizarea; aprecierea etc.;
- ✓ **integrare** – aplicarea competențele formate în soluționarea diverselor situații problematizate etc. [41].

3.4 Exemple de activități și produse de învățarea STEAM la disciplina Geografie.

a) *Abordarea STEAM în cadrul unei lecții de geografie*

Curriculumul este instrumentul care transpune aspectele fundamentale ale proceselor de învățare–formare–dezvoltare, proiectate pentru elevi, în contexte specifice mediului educațional dintr-o anumită țară. În cazul Republicii Moldova, aceste contexte trebuie să fie legate și generate de realitățile cotidiene și – în același timp – să fie relevante, variate, motivante și interesante pentru elevii aflați în sistemul de învățământ. Conceptul STEAM prin geografie devine necesar, deoarece în educație accentul trebuie să fie pus pe conștientizarea învățării, pe cooperare, pe o gândire critică și de selectare a informațiilor. Proiectele STEAM la geografie apare ca o soluție la provocările lumii actuale, constituie un principiu ce trebuie aplicat, o modalitate de gândire și acțiune, ce decurge din evoluția științei și a vieții economico-sociale.

Exemplul 1. Unitatea de conținut: Presiunea atmosferică. Clasa a X-a.

Discipline implicate: Geografie – Biologie, Chimie, Fizica. Domenii implicate din STEAM – știință, artă și matematică.

Etapa lecției: Realizarea sensului.

Forma de organizare: Activități în grup/învățare prin cooperare. Elevii vor lucra 15 minute asupra elaborării produselor, apoi le vor prezenta tuturor colegilor, având la dispoziție câte 4-5 minute.

1) **Geografie.** Termen-cheie: presiunea atmosferică.

Obiectivul operațional: elevul va fi capabil să identifice arealele cu presiune atmosferică joasă și cu presiune atmosferică înaltă și să le depună pe harta de contur.

Activitate de învățare: studiind harta circulației atmosferice pe Terra, identificați arealele cu presiune atmosferică joasă și cu presiune atmosferică înaltă și depuneți-le pe harta contur. Explicați cauzele unei asemenea repartiții.

Produs: harta de contur completată, însoțită de explicații.

2) **Biologie.** Termen cheie: starea fizică a organismului uman

Obiectivul operațional: elevul va fi capabil să stabilească influența variației presiunii atmosferice asupra stării fizice a organismului uman și să ofere sfaturi utile și recomandări.

Activitatea de învățare: elevii vor studia literatura suplimentară și vor stabili în ce măsură starea fizică a organismului uman depinde de valorile presiunii atmosferice, în special la altitudini înalte și vor stabili recomandări pentru populație în vederea atenuării stării fizice proaste.

Produs: poster cu recomandări.

3) **Chimie.** Termen cheie: proprietăți ale aerului

Obiectivul operațional: elevul va fi capabil să stabilească proprietățile aerului în funcție de valorile presiunii atmosferice.

Activitatea de învățare: realizarea mai multor experimente care demonstrează proprietățile aerului în funcție de valorile presiunii atmosferice, de exemplu, aerul are greutate.

Produs: jurnal de observații.

4) **Fizica.** Termen cheie: barometru.

Obiectivul operațional: elevul va fi capabil să analizeze variația presiunii atmosferice în funcție de altitudine și temperatură.

Activitatea de învățare: desfășurarea unui experiment într-o clădire cu cel puțin 3 etaje. Măsurarea presiunii atmosferice cu ajutorul barometrului la fiecare etaj și stabilirea concluziilor într-un jurnal de observații.

Produs: jurnal de observații.

Resurse: Barometru aneroid sau Senzor barometru; literatură de specialitate; harta de contur; ustensile necesare pentru realizarea experimentelor.

Exemplul 2. Unitatea de conținut: Vântul: importanța pentru natură și activitatea umană. Clasa a X-a.

Discipline: Geografie – Istorie, Limba și literatura română, Fizica și Matematica. Domenii implicate din STEAM: știință, matematică, artă.

Etapa lecției: Realizarea sensului.

Forma de organizare: Activități în grup/învățare prin cooperare. Elevii vor lucra 15 minute asupra elaborării produselor, apoi le vor prezenta tuturor colegilor, având la dispoziție câte 4-5 minute.

1) **Geografie.** Termen cheie: vântul.

Obiectivul operațional: elevul va fi capabil să stabilească importanța vânturilor pentru natură și activitatea umană, atât în aspect pozitiv, cât și negativ.

Activitate de învățare: elevii vor elabora o reprezentare schematică/organizator grafic cu privire la importanța vânturilor pentru natură și activitatea umană, atât în aspect pozitiv, cât și negativ.

Produs: reprezentare schematică/organizator grafic.

2) **Istorie.** Termen cheie: zeul vântului Eol.

