

**ORDIN Nr. 3739/2019 din 22 martie 2019**

privind aprobarea programei școlare pentru disciplina opțională Utilizarea tehnologiilor de modelare și imprimare 3D, liceu

EMITENT: MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE

PUBLICAT ÎN: MONITORUL OFICIAL NR. 384 din 16 mai 2019

În temeiul art. 65 alin. (4) din Legea educației naționale nr. 1/2011, cu modificările și completările ulterioare,

în baza art. 12 alin. (3) din Hotărârea Guvernului nr. 26/2017 privind organizarea și funcționarea Ministerului Educației Naționale, cu modificările și completările ulterioare,

**ministrul educației naționale** emite prezentul ordin.

**ART. 1**

Se aprobă programa școlară pentru disciplina opțională Utilizarea tehnologiilor de modelare și imprimare 3D, liceu, cuprinsă în anexa care face parte integrantă din prezentul ordin.

**ART. 2**

Programa școlară cuprinsă în anexă se aplică în sistemul de învățământ începând cu anul școlar 2019 - 2020.

**ART. 3**

Direcția generală învățământ secundar superior și educație permanentă, Direcția generală minorități și relația cu Parlamentul, Institutul de Științe ale Educației, inspectoratele școlare județene, respectiv inspectoratul școlar al municipiului București și unitățile de învățământ duc la îndeplinire prevederile prezentului ordin.

**ART. 4**

Prezentul ordin se publică în Monitorul Oficial al României, Partea I.

Ministrul educației naționale,  
**Ecaterina Andronescu**

București, 22 martie 2019.

Nr. 3.739.

### **Programa școlară pentru disciplina opțională utilizarea tehnologiilor de modelare și imprimare 3D, liceu**

#### **Notă de prezentare**

Învățarea noilor tehnologii este prioritară într-o societate în continuă schimbare, iar dobândirea competențelor digitale de către tineri este o condiție obligatorie pentru a face față cerințelor tot mai ridicate în competiția de pe piața muncii. Utilizarea instrumentelor software pentru operarea cu imprimante 3D va fi utilă, în viitor, în din ce în ce mai multe domenii ocupaționale și reprezintă, în acest moment, o experiență pozitivă de învățare. Acesta este motivul pentru care este important ca studiul imprimării 3D să fie inclus în programele educaționale formale, în școlile care dispun de resurse materiale adecvate. Există deja unități școlare care dețin imprimante 3D, cele mai multe fiind achiziționate prin intermediul unor proiecte educaționale, care ar putea fi folosite în procesul de predare a acestui opțional.

Plusvaloarea oferită de acest opțional rezidă din caracterul ei interdisciplinar. Astfel, acest opțional oferă elevilor un sprijin în dezvoltarea unor competențe moderne, care vor veni în completarea cunoștințelor și abilităților formate prin alte discipline sau în contexte nonformale. Acest domeniu facilitează o abordare transversală, susținând dobândirea, în mod direct sau indirect, a mai multor competențe-cheie, precum competențe matematice și competențe de bază în științe și tehnologii, competență digitală, sensibilizare și exprimare culturală, inițiativă și antreprenoriat etc.

Acest opțional are un impact real asupra elevului, îi dezvoltă gândirea logică, imaginația, creativitatea și capacitatea de a rezolva probleme reale, în contexte practice. Disciplina Utilizarea tehnologiilor de modelare și imprimare 3D contribuie la dezvoltarea abilităților de învățare, de comunicare și colaborare, dat fiind lucrul în echipă necesar în activitățile specifice utilizării tehnologiilor avansate.

Programa școlară Utilizarea tehnologiilor de modelare și imprimare 3D identifică un set relevant de competențe generale și specifice pentru societatea actuală, oferind exemple de activități de învățare, conținuturi și sugestii metodologice utile.

Acest opțional poate fi studiat în orice clasă din liceu, o oră/săptămână, pe durata unui an școlar, în cadrul curriculumului la decizia școlii (CDS) pentru următoarele filiere:

- teoretică - toate profilurile și specializările;
- tehnologică - toate profilurile și specializările;
- vocațională - profilul artistic (specializarea Arhitectură; specializarea Arte ambientale și design; specializarea Arte plastice și decorative), profilul Militar și profilul Ordine și Securitate Publică (specializarea Matematică-informatică).

