

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
AL REPUBLICII MOLDOVA**

CURRICULUM NAȚIONAL

**ARIA CURRICULARĂ
*TEHNOLOGII***

DISCIPLINA OPȚIONALĂ

MODELAREA ȘI IMPRIMAREA 3D

Clasele X - XII

Chișinău, 2023

Aprobat:

- Consiliul Național pentru Curriculum, proces-verbal nr. 31 din 30.06.2023
- Ordinul Ministerului Educației și Cercetării nr. 916 din 25.07.2023

Grupul de lucru:

Lilia Mihălache, doctor în pedagogie, conf. univ., grad didactic superior, IPLT „Ion Creangă”

Sergiu Candraman, cercetător științific, magistru în inginerie

Alexandru Obada, magistru în istorie, Patrimoniu Istoric și Turism Cultural, Științe Geopolitice

Viorica Juc, grad didactic superior, IPLT „Ion Creangă”

Consultant:

Angela Prisăcaru, grad didactic superior, master în Tehnologii informaționale, consultant principal, Ministerul Educației și Cercetării

Recenzenți:

Dinu Țurcanu, prorector pentru Digitalizare, Universitatea Tehnică a Moldovei

Corina Negară, doctor în pedagogie, conf. univ., Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți

Victor Ciuvaga, profesor de fizică, grad didactic superior, IP LT „Constantin Stere”, or. Soroca

Grigore Vasilache, profesor de informatică, grad didactic superior, director IP LT „M.Eliade”, mun. Chișinău

Curriculumul a fost elaborat de Centrul Național de Inovații Digitale în Educație „Clasa viitorului” din cadrul Universității Pedagogice de Stat “Ion Creangă” din mun. Chișinău.

PRELIMINARII

Statutul curriculumului

Prezentul curriculum este un document normativ și obligatoriu pentru realizarea procesului de studiu la disciplina opțională „Modelarea și Imprimarea 3D”. Curriculumul vizează formarea și dezvoltarea competențelor elevilor din învățământul liceal (X-XII).

Funcțiile curriculumului

Curriculumul are următoarele funcții:

- **act normativ** al procesului de instruire a disciplinei axate pe competențe;
- **reper** pentru proiectarea didactică și desfășurarea procesului educațional;
- **ghid** pentru elaborarea resurselor educaționale, activităților practice, testelor de evaluare și a proiectului STEM/STEAM corelat cu temele studiate.

Beneficiari

Curriculumul disciplinei opționale „Modelarea și Imprimarea 3D” se adresează cadrelor didactice din instituțiile de învățământ liceal, autorilor de resurse digitale educaționale, elevilor și altor personale interesate.

Administrarea disciplinei

Statutul disciplinei	Aria curriculară	Clase	Nr. de module	Nr. de ore
Opțională	Tehnologii	X-XII (real, umanist)	5	34

Repartizarea orientativă a orelor pe module

Nr. d/o	Module	Total ore
1.	Introducere în domeniul de modelare și imprimare 3D	4
2.	Configurarea slicer-ului pentru imprimantele 3D	8
3.	Mentenanța imprimantelor 3D	8
4.	Modelarea 3D	10
5.	Imprimarea 3D	4
Total		34

Curriculumul este conceput astfel încât elevul să poată alege studierea disciplinei opționale „Modelarea și Imprimarea 3D” la o anumită treaptă de învățământ, fără ca elevii să-l fi studiat la treapta precedentă. De asemenea, pentru studierea disciplinei opționale, pot fi create și grupe mixte, ce vor include elevi din diferite trepte de învățământ (clasele a X – a XII). În astfel de cazuri materiile de studiu, sarcinile și activitățile de învățare, vor fi stabilite în mod individual pentru fiecare grup de vârstă, iar integrarea activităților de instruire se va realiza prin elaborarea de către echipele de elevi, de diferite vârste, a unor proiecte comune.

Ordinea modulelor și a unităților de învățare poate fi schimbată dacă nu este afectată logica științifică sau didactică.

I. Repere conceptuale

Definirea disciplinei „Modelarea și Imprimarea 3D”

Disciplina opțională „Modelarea și Imprimarea 3D” are drept scop formarea de competențe de proiectare digitală a obiectelor reale folosind cele mai noi tehnologii.

Disciplina „Modelarea și Imprimarea 3D” are un puternic caracter practic-aplicativ, ce presupune ca elevii să-și formeze/dezvolte competențe de proiectare a modelelor digitale 3D și crearea obiectelor în timp real la o imprimantă 3D care funcționează prin tehnologia de fabricație aditivă. Disciplina opțională oferă elevilor posibilitatea de a redescoperi compartimente ale disciplinelor de matematică, geometrie, fizică și chimie. Suplimentar, această disciplină le va spori elevilor interesul față de disciplinele tehnologii și în deosebi informatică.

Disciplina „Modelarea și Imprimarea 3D” va contribui la conturarea intereselor și orientarea profesională, oferind elevilor o perspectivă asupra carierei și viitoarei specializări.

Statutul disciplinei în planul de învățământ

„Modelarea și Imprimarea 3D” este o disciplină opțională în aria curriculară „Tehnologii”.

Valoarea formativă a disciplinei

Scopul instruirii la disciplina opțională „Modelarea și Imprimarea 3D” în învățământul general este să ofere elevilor cunoștințe și abilități practice în domeniul modelării și imprimării 3D. Acesta include următoarele aspecte:

- familiarizarea elevilor cu tehnologia modernă de modelare și imprimare 3D;
- formarea abilităților practice de pregătire a unui model 3D pentru procesul de imprimare 3D;
- formarea abilităților practice de inițializare și pregătire a unei imprimante 3D;
- formarea abilităților practice de încărcare a fișierului G-code în imprimanta 3D;
- formarea abilităților practice de imprimare și mentenanță a imprimantei 3D;
- formarea abilităților practice de gestionare a erorilor și situațiilor de problemă.