Obiectivul operațional: elevul va fi capabil să analizeze cum este materializat în societatea de astăzi, vântul din punct de vedere existențial.

Activitatea de învățare: elevii vor elabora o prezentare MS Power-Point cu referință la vânt, care era o materializare a forței elementului aer în antichitate, o divinitate reprezentată prin zeități (de exemplu, zeul vântului Eol la grecii antici). Cum este materializat în societatea de astăzi vântul din punct de vedere existențial?

Produs: prezentare

3) **Limba și literatura română.** Termen cheie: crivățul

Obiectivul operațional: elevul va fi capabil să analizeze vântul local Crivăț în baza unui fragment literar de pastel.

Activitatea de învățare: elevii vor lectura un fragment din pastel și vor stabili caracteristicile vântului local Crivăț pe care le vor include într-un tabel:

*Crivățul din miazănoapte vâjâie prin vijelie,
Spulberând zăpada-n ceruri de pe deal, de pe câmpie.
Valuri albe trec în zare, se așează-n lung troian,
Ca nisipurile dese din pustiul african. (Vasile Alecsandri).*

4) **Fizica.** Termen cheie: viteza vântului.

Obiectivul operațional: elevul va fi capabil să analizeze efectele produse de vânt în baza Scării lui Beaufort.

Activitatea de învățare: elevii vor elabora un poster în care vor reda efectele produse de vânt în baza Scării lui Beaufort.

Produs: poster.

5) **Matematica. Termen cheie:** roza vânturilor.

Obiectivul operațional: elevul va fi capabil să construiască roza vânturilor în baza datelor cu privire la intensitatea vântului (stația meteorologică Chișinău)

Activitatea de învățare: Studiind datele din tabel ce indică intensitatea vântului (stația meteorologică Chișinău) pe puncte cardinale și intercardinale, elevul va construi roza vânturilor.

Direcția	N	NE	E	SE	S	SV	V	NV
Intensitatea %	12	6	6	15	11	6	9	35

Produs: reprezentare schematică: roza vânturilor.

b) Abordarea STEAM în învățarea bazată pe proiecte

Proiect STEAM 1: Energia și implicațiile ei în dezvoltarea durabilă. Clasa a XI-a.

Timp de realizare - 2 săptămâni

Discipline: Geografie - Fizica, Educația tehnologică, Istorie, Limba și literatura română.

Domenii implicate din STEAM: știință, tehnologie, artă, matematică.

Termeni-cheie: energie, surse netradiționale de energie, dezvoltare sustenabilă.

Activități în grup:

gr. I. Pregătirea unei dezbateri, cu argumentarea prin exemple concrete, pornind de la afirmația: "Toate sursele de energie regenerabilă există datorită energiei Soarelui" – **Geografie**

gr. II. Elaborarea unei prezentări MS Power-Point "Istoria valorificării surselor netradiționale de energie". – **Istorie**

gr. III. Elaborarea unui eseu "Sursele netradiționale de energie – "cheia viitorului"". – **Limba și literatura română**

gr. IV. Elaborarea unui poster cu reprezentarea principalelor caracteristici ale panourilor solare. Tipuri de instalații solare și sisteme fotovoltaice. Avantaje și limite în utilizarea panourilor solare. – **Fizica**

gr. V. Realizarea unei machete a unei stații de producere a energiei în baza unei surse netradiționale, argumentând gradul de eficiență a acesteia reieșind din sinecostul ei, precum și rentabilitatea și durabilitatea stației în timp. – **Educația tehnologică**

Produse finale: prezentare, machetă, eseu, dezbateri, poster.

Proiect bazat pe problemă (PBL) STEAM 2: Resurse de energie netradiționale/regenerabile și implicațiile ei în dezvoltarea durabilă. Clasa a XI-a.

Timp de realizare - 10 zile.

Rezultatul obținut: elevii vor explora sursele de energie regenerabilă, tipurile, importanța lor și vor proiecta pe un poster soluții/facilități de utilizare a acestor surse în asigurarea cu energie electrică și încălzirea casei proprii, combinând cel puțin două surse de energie regenerabilă.

Pentru profesor: utilizarea surselor de energie regenerabilă în Republica Moldova este încă semnificativ scăzută în comparație cu statele Uniunii Europene. Prin urmare, este deosebit de important să se pună accentul pe creșterea gradului de conștientizare a societății/populației și implicarea organizațiilor în proiectele de cercetare și de valorificare a surselor de energie

regenerabilă. Combustibilii fosili sunt epuizabili, și în cele din urmă se vor diminua, devenind prea scumpi sau prea dăunători mediului. În schimb, multe tipuri de resurse de energie regenerabilă - cum ar fi energia eoliană și solară - sunt nepuizabile. La începutul proiectului, profesorul va discuta cu elevii despre experiența lor pe această temă și va prezenta pe scurt problema valorificării energiei (încălzire, costuri ridicate, durabilitate) și harta valorificării resurselor de energie regenerabilă la nivel mondial versus combustibilii fosili.

