

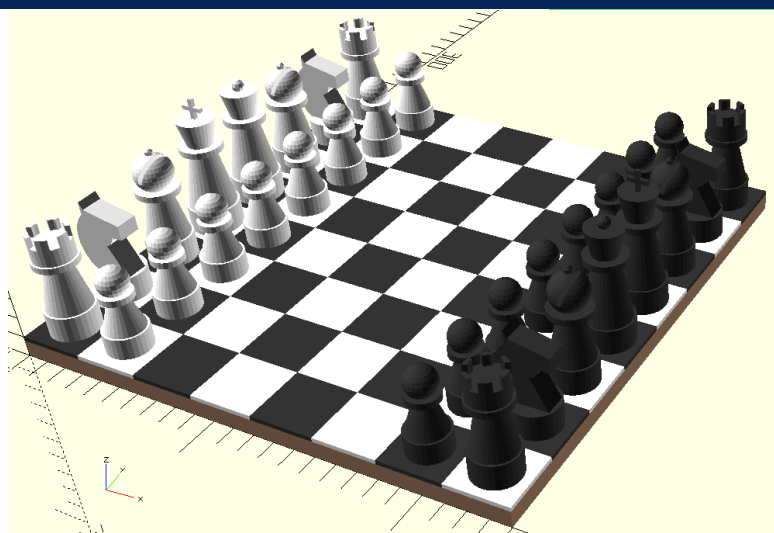


Съфинансиран от програма  
„Еразъм+“  
на Европейския съюз

Посетете нашата уеб страница  
<https://makers-project.eu>

**РЪКОВОДСТВО ЗА УЧИТЕЛЯ: КАК И ЗАЩО ДА ПРЕПОДАВАМЕ ЗА И ЧРЕЗ 3D ТЕХНОЛОГИЯТА?**

# МЕТОДИ НА ПРЕПОДАВАНЕ И УЧЕНЕ В СФЕРАТА НА 3D ДИЗАЙНА И 3D ПРИНТИРАНЕТО



Creative Commons licence -  
Attribution-NonCommercial-  
ShareAlike CC BY-NC-SA



**Година на публикуване: 2023**

**Редактор: Гергана Цисарова-Димитрова**

Проект “Училища за творци: Включване на 3D дизайн и програмиране в обучението в средните училища с цел насърчаване креативността и ангажираността на учениците с науката, технологиите, инженерството и математиката” (договор за безвъзмездна помощ №2020-1-BG01-KA201-079274)



## Съдържание

---

Новите образователни технологии в училищата .....	3
Ползи от въвеждането на 3D технологията в средните училища .....	4
Умения, които учениците могат да развият или усъвършенстват чрез работа с 3D технологията .....	5
Предизвикателства при използването на 3D технологиите в класната стая.....	7
Кога да използваме 3D принтирането в обучението.....	9
Подготвяне на класната стая за въвеждане на 3D технологиите .....	10
Образователни подходи, подходящи при въвеждане на 3D технологиите в образованието .....	11
Оценяване на учениците в учебни дейности, използващи 3D технологиите .....	13
Практически подходи в учебните дейности, базирани на 3D технологията .....	16
Литература и допълнителни ресурси.....	23
Използвана литература.....	23
Допълнителни ресурси .....	23



## Новите образователни технологии в училищата

Младото поколение е израснало с дигитални устройства и се справя отлично с непрекъснатата променящите се технологии. Този ранен досег с новите технологии оказва влияние върху много аспекти от живота на учениците, включително и върху начина, по който учат. Учениците очакват, че технологичните иновации ще бъдат постепенно въвеждани в училищата. Тези очаквания, в съчетание с постоянния технологичен напредък и с все по-ниските разходи за закупуване на оборудване, водят до това, че във все повече средни училища има вече и 3D принтери.

Наблюдавайки тази промяна, естествено се питаме какво означава това за средното образование. 3D дизайнът и принтирането са съществена част от сферата на науката, технологиите, инженерството, изкуствата и математиката. Общото мнение е, че 3D технологията предоставя възможности за творчество и може да преодолее представите на учениците, че сферата на науката, технологиите и инженерството е безинтересна, непривлекателна и трудна. 3D принтерите и софтуерът за 3D моделиране могат да създадат учебна среда, която е по-гъвкава и ориентирана към учениците. Същевременно обаче те имат някои недостатъци, създават нови предизвикателства и изискват неконвенционални подходи за преподаване и учене.

Отношението на учителите към технологиите в училище не е еднозначно. Някои учители смятат за положително, че има толкова много леснодостъпни учебни ресурси онлайн, и са склонни бързо да приемат новите технологии, инструменти и платформи, виждайки в тях възможност да ангажират учениците по нов начин. Тези учители обикновено с лекота експериментират с нови инструменти и търсят начини да се възползват от потенциала на технологиите да подобрят обучението на учениците.

Други учители обаче се колебаят дали да приемат новите технологии, или защото не са уверени в собствените си способности да ги използват ефективно, или защото са скептични относно ползите от тях в класната стая. Те често смятат технологиите за разсейващи, за заместители на истинското творчество, на критичното мислене и на задълбочения анализ или за ненужна инвестиция на време и пари.

Независимо какво е отношението на учителите към технологиите, важно е те да бъдат информирани за последните тенденции в областта на образователните технологии и да са подготвени да експериментират с нови инструменти и платформи, когато е необходимо. По този начин те ще могат да гарантират, че техните ученици са подготвени за изискванията на бързо променящата се дигитална среда и са развили уменията, необходими им за успешна реализация. Въпреки неизбежните противоречиви мнения относно образователните технологии, ние вярваме, че учителите винаги се стремят да направят преподаването по-ефективно, да подобрят учебната среда и да се ангажират с изграждането на важни за реалния свят умения в своите ученици. Ако 3D технологията може да помогне за осъществяването на тези цели без да нарушава драстично учебния процес, повечето учители биха я приели. Ето защо в този материал разглеждаме както ползите от използването на 3D технологиите в средните училища, така и потенциалните предизвикателства, които те създават. На база на тази дискусия ще обсъдим и предложим алтернативни методи и техники на преподаване и учене, които могат да гарантират ефективното запознаване на учениците с 3D технологиите.