Aspectele strategice privind formarea competenței școlare

Curriculumul disciplinei opționale „Modelarea și Imprimarea 3D” este elaborat în corespundere cu modelul de proiectare a curriculumului centrat pe competențe. Potrivit acestui model elevul este plasat în centrul procesului de instruire. În cadrul disciplinei se propun activități de învățare, care încurajează plasarea elevilor în diverse situații de învățare, inclusiv proiecte, determinându-i să fie subiecți activi în propria formare și dezvoltare. Se recomandă ca situațiile de învățare să fie reale, variate ca și context, motivante, care ar determina elevii să caute răspunsuri, să creeze, să aplice cunoștințele sau abilitățile sale pentru tratarea cu succes a situațiilor.

În cadrul unei situații de problemă elevii au posibilitatea de a integra cunoștințele lor și a le aplica într-un context bine determinat.

Învățarea prin proiecte este o metodă accesibilă în studierea disciplinei și permite de a implica elevii în activități de cercetare a problemelor reale, complexe, provocatoare și au drept rezultat obținerea unor produse autentice.

În cadrul unui proiect elevii învață să caute informațiile relevante, să rezolve probleme, să facă investigații, să ia decizii, să lucreze în mod autonom sau în colaborare, să analizeze managementul timpului, să respecte termenii, să creeze produsul final, să prezinte rezultatele proiectului.

Pe parcursul studierii disciplinei „*Modelarea și Imprimarea 3D*” recomandăm de a propune elevilor mini-proiecte ghidate de către profesor și un proiect realizat de sine stătător bazat pe conceptul STEM/STEAM. Proiectele trebuie să fie simple cu un grad mare de sprijin din partea profesorului, treptat complexitatea proiectelor trebuie să crească, iar gradul de sprijin să scadă.

Profesorul are libertatea de a utiliza exemple de activități de învățare și evaluare recomandate de curriculumul dat, de a le completa sau de a le înlocui, astfel încât acestea să asigure un proces de instruire adecvat contextului școlar existent, necesităților și specificului elevilor, dar și noilor tendințe tehnologice.

Principiile specifice predării-învățării disciplinei „Modelarea și Imprimarea 3D”

Disciplina opțională „*Modelarea și Imprimarea 3D*” se bazează pe următoarele principii specifice disciplinei:

1. Principiul abordării integrate a disciplinei – structurarea conținuturilor într-un model integrat, modular, concentric, care are ca scop crearea și dezvoltarea competențelor digitale ale elevului, în scopul utilizării sistemelor informatice și cultivării continue a capacității de organizare și creativitate tehnică.
2. Principiul centrării activității/demersului didactic pe elev – acceptarea unui model de învățare activă, centrat pe elev, orientat către activități individuale sau în grup, care să permită dezvoltarea independenței de acțiune, originalității, creativității, capacității de lucru în echipă, combinând acestea cu individualizarea ritmului de învățare.
3. Principiul funcționalității/ utilității sociale a procesului didactic, care presupune dezvoltarea aptitudinilor și competențelor, necesare integrării organice a elevilor în societatea informațională. Principiul este realizat în baza rezolvării unor situații-problemă, depășirea cărora contribuie la formarea capacităților de autoperfecționare (autoinstruire).
4. Principiul corelației interdisciplinare, care presupune abordarea unui demers didactic interdisciplinar cu toate disciplinele școlare, prin utilizarea principiilor și metodelor informatice pentru rezolvarea de probleme, elaborarea proiectelor, prelucrarea de informații specifice disciplinelor și utilizarea resurselor educaționale digitale.

II. Competențe-cheie prioritare pentru disciplina opțională

1. Competențe de comunicare în limba română/ maternă;
2. Competențe de comunicare în limbi străine;
3. Competențe în matematică, științe și tehnologie;
4. Competențe digitale;
5. Competența de a învăța să înveți;
6. Competențe antreprenoriale și spirit de inițiativă.

III. Competențe transdisciplinare prioritare pentru disciplina opțională

Competențe transdisciplinare pentru treapta liceală de învățământ:

1. Competența de a-și alege conștient viitoarea arie de activitate profesională, în scopul autorealizării.
2. Competența de a-și organiza activitatea personală în condițiile tehnologiilor aflate în permanentă schimbare, manifestând încredere în sine și în succes.

IV. Competențe specifice disciplinei opționale

Disciplina opțională „*Modelarea și Imprimarea 3D*” urmărește formarea următoarelor competențe specifice:

1. Utilizarea platformelor educaționale pentru modelarea și imprimarea 3D în scopul eficientizării procesului de învățare, manifestând abordări inovatoare și spirit practic.
2. Aplicarea metodelor și etapelor de proiectare 3D, demonstrând creativitate și perseverență.
3. Demonstrarea abilităților în pregătirea imprimantei 3D înainte și după procesul de imprimare, evidențiind interes pentru rezultatele învățării.
4. Elaborarea de modele 3D și imprimarea acestora, demonstrând responsabilitate pentru succesul comun al participanților.

V. Unități de competențe, unități de conținut, activități de învățare pe module

Unități de competențe	Module / Unități de conținut	Activități de învățare și produse școlare recomandate
Modulul 1. Introducere în domeniul demodelare și imprimare 3D		
<ul style="list-style-type: none"> - Identificarea momentelor istorice care au general tehnologia imprimantelor 3D și a domeniului de fabricație aditivă. 	<p>Istoria imprimării 3D.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Imprimarea tridimensională; - Dezvoltarea electronicii; - Evoluția tehnologică a imprimantelor; - Prima imprimantă 3D. 	<p>Sunt propuse <i>exerciții</i> de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificare a imprimării tridimensionale; - Descriere a dezvoltării electronicii; - Determinare a momentului când tehnologia a fost capabila să producă prima imprimanta 3D; - Explicare a pauzei în domeniul de imprimare 3D; <p><i>Studii de caz:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Despre prima imprimantă 3D; - Evoluția tehnologică a imprimantelor.
<ul style="list-style-type: none"> - Descrierea termenilor de bază din domeniul de fabricație aditivă; - Analiza domeniilor de utilizare a imprimantelor 3D; - Clasificarea tehnologiilor de fabricație aditivă. 	<p>Imprimarea 3D.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Componentele unei imprimante 3D; - Extruder / Cap / Motor Pas cu Pas ; - Caseta de încălzire pentru FDM; - Galvanometru; - Laserul; - Tehnologii pentru imprimantele 3D; - Materialele consumabile ; - Zone de imprimare. 	<p>Sunt propuse <i>exerciții</i> de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificare a tipului de imprimantă 3D; - Definire a domeniilor de utilizare a imprimantelor 3D; - Identificare a părților componente a unei imprimante; - Definire a materialelor consumabile după tipurile de imprimante 3D; - Selectare a imprimantei conform domeniului de utilizare a piesei imprimate 3D; <p><i>Studii de caz:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Domenii de utilizare a imprimantelor 3D; - Tehnologii de fabricație aditivă.
<ul style="list-style-type: none"> - Descrierea tehnologiilor de imprimare 3D. 	<p>Moduri de imprimare 3D. Tipuri de tehnologii de imprimare.</p>	<p>Sunt propuse <i>exerciții</i> de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Selectare a imprimantei conform domeniului de utilizare a piesei imprimate 3D; - Determinare a tipului de filament pentru imprimante;