Programa școlară cuprinde, pe lângă Nota de prezentare, următoarele componente:

- competențe generale;
- valori și atitudini;
- competențe specifice și conținuturi;
- sugestii metodologice.

Competențele generale sunt definite pentru fiecare disciplină de studiu și au un grad ridicat de generalitate și complexitate.

Valori și atitudini orientează dimensiunile axiologică și afectiv-atitudinală aferente formării personalității elevului din perspectiva fiecărei discipline. Realizarea lor concretă

derivă din activitatea didactică permanentă a profesorului, constituind un element implicit al acesteia.

Competențele specifice sunt derivate din competențele generale și reprezintă ansambluri structurate de cunoștințe și deprinderi ce urmează a fi dobândite de către elevi prin învățare, pe durata anului de studiu.

Conținuturile sunt mijloace informaționale prin care se urmărește formarea competențelor specifice și implicit a competențelor generale propuse. Unitățile de conținut sunt organizate tematic.

Sugestiile metodologice cuprind propuneri privind modul de organizare a procesului de predare-învățare-evaluare.

Programa urmărește să asigure fiecărui copil oportunitatea de a-și dezvolta competențe digitale, în condițiile asigurării egalității de șanse. Se dezvoltă astfel competențe de utilizare eficientă a noilor tehnologii, criteriu-cheie pentru ocuparea forței de muncă.

În elaborarea acestei programe școlare au fost respectate principiile de proiectare curriculară specifice curriculumului național pentru ciclul de învățământ liceal, luând în considerare interesele educaționale ale elevilor, dar și posibilitatea valorificării pe piața muncii a competențelor dobândite. Programa școlară Utilizarea tehnologiilor de modelare și imprimare 3D este fundamentată, pe lângă studii și cercetări, și prin experiențe acumulate în cadrul unor proiecte derulate în școli.

## Competențe generale

1. Gestionarea tehnologiilor de imprimare 3D
2. Elaborarea unor proiecte inovative utilizând tehnologii de modelare și imprimare 3D, care să dezvolte spiritul critic și flexibil

## Valori și atitudini

- Conștientizarea impactului noilor tehnologii în plan social, economic și etic
- Gândire critică și flexibilă în gestionarea unor proiecte inovative
- Relaționarea pozitivă cu ceilalți și dezvoltarea spiritului de echipă
- Dezvoltarea spiritului de observație și a simțului estetic

## Competențe specifice și conținuturi

### 1. Gestionarea tehnologiilor de imprimare 3D

Competențe specifice	Conținuturi
1.1. Identificarea tipurilor standardizate de procedee de imprimare 3D	Imprimare 3D Tipuri standardizate de procedee de imprimare 3D
1.2. Identificarea componentelor hard și soft ale unei imprimante 3D	Elemente constructive și caracteristici tehnice ale imprimantelor 3D
1.3. Selectarea materialelor și a mijloacelor adecvate pentru imprimarea unui obiect	Softuri pentru imprimate 3D Materiale specifice; avantaje, limitări, riscuri și reglementări asociate imprimării 3D

## 2. Elaborarea unor proiecte inovative utilizând tehnologii de modelare și imprimare 3D

Competențe specifice	Conținuturi
2.1. Proiectarea modelelor 3D, luând în considerare criteriile de evaluare estetice și funcționale, precum și specificul procesului de tipărire	Tehnologii de modelare 3D Fluxul de lucru în fabricarea unui obiect 3D Proiectarea geometriilor 2D
2.2. Identificarea oportunităților antreprenoriale asociate modelării și imprimării 3D	Modele 3D ale unor obiecte. Exemple practice Optimizări; importarea și exportarea modelelor 3D
2.3. Analizarea comparativă a eficienței din punct de vedere al utilității unei imprimante 3D în viața cotidiană	Imprimare 3D Fabricarea obiectelor 3D Reguli de utilizare a imprimantelor 3D și exemple de bune practici
2.4. Planificarea, în echipă, a unor proiecte inovative de obiecte 3D, în domeniul familiar	Metode de îmbunătățire a calității rezultatelor (de exemplu, post-procesarea obiectelor, reguli de bună practică în proiectarea obiectelor pentru fabricație aditivă etc.) Defecte tipice de imprimare Deplanarea problemelor mecanice ale imprimantei Aspecte economice, etice și legale privind imprimarea 3D Utilitatea imprimantei 3D Rentabilitatea imprimantei 3D Proiecte interdisciplinare pe teme date, cu specificații precizate, în care să se utilizeze piese imprimate 3D