## Подзи от въвеждането на 3D технологията в средните училища

Експертите са единодушни, че използването на 3D технологии в средното образование има много предимства. Някои от най-значимите от тях са:

- **Подобрен учебен процес:** 3D технологиите могат да подобрят учебната среда, като създадат по-ангажиращо и интерактивно преживяване, което позволява на учениците да разберат по-добре сложни концепции и предмети.
- **Визуализация на сложни концепции:** 3D моделите могат да помогнат на учениците да визуализират сложни концепции в областта на науката, математиката и други предмети. Например 3D модел на молекула може да помогне на учениците да разберат нейната структура и как тя взаимодейства с други молекули.
- **По-голяма ангажираност с учебния процес:** 3D моделите са интерактивни. Те могат да бъдат манипулирани и тествани. Когато се използват за създаване на прототипи или иновации, учениците виждат как идеите им се превръщат в реални обекти. По този начин 3D технологията може да направи ученето по-ангажиращо и интересно. Освен това, тъй като софтуерът за 3D дизайн е подобен на компютърна/видео игра, учениците е по-вероятно да запазят интерес и да се наслаждават на учебния процес. Това може да им помогне да останат фокусирани върху учебния материал и съответно по-добре да запомнят информацията.
- **Плавен преход от обучение към практика:** Обучението чрез 3D е по-малко абстрактно и много по-приложимо в реална среда. То позволява на учениците да разберат как работят нещата и да тестват принтираните предмети. По този начин теорията може да се свърже с практиката и да мотивира учениците да мислят за потенциалните приложения на това, което са научили на теория. Обучението чрез 3D позволява да се симулират практически процеси без скъпо оборудване и без да е необходим достъп до реални обекти, които потенциално могат да бъдат повредени или които изобщо не са достъпни.
- **Демократизация на образователната система:** Ако бъдат оборудвани с 3D принтери, училищата вече няма да се нуждаят от скъпи лаборатории. С 3D моделите, които лесно могат да бъдат намерени онлайн и отпечатани, дори училищата с по-малко ресурси могат да гарантират смислено обучение и практическо ангажиране на своите ученици.
- **Съвместимост с онлайн обучението:** 3D дизайнът може лесно да се включи в програми за онлайн и дистанционно обучение.
- **Интердисциплинарност:** 3D технологиите насърчават интердисциплинарното обучение и помагат за премахване на барьерите между изолирани дисциплини (напр. ако учениците работят върху 3D дизайн на молекула, те се занимават както с химия, така и с геометрия).
- **Професионално ориентиране:** 3D технологиите могат да мотивират ученици с различни профили и способности да се насочат към кариера в областта на науката, инженерството и технологиите и да им помогнат да придобият увереност, че могат да бъдат успешни в такава кариера.



## Умения, които учениците могат да развият или усъвършенстват чрез работа с 3D технологията

3D дизайнът и принтирането (особено в комбинация с програмиране) могат да помогнат на учениците да развият или подобрят редица знания, умения и компетенции, които са ценни както в академичната, така и в професионалната среда:

- **Компютърна грамотност и различни технически умения** за използване на софтуер за 3D дизайн, работа с 3D принтер и писане на код.
- **Знания по геометрия и алгебра.**
- **Пространствено мислене и пространствена интелигентност:** 3D технологиите изискват от учениците да мислят пространствено, тъй като създават обекти в три измерения. По този начин се развиват умения за пространствено мислене, които са важни в области като инженерството и архитектурата. Тези умения подобряват и цялостното представяне на учениците в дисциплините, свързани с науката, инженерството, математиката и технологиите.
- **Разбиране и усвояване на абстрактни понятия.**
- **Работа в екип:** Работата по проекти за 3D дизайн и принтиране често включва съвместна работа с други ученици или учители. По този начин се развиват умения за работа в екип и комуникация.
- **Творчество и решаване на проблеми:** Дизайнът и принтирането на 3D предмети често е свързано с решаване на проблеми и критично мислене, тъй като учениците трябва да идентифицират и преодолеят предизвикателствата при дизайна. Програмирането за 3D също може да бъде много творчески процес, тъй като учениците използват код, за да създават дигитални решения за 3D модели.
- **Разбиране и умения в областта на дизайна:** Учениците могат да развият способността си да създават функционални дизайни, както и да идентифицират лошо проектирани и нефункционални продукти или етично неподходящи дизайни. Те могат да подобрят разбирането си за принципите на дизайна и да се запознаят с изискванията на ориентирания към потребителя дизайн и ергономията.
- **Внимание към детайлите и прецизност:** Проектирането и отпечатването на 3D обекти изисква високо ниво на внимание към детайлите, тъй като дори малки грешки могат да окажат значително влияние върху крайния продукт.
- **Управление на проекти:** Успешното завършване на проект за 3D дизайн и принтиране изисква от ученика да управлява ефективно времето и ресурсите си. По този начин се развиват умения за управление на проекти, които са приложими и в много други области.
- **Готовност за бъдеща кариера:** Много индустрии, включително инженерството, архитектурата и производството, разчитат до голяма степен на 3D технологиите. Като се учат как да работят с 3D технологии в средното образование, учениците се подготвят за бъдеща кариера в тези области. Освен това знанията по 3D дизайн правят младите хора по-подготвени и по-способни да използват ефективно други нововъзникващи технологии, като например виртуална реалност, разширена реалност и дигиталното производство. Процесът на използване на 3D в



класната стая е подобен или идентичен с този, използван от инженерите и дизайнерите, и затова може да подобри пригодността за заетост на учениците.

- В резултат на по-доброто разбиране на изискванията за дизайн могат да бъдат развити **предприемачески умения**. 3D технологията може да помогне и в процеса на генериране на идеи и да запознае бъдещите предприемачи с добрите практики в продуктивния дизайн.



## Предизвикателства при използването на 3D технологиите в класната стая

И учителите, и учениците могат да очакват някои предизвикателства, когато започват да използват 3D технологиите в класната стая:

- Процесът на учене в сферата на 3D дизайн и принтирането е доста трудоемък. Проектите с 3D технологии обикновено изискват да се премине обучение преди да започне същинската работа. Другият вариант е такива проекти да бъдат предприети като дългосрочен ангажимент, по време на който учениците или учителите реално ще се учат, докато работят по практическите задачи. Освен това, дори и след обучение, работата по един 3D проект обикновено изисква значителна инвестиция на време и усилия от страна на учителите и учениците. Оптимизирането на дизайна, така че продуктът да е функционален и да може да се принтира, предварителната и последващата обработка, контролът за грешки, както и поддръжката и използването на хардуера, са някои от най-значимите предизвикателства, с които се сблъскват потребителите на технологията.
  - 3D дизайнът и принтирането могат да бъдат **обезсърчаващи и изнервящи** или просто да се окажат твърде **трудоемки** за учениците и учителите, които и без това имат натоварен график. Дизайнът и печатът в 3D дори на малки предмети все още е сравнително бавен процес. За големи предмети дори и само процесът на печат може да отнеме няколко часа, в зависимост от степента на запълване, модела на принтера и скоростта на принтиране. Трябва да се има предвид, че 3D дизайнът и принтирането обикновено включват проби и грешки, като често се налага да се правят корекции в модела и процесът на принтиране да се повтори няколко пъти, преди резултатът да стане задоволителен. Освен всичко това, широко разпространените сред потребителите 3D принтери са в сравнително ранен етап на технологично развитие, така че те самите предизвикват грешки, които могат да доведат до неуспешен печат.
  - 3D технологията **нарушава традиционните процеси на преподаване и учене**. За учителите и учениците, които се чувстват по-комфортно с традиционните методи на преподаване (като лекции, групови дискусии, учебници и работни листове, домашни работи и тестове), обучението, базирано на 3D технологии, вероятно няма да бъде удобна алтернатива. Някои учители могат да се почувстват претоварени от новите технологии и може да им се струва, че те увеличават натоварването им на работното място и затрудняват работата им.
  - 3D дизайнът и принтирането **нарушават традиционната динамика в класната стая**. Поради добрите умения на учениците да боравят със сложни технологии, учителят не е задължително да бъде експертът, а ученикът не е задължително да бъде новакът. В някои случаи учениците може да са по-запознати с технологията или да се научат да използват софтуера по-бързо от своите учители. Преди да решат да приложат 3D в класната стая, учителите трябва да са подготвени за по-равностойни отношения с учениците и да не се притесняват, че авторитетът им може да бъде подкопан, ако учениците се окажат по-знаещи или по-подготвени от тях.
  - Учителите и учениците често намират **софтуера за 3D дизайн за труден за използване** по различни причини. Някои от тях го намират за твърде опростен и не могат да реализират своите сложни проекти (например в часовете по изкуства или история). Други се затрудняват да направят проектите си възможни за печат, а трети просто се затрудняват с интерфейса на софтуера. Често се налага учител



или технически сътрудник да работи директно с учениците, за да им помогне да променят проектите си, за да се гарантира, че са структурно издържани. Алтернативно решение е учениците, които са запознати с 3D дизайна, да обучават и помагат на своите съученици. Ако учениците започнат да изглеждат открито разочаровани или раздразнени, може да е необходима допълнителна мотивация и подкрепа, за да могат да продължат да използват софтуера. Въпреки всеотдайността на преподавателя или на фасилитаторите, учениците може просто да се нуждаят от допълнително обучение или от време, за да разучат софтуера и да прочетат ръководствата, преди да започнат проекта. За ученици без добри способности в областта на науката и технологиите или в случаите, когато се насърчава креативност и творчество, учителите могат първоначално да създадат нискотехнологична работилница за дизайн, където учениците да създадат своите проекти като физически предмети, преди да използват софтуера за 3D дизайн.

- Може да се окаже **предизвикателство учениците да бъдат постоянно ангажирани в дългосрочен проект**. Проектите, използващи 3D технологии, не са много подходящи за кратки упражнения. От друга страна по-дългите проекти изискват от учениците повече отговорност и самостоятелност и ги учат да управляват времето си, да комуникират и работят в екип и сами да правят проучвания и експерименти.

- Първоначално за учителите и учениците **може да е трудно да си представят ефективни начини за използване на 3D модели в учебния процес**. Често са необходими допълнителни усилия за повишаване на осведомеността, споделяне на добри практики и идеи или специални упражнения за мозъчна атака. Такива дейности постепенно развиват идеи за използване на 3D технологиите в училищата и мотивират по-нататъшни проучвания и усилия в тази посока. Те обаче изискват допълнително време и целенасочена работа от страна на едно ядро от експерти, учители или служители на училищната администрация.

- Софтуерът за 3D дизайн дава възможност за по-добра интерактивност на дизайна, но постоянното използване на такъв софтуер може да **ограничи творческото мислене на учениците**.





## Кога да използваме 3D принтирането в обучението

По правило, във всеки случай, когато учителят смята, че е удачно да използва илюстрации, схеми, диаграми, аудио или видео в процеса на преподаване, то учениците биха имали полза и от използването на 3D модели. Триизмерният модел ще помогне на учениците да възприемат и осмислят понятията и да разберат как работи обектът. Ако училището разполага с необходимата технология, експериментирането с 3D най-вероятно би подобрило учебния процес и би се харесало на учениците.

Преди да пристъпи към иновации в областта на 3D технологиите, училището трябва да се увери, че са изпълнени основните условия за това. Както винаги, когато се опитваме да интегрираме нови технологии в класната стая, е необходимо първо учителите да получат подкрепа или предварително обучение, като в случая става въпрос основно за обучение как да използват 3D принтер. Предварителното обучение може да реши много от предизвикателствата, които споменахме. За да бъдат учителите мотивирани, трябва да се въведат стимули, които да възнаградят техните иновативни идеи и подходи и допълнителните им усилия за професионално развитие. За да бъде ефективно обучението с 3D технологии, може да е необходимо учителите по определени дисциплини да си партнират с технически експерти или други учители, които са по-уверени в използването на 3D технологията. Осигуряването на възможности за такова сътрудничество в рамките на самото училище или чрез външни партньорства и общности от практики е от съществено значение за успеха на всички иновации с новите образователни технологии, включително и тези, които целят интегрирането на 3D технологиите в обучението.



## Подготвяне на класната стая за въвеждане на 3D технологиите

- Софтуер за 3D дизайн

Tinkercad и Fusion 360 са безплатни за образователни цели в училищата. Tinkercad е добра програма за начинаещи. По-сложни софтуерни решения като Fusion 360 биха били от полза за потребителите, които вече са усвоили Tinkercad, или когато се планира разработването на прецизни и сложни дизайни. Можете да се информирате за други софтуерни опции в модулите, разработени в рамките на проекта MAKER SCHOOLS, особено в модула [Технологии, материали и приложения в 3D принтирането](#).

- Оборудване

Спецификациите за настолен компютър или лаптоп, необходими за да се работи по 3D проект, зависят от това какъв софтуер за 3D дизайн ще се използва. Всеки компютър или лаптоп ще бъде подходящ за Tinkercad, а единствените изисквания са връзка с интернет и последна версия на популярен браузър. За другите софтуерни опции обаче има допълнителни изисквания към хардуера, които можете да намерите на уеб страниците за изтегляне на софтуера (за Fusion 360 вижте спецификациите тук: <https://knowledge.autodesk.com/support/fusion-360/learn-explore/caas/sfdarticles/sfdarticles/System-requirements-for-Autodesk-Fusion-360.html>).