Unități de competente	Module / Unități de conținut	Activități de învățare și produse școlare recomandate
		<ul style="list-style-type: none"> - Determinare a tipului de pudra pentru imprimantele; - Determinare a tipului de rășină fotopolimerică pentru imprimantele; - Explicare a funcționării unei imprimante 3D după tip.
<ul style="list-style-type: none"> - Descrierea tipului de imprimantă cu filament; - Identificarea tipului de filament necesar sarcinii de realizat; - Descrierea elementelor principale de pregătire ale zonei de lucru. 	<p>Tehnologia de imprimare cu filament. Tipurile de imprimante deschise și închise:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pat de încălzire; - Monocolor / multicolor; - Tipurile de mișcări ale imprimantelor. 	<p>Sunt propuse <i>exerciții</i> de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificare a avantajelor și dezavantajelor după tipurile de imprimante 3D; - Selectare a imprimantei după tipul de filament; - Selectare a materialelor necesare imprimării; <p><i>Studiu de caz:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tipuri de filament; - Imprimante deschise și închise.
Modulul 2. Configurarea slicer-ului pentru imprimantele 3D		
<ul style="list-style-type: none"> - Utilizarea modelelor 3D de pe platforme gratuite; - Identificarea platformelor educaționale pentru imprimante 3D; - Desenarea unui model 3D simplu după sarcina propusă; - Identificarea softurilor gratuite de modelare 3D în dependență de scopul acestora; - Descrierea parametrilor și a instrumentelor de modelare și imprimare. 	<p>Piese digitale pentru imprimarea 3D. Elemente digitale pentru imprimarea 3D. Parametri și instrumente de modelare și imprimare.</p>	<p>Sunt propuse <i>exerciții</i> de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - analiză a platformei de modele 3D gratuite; - identificare a unui model 3D pentru imprimare; - analiză a softurilor pentru proiectare 3D. <p><i>Studiu de caz:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - evoluția softurilor pentru modelarea 3D; - diversitatea platformelor 3D gratuite.
<ul style="list-style-type: none"> - Analizarea soft-urilor slicer – gratuite; - Descărcarea / instalarea soft-ului 	<p>Proceduri de importare a modelelor 3D în soft-ul pentru slicing. Importarea pieselor 3D.</p>	<p>Sunt propuse <i>exerciții</i> de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificarea volumului disponibil; - Identificarea avantajelor și dezavantajelor soft-urilor

Unități de competențe	Module / Unități de conținut	Activități de învățare și produse școlare recomandate
<p>care transforma modelul 3D în G-code pentru imprimantele 3D;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Configurarea profilului imprimantei 3D; - Încărcarea fișierului STL în mediul virtual; - Amplasarea în spațiu și fixarea elementelor; - Stabilirea obiectelor ce pot fi imprimate. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistem de coordonate; - Volum disponibil de imprimare; - Format de file compatibil; - Extensii specifice slicerului; - Extensii de modificare a G-codului; - Optimizarea traseului de imprimare. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificarea file-urilor corupte; - Analiză a soft-urilor CURA, PrusaSlicer, Slic3r, Repetier, OctoPrint; <p><i>Studiu de caz:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Configurarea profilului imprimantei 3D; - analiza soft-ului care transformă modelul 3D în G-code pentru imprimantele 3D.
<ul style="list-style-type: none"> - Efectuarea operațiilor de setare a imprimantei după importanță; - Explicare script-urilor pentru imprimantele 3D; - Extensii specifice XYZ suite. 	<p>Setări de slicing.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Soft ce permite pregătirea pentru imprimarea unui model 3D; - Setări optime pentru imprimare; - Viteza optimă de imprimare pentru detalii mici vis-a-vis detalii mari; - Influența diametrului griful de imprimare asupra stratului de imprimare - Temperaturi extruder și pat - Identificarea modelelor 3D optime pentru imprimarea 3D; - Viteza optimă de imprimare și temperatura; - Tipul și procentajul de umplere; - Grosimea stratului în dependență de obiect; - Modificarea temperaturii după un anumit nivel de imprimare; - Unghiul de înclinare a nivelelor; - Monitorizarea procesului de lucru la 	<p>Sunt propuse <i>exerciții</i> de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Configurare a tipului de imprimanta 3D; - Definire a unei imprimante 3D Carteziene (rectangular) - Analiză a unei imprimante 3D Delta (circular) - Identificare a avantajelor și dezavantajelor soft-urilor - Înțelegere a și ajustarea script-ului de start și stop - Instalare a profilului necesar de imprimare; - Creare a unui profil personalizat; - Identificare a setărilor standard; - Explicare a necesităților setărilor avansate - Selectare a diametrului de filament, reglarea vitezei și spațiului de lucru; <p><i>Studiu de caz:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Clasificare a setărilor de imprimare după importanță; - Operații de setare a imprimantei după importanță.