Scopul acestui proiect este ca elevii să identifice și să înțeleagă rolul și impactul surselor de energie regenerabilă asupra vieții lor de zi cu zi. În plus, elevii trebuie să înțeleagă originea, utilizarea și limitele acestor resurse, examinând în același timp avantajele și dezavantajele utilizării lor pe termen lung. Subiectele pe care elevii le pot explora includ opțiunile surselor de energie regenerabilă pentru Republica Moldova, contribuțiile surselor de energie regenerabilă la consumul total de energie al Republicii Moldova în această perioadă de timp, beneficiile sociale/economice de la sursele de energie regenerabilă și modul în care sistemele/tehnologiile surselor de energie regenerabilă funcționează pentru generarea de energie. Având în vedere acest lucru, elevii vor putea înțelege că primul pas în rezolvarea problemei energetice este economisirea energiei, iar al doilea pas este cunoașterea posibilei energii regenerabile pentru fiecare regiune. Elevii vor putea lua decizia finală cu privire la planul pe care trebuie să-l urmeze pentru proiectarea unui sistem de energie regenerabilă eficient pentru locuința lor.

În acest proiect, elevii vor lucra în echipe pentru a identifica surse alternative de energie regenerabilă (eoliană, solară, apă [energie hidroelectrică a valurilor], geotermală și biocombustibili) și vor cerceta și dezbate avantajele și dezavantajele, explorând în același timp corelațiile cu durabilitatea și protecția mediului. Elevii vor crea un poster care să înfățișeze designul lor cu privire la valorificarea resurselor de energie regenerabile. Ca o extensie a acestui proiect, elevii ar trebui să ia în considerare impactul etic/social/economic al utilizării surselor de energie regenerabile prin crearea unei broșuri electronice care să sensibilizeze publicul cu privire la aceste resurse și să prezinte rezultatele lor administrației publice locale. Finalizarea proiectului va dura aproximativ zece zile, iar echipele vor trebui să selecteze o casă și să investigheze toți parametrii adecvați necesari pentru proiectarea resurselor de energie regenerabilă (măsurarea suprafeței proprietății, localizarea celor mai bune locuri pentru instalarea sistemului de energie regenerabilă, calcule adecvate).

Obiective:

✓ *Matematică – Elevul va fi capabil:*

- Să selecteze și să utilizeze unități, instrumente sau formule adecvate pentru a măsura și a rezolva probleme care implică lungimea, suprafața, timpul, temperatura, volumul și greutatea;
- Să măsoare unghiurile, lungimea, suprafața, timpul, temperatura, volumul și greutatea.
- Să aplice un model de rezolvare a problemelor care încorporează înțelegerea problemei, elaborarea unui plan, realizarea planului și evaluarea rezonabilă a soluției prin colectarea, organizarea, afișarea și interpretarea datelor.

✓ *Știință – Elevul va fi capabil:*

- Să identifice sursele majore de energie regenerabilă și să dezbate avantajele și dezavantajele utilizării lor pe termen lung;
- Să analizeze originea și utilizarea acestor resurse, permițând luarea deciziilor în cunoștință de cauză.

- Să dezbată despre modul în care energia poate fi schimbată pentru a crea energie pe care o folosim în fiecare zi și să aplice aceste principii în designul sistemului de valorificare a surselor de energie regenerabilă de acasă.
- Să discute problemele etice/sociale din jurul resurselor naturale de energie ale Pământului.
- Să proiecteze un plan logic de gestionare a resurselor energetice din locuința lor.
- ✓ **Studii sociale – Elevul va fi capabil:**
 - Să explice modul în care utilizarea excesivă a surselor de energie neregenerabile a dus la criză energetică, poluarea mediului și epuizarea resurselor.
 - Să analizeze harta repartiției potențialului de resurse de energie regenerabilă.
- ✓ **Limbă și comunicare – Elevul va fi capabil:**
 - Să utilizeze strategii de lectură și scriere pentru a genera idei, a dezvolta vocea, a planifica și a proiecta.
 - Să proiecteze o broșură, afiș sau alte formate pentru a desena un design.
- ✓ **Geografie, economie și mediu – Elevul va fi capabil:**
 - Să analizeze factorii care influențează dezvoltarea economică și durabilitatea.
 - Să identifice potențialele utilizări ale resurselor de energie neregenerabilă în funcție de zona geografică.

CONEXIUNI STEM

Inginerie

- Aplicarea unui proces de proiectare inginerescă de rezolvare a problemelor pentru a identifica o problemă, a aduna informații, a enumera și a lua în considerare opțiunile, a lua în considerare avantajele și dezavantajele, a alege și a implementa o soluție și pentru a evalua eficacitatea soluției.
- Identificarea costului ridicat al energiei și pe baza consumului de energie al casei sale, să minimizeze acest cost prin proiectarea sistemului său de valorificare a surselor de energie regenerabilă.