Учителите трябва или да намерят подходящи компютърни устройства за избрания софтуер, или да коригират задачите така, че да могат да се изпълняват със софтуер, който ще работи безпроблемно на наличните устройства. 3D дизайнът и принтирането могат да бъдат много досадни и бавни, ако задачите се изпълняват на устройства без необходимата изчислителна мощност или без добра интернет връзка.

Независимо от избрания софтуер и устройство, при работа с 3D модели се препоръчва използването на традиционна компютърна мишка. Използването на тъчпад ще забави процеса и ще създаде неудобство.

- Други материали

Създаването на временна нискотехнологична работилница за създаване на модели не е задължително, но може да бъде полезно за някои по-сложни ученически проекти. Такава работилница може да бъде оборудвана с различни материали, включително глина, клечки, лепило, тръбички, конци, както и хартия за брейнсторминг и рисуване на идеите за проекти, преди учениците да започнат работа на компютрите.



## Образователни подходи, подходящи при въвеждане на 3D технологиите в образованието

### ▪ Ориентираност към ученика

Проектите за 3D дизайн и принтиране изискват подходи на преподаване, ориентирани към учениците, при които на учениците се гласува значителна отговорност за това, което се учи. От друга страна, учителите стават партньори в учебния процес, като насочват работата на учениците, а не им предават знания.

### ▪ Учене чрез практика

Използването на 3D проекти в обучението изисква както учениците, така и учителите, да се чувстват комфортно с подхода "учене чрез практика". От учениците се очаква да работят с учебния материал по различни дисциплини като създават нещо, а не като консумират някакво съдържание. Дейностите в класната стая стават по-малко ориентирани към учителя и по-малко фокусирани върху представянето на дидактичния материал. Вместо това те стават по-интерактивни и ориентирани към ученика. В обучението се набляга по-малко на запаметяването на факти и повече на анализа и решаването на проблеми. Компютрите и дигиталните инструменти се използват не само за работа и практика, но и за комуникация. Оценяването също трябва да се промени, тъй като напредъкът и успехът трябва се оценяват с оглед на постигнатото качество, а не с оглед на количеството.

### ▪ Активно учене, учене чрез преживяване и учене чрез дизайн

Проектите за 3D дизайн и принтиране чудесно се вписват в подходи, които позволяват активно, експериментално и водено от учениците обучение, каквито са например семинарите по дизайнерско мислене и работилниците за създаване на проекти. Едно от ключовите предимства на 3D технологиите е, че позволят преподаване и учене чрез преживяване в много дисциплини, където иначе това би било трудно или невъзможно. Работата на учениците с принтирани триизмерни модели насърчава ангажираността и задълбочава познанията за учебния материал, като позволява тактилно учене. Ползите могат да бъдат още по-големи, ако се наблегне на съвместното обучение в екип. Учителите могат да насърчат активното учене като използват предварително принтирани 3D модели или като позволят на учениците да разработят и отпечатаат подходящ 3D модел.

Работилниците за създаване на проекти (makerspaces) са центрове за съвместно обучение, в които участниците създават, изобретяват и учат, използвайки различни инструменти и технологии. Тези центрове разчитат на творчеството, екипната работа и иновациите, като на свой ред ги насърчават. В такива работилници често се използва оборудване като 3D принтери, лазерни резачки, машини с ЦПУ и инструменти за създаване на дигитални прототипи, както и традиционни инструменти като чертожни дъски, ръчни триони, бормашини и чукове. Това са идеалните места за работа по ученически 3D проекти. Технологиите в такива центрове могат да се използват за широк спектър от проекти - от създаване на предмети на изкуството и бижута, до конструиране на роботи и дроневи. Общото между тези проекти е, че участниците учат, докато създават предмети и устройства, използвайки някакви технологии. По този начин знанието не се преподава на учещия, а се генерира от самия него.

Обучението чрез проекти е подвид на обучението чрез решаване на проблеми. То принуждава учащите да анализират, да интегрират теорията и практиката и да прилагат своите знания и умения, за да разработят адекватно решение на даден проблем. Такова обучение включва отворен процес на иновации, опити и грешки и повторения. Проектите



за 3D дизайн могат лесно да бъдат адаптирани, за да следват подхода на дизайн мисленето, като по този начин подготвят учениците за кариера в сферата на дизайна или в Индустрия 4.0.

Както работилниците за създаване на проекти, така и ученето чрез дизайнерска работа, насърчават творческото мислене, уменията за анализ и уменията за решаване на проблеми. Те изискват от учениците ангажираност и насърчават тяхната автономност. От учениците се изисква да обясняват, да правят прогнози и да подкрепят идеите си с анализ. Всичко това изгражда умения, които надхвърлят базовите умения, заложили в задължителните учебни програми. Такива умения са многостепенни и водят до способност за използване на взаимосвързани масиви от знания. Подобни подходи за учене са подходящи за всички ученици, включително и за тези с ниски резултати. Те са благоприятни за сътрудничество между връстници и за работа в екип, като по този начин могат да намалят и разликата в постиженията на учениците. Тези подходи имат и някои доста положителни психологически ефекти. Създаването на предмет или устройство води до чувство на гордост и лична удовлетвореност и насърчава чувството за отговорност към учебните и творческите процеси.

- Приобщаващо обучение

Учебните дейности, използващи 3D дизайн и принтиране, са подходящи за преподаватели, които искат да приобщят към учебния процес учениците в неравностойно положение. Независимо дали са свързани с програмиране или не, такива дейности обикновено изискват всички ученици да бъдат включени в съвместна работа в екип, където всеки ученик има определена роля. Това води до ефективно ангажиране на цялата група ученици. Учениците в неравностойно положение могат да се включат в работата на екипа в онези области, в които се чувстват по-уверени и знаещи. Екипната работа насърчава уважение към различните мнения и умения в групата, което също е от полза за тези в неравностойно положение. Освен това проектите в областта на 3D технологиите включват различни начини на преподаване, което прави обучението по-достъпно и подходящо за ученици в неравностойно положение.

- Интердисциплинарно обучение

По своята същност учебните дейности, използващи 3D дизайн и принтиране, могат да обхванат няколко дисциплини.