Unități de competente	Module / Unități de conținut	Activități de învățare și produse școlare recomandate
<ul style="list-style-type: none"> - Ajustarea obiectelor conform cerințelor de imprimare; - Determinarea zonei de lucru; - Respectarea dimensiunilor - Utilizarea instrumentelor, sculelor și dispozitivelor pentru imprimare 3D - Ajustarea obiectelor: - Simularea obiectului spre imprimare. 	<p>distanță;</p> <p>Mediul Virtual a imprimantelor 3D – slicer (momente critice pentru tehnologia FDM)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Instrumente de poziționare; - Instrumente de grosime strat; - Instrumente de umplere; - Instrumente de setare a temperaturii; - Instrumente de configurare a vitezelor de mișcare; - Instrumente de creare a suportului; - Tipul de suport și necesitatea acestora; - Muchii și laturi ce nu dispun de suport cu masa de lucru; - Instrumente avansate pentru imprimarea 3D; - Soluții de evitare a erorilor în imprimare ; - Numărul de treceri pentru crearea peretelui, partea de jos și partea de sus a obiectului; - Cum se stabilește grosimea peretelui în cadrul unui obiect mare / mic. 	<p>Sunt propuse <i>exerciții</i> de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Selectare a tipului de imprimanta 3D; - Selectare a profilului de imprimare; - Importare a și plasarea corectă a obiectelor pe suprafața de lucru; - Modificare a obiectelor prin intermediul instrumentelor de mișcare, scalare și rotire; - Ajustarea parametrilor conform modelului 3D pentru o imprimare reușită; - Creare a unui decalaj între piese; - Investigare a unghiurilor și laturilor ascuțite; - Importanța dimensiunilor la procesul de imprimare; - Conexiunea dintre parametrii de imprimare și parametrii dimensionali; - Imprimarea în paralel sau separat a obiectelor; - Dublarea și oglindirea obiectului pe o anumită direcție; - Utilizare a tipului de suport „margine” și distanța optimă până la obiect; - Importanța tipul de suport „raft” și importanța pentru obiecte mici; - Ajustare a suprafeței de lucru virtual la suprafața de lucru a imprimantei; <p><i>Studiu de caz:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Echivalența modelului 3D din mediul virtual cu imprimanta din dotare.
<ul style="list-style-type: none"> - Respectarea corelației între setări și imprimanta 3D; 	<p>Slicing – crearea G-code-ului</p> <ul style="list-style-type: none"> - Profil-uri de imprimare de baza; 	<p>Sunt propuse <i>exerciții</i> de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Monitorizare a proceselor de Generare;

Unități de competente	Module / Unități de conținut	Activități de învățare și produse școlare recomandate
<ul style="list-style-type: none"> - Reprezentarea obiectului finit. 	<ul style="list-style-type: none"> - Profil-uri de imprimare create de utilizator; - Instrumente de conexiune: Wi-Fi, SD card, Micro SD card, Conexiune USB; - Generalități despre G-code; - Indicatori specifici. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificare a straturilor de plastic, a pereților, a umplerii; - Verificare a suportului dacă este cazul; - Selectare a modului de încărcare a fișierului G-code; - Pregătirea pentru exportul G-code-ului; - limbajul de codificare G-code - Stabilire a temperaturii optime de imprimare pentru o suprafață de lucru expusă factorilor externi; - Generare a G-code-ului; - Verificare a G-code-ului; - Exportare a G-code-ului; - Încărcare a G-code-ului pe imprimanta.
Modulul 3. Mentenanța imprimantelor 3D		
<ul style="list-style-type: none"> - Efectuarea operațiilor de pornire a imprimantei; - Pregătirea exportului G-code-ului. 	<p>Studierea Imprimantei 3D din instituție.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analiza manualului de utilizare a imprimantei 3D; - Identificarea mărimilor reale ale imprimantei 3D; - Verificarea mărimilor reale cu mărimile introduse în soft-ul de comandă a imprimantei 3D; - numărul de suprafețe triunghiulare și influența lor la exportul fișierului; - calitatea fișierului în dependență de format și design. 	<p>Sunt propuse <i>exerciții</i> de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - recunoaștere a tipului de imprimantă 3D; - determinare a spațiului de lucru a imprimantei; - Verificare a extruderului; - Verificare a mecanicii (glisarea fără efort ale tuturor axelor); - Verificare a carcasei; - Verificare a sursei de alimentare; - Încălzire a imprimantei; - Descărcare a filamentului; - Încărcare a filamentului; <p><i>Studiu de caz:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Inspectarea vizuală a imprimantei din dotare; - Efectuarea operațiilor de utilizare a imprimantei.
<ul style="list-style-type: none"> - Inspectarea vizuală a imprimantei; - Includerea și verificarea erorilor; 	<p>Pregătirea imprimantei 3D pentru procesul de imprimare. Procesul de inițiere a</p>	<p>Sunt propuse <i>exerciții</i> de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificare a tipului de imprimanta 3D – cu masa

Unități de competente	Module / Unități de conținut	Activități de învățare și produse școlare recomandate
<ul style="list-style-type: none"> - Efectuarea probei de imprimare. 	<p>imprimării:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zona de lucru - Alinierea Imprimantei 3D; - Clește, șervețele, clei uscat, spray cu apa, scotch; - Extruder; - Auto nivelarea; - Inițierea imprimării 3D; - Proba test de imprimare. 	<p>încălzita sau nu;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Curățare a părților componente de plastic și resturi de la imprimare; - Determinare a sistemului de calibrare a înălțimii auto sau manual; - Includerea și verificarea erorilor; - Calibrare a înălțimii dintre masa și griful de imprimare; - Aplicare a adezivului pe suprafața de lucru (la necesitate); - Încălzirea imprimantei; - Curățarea mesei de lucru; - Descărcarea și încărcarea filamentului; - Reglarea înălțimii feței de masă; <p><i>Studiu de caz:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Analiza imprimantei 3D în procesul de imprimare.
<ul style="list-style-type: none"> - Identificarea importanței cooler-ului în procesul de imprimare; 	<p>Interacțiunea cu imprimanta 3D în timpul funcționării.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cooler-ul în procesul de imprimare; 	<p>Sunt propuse <i>exerciții</i> de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modificare a vitezei de lucru în proces; - Modificare a temperaturii în proces; - Modificare a vitezei coolerelor; - Schimbare a filamentului.
<ul style="list-style-type: none"> - Identificarea erorilor de conexiune între straturi și suporturi; - Analizarea corespunderii dimensionale între obiectul proiectat și imprimat; 	<p>Depistarea și soluționarea problemelor frecvente.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Motoarele Pas cu Pas și centurile de mișcare; - Senzori de poziție și nivelul de uzură a grifului de imprimare; - Piesa slab formată; - Pereți văluroși; 	<p>Sunt propuse <i>exerciții</i> de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analiză a influenței centurilor de mișcare asupra calității de imprimare; - Determinare a reducăției pasului de mișcare a unui motor Pas cu Pas; <p><i>Studiu de caz:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Influența temperaturii asupra diametrului de

