

KOMPLET LEKCJI

Pierwszy własny model do druku 3D

Druk 3D

Klasy VII i VIII

45 minut

Lekcja otwarta

Uczeń projektuje prosty przedmiot użytkowy mieszczący się w ograniczeniach druku warstwowego i oddaje plik gotowy do wydruku razem z odczytanym czasem druku.

W tym pliku są wszystkie materiały do lekcji: scenariusz z kluczem do karty pracy i kryteriami oceny, prezentacja, karta pracy, materiały dla ucznia, kartka dla rodzica oraz quiz w wersji dla ucznia i z odpowiedziami.

Co znajdziecie w środku

1. Scenariusz lekcji
2. Prezentacja na tablicę
3. Karta pracy do druku
4. Materiały dla ucznia
5. Kartka dla rodzica
6. Quiz dla ucznia
7. Quiz z odpowiedziami

SCENARIUSZ LEKCJI

Pierwszy własny model do druku 3D

Cel lekcji

Uczeń projektuje prosty przedmiot użytkowy mieszczący się w ograniczeniach druku warstwowego i oddaje plik gotowy do wydruku razem z odczytanym czasem druku.

Czego uczy ta lekcja

Projekt przedmiotu pod ograniczenia druku warstwowego

Projektujesz prosty przedmiot użytkowy z podanymi wymiarami i sam sprawdzasz, czy da się go wydrukować bez podpór i czy się nie złamie.

Przygotowanie pliku do druku i bezpieczna praca przy drukarce

Eksportujesz model do pliku, wczytujesz go do programu tnącego, odczytujesz czas druku i wiesz, czego przy pracującej drukarce nie wolno dotykać.

Potrzebny sprzęt

laptopy szkolne z przeglądarką, po jednym na parę uczniów, projektor lub monitor do pokazu, jedna szkolna drukarka 3D z filamentem PLA ustawiona tak, żeby dało się ją obejrzeć z odległości bez dotykania, na stanowisku nauczyciela zainstalowany darmowy program do cięcia modelu, czyli PrusaSlicer albo Ultimaker Cura, pendrive lub karta pamięci do przeniesienia pliku na drukarkę, dwa wcześniej wydrukowane przedmioty do pokazania na starcie: jeden udany i jeden nieudany, linijka na każdą parę, kratkowany papier i ołówki jako zapas. Edytor 3D: darmowy Tinkercad w przeglądarce, przy czym uczniowie nie zakładają własnych kont ani nie podają adresów, bo to nauczyciel