## Оценяване на учениците в учебни дейности, използващи 3D технологиите

Учебните дейности, използващи 3D, се нуждаят от подходи за оценяване, които се фокусират не само върху количеството, но и върху качеството, и не само върху крайния резултат, но и върху процеса на работата и разбирането на задачата. Особено в извънкласните дейности, оценяването трябва да бъде планирано така, че да не нарушава свободата на учениците да експериментират със своите модели и проекти. Свободата на учениците да правят грешки понякога е също толкова важна, колкото и усилията да се гарантира успех на проектите. Разработването на проект, който "не работи" или "не може да бъде отпечатан", може да бъде отличен опит. В същото време е добре да вземем предвид факта, че процесът на 3D дизайн и принтиране отнема много време и понякога е много изнервящ и разочароващ, както за учениците, така и за учителите. Ето защо губенето на твърде много време за модел, който няма шанс да е добър или никога няма да може да бъде принтиран, също не е добър подход. Преподавателите трябва да намерят добър баланс между свободата за експерименти и грешки и управлението на процеса на работа чрез подкрепа и конструктивна обратна връзка за ученика, за да се избегнат провалите и разочарованията. С оглед на гореизложеното, оценка и обратна връзка трябва да бъдат предоставяни по време на целия проект, а не само в края на проекта. Ако учениците редовно получават обратна връзка за проектите си (от учителя или от съучениците си), това ще подобри техния учебен и творчески процес, както и крайните резултати.

Започването на активна работа с 3D технологиите е начинание и постижение само по себе си. Ето защо оценяването винаги трябва да върви ръка за ръка с предоставяне на възможности за учениците да демонстрират успехите и творческите си постижения. Това дава възможност на учениците да оценят критично работата си, да вземат предвид обратната връзка и да подобрят работата си в бъдеще. За мотивираните и успешни творци и ученици, признаването на техните резултати изгражда увереност и мотивация.

Имайки предвид общите насоки, представени по-горе, предлагаме оценката на ученически проекти, в които се използват 3D технологии, да се съсредоточи върху:

- Концепции и техники
- Отношение към ученето и иновациите
- Размисъл и разбиране
- Технически и артистични умения
- Отговорност, проявена в процеса на учене и създаване
- Усилия, старание и съсредоточаване.

Можете да разгледате следните насоки за оценяване, които са адаптирани от Примерната рубрика за обучение чрез създаване, разработена от Lisa Yokana (<https://www.edutopia.org/blog/creating-authentic-maker-education-rubric-lisa-yokana>):

	Незадоволително	Приемливо	Много добро	Отлично
<b>Концепции и техники</b>	В работата на ученика липсва разбиране за понятията, технологиите, материалите и уменията.	Работата на ученика показва известно разбиране за понятията, технологиите, материалите и	Работата на ученика отразява добро разбиране за понятията, технологиите и материалите, както и използването на	Работата на ученика показва отлични уменията и отразява задълбочено разбиране на понятията, технологиите и



	уменията.	уменията, обсъждани в клас.	материалите.	
<b>Отношение към ученето и иновациите</b>	Ученикът се опитва да изгълни задачата пасивно, без да се замисли и да проучи възможностите. Ученикът отказва да проучи повече от една идея или решение.	Ученикът проучва възможните решения и се ангажира с иновативно мислене. Ученикът има повече от една идея и обмисля повече от едно решение, но не работи по тях.	Ученикът разглежда множество решения. Иновативното мислене на ученика се развива по време на проекта.	Ученикът постоянно проявява желание да изпробва множество решения и задава провокиращи въпроси, което води до по-задълбочени и по-забележителни резултати. Ученикът напълно анализира множество идеи и е готов да повтори дейностите, за да наблюдава различните резултати.
<b>Размисъл и разбиране</b>	Ученикът демонстрира слабо осъзнаване на процеса на учене. Работата му не демонстрира разбиране на съдържанието и на технологията, на която се основава.	Ученикът демонстрира известно осъзнаване на процеса на учене. Работата показва известно разбиране на съдържанието и технологията, но ученикът не може да обоснове всички взети решения.	Ученикът демонстрира осъзнаване на процеса на учене. Работата на ученика демонстрира разбиране на съдържанието и технологията, на която се основава, и повечето решения са съзнателни и обосновани.	Работата на ученика отразява задълбочено разбиране на съдържанието и на технологията, на която то се основава. Всяко решение е целенасочено и обмислено.
<b>Технически умения и креативност</b>	Работата на ученика е разхвърляна, творчеството е минимално. Техническите умения са неразвити и водят до лошо цялостно представяне.	Работата на ученика е малко разхвърляна. Творчеството и техническите умения са донякъде слабо развити и водят до добро, но не напълно задоволително цялостно представяне.	Работата на ученика е изрядна, творческите и техническите му умения са достатъчни като цяло, а крайният резултат е задоволителен.	Работата на ученика е безупречна и показва много креативност, отлични технически умения, внимание и загриженост при завършването на крайния резултат.
<b>Отговорност</b>	Поведението на ученика се характеризира с чести отсъствия, закъснения, неуважение към съучениците и учителя, несериозно отношение към оборудването, софтуера, материалите и работата.	Ученикът понякога отсъства, закъснява или се държи неуважително. Ученикът трябва да бъде убеден да внимава с оборудването, софтуера и материалите и да се ангажира с работата.	Ученикът най-често присъства, идва навреме и се държи уважително. Ученикът обикновено се отнася отговорно към оборудването, материалите и софтуера и се гордее с работата си.	Ученикът е постоянно присъстващ, точен и уважаващ съучениците си и учителя. Ученикът демонстрира самостоятелно използване на оборудването, материалите и софтуера, както и отговорност за



Усилия	работата си.			
<p>Работата на ученика не е завършена по задоволителен начин. Ученикът прави минимални усилия и не използва ефективно времето в клас.</p>	<p>Работата на ученика е завършена, но ѝ липсват финални щрихи или може да бъде подобрена с малко усилия. Ученикът прави достатъчно, за да отговори на изискванията.</p>	<p>Ученикът е изпълнил работата с качество над средното, но е можело да направи повече. Ученикът трябва да направи допълнително усилие, за да постигне отличен резултат.</p>	<p>Ученикът е изпълнил работата си отлично и е надминал очакванията на учителя. Ученикът е проявил образцова ангажираност към проекта.</p>	



## Практически подходи в учебните дейности, базирани на 3D технологията

Съществуват няколко практически техники, които отговарят на горните критерии и са подходящи за учебни дейности, целящи използването на 3D технологии. Те имат различни нива на сложност и изискват различно време и усилия от страна на учителите и учениците.