Tehnologie

- Proiectarea unei broșuri cu prezentare Power Point® sau alt software.
- Procesarea datelor și comunicarea rezultatelor în format digital, realizarea de fotografii și introducerea acestora într-un document.
- Utilizarea internetului și trimiterea de e-mailuri.
- Demonstrarea unei strategii eficiente de gestionare a fișierelor, cum ar fi denumirea, structura mapelor ș.a.

Pentru elevi:

Costul energiei a devenit din ce în ce mai mare. Administrația publică locală încearcă să găsească soluții pentru a minimiza costurile facturilor la electricitate și încălzire. Primarul dorește să stabilească un plan energetic care să utilizeze varietatea de opțiuni ale surselor de energie regenerabile din regiune/localitate și să învețe de la alte raioane care deja utilizează pe larg aceste surse de energie. Din acest motiv, el caută o echipă științifică care să colaboreze și să călătorească prin țară. A închiriat o mașină care funcționează pe bază de biocombustibil și pornește la drum cu echipa. Primarul și echipa sa își propun să viziteze câteva localități din nordul și centrul țării și să împărtășească idei, tehnologii noi și proiecte de afaceri. Interacțiunile lor profesionale continue cu alți primari și părți interesate vor fi, de asemenea, subliniate pentru a stimula comunicarea directă și indirectă între organizațiile din alte localități și raioane și pentru a crește gradul de conștientizare

cu privire la importanța energiei durabile bazate pe un domeniu larg de energie regenerabilă. Elevii vor forma echipe și vor identifica două surse de energie regenerabile disponibile pentru o casă. Echipele vor urma o metodologie de proiectare cu cinci pași pentru a-și realiza proiectele. Nu vor exista limitări de cost, dar vor exista preferințe de eficiență energetică. Echipele își vor prezenta tabelele finale și explicațiile pentru a justifica designul special ales. Prin cercetare și explorare, echipele vor proiecta un poster care înfățișează o instalație realistă care produce energie pentru a demonstra gradul de conștientizare a utilizării surselor de energie regenerabilă. Ca o extensie, elevii pot crea o prezentare electronică de diapozitive pentru a-și prezenta constatările administrației publice locale și să creeze o broșură electronică care va fi publicată într-un ziar local pentru a crește gradul de conștientizare a impactului economic și de mediu al surselor de energie regenerabilă.

De asemenea, elevii ar trebui să cunoască metodologia de proiectare, urmând programul:

- Discuții cu privire la importanța energiei în dezvoltarea social-economică. Clasificarea surselor de energie după diferite criterii. Resurse de energie regenerabile/netradiționale; prezentarea de secvențe video; prezentarea tabelor cu date statistice și informative (Zilele 1-2)
- Evaluarea sitului și a potențialului său de energie regenerabilă (Zilele 3-4)
- Determinarea sistemului de surse de energie regenerabile adecvat și a componentelor acestuia (Zilele 5-6)
- Inițierea și instalarea proiectării sistemului într-un design pe un poster (Zilele 7-8)
- Prezentarea posterelor care explică designul și beneficiile proiectării sistemului lor (Zilele 9-10).

MATERIALE UTILIZATE:

- ❖ Calculatoare cu acces la internet Microsoft Power Point®, Excel® și Word®;
- ❖ Manualul REN21 (<http://www.ren21.net/>) și Manualul Agenției Internaționale pentru Energie Regenerabilă; (http://irena.org/remap/REmap_Report_June_2014.pdf)
- ❖ Panouri de afiș, hârtie, markere, creioane pentru hărți, rigle, raportor;
- ❖ Facturi electrice din lunile trecute;
- ❖ Aparat foto;
- ❖ Tabelele pentru a fi completate cu datele elevilor;
- ❖ Ruletă.

ZILELE 1-2 (45 MINUTE FIECARE ZI)

Pentru a genera interes pentru proiect, profesorul va începe o discuție deschisă despre impactul consumului de energie în viața noastră de zi cu zi. Profesorii ar trebui să-i întrebe pe elevi dacă există vreo modalitate de a economisi bani la facturile lunare de electricitate și încălzire ale casei lor. Înainte de a începe dialogul despre subiect, profesorii ar trebui să motiveze elevii cu privire la rolul important pe care trebuie să-l joace în acest proiect. Prin elaborarea posterelor, ei vor spori gradul de conștientizare a publicului cu privire la subiect. Profesorii, prin discuții dirijate, vor motiva elevii pentru a descoperi tipurile de surse de energie regenerabilă, prin implicarea acestora în esența problemei energetice și a politicilor de protecție a mediului. Profesorii pot prezenta două videoclipuri scurte despre poluarea mediului, tipurile de energie regenerabilă și, de asemenea, pot prezenta elevilor o pagină web care oferă semnificația, istoria și particularitățile energiei regenerabile:

- <https://www.youtube.com/watch?v=sW7fxGG9cEM> (10:48)

În timpul acestei explorări, elevii vor căuta răspunsuri la întrebări precum: De ce este importantă energia regenerabilă? Ce fel de probleme pot rezolva sursele de energie regenerabilă? Câte tipuri de surse de energie regenerabilă există? Cum generează sursele de energie regenerabilă energie? Profesorul va aplica metoda Brainstorming, iar elevii vor nota toate ideile.