Unități de competențe	Module / Unități de conținut	Activități de învățare și produse școlare recomandate
	<ul style="list-style-type: none"> - Piesa murdară. 	imprimare; <ul style="list-style-type: none"> - Erori în imprimare; - Neajunsuri la nivel de proiectare și identificare a acestora; - Setări necesare pentru a evita problemele de imprimare.
Modulul 4. Modelarea 3D		
<ul style="list-style-type: none"> - Analiza aplicațiilor educaționale și gradul de complexitate; - Cunoașterea designului 3D. 	Aplicații educaționale gratuite de modelare 3D și gradul de complexitate ale acestora: <ul style="list-style-type: none"> - Platforme / soft-uri pentru crearea unui spațiu de lucru ce respectă politicile de confidențialitate și protecție a datelor utilizatorilor; - Securitatea informațională oferită de platformă; - Descărcarea versiunii educaționale gratuite. 	Sunt propuse <i>exerciții</i> de: <ul style="list-style-type: none"> - Recunoaștere a platformelor educaționale de modelare 3D (ThinkerCAD, soft-ului AUTODESK CAD Fusion 360); <i>Studiu de caz:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Licențe gratuite a softurilor; - Instalare și Cercetare a Soft-ului Autodesk CAD (Fusion360).
<ul style="list-style-type: none"> - Efectuarea operațiilor de importare, exportare, tipuri de fișiere necesare pentru modelarea 3D. 	<ul style="list-style-type: none"> - Platforme online ca instrument de proiectare și modelare 3D. Înregistrarea și crearea clasei virtuale: - Conectarea la spațiul de lucru; - Importarea, exportarea și tipurile de fișiere necesare pentru modelarea 3D. 	Sunt propuse <i>exerciții</i> de: <ul style="list-style-type: none"> - înregistrarea elevilor și profesorului pe platforma online; - conectarea elevilor la spațiul de lucru; - importarea, exportarea și tipurile de fișiere; <i>Studiu de caz:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Setări de lucru și meniuri de obiecte - instalarea și logarea în contul de lucru; - crearea și/sau asocierea la un spațiu de lucru instituțional.

Unități de competente	Module / Unități de conținut	Activități de învățare și produse școlare recomandate
<ul style="list-style-type: none"> - Utilizarea etapelor de modelare pentru a fi imprimate; - Modificarea și ajustarea parametrilor obiectelor existente. 	<p>Realizarea pieselor 3D pentru imprimare. Schiță. Plan. Extrudare. Dimensiune. Asamblare.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schițarea unui obiect pe anumite planuri; - Crearea unui corp geometric prin stabilirea parametrilor dimensionali; - Linii și figuri geometrice plane; - Ajustarea figurilor după numărul de laturi; - Proiecția unui obiect importat într-un plan; <p>Extrudarea de la suprafață sau offset;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Asamblare: crearea conexiunilor flexibile și rigide între obiecte, animație; - Tipurile de obiecte disponibile; - Fixarea obiectului pe suprafața de lucru; - Stabilirea parametrilor dimensionali; - Fuziunea și decuparea obiectelor simple; - Axele de modelare (x, y - lungime, lățime; z - înălțimea); - Modificarea parametrilor unui obiect (raza, numărul de suprafețe triunghiulare); - Librăria de obiecte disponibilă spre cercetare; 	<p>Sunt propuse <i>exerciții</i> de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Creare a schiței, extrudare plană, extrudare circulară, obiecte geometrice, etc; - Creare a unui corp geometric prin stabilirea parametrilor dimensionali; - Realizare a unei conexiuni circulare și unghiurile limită de mișcare; - Calculare a modulului unei roți dințate; - Conectare a roților dințate; - Construire a unui șurub; <p><i>Studiu de caz:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Meniul de lucru și categorii de design; - Modelarea și modificarea obiectelor; - Modelarea condiționată; - Meniuri specifice; - Tipurile de plan; - Modificări generale și secundare; - Tipuri de conexiuni și setări de mișcare; - Modificarea figurilor geometrice de bază; - Schițarea pe etape. <p><i>Produse:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Figuri geometrice plane; - Proiecția unui obiect importat într-un plan.

Unități de competențe	Module / Unități de conținut	Activități de învățare și produse școlare recomandate
	<ul style="list-style-type: none"> - Setările de ușurare a procesului de modelare; - Meniuri și categorii de instrumente accesibile; - Conexiuni rigide între obiecte și crearea unui spațiu dintre punctele conexe; - Conexiuni dintre suprafețe și mișcări de alunecare sau de rezistență. 	
Modulul 5. Imprimarea 3D		
<ul style="list-style-type: none"> - Analiza materiei prime pentru imprimantele 3D; - Determinarea tipurilor de filament; - Identificarea setărilor pentru diferite tipuri de filament. 	<p>Tipurile de filament utilizate pentru imprimare.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tipuri de filament; - Tipuri de materiale; - Materia prima pentru imprimantele 3D; - Grosime a filamentului; 	<p>Sunt propuse <i>exerciții</i> de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analiză a condițiilor de păstrare a filamentului; - Determinarea avantajelor imprimantei 3D (ex. Fusion Deposition Modeling (FDM)); <p>Cercetarea obiectelor ce pot fi imprimate;</p> <p>Studiu de caz:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Imprimarea cu filament PLA; - Imprimarea cu filament ABS; - Imprimarea cu filament elastic.
<ul style="list-style-type: none"> - Cunoașterea principiilor de imprimare autonomă, imprimare controlată de calculator; - Identificarea problemei de extrudare; - Identificarea problemei de dezlipire a primului strat. 	<p>Mentenanța imprimantei.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Părțile componente a sistemului de topire și injectare a plasticului; - Defecte mecanice; - Dezlipirea în timpul lucrului; - Motoare Pas cu Pas; - Temperaturi și casete de încălzire; - Rulmenți liniari și axe optice (glisiere); - Filet trapezoidal; 	<p>Sunt propuse <i>exerciții</i> de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analiză a modalității de funcționare a extruderului; - Identificare a unui extruder direct, unui extruder prin tub; - Identificare a pieselor defecte; - Imprimare autonoma – funcții minim necesare; - Analiza a componentelor importante într-un MENU.