Техника	Описание	Ниво на сложност
Практически упражнения с 3D дизайн или принтиране	<p>Учениците работят със софтуер за 3D дизайн и/или с 3D принтери, за да създадат и/или отпечатат физически обект. Дизайнът може да бъде много прост или да се използва готов дизайн.</p> <p>Възможно е да се повтори предишен проект/задание, което учениците вече са изпълнили, но вече като 3D проект. По този начин предварителните проучвания и анализи могат да бъдат пропуснати или ще са по-лесни, а учениците вероятно ще могат да оценят по-добре предимствата на 3D технологията.</p> <p>Друг полезен подход е да се премине постепенно от 2D към 3D. Учениците могат да скицират идеите си на хартия, преди да започнат да проектират в софтуер за 3D дизайн.</p>	Лесно до умерено трудно, може да бъде под формата на краткосрочен ангажимент (в зависимост от обхвата и сложността на модела)
Обучение по проекти	<p>Учениците участват в дизайнерско предизвикателство, което изисква от тях да използват умения за 3D дизайн и принтиране, за да създадат предмет или устройство в съответствие с определени изисквания и спецификации.</p> <p>Учениците работят индивидуално или в екип.</p>	Сложно, изисква по-дълъг ангажимент
Обучение чрез решаване на проблеми	<p>На учениците се представя автентичен проблем от реалния свят, който изисква от тях да използват 3D дизайн и принтиране, за да създадат и тестват решения.</p>	Умерено до сложно, изисква по-дълъг ангажимент и интердисциплинарен анализ
Следване на сюжет	<p>Следването на сюжет структурира, организира и подрежда уроците, така че да са последователни от гледна точка на учениците. По време на всеки урок учениците трябва да разберат как техните действия им помагат да решат някакво предизвикателство (напр. дизайнерско предизвикателство) или да постигнат напредък в някакъв научен анализ. Всяка учебна единица в последователността следва да бъде мотивирана от въпроси, свързани с общото предизвикателство или анализ. Техниката е подходяща за по-дългосрочно обучение в областта на 3D технологиите. Започвайки от началото на сюжетната линия, учениците ще задават въпроси, ще дефинират проблеми, ще анализират, ще проектират решения или ще ги тестват. Докато изпълняват някоя от тези дейности, те ще генерират</p>	Сложно, с отворен край, изисква по-дълъг ангажимент и интердисциплинарен анализ





	още въпроси, които да решават в следващата учебна единица от последователността. По този начин учениците усещат, че изграждат своя собствена учебна пътека и тази пътека е смислена и последователна от тяхна гледна точка. Един от най-лесните начини за прилагане на тази техника в контекста на 3D принтирането и дизайна е да се започне с дизайнерско предизвикателство.	
Учебна дейност "пъзел"	Учебната дейност "пъзел" включва разделяне на упражнението на по-малки задачи и възлагане на всяка задача на различна група или ученик. Всяка група или ученик трябва да стане експерт по възложената му задача и след това да предаде наученото на останалите членове на групата. По този начин групата като цяло ще получи цялата информация, а всеки отделен ученик ще стане експерт в една област на темата.	Умерено до сложно, но може да бъде организирано и като кратка учебна сесия

❖ **Предложение за учебна дейност тип "пъзел" с използване на 3D технологията**

Елементи	Съвети и предложения
Определяне на целите на обучението	<i>Посочете какво искате учениците да знаят или да правят след приключване на учебната дейност, напр. учениците научават повече за структурата на вирусите, учениците научават повече за структурата и функциите на човешкия мозък, учениците научават повече за структурата и поведението на астероидите и т.н.</i>
Какъв(и) 3D модел(и) ще бъде(ат) използван(и) (какво ще представлява(т) моделът(ите))?	<i>Например: модел на хипотетичен вирус, модел на човешки мозък, модел на антена на космическа станция, модел на астероид и т.н.</i>
Как ще се използва идентифицираният(ите) модел(и)?	<i>Например:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Учениците ще разгледат модела и ще обозначат елементите му</li> <li>- Учениците ще сглобят модела от съставните му части.</li> <li>- Учениците ще разглобят модела и ще разгледат всяка отделна част.</li> <li>- Учениците ще проверят как работи моделът</li> <li>- Учениците ще симулират как моделът взаимодейства с други обекти</li> <li>- Учениците ще проектират модел, ще го отпечатат, ще го тестват, ще го преработят, ако е необходимо, и ще го отпечатат отново.</li> </ul>
<i>Ако ще се използват готови модели (3D дизайни):</i>  Идентифициране на подходящи 3D модели, които могат да бъдат изтеглени от онлайн хранилище  <i>Ако учениците ще проектират свои собствени модели:</i>	<i>Ако ще се използват готови модели: потърсете подходящ модел в наличните хранилища за 3D дизайни в раздела "Допълнителни ресурси".</i>  <i>Ако учениците ще проектират свои собствени модели: вижте "Образец за учителя за планиране на упражнения, включващи дизайн на нови 3D модели".</i>



<p>Определете изискванията и ограниченията, които учениците трябва да спазват при дизайна на моделите (вид на обекта, размер и др.)</p>	
<p><i>Ако ще се използват готови модели:</i></p> <p>Разгледайте наличните възможности за 3D принтиране и решете как ще го финансирате.</p> <p><i>Ако учениците ще проектират свои собствени модели:</i></p> <p>Определете какъв софтуер могат да използват учениците, къде е достъпен и как могат да отпечатаат своите проекти.</p>	<p><i>Ако ще се използват готови модели, трябва да се намери оптимално решение за отпечатването им - напр. използване на училищния 3D принтер, използване на външна услуга за отпечатване и т.н. Ако ще се използва училищният 3D принтер, трябва да се вземе предвид графика за използването му и цената на материалите.</i></p> <p><i>Ако учениците ще проектират и отпечатват свои собствени модели, те могат например да използват Tinkercad и от тях се очаква да работят на личните си компютри. Друг пример е да използват Fusion 360 и да работят в училищната компютърна лаборатория. Трябва да се вземе предвид графика в лабораторията и да се провери дали необходимият софтуер вече е инсталиран. За принтиране могат да се използват училищните компютри и училищния 3D принтер, ако има такива. В този случай на училищните компютри трябва да се инсталира slicer софтуер. Ако училището не разполага с 3D принтер, може да се проучат алтернативни решения, като например съществуваща публично финансирана работилница за проекти, лаборатория на друго училище, университетска лаборатория и др.</i></p>
<p><i>Ако ще се използват готови модели:</i> Отпечатайте 3D моделите преди началото на учебната дейност</p>	<p><i>Може да използвате "Образец за учителя за планиране на упражнения, включващи отпечатване на 3D обекти от съществуващ дизайн".</i></p> <p><i>Имайте предвид, че отпечатването може да отнеме много време, особено ако моделите са големи. Често печатът се проваля по различни причини и моделът трябва да се отпечата отново, да се промени мащабът му, да се преработи по-обстойно или да се отпечата с помощта на допълнителни поддържащи структури. Важно е учителят да е достатъчно опитен, за да избере подходящите материали и технологии, както и да калибрира правилно принтера, за да се сведе до минимум загубата на време и пари. Ако е необходимо, може да се помисли за консултация или съвместна работа с по-опитни колеги.</i></p>
<p>Посочете методите за сътрудничество и оценяване</p>	<p><i>За дейността "Пъзел" е необходимо учениците да получат следните задачи:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- отбор "домакин", в който започват упражнението и в който по-късно се връщат, за да представят финалното задание,</li> </ul> <p><i>и</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- "експертен" екип, в който разработват финалното задание въз основа на проучване и 3D модел.</li> </ul> <p><i>Ученикът започва и завършва упражнението като част от отбора "домакин", но междуременно работи в "експертния" екип. Дейността "Пъзел" дава възможност на всеки ученик от отбора "домакин" да се специализира в един аспект на темата (с помощта на "експертния" си екип), а след това да предаде получените знания на отбора "домакин".</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Оценяването може да съчетава оценка от съучениците от отбора "домакин" (въз основа на устно представяне) и окончателно писмено задание, което трябва да бъде оценено от преподавателя. Към това може да се добави и формиращо оценяване въз основа на оценка на напредъка по време на дейността.</li> </ul>