### Sugestii metodologice

Programa școlară Utilizarea tehnologiilor de modelare și imprimare 3D formează competențe de bază în domeniul modelării și imprimării 3D, atât de necesare în condițiile modernizărilor tehnologice. 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 geometrice și trigonometrice, pentru a putea scala o piesă/un obiect, pentru a putea 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. Mai mult decât atât, având în vedere că pentru clasele de liceu, la disciplina matematică, nu mai există în programa școlară capitole care să abordeze geometria în spațiu, oferta propusă de această programă ar putea susține dezvoltarea competențelor de modelare matematică a unor contexte problematice variate. 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 studii 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: pe lângă scopurile de proiectare în utilizarea tehnologiei 3D, în realizarea modelelor și machetelor anatomice, o utilizare importantă a imprimării 3D constă în reprezentarea organelor biologice, în vederea facilitării înțelegerii funcționării organelor și organismelor.

- Desen: 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: modelarea și imprimarea unor piese sau componente necesare pentru construirea roboților permit trecerea progresivă de la componente de mici dimensiuni la componente mult mai elaborate.

- Educație tehnologică: realizarea de șabloane folosite în confecționarea unor modele unicate.

- 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 printarea unor piese componente ale cutiei de viteze, șasiului, elementelor de caroserie, motorului etc. Acestea pot fi printate și studiate separat sau asamblate în blocuri.

Predarea-învățarea acestei discipline va fi orientată pe rezolvarea unor sarcini de lucru practice, cât mai variate. Se recomandă ca activitățile de învățare să aibă un caracter interactiv, centrat pe elev. Aplicațiile prezentate efectiv elevilor, într-un mod atractiv, vor fi focalizate pe probleme/situații concrete care pot fi întâlnite în domeniul sistemelor informatice și imprimantelor 3D. În abordarea aplicațiilor interdisciplinare se recomandă corelarea activităților didactice cu nivelul achizițiilor dobândite de elevi la celelalte discipline.

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

## **Sugestii pentru procesul de predare/învățare**

Acest opțional poate fi predat de către profesorii care au studii de specializare în domeniul informatică și TIC.

Se recomandă ca orele de curs să se desfășoare într-un laborator de informatică, conexiunea la internet fiind necesară. Configurația calculatoarelor trebuie să permită rularea aplicațiilor selectate de profesor din cele recomandate în programă. În activitatea cu elevii, utilizarea unui videoproiector facilitează captarea și menținerea atenției asupra materialelor-suport, eficientizând procesul de învățare. Pentru optimizarea demersului didactic este recomandat să existe un număr de stații egal cu numărul elevilor din clasă. De asemenea se impune ca unitatea școlară să fie dotată cu minimum o imprimantă 3D.

În funcție de specificul clasei și de particularitățile colectivului de elevi, profesorul va adapta nivelul de complexitate a sarcinilor de lucru. De exemplu, pentru elevii capabili de performanță, vor fi propuse proiecte cu grad mai mare de complexitate, iar pentru elevii cu dificultăți de învățare, sarcinile de lucru vor conține, în prima perioadă de studiu, itemi simpli, care vizează executarea unei singure operații la un moment dat.

Domaniul imprimării 3D este unul extrem de dinamic, cu o dezvoltare rapidă, ceea ce implică actualizarea permanentă a produselor soft. Prin prezentarea celor mai noi versiuni și a unor produse demonstrative, a unor exemple de bună practică se va crea o imagine de ansamblu asupra facilităților oferite de software-ul respectiv și elevii vor fi încurajați în demersul de a realiza produse de înaltă calitate.

Pentru competența generală 1:

- Pentru prezentări se pot utiliza filme didactice existente pe YouTube și tutoriale online;
- Pentru comunicare și colaborare se pot utiliza platforme/site-uri de învățare, precum lynda.com, moodle.ecdl.ro etc.