Unități de competențe	Module / Unități de conținut	Activități de învățare și produse școlare recomandate
	<ul style="list-style-type: none"> - MENU-ul universal; - Explorarea unui driver Pas cu Pas. 	
<ul style="list-style-type: none"> - Utilizarea extensiilor; - Exportarea / importarea profilurilor. 	<p>Instalarea extensiilor, importarea profilurilor și ajustarea setărilor pentru diferite imprimante.</p> <ul style="list-style-type: none"> - extensiile și importarea lor în bibliotecă; - magazinul de extensii; - setări salvate într-un profil; - două și mai multe imprimante diferite comandate de un singur slicer dar cu profiluri diferite. 	<p>Sunt propuse <i>exerciții</i> de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificare a extensiilor pentru slicer și ajustarea fină; - Determinare a extensiilor pentru export; <p><i>Produs final:</i> Modele pentru realizare:</p> <ul style="list-style-type: none"> - „Școala mea”; - „Bijuterii și accesorii”; - „Componente mecanice și funcționale”, - „Repere geografice și modele arhitecturale”, etc.

La finele cursului elevul poate:

- să utilizeze imprimarea 3D pentru imprimarea obiectelor din cotidian;
- să creeze și să prelucreze modele 3D;
- să ajusteze obiectele conform cerințelor de imprimare;
- să utilizeze etapele de modelare pentru a pregăti obiectele pentru imprimare;
- să modifice și ajusteze parametrii obiectelor existente în procesul de modelare 3D în vederea imprimării.

manifestând următoarele atitudini specifice predominante:

- atitudine pozitivă, atenție și concentrare;
- elemente de creativitate în etapizarea imprimării modelelor 3D;
- inițiativă și perseverență în determinarea defectelor mecanice întâlnite;
- respectarea regulilor de securitate, ergonomice, etice și de design în imprimarea 3D.

VI. Sugestii metodologice

„Modelarea și Imprimarea 3D” a obiectelor tridimensionale este o ramură nouă în domeniul tehnologiilor care demonstrează un potențial imens în diverse domenii precum: medicină, aeronautică, industrie ușoară și industrie grea. Astfel, disciplina „Modelarea și Imprimarea 3D” este o disciplină complementară ce permite utilizarea cunoștințelor din disciplinele fizică, chimie, biologie, matematică, ș.a.

Modelarea 3D va permite elevului să creeze obiecte 3D digitale, să înțeleagă proprietățile acestuia și să-l îmbunătățească prin prototipuri, precum greutate, duritate, elasticitate și angrenaje mai complexe. Imprimarea 3D va permite producerea obiectelor inovative și complexe prin tehnologia de fabricație aditivă, ca mai apoi să fie utilizate în industrie, medicină, construcție, robotică, etc.

Domeniul modelării și imprimării 3D are un caracter interdisciplinar, facilitând transferuri de concepte și metodologii între diverse discipline, precum:

- *Matematică* - în proiectarea și realizarea unei piese 3D sunt necesare cunoștințe din domeniul geometriei și trigonometriei, pentru a scala o piesă/un obiect, pentru a stabili anumite cote sau pentru alegerea unor unghiuri, fără de care reprezentarea obiectului nu ar fi fidelă. Complexitatea operațiilor matematice utilizate în aplicație este direct proporțională cu complexitatea unui obiect ce urmează a fi proiectat. Viziunea geometrică a unui utilizator se reflectă în capacitatea de a înțelege și a proiecta un model 3D cât mai aproape de un set de cerințe, acesta fiind și un obiectiv al utilizării tehnologiei 3D pentru crearea unei machete. Astfel, sunt exersate cunoștințe din diferite domenii și sunt folosite instrumente geometrice adecvate pentru reprezentarea, prin desen, în plan, a corpurilor geometrice. În contextul dezvoltării tehnologice avansate, elevii au nevoie de contexte de învățare adecvate, care să le dezvolte capacitatea de a vizualiza și a proiecta obiecte în spațiu (de exemplu, a înțelege și a aplica în mod corespunzător noțiunea de plan, pozițiile reciproce ale dreptelor și ale planurilor în spațiu, a studia și a dimensiona corect corpurile geometrice etc.).
- *Fizică* - conceptul de imprimare 3D pentru disciplina fizică este reprezentativ cel puțin din două puncte de vedere: 1. posibilitatea reprezentării unor grafice specifice disciplinei în 3D, precum și posibilitatea de a efectua anumite experimente cu corpuri proiectate și imprimate 3D; 2. posibilitatea de a înțelege și a utiliza o tehnologie care se bazează pe electricitate, electronică, mecanică etc. și evoluția dinamică a tehnologiei.
- *Chimie* - în funcție de modelul aparatului de imprimat și materialul din care trebuie realizată piesa, este selectată o materie primă de natură polimerică (în imprimarea 3D se pot folosi și alte tipuri de materiale - pulberi metalice, nisip, hârtie etc. - însă tehnologiile respective sunt

disponibile la nivel industrial, nu la nivelul utilizatorului casnic). Dinamica tehnologiei face posibilă derularea unor studii de caz pentru a găsi soluții cât mai eficiente în selectarea materialului folosit, necesar realizării pieselor, respectiv structura și compoziția chimică a acestuia, astfel încât costul de producție să fie cât mai mic.