<p>Подробно планиране на дейността</p>	<p>За дейността "пъзел":</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определяме три теми/задачи със сходна трудност.</li> <li>2. Разделяме класа на три отбора "домакини". Всеки ученик разпределяме в един от тези отбори.</li> <li>3. Учениците се събират в своите отбори "домакини", на които ги съветваме да изберат имена, за да формират екипна идентичност. Даваме им трите теми/задачи и искаме всеки отбор да номинира свой представител в трите "експертни" групи, които ще се занимават с тези теми.</li> <li>4. Трите "експертни" групи са съставени от членове на различните отбори "домакини". Учениците напускат отбора "домакин" и се присъединяват към своя "експертен" екип.</li> <li>5. Ако ще се използват готови 3D модели, на всяка "експертна" група се предоставят литература и ресурси, кратко описание на задачата, подходящ 3D модел и инструкции как да бъде използван. Ако учениците ще проектират свой собствен 3D модел, на "експертната" група се предоставят литература и ресурси, както и документ, съдържащ изискванията, спецификациите и ограниченията за модела, който трябва да бъде проектиран и принтиран.</li> <li>6. Всеки "експертен" екип получава задача или проект, който трябва да изпълни (например: "проучете и проектирайте 3D модел", "подгответе устна презентация, в която сглобявате или разглобявате 3D модела и представяте подробна информация за всяка част", "обяснете и демонстрирайте основните функции на 3Dмодела" и т.н.). Всички членове на екипа работят по заданието, но могат да си разпределят отговорностите, ако желаят. Учителят трябва да наблюдава работата на групите, да дава инструкции и да подпомага както ученето, така и екипната работа.</li> <li>7. След приключване на задачите или проектите, отборите "домакини" се събират отново и представителите на различните "експертни" екипи споделят наученото или представят своите резултати. На отборите "домакини" могат да бъдат възложени задачи, като например обсъждане или обобщаване на наученото. На този етап "експертните" групи трябва да получат обратна връзка чрез гласуване или оценяване от останалите. Най-високо оцененият екип може да получи награда, например бонус за финалната оценка от писменото задание, което ще представи на учителя.</li> </ol>
<p>Планиране на дейността</p>	<p>В зависимост от трудността на задачите и от това дали се изисква учениците сами да разработят 3D дизайн и да принтират модел, за дейността могат да бъдат отделени между 2 и 10 академични часа. Ако учениците сами ще проектират своите 3D модели, вероятно ще трябва да се планира извънкласна работа, тъй като те трябва да се научат да използват софтуера. Възможно е да се наложат и специални подготвителни обучения по 3D дизайн.</p>

**❖ Образец за учителя за планиране на упражнения, включващи разработване на нови 3D дизайни**

<p>Наименование на модела/упражнението</p>	
<p>Цели на упражнението</p>	



Необходими знания (предварителни условия)	
Връзка с учебните предмети	
Възможно използване на модела (напр. прототип, използване в класната стая, за да помогне на учениците да разберат дадена концепция, и т.н.)	<i>Може ли този модел да се използва в класната стая? Опишете как. Този модел прототип ли е? Каква е целта на прототипа и какви са по-нататъшните му приложения? Какви са ползите от използването на модела?</i>
Софтуер, който ще се използва за 3D дизайн	
Необходими въвеждащи лекции/обучения	<i>Напр. обучение по Tinkercad</i>
Описание на модела, който е обект на това упражнение	<i>Какво трябва да представлява, какво трябва да представя, как трябва да функционира, как трябва да се използва, други подходящи описания.</i>
Брой на отделните компоненти на модела (ако е приложимо)	
Минимални изисквания за всеки отделен компонент и за целия модел  <i>Ако на учениците е дадена пълна свобода да проектират свой собствен модел, този раздел може да бъде пропуснат.</i>	<i>Форма на всеки компонент Форма на целия модел Размери на всеки компонент Размери на целия модел Цвят на компонентите (или на модела) Текстура на компонентите (или на модела)</i>
Графично представяне на модела и неговите компоненти - скици, технически чертежи или друго графично представяне (използвайте един и същ мащаб за всички компоненти!)  <i>Ако на учениците е дадена пълна свобода да проектират свой собствен модел, този раздел може да бъде пропуснат.</i>	<i>Преден изглед на всеки компонент Преден изглед на целия модел Изглед отгоре на всеки компонент Изглед отгоре на целия модел Страничен изглед на всеки компонент Страничен изглед на целия модел</i>
Допълнителна информация за упражнението (ако е приложимо)	
Как ще бъдат оценявани учениците?	<i>Оценка на крайния резултат Оценка на процеса</i>

❖ **Образец за учителя за планиране на упражнения, включващи принтиране на 3D обекти от съществуващи дизайни**

Наименование на модела/упражнението	
Цели на упражнението	
Необходими знания (предварителни)	