Pentru competența generală 2:

- Se poate utiliza orice aplicație software de modelare 3D, gama fiind foarte vastă. Se recomandă folosirea resurselor educaționale gratuite sau a programelor cu licență, existente pe internet sau în școală, cu respectarea legislației privind copyright-ul. Dintre aplicațiile gratuite menționăm Creo Parametric.

- Se poate utiliza orice aplicație software de verificare a modelului 3D în vederea corectării erorilor: Netfabb Basic, MeshMagic, MiniMagics etc. Se recomandă software-ul Netfabb Basic. Se pot realiza exerciții care să vizeze verificarea, repararea, scalarea și divizarea modelelor 3D în vederea tipăririi. Elevii pot analiza comparativ diverse orientări ale modelelor 3D pe spațiul de tipărire al imprimantei 3D pentru a minimiza volumul structurii-suport.

- Se poate utiliza o aplicație pentru stabilirea parametrilor de proces în vederea imprimării efective a obiectului 3D - odată cu achiziționarea imprimantei se primește și acest software proprietar, care trebuie instalat pe computere. Se pot tipări 3D obiecte folosind parametri de proces diferiți, urmând ca apoi să se discute în grup modul în care alegerea parametrilor de proces afectează calitatea, aspectul estetic și funcționalitatea unei piese.

Se recomandă organizarea unor sesiuni de brainstorming coordonate de cadrul didactic și valorificarea sugestiilor venite de la grupul de elevi pentru îmbunătățirea calității și funcționalității pieselor tipărite 3D. Pentru stimularea lucrului în echipă, acest exercițiu poate fi efectuat pe grupe, fiecare grupă tipărind un obiect cu anumite caracteristici, iar la final comparând rezultatele obținute.

- Se pot utiliza tutoriale online, platforme/site-uri de învățare, precum lynda.com, moodle.ecdl.ro etc.

- Se recomandă utilizarea repozitoriilor online de modele 3D, precum Thingiverse, GrabCAD etc.

Specificul disciplinei impune metode didactice interactive, recomandând mai ales învățarea prin metode practice/activități de laborator, teme/proiecte.

### **Sugestii cu privire la evaluare**

În procesul de evaluare se va avea în vedere asigurarea caracterului formativ al acestuia, iar la elaborarea instrumentelor de evaluare vor fi valorificate rezultatele observării sistematice a activităților desfășurate de către elevi, inclusiv proiectele realizate individual sau în echipă.

Evaluarea trebuie să vizeze mai ales interpretarea creativă a informațiilor și capacitatea de a rezolva o situație-problemă cu ajutorul calculatorului.

Procesul de evaluare constă în generarea și colectarea probelor care atestă performanța unui elev și în evaluarea acestor probe în comparație cu criteriile definite. Elevul și evaluatorul au o răspundere comună pentru producerea și colectarea probelor, însă responsabilitatea de a estima competența elevului pe baza probelor aparține evaluatorului.

Se recomandă implicarea elevilor în activități colective prin realizarea unor proiecte pe o temă dată, pe parcursul a 2 - 3 ore și prezentarea în fața colectivului de elevi a obiectelor realizate.

Ca metode/instrumente de evaluare se pot folosi:

- studii de caz;
- proiecte;
- schițe/desene;
- fișe de evaluare (atât pentru probe teoretice, cât și pentru probe practice).

Instrumentele de evaluare trebuie concepute într-o corelare continuă cu indicatorii de performanță și cu probele de evaluare din unitățile de competență relevante pentru modul.

### **Resurse de lucru pentru elevi**

- <https://www.ptc.com/en/academic-program/>
- [www.reprap.org](http://www.reprap.org)
- <https://www.thingiverse.com/>
- <https://grabcad.com/>
- <https://www.lynda.com/3D-Printing-training-tutorials/6343-0.html>
- [moodle.ecdl.ro](http://moodle.ecdl.ro)
- [http://reprap.org/wiki/Print\\_Troubleshooting\\_Pictorial\\_Guide](http://reprap.org/wiki/Print_Troubleshooting_Pictorial_Guide)
- <https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/>
- <https://all3dp.com/common-3d-printing-problems-3d-printer-troubleshooting-guide/>
- <https://www.3dhubs.com/3d-printing>

### **Bibliografie pentru profesori**

1. Ahn, S., Montero, M., Odell, D., Roundy, S., Wright, P. (2002), Anisotropic Material Properties of Fused Deposition Modeling ABS, Rapid Prototyping Journal, vol. 8(4), pp. 248 - 257.