ZILELE 3-4 (45 MINUTE FIECARE ZI)

La începutul orei, profesorul le prezintă situația problemă. Ulterior, împarte elevii în echipe de cercetare, care vor contribui la soluționarea problemei expuse de administrația publică locală. Fiecare echipă va avea o discuție deschisă despre sursele de energie regenerabilă disponibile în localitate, vor discuta cerințele de sistem, vor identifica beneficiile design-ului elaborat și apoi vor determina cum poate fi implementat proiectul. Procesul de proiectare a sistemului începe cu înțelegerea cerințelor pentru sistemul de surse regenerabile și componentele de bază. Aceasta este cheia pentru a determina cel mai bun sistem atât pentru performanță, cât și pentru economii de costuri. Acest lucru necesită ca elevii să înțeleagă cerințele de utilizare a surselor de energie regenerabile și cerințele față de energie electrică care pot fi obținute prin revizuirea facturilor anterioare de electricitate. Al doilea pas este ca elevii să găsească resursele regenerabile disponibile în localitatea lor.

Echipele de elevi ar trebui să înțeleagă că sarcina lor ca echipă de cercetare este de a ajuta primarul să stabilească un plan energetic pentru zona lor de interes. Scopul fiecărei echipe este să demonstreze primarului prin desenele lor/postere ale instalațiilor de valorificare a surselor de energie regenerabilă pentru caselor lor că fiecare casă din zonă are potențialul pentru instalații de surse de energie regenerabile. Elevii ar trebui să fie pregătiți să urce în mașină și să exploreze împreună cu primarul toate ideile potențiale și posibilele limitări, avantaje și dezavantaje. Echipele de cercetare ar trebui să adopte un plan urmând metodologia de proiectare a sistemului. În această etapă, elevii vor alege materialele și componentele adecvate pentru sursele de energie regenerabile (panou fotovoltaic, generator eolian etc.) pentru determinarea finală a sistemului adecvat.

ZILELE 5-6 (45 MINUTE FIECARE ZI)

În acest moment, fiecare echipă ar trebui să fie pregătită să înceapă proiectarea sistemului de valorificare a resurselor de energie regenerabilă. În această etapă, profesorul trebuie să explice că proiectarea trebuie să fie realistă și eficientă. Din acest motiv, elevii vor trebui să ia măsurători ale proprietăților lor pentru a se asigura că casele lor pot valorifica surse de energie regenerabile. Elevii ar trebui să-și amintească că măsurătorile și locațiile sistemului propus trebuie să fie ilustrate clar pe posterele lor. Elevii trebuie să identifice locurile necesare pentru asamblarea sistemului de valorificare a surselor de energie regenerabilă pe proprietățile casei lor, ținând cont de limitările de construcție și eficiența energetică.

În acest moment, se așteaptă ca echipele de cercetare să identifice, în funcție de zona geografică, opțiunile surselor de energie regenerabilă pentru situl lor. Ei vor efectua cercetări prin internet. După ce fiecare echipă de cercetare determină sursele de energie regenerabilă disponibilă, ei vor completa datele necesare în tabelul prezentat mai jos. Echipele trebuie să recunoască avantajele și dezavantajele, limitările sau oportunitățile din regiune pentru a combina eficient sistemele de energie regenerabilă în proiectarea casei lor.

Tipul de energie	Repartiția geografică	Avantaje	Dezavantaje
-------------------------	------------------------------	-----------------	--------------------

Energie solară			
Energie eoliană			
Biocombustibil			
Energie geotermală			
Energia apei			

ZILELE 7-8 (45 MINUTE FIECARE ZI)

Elevii vor face brainstorming de idei și metode pentru proiectarea unui sistem adecvat de case în cheia surselor de energie regenerabile și vor schița exemple de modele. De asemenea, vor căuta pe internet pentru a găsi „know-how” pentru probleme similare. Aceștia vor determina consumul de energie al casei prin analiza facturii de electricitate și cercetarea materialelor și componentelor surselor de energie regenerabile adecvate (panou fotovoltaic, generator eolian etc.). În ziua precedentă, elevii au făcut măsurători de instalare și poze de la proprietatea casei pentru a realiza proiecte realiste.