- *Biologie* - modelarea și imprimarea 3D poate fi o resursă valoroasă în domeniul biologiei pentru reprezentarea organelor biologice și facilitarea înțelegerii funcționării acestora. Utilizarea tehnologiei 3D în crearea modelelor și machetelor anatomice oferă multiple avantaje și oportunități în învățarea și cercetarea biologică. Imprimarea 3D permite obținerea unor modele anatomice tridimensionale realiste și detaliate ale organelor și sistemelor biologice. Aceste modele pot fi manipulate și examinate în detaliu, oferind o perspectivă mai clară și o înțelegere mai bună a structurii și funcționării acestora.
- *Desen tehnic* - deși în strânsă legătură cu viziunea geometrică, imaginația și creativitatea sunt determinante atunci când se pune problema transformării unui obiect de la o schiță 2D la un model 3D.
- *Robotică* - utilizarea modelării și imprimării 3D în domeniul robotică permite crearea și producerea pieselor sau componentelor necesare pentru construirea roboților. Aceasta aduce multiple avantaje și oportunități în procesul de fabricație și dezvoltare a roboților. Imprimarea 3D permite producerea de componente mult mai complexe, care ar fi dificil sau chiar imposibil de obținut prin metode tradiționale de fabricație. Aceasta deschide noi posibilități în proiectarea și construcția roboților, permițând integrarea unor elemente intricate și detaliat proiectate.
- *Educație tehnologică* - realizarea de șabloane folosite în confecționarea unor modele unice.
- *Educație antreprenorială* - modelele imprimate 3D ajută la obținerea unor resurse financiare necesare sprijinirii firmelor de exercițiu constituite la nivelul unităților școlare. Astfel de activități contribuie la dezvoltarea spiritului antreprenorial, prin realizarea de activități similare cu cele dintr-o firmă reală.
- *Mecatronică* - proiectarea și tipărirea elementelor care intră în componența unui sistem mecatronic.
- *Mecanică*: modelarea și imprimarea 3D sunt utilizate în domeniul mecanicii pentru a crea și produce piese componente ale cutiei de viteze, șasiului, elementelor de caroserie, motorului și multe altele. Aceasta oferă multiple avantaje și oportunități în procesul de fabricație și dezvoltare a sistemelor mecanice. Tehnologia de modelare și imprimare 3D permite realizarea rapidă a prototipurilor de piese și componente mecanice. Acest lucru facilitează testarea, ajustarea și îmbunătățirea design-ului într-un timp mai scurt față de metodele tradiționale de fabricație. Prototipurile pot fi evaluate și optimizate înainte de a fi produse în serie.

Din cele menționate se rezumă, că în timpul procesului de modelare 3D, abilitățile de orientare în spațiu sunt indispensabile pentru analizarea problemelor, dezvoltarea diferitelor soluții, iar ca rezultat, optimizarea produsului finit. Modelarea se referă nu doar la produse uzuale și/sau casnice, dar și din industrie sau elaborarea unui model biologic, precum inima sau structura oaselor.

Utilizarea unei imprimante 3D deschide o gamă largă de posibilități în ceea ce privește modelele 3D care pot fi realizate la ore, în dependență de domeniul de interes și de aspectul gender.

Pot fi create figurine personalizate ale personajelor preferate din filme, desene animate sau jocuri video, inele, cercei, brățări sau pandantive. De asemenea, pot fi imprimate accesorii, cum ar fi butoni de cămașă, carcase pentru telefoane, suporturi personalizate pentru instrumente de scris, suporturi pentru telefoane sau organizatoare pentru birou, hărți tridimensionale, modele de clădiri sau structuri geografice.

Acestea sunt doar câteva exemple de modele 3D care pot fi realizate cu ajutorul unei imprimante 3D. Cu o imprimantă 3D și software-ul corespunzător, pot fi implementate ideile și design-urile să fie transformate în obiecte fizice.

Disciplina opțională „*Modelarea și Imprimarea 3D*” are un caracter formativ și vine să satisfacă așteptările elevilor, care își doresc ca școala să ofere competențe cu o mai mare relevanță pentru viață. Disciplina opțională vizată contribuie la dezvoltarea competențelor în Modelarea și Imprimarea 3D, competențe ce pot fi aplicate în viața de zi cu zi. Acest lucru se realizează prin plasarea elevilor în diverse situații de învățare, ce au un caracter practic, dinamic, atractiv și țin cont de nevoile și interesele elevilor. Astfel, pot fi obținute mai multe beneficii. Pe de o parte, se va realiza conexiunea dintre *ce se învață* și *scopul pentru care se învață*, ceea ce va pune accent pe partea pragmatică a învățării. Pe de altă parte, elevul va fi plasat în centrul demersului didactic, fiind astfel subiect activ în propria formare și dezvoltare.

Metodele recomandate care urmează să fie utilizate la disciplina opțională „*Modelarea și Imprimare 3D*” sunt: expunerea de material teoretic, SINELG, „asaltul de idei” (Brainstorming), „asaltul de idei inversat”, lectura ghidată, lucrul la calculator, individual și/sau sub conducerea cadrului didactic, exercițiul, rezolvarea de probleme, lucrarea practică, studiul de caz, elaborarea de proiecte individuale și/sau în grup prin utilizarea WebQuest-urilor.

Se recomandă ca în activitatea de predare-învățare-evaluare a acestei discipline să se folosească ghidul „*Modelarea și Imprimarea 3D*” ce conține material teoretic și activități practice, secvențe video și algoritmi de utilizare a imprimantei 3D, cât și modelarea unor produse. Profesorul poate folosi metoda „*clasei inversate*”. Elevul va avea din timp materialul pentru studiu, va analiza, iar apoi va discuta ideile de bază în clasă, împreună cu profesorul. Astfel, timpul din clasă este dedicat discuțiilor, dezbaterilor, activităților practice, schimbului de idei și proiectelor. Elevii au

mai mult timp pentru analiză, pentru aplicarea cunoștințelor lor și pentru interacțiunea cu alți elevi, precum și cu profesorul. Profesorul are rolul de facilitator, sprijinind fiecare elev.

Ordinea de parcurgere a conținuturilor din curriculum rămâne la alegerea cadrelor didactice, cu condiția ca acestea să respecte succesiunea logică disciplinară.

Alegerea instrumentarului informatic, necesar pentru implementarea curriculumului, rămâne la libera alegere a instituțiilor de învățământ, cadrelor didactice și al elevilor. Pornind de la specificul competențelor de format și/sau dezvoltat, se recomandă utilizarea mijloacelor informatice, prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Mijloace informatice, recomandate a fi utilizate

Modul	Mijloace informatice recomandate
CONFIGURAREA SLICER-ULUI PENTRU IMPRIMANTELE 3D	<ul style="list-style-type: none"> - Thinker CAD pentru proiectare 3D (https://www.tinkercad.com/) - Softurilor pentru proiectare 3D: - CURA; - PrusaSlicer (https://www.prusa3d.com/page/prusaslicer_424/) - Slic3r(https://slic3r.org/) - Repetier(https://www.repetier.com/) - OctoPrint(https://octoprint.org/)
MODELAREA 3D	<ul style="list-style-type: none"> - Thinker CAD; - AUTODESK CAD Fusion 360; - Thingiverse (https://www.thingiverse.com/); - SketchUP (www.sketchup.com) , KEDS 3D Fusion360 (https://www.autodesk.com/products/fusion-360/personal).