2. Baumer, M. (2012), Economic aspects of additive manufacturing: benefits, costs and energy consumption, teză de doctorat, University of Loughborough, Marea Britanie.

3. 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.

4. D'Angelo, G., Designing for Ultimaker, available at: [www.fablab.dtu.dk](http://www.fablab.dtu.dk).

5. Frank, D., Fadel, G. (1995), Expert system-based selection of the preferred direction of build for rapid prototyping processes, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 6(5): 339-45.
6. 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.
7. Gibson, I., Rosen, D.W., Stucker, B. (2010), *Additive Manufacturing Technologies. Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing*, Springer.
8. Grimm, T. (2003), *Fused Deposition Modelling: A Technology Evaluation*, *Time Compression Technologies*, vol. 11(2), pp. 1 - 6, available at: <http://www.trosol.com/fortus/downloads/WPGrimm.pdf>.
9. Hiller, J.D., Lipson, H. (2009), STL 2.0: a proposal for a universal multi-material additive manufacturing file format, *SFF Symposium*, pp. 266 - 278.
10. 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).
11. Kamrani, E., Nasr, E.A. (2006), *Rapid Prototyping: Theory and Practice*, 1st Edition, Springer.
12. Lipson, H. (2010), *Additive Manufacturing File format*, available at: <http://www.nist.gov/el/msid/infotest/upload/Lipson-Cornell-NIST-AMF.pdf>.
13. Mohamed, O.A, et al., (2015), Optimization of fused deposition modeling process parameters: a review of current research and future prospects, *J. Advances in Manufacturing*, 3(1): 42-53.
14. *Stratasys 3D Printers and Production Systems* (2011), *FDM for End-Use Parts: Tips and Techniques for Optimization*, pp. 1 - 22.
15. SR ISO/ASTM 52900 ISO - Fabricație aditivă. Principii generale. Terminologie, 31 august 2016
16. <https://commons.wikimedia.org>.[http://reprap.org/wiki/Print\\_Troubleshooting\\_Pictorial\\_Guide](http://reprap.org/wiki/Print_Troubleshooting_Pictorial_Guide)
17. <https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/>
18. <https://all3dp.com/common-3d-printing-problems-3d-printer-troubleshooting-guide/>
19. <http://scholarworks.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=10126&context=theses>
20. <http://www.solidconcepts.com/resources/design-guidelines/fdm-design-guidelines>
21. <https://www.gov.uk/government/publications/3d-printing-research-reports>
22. <http://www.sandia.gov/mst/technologies/net-shaping.html>
23. <https://wohlersassociates.com/2016report.htm>
24. <http://www.3ders.org/articles/20160405-wohlers-report-2016-reveals-1-billion-growth-in-3d-printing-industry.html>
25. <https://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2014/09/15/demand-for-3d-printing-skills-is-accelerating-globally/#1ba4d55d522e>
26. <https://www.engineering.com/3DPrinting/3DPrintingArticles/ArticleID/8431/Wanted-Analytics-Demand-For-3D-Printing-Skills-Soars.aspx>
27. <https://www.3dhubs.com/3d-printing>
28. [www.reprap.org](http://www.reprap.org)
29. [www.stratasys.com](http://www.stratasys.com)



## **Grup de lucru**

Prof. univ. Vasile-Mihai Baltac - președinte ATIC (Asociația pentru Tehnologia Informației și Comunicații din România)

Prof. univ. dr. ing. Popescu Diana - Universitatea Politehnică București

Prof. univ. Tarba Cristian - Universitatea Politehnică București

Prof. univ. dr. Tarba Nicoleta - Universitatea Politehnică București

Prof. Tania Oghina - Colegiul Tehnic Mecanic "Grivița" - București

Raluca Constantinescu - ECDL România

Alexandru Cazacu - PTC, București

-----