După ce elevii sunt mulțumiți de proiectele lor, vor crea prezentări. Ei vor trebui să demonstreze cum funcționează sistemele lor și să răspundă la orice întrebări despre funcționarea lor. De asemenea, elevii trebuie să creeze un poster prin care să explice design-urile lor și să se concentreze pe beneficiile sistemului pentru protecția mediului și economisirea energiei, cu scopul de a spori gradul de conștientizare a publicului. Elevii vor trebui să plaseze toate componentele sistemului de valorificare a energiei regenerabile adecvate pe poster. De exemplu, dacă unul dintre surse de energie regenerabilă adecvată pentru casă este energia solară, atunci panoul fotovoltaic va trebui să aibă specificațiile de instalare corespunzătoare (de exemplu, unghi, poziție față de soare) pentru a obține eficiența maximă. Dacă este necesar, elevii vor trebui să adauge informații suplimentare pe poster cu toate caracteristicile suplimentare ale designului (de exemplu, poziția componentelor, unghiurile, cantitatea de economie de energie, simboluri de orientare nord/sud, limitări ale clădirii).

ZILELE 9-10 (60 DE MINUTE FIECARE ZI)

Echipele de cercetare vor face prezentări poster ale produsului final, care nu durează mai mult de 20 de minute. Ei își vor prezenta tabelele finale, explicațiile pentru motivele pentru care a fost ales un anumit design și descrierile părților sistemelor de energie regenerabilă pe panourile lor de afiș. Elevii ar trebui să facă legături importante cu problemele de mediu, dezvoltarea economică și sustenabilitatea.

BIBLIOGRAFIE

1. CIOLACU, M.; TEHRANI, A.F.; BEER, R.; POPP, H. Education 4.0—Fostering Student’s Performance with Machine Learning Methods. In Proceedings of the 2017 IEEE 23rd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME), Constanta, Romania, 26–29 October 2017; pp. 438–443.
2. KONOPKA, C.L.; ADAIME, M.B.; MOSELE, P.H. Active Teaching and Learning Methodologies: Some Considerations. *Creat. Educ.* 2015, 6, 1536–1545.
3. MIRANDA, J.; NAVARRETE, C.; NOGUEZ, J.; MOLINA-ESPINOSA, J.-M.; RAMÍREZ-MONTOYA, M.-S.; NAVARRO-TUCH, S.A.; BUSTAMANTE-BELLO, M.-R.; ROSAS-FERNÁNDEZ, J.-B.; MOLINA, A. The Core Components of Education 4.0 in Higher Education: Three Case Studies in Engineering Education. *Comput. Electr. Eng.* 2021, 93, 107278
4. PĂTRĂUCEANU, I. E., & PUȚUNTICĂ, A. (2019). Competențe transversale ale educației durabile în sistemul de învățământ. In *Materialele Conferinței Republicane a Cadrelor Didactice (Vol. 2, pp. 59-65)*.
5. ROTARI, N., CHIȘCA, D., & COROPCEANU, E. (2020). Aspecte ale strategiei de proiectare–monitorizare–evaluare a proiectelor STE (A) M la disciplina Chimie. *Acta et Commentationes Sciences of Education*, 19(1), 21-30.
6. BARRY, N. The ITEEA 6E learning byDeSIGN™ Model. *Technol. Eng. Teach.* 2014, 73, 14–19.
7. BASHAM, J. D., ISRAEL, M., & MAYNARD, K. (2010). An ecological model of STEM education: Operationalizing STEM for all. *Journal of Special Education Technology*, 25(3), 9-19. doi:!(.)! 177/016264341002500303
8. BERNAZ, NINA; ARHIP STELA; BURUIAN EUGENIA; CANTEA RODICA; PLACINTA DANIELA. Curriculum național, disciplina Biologie, clasele VI-IX. (elaborate în anul 2019, publicat 2020) Chișinău : Lyceum, 2020 (F.E.-P. "Tipografia Centrală"). : fig., tab. Referințe bibliogr.: p. 100-101 (28 tit.). – 2000 ex. ISBN 978-9975-3436-3-3. 373.5.091:57(073) B 53. P. 1-34.
9. BERNAZ, NINA; ARHIP STELA; BURUIAN EUGENIA; CANTEA RODICA; PLACINTA DANIELA. Ghid de implementare a Curriculum național, disciplina Biologie, clasele VI-IX. (elaborate în anul 2019, publicat 2020) Chișinău : Lyceum, 2020 (F.E.-P. "Tipografia Centrală"). : fig., tab. Referințe bibliogr.: p. 100-101 (28 tit.). – 2000 ex. ISBN 978-9975-3436-3-3. 373.5.091:57(073) B 53. P. 35-100.
10. BRYAN, L. A., MOORE, T. J., JOHNSON, C. C. AND ROEHRIG, G. H. (2015). Integrated STEM education. In C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton and T. J. Moore (Eds.), *STEM roadmap: A framework for integration* (pp. 23–37). London: Taylor & Francis, p.33
11. CAPER, R. (1996). Play, experimentation and creativity. *The International Journal of Psycho-Analysis*, 77, 859-869. PMID:8933214; Dail, W. (2013). On cultural polymathy: How visual thinking, culture, and community create a platform for progress. *The STEAM Journal*, /(1). Available at: <http://scholarship.claremont.edu/steam/vol1/iss1/7>