VII. Strategii de evaluare

Învățare-predare-evaluare pe competențe generează o structură continuă a evaluării, realizată prin evaluări formative și evaluări sumative (finale). Evaluarea are posibilitate de a utiliza resursele educaționale digitale pentru testările asistate de calculator, atât local cât și on-line. Scopul major al evaluării didactice îl constituie susținerea și sprijinirea activității de învățare a elevilor, a progresului învățării și cunoașterii, realizate de aceștia.

Evaluarea trebuie să motiveze elevii printr-un feedback constructiv, continuu, care permite corectarea operativă a procesului de învățare, evidențierea progresului și succeselor fiecărui elev.

Profesorul are libertatea alegerii instrumentarului didactic de evaluare, fie evaluarea orală, scrisă și practică, astfel încât să asigure caracterul multifuncțional al evaluării și personalizarea acestui proces, în funcție de obiectivele urmărite. În cadrul fiecărei lecții elevilor li se vor propune sarcini pentru acasă, corespunzătoare temei studiate. La finalul fiecărui modul se va realiza fie un studiu de caz sau un mini-proiect. Produsele elaborate vor fi evaluate în baza criteriilor de succes, stabilite împreună cu elevii, anunțate anticipat într-un limbaj accesibil și care vor contribui la motivarea acestora pentru învățare conștientă.

În calitate de produs final, se recomandă ca elevii să realizeze un proiect independent.

Proiectul ca metodă de instruire, pune elevul în situația de a aplica în mod creativ, în situații noi și variate, cunoștințele dobândite. Proiectul poate fi efectuat individual sau în grup, se poate desfășura în clasă sau în afara clasei, pe durata lecției sau pe o perioadă mai lungă. Proiectul pune elevul într-o situație complexă, care nu poate fi soluționată imediat. Chiar dacă formularea sarcinii de lucru poate fi scurtă, timpul necesar rezolvării este relativ lung, elevii fiind nevoiți să facă un efort accentuat. Rezultatul proiectului se prezintă (după finalizare) în fața unui auditoriu, cu prezentarea și comentarea concluziilor.

Caracteristicile unui proiect sunt:

- autenticitate, originalitate, creativitate;
- implică o situație-problemă;
- este complet și relevant în raport cu obiectivele fixate;
- este stimulativ pentru elevi;
- se finalizează cu un produs (un model 3D imprimat).

Astfel, pe durata studierii disciplinei opționale, recomandăm ca fiecare elev să imprime independent un model 3D, de complexitate medie la o tematică sau domeniu de activitate stabilit împreună cu profesorul și îl va prezenta drept proiect final.

Este important ca elevii să prezinte în public proiectele. Suplimentar, recomandăm ca la sfârșitul studierii disciplinei opționale, elevul să elaboreze o prezentare electronică sau o secvență video ce va conține etapele de realizare al proiectului final. Conținutul prezentării ar putea fi:

- Specificarea obiectivului modelului realizat și imprimat;
- Descrierea etapelor de realizare;
- Descrierea proprietăților modelului;
- Secvențele de optimizare a produsului finit;
- Concluzii.

Elaborarea unei prezentări electronice sau a unei secvențe video poate fi o modalitate excelentă de a documenta și de a evidenția procesul și rezultatele proiectului final.

Bibliografie

1. Cadrul de referință al Curriculumului Național. Aprobabil prin ordinul Ministerului Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova nr. 432 din 29 mai 2017.
2. Curriculumul de bază. Sistem de competențe pentru învățământul general. Aprobabil la ședința Consiliului Național pentru Curriculum din cadrul Ministerului Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova, proces-verbal nr. 1939 din 28 decembrie 2018.
3. Standarde de competențe digitale ale elevilor din ciclul primar, gimnazial și liceal. Aprobate prin ordinul Ministerului Educației nr. 862 din 7 septembrie 2015.
4. Baumers, M. (2012), Economic aspects of additive manufacturing: benefits, costs and energy consumption, teză de doctorat, University of Loughborough, Marea Britanie.
5. Chua, C.K., Leong, K.F. (2014), 3D Printing and Additive Manufacturing: Principles and Applications, Fourth Edition of Rapid Prototyping Paperback, 3rd Edition, World Scientific.
6. D'Angelo, G., Designing for Ultimaker, available at: www.fablab.dtu.dk.
7. Gaynor, A.T, et al. (2014), Multiple-Material Topology Optimization of Compliant Mechanisms Created Via PolyJet Three-Dimensional Printing, J. Manuf. Sci. Eng 136(6), 061015.
8. Gibson, I., Rosen, D.W., Stucker, B. (2010), Additive Manufacturing Technologies. Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing, Springer.
9. Hoisan, M.S. et al. (2014), Improved Mechanical Properties of Fused Deposition Modeling-Manufactured Parts Through Build Parameter Modifications, J. Manuf. Sci. Eng 136(6).
10. Lipson, H. (2010), Additive Manufacturing File format, available at: <http://www.nist.gov/el/msid/infotest/upload/Lipson-Cornell-NIST-AMF.pdf>.
11. Maria Cristei (2022), Software popular pentru modelarea 3D, CAIM 2022, Chisinau, Moldova, August 25-27, 2022.
12. Pregătirea în imprimarea 3D cu scopul de a încuraja inovația și creativitatea ([3DP Project - Pregătirea în imprimarea 3D cu scopul de a încuraja inovația și creativitatea \(3d-p.eu\)](http://3dp-project.eu))
13. <https://ro.pinterest.com/necampi2/3d-print/>
14. <https://www.ptc.com/en/academic-program/>
15. www.reprap.org
16. <https://www.thingiverse.com/>
17. <https://grabcad.com/>
18. <https://www.lynda.com/3D-Printing-training-tutorials/6343-0.html>
19. <https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/>
20. <https://all3dp.com/common-3d-printing-problems-3d-printer-troubleshooting-guide/>
21. <https://www.3dhubs.com/3d-printing>