условия)	
Връзка с учебните предмети	
Възможно използване на модела (напр. прототип, използване в класната стая, за да помогне на учениците да разберат дадена концепция, и т.н.)	<p><i>Може ли този модел да се използва в класната стая? Опишете как.</i></p> <p><i>Този модел прототип ли е? Каква е целта на прототипа и какви са по-нататъшните му приложения?</i></p> <p><i>Какви са ползите от използването на модела?</i></p>
Необходими въвеждащи лекции/обучения	<i>Например обучение за използване на 3D принтер; обучение относно материалите, които се използват за 3D принтиране и др.</i>
Технологията за 3D принтиране, която ще се използва	<i>FDM, SLA, SLS и др.</i>
Материал, който ще се използва за печат	<i>Тип (PLA, ABS, TPU, найлон, PETG и др.) и марка</i>
Спецификации на 3D принтера	
Брой на отделните компоненти (ако е приложимо)	
Спецификации за отпечатване на всеки отделен компонент и/или на модела като цяло	<p><i>Размери на всеки компонент и/или на целия модел</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Дължина</i></li> <li>▪ <i>Височина</i></li> <li>▪ <i>Ширина</i></li> <li>▪ <i>Диаметър</i></li> <li>▪ <i>Специфични размери за сложни форми</i></li> </ul> <p><i>Цвят на компонентите (или на модела)</i></p> <p><i>Материалите за 3D принтиране имат цвят, така че ако моделът няма да бъде оцветяван впоследствие, трябва да се планира един цвят за всеки компонент.</i></p> <p><i>Ако вместо това компонентът ще бъде допълнително оцветен (напр. необходими са повече цветове за един и същ компонент), посочете изискванията както за оцветяване, така и за отпечатване. Обърнете внимание, че ако обектът ще бъде оцветяван, това има значение за процеса на отпечатване и обикновено компонентът трябва да бъде първоначално отпечатан в бяло.</i></p> <p><i>Текстура на компонентите (или на модела)</i></p>
Очаквана плътност и устойчивост на удар и натоварване	
Очаквано качество и детайлност	<i>Ниска, средна, висока</i>
Тип на монтажа	<i>Клипси, винтове, зъбни колела, шарнири, панти, монтаж чрез натиск на частите една в друга, въртящи механизми и др.</i>
Изисквания за последваща обработка	



Допълнителна информация за упражнението (ако е приложимо)	
Как ще бъдат оценявани учениците?	<i>Оценка на крайния резултат</i> <i>Оценка на процеса</i>



## Литература и допълнителни ресурси

### Използвана литература

- Maloy Robert, Torrey Trust, Suzan Kommers, Allison Malinowski, Irene LaRoche. 2017. “3D Modeling and Printing in History/Social Studies Classrooms: Initial Lessons and Insights”. In *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education (CITE Journal)*, 17(2).
- Meng, Chenxuan. 2021. Introduce 3D Modelling and Virtual Technology to High School Art Education. In *Proceedings of the 2021 International Conference on Education, Language and Art (ICELA 2021)*.
- Cairns, D. R., Curtis, R., Sierros, K. A. , & Bolyard, J. J. 2018. “Taking Professional Development From 2D to 3D: Design-Based Learning, 2D Modeling, and 3D Fabrication for Authentic Standards-Aligned Lesson Plans.” In *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 12(2).
- Ng, Oi-Lam and To Chan. 2018. “Learning as Making: Using 3D computer-aided design to enhance the learning of shape and space in STEM-integrated ways”. In *British Journal of Educational Technology* 2018
- Addy, T.M., Dube, D., and Pauze, B. 2018. “How to Design a Classroom Activity that Integrates 3D Print Models with Active Learning”. <https://doi.org/10.24918/cs.2018.8>

### Допълнителни ресурси

- ❖ *Хранилища с готови 3D модели*

3D модели за отпечатване от НАСА: <https://nasa3d.arc.nasa.gov/models/printable>

Портал за триизмерна цифровизация на Смитсоновия институт: <https://3d.si.edu/>

Хранилище за 3D дизайни на Националния институт по здравеопазване: <https://3dprint.nih.gov/>

Уебсайт за споделяне на създадени от потребителите файлове за цифров дизайн: <https://www.thingiverse.com>

Ресурси на BioInteractive: [https://www.biointeractive.org/classroom-resources?search=&f%5B0%5D=resource\\_type%3A20](https://www.biointeractive.org/classroom-resources?search=&f%5B0%5D=resource_type%3A20)

Магазин на Unity: <https://assetstore.unity.com/categories/3d>

Turbosquid магазин: <https://www.turbosquid.com/Search/3D-Models/free/unity>

Sketchfab: <https://www.sketchfab.com/>

3DWarehouse: <https://3dwarehouse.sketchup.com/unsupported/>

CGTrader: <https://www.cgtrader.com/3d-model>

Галерия на Tinkercad: <https://www.tinkercad.com/things>

Ресурс за 3D дизайн: <https://www.printables.com/model>

Колекция от несложни проекти в Tinkercad: <https://www.instructables.com/Tinkercad-Activities/>



❖ *Ръководства и ресурси*

Официално ръководство за Tinkercad Classrooms: <https://www.tinkercad.com/blog/official-guide-to-tinkercad-classrooms>

Как да преподаваме езика на 3D моделирането и дизайна:

<https://www.instructables.com/How-to-Teach-the-Language-of-3D-Modeling-and-Desig/>

Как да въведете Tinkercad в класната стая: <https://www.instructables.com/How-to-Bring-Tinkercad-Into-Your-Classroom/>

Започване на работа с Tinkercad: <https://www.tinkercad.com/learn/>

Онлайн поредица от видеоклипове, даващи практически опит:

<https://www.youtube.com/playlist?list=PL6-XLLiQK8vG221svKhvUk7xc3h0SZ4fT>

Учебни ресурси: <https://www.makerspaces.com/250-makerspace-resources-free-ebook/>

Примери за използване на 3D дизайн и принтиране в училище:

<https://www.makersempire.com/category/school-case-study/>

Подробна методология за 3D дизайн мислене:

<https://resources.finalsite.net/images/v1525445534/springlakeparkschoolsorg/ajwiefcx5g6dry0h1gsy/EssentialPlaybook.pdf>;

<https://resources.finalsite.net/images/v1525445583/springlakeparkschoolsorg/p7segk1r3fut5fptiogx/EverythingPlaybook.pdf>

Ръководство за начинаещи за изучаване на 3D дизайн и илюстрации:

<https://dribbble.com/resources/learn-3d-design-illustration>

Как научих 3D дизайн за 100 дни: <https://medium.com/the-100-day-project/100-days-of-3d-4b28a514f3ac>