12. CATTERALL, J. S. (2(X)2). The arts and the transfer of learning. In R. J. Deasy (Ed.), *Critical Links: Learning in the arts and student academic and social development*. Washington, DC: Arts Education Partnership.; Henriksen, D. (2014). Full STEAM ahead: Creativity in excellent STEM teaching practices. *The STEAM Journal*, 7(2), 15
13. CAZACIOC, N. STEAM – abordări didactice, inovative în procesul de Predare-învățare evaluare a Chimiei. In: *Materialele Conferinței Republicane a Cadrelor Didactice Metodologii de învățare eficientă în contextul noilor provocări societale*. Vol. 6, 26 februarie 2021, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Tipografia Universității de Stat din Tiraspol, 2021, pp. 37-41. ISBN 978-9975-76-323-3
14. CAZACIOC, N.; ROTARI, V. Conceptul educațional STEAM - o formă de instruire prin cercetare. In: *Învățământ superior: tradiții, valori, perspective Științe Exacte și ale Naturii și Didactica Științelor Exacte și ale Naturii*. Vol. 1, 1-2 octombrie 2021, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Universitatea de Stat din Tiraspol, 2021, pp. 148-153. ISBN 978-9975- 76-360-8.
15. CHIRIAC, L. (2021). Prefață. In *Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale,(concept STEAM)*. (Vol. 1, pp. 7-7).
16. COROPCEANU E. Dezvoltarea sistemului de competențe cercetare-inovare-antreprenoriat în context interdisciplinar. În: *Congresul Științific Internațional Polono-Moldo-Român: Educație – Politică – Societate*, 1-4 aprilie 2019. Chișinău-Iași, nr. 1, p. 19-25.
17. CRISTEA, S. (2020). Educația STEM. *Revista Didactica Pro...*, revistă de teorie și practică educațională, 119(1), 54-56.
18. EGUCHI, A. RoboCupJunior for promoting STEM education, 21st century skills, and technological advancement through robotics competition. *Robot. Auton. Syst.* 2016, 75, 692–699
19. GUZEY, S. S., MOORE, T. J. AND HARWELL, M. (2016). Building up STEM: An analysis of teacher-developed engineering design-based STEM integration curricular materials. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 6(1), 11-29. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1129>, p.16
20. HENRIKSEN, D. (2014). Full STEAM ahead: Creativity in excellent STEM teaching practices. *The STEAM Journal*, 7(2), 15).
21. HO, M.-T.; LA, V.-P.; NGUYEN, M.-H.; PHAM, T.-H.; VUONG, T.-T.; VUONG, H.-M.; PHAM, H.-H.; HOANG, A.-D.; VUONG, Q.-H. An analytical view on STEM education and outcomes: Examples of the social gap and gender disparity in Vietnam. *Child. Youth Serv. Rev.* 2020, 119, 105650
22. IANOVICI, N. FRENȚ, A. O. Metode didactice în predare, învățare și evaluare la biologie. Timișoara: Mirton, 2009. ISBN 978-973-52-0682-6
23. KOEHLER, C., IC BINNS AND MA BLOOM. 2016. "The emergence of STEM". In *STEM Road Map: A Framework for Integrated STEM Education*, edited by CC Johnson, EE Peters-Burton and TJ Moore, 13-22. NY: Taylor & Francis Routledge Group
24. LIN, K.Y.; LU, S.C.; HSIAO, H.H.; KAO, C.P.; WILLIAMS, P.J. Developing student imagination and career interest through a STEM project using 3D printing with repetitive modeling. *Interact. Learn. Environ.* 2021, 29, 1–15.

25. MATTHEWS, R. S. (1995). Building bridges between cooperative and collaborative learning. *Change*, 27(4), 35-40. <https://doi.org/10.1080/00091383.1995.9936435>, p. 27
26. PEARSON, G. (2017). National academies piece on integrated STEM. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 224-226. <https://doi.org/10.1080/00220671.2017.1289781>, p.225
27. PLACINTA, D.; COROPCEANU, E. Proiectele STE(A)M – fundament al învățării active la biologie. In: *Acta et commentationes (Științe ale Educației)*. 2020, nr. 2(20), pp. 13-23. ISSN 1857-0623. 10.36120/2587-3636.v20i2.13-23
28. ROEHRIG, G. H., MOORE, T. J., WANG, H. H. AND PARK, M. S. (2012). Is adding the E enough? Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31-44. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00112.x> p.35
29. RUBIN, J., &CHISNELL, D. (2008). *Handbook of usability testing: How to plan, design, and conduct effective tests* (2nd ed.). Indianapolis, IN: Wiley
30. SATCHWELL, R. E. AND LOEPP, F. L. (2002). Designing and Implementing an Integrated Mathematics, Science, and Technology Curriculum for the Middle School. *Journal of Industrial Teacher Education*, 39(3), 41-66; Shahali, E. H. M., Halim, L., Rasul, M. S., Osman, K. and Zulkifeli, M. A. (2017). STEM learning through engineering design: Impact on middle secondary students' interest towards STEM. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(5), 1189-1211. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00667a>
31. SCHWAB, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. New York, NY: Crown Business
32. SOCHIRCĂ, ELENA. Interdisciplinaritatea și integrare curriculară. In: *Învățământ superior: tradiții, valori, perspective*. Vol. 1, 28-29 septembrie 2018, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Universitatea de Stat din Tiraspol, 2018, pp. 24-30. ISBN 978-9975-76-252-6.
33. Tecnológico de Monterrey. Razonamiento para la Complejidad. In *Tecnológico de Monterrey, 7 Competencias con las que el Tec Busca Preparar a sus Estudiantes*; 2019; disponible la adresa: <https://bit.ly/3AsM6NL> accesat la data 20.06.2022
34. THIBAUT L., CEUPPENS S. Ș.A. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education*, 3 (1), p.1-12, p.4
35. ZHAO, Y., WEHMEYER, M., BASHAM, J., & HANSEN, D. (2019). Tackling the wicked problem of measuring what matters: Framing the questions. *ECNV Review of Education*, 2(3), 262-278. doi: 10.1177/2096531119878965
36. Вечный фонтан Герона РЕАЛЬНО работает без электричества НЕВЕРОЯТНО Heron's Fountain Игорь Белецкий - YouTube (citată la data de 09.08.2022)
37. <http://delram.blogspot.com/2013/09/family-tree-maker-2014-display-options.html> (citată la data de 09.08.2022)
38. <https://dozadesanatate.ro/metacognitia-ce-este-si-exemple/> (citată la data de 09.08.2022)
39. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/21_24_Activitatea%20de%20invatare%20vs%20elevii%20claselor%20primare_0.pdf (citată la data de 09.08.2022)

40. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/54-56_30.pdf (citat la date de 09.08.2022)
41. https://mecc.gov.md/sites/default/files/cadrul_de_referinta_final_rom_tipar.pdf (citat la date de 09.08.2022)
42. https://mecc.gov.md/sites/default/files/stiinte_gimnaziu_ro.pdf (citat la date de 09.08.2022)
43. <https://www.dex.md/definitie/mecanic%C4%83/342733> (citat la date de 09.08.2022)
44. https://www.edu.ro/sites/default/files/DPC_31.10.19_consultare.pdf (citat la date de 09.08.2022)
45. <https://www.rador.ro/2016/06/07/la-harvard-a-fost-creata-frunza-bionica-o-tehnologie-care-transforma-lumina-solara-in-combustibil-lichid/> (citat la date de 09.08.2022)
46. https://www.utgjiu.ro/revista/dppd/pdf/201603/3_Amelia%20Georgiana%20Boncea.pdf (citat la date de 06.08.2022)
47. https://www.youtube.com/watch?v=i7Blcio1G6c&ab_channel=VuthaP99 (citat la date de 09.08.2022)
48. <https://microkontroller.ru/arduino-projects/solnechnaya-panel-na-arduino-otslezhivayushhaya-mestopolozhenie-solncza/>
49. Аль Гбури, Заидун Халаф Махмуд. Исследование и разработка двухосевой системы слежения за Солнцем с датчиками с помощью Arduino / Заидун Халаф Махмуд Аль Гбури, Мухаммед Ф Мансор Мансор. În: Молодой ученый. — 2020. — № 11 (301). — С. 29-32. Disponibil pe: <https://moluch.ru/archive/301/68116/> (la data de 23.10.2022).
50. Fizică: Curriculum național : clasele 6-9 : Curriculum disciplinar : Ghid de implementare / Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova ; coordonatori: Angela Cutasevici, Valentin Crudu, Victor Păgânu ; grupul de lucru: Viorel Bocancea (coordonator) [et al.]. – Chișinău: Lyceum, 2020 (F.E.-P. "Tipografia Centrală"). – 108 p. ISBN 978-9975-3437-5-6.
51. Fizică. Astronomie: Curriculum național: Clasele 10-12: Curriculum disciplinar: Ghid de implementare / Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova; coordonatori: Angela Cutasevici, Valentin Crudu, Victor Păgânu; grupul de lucru: Viorel Bocancea (coordonator) [et al.]. – Chișinău: Lyceum, 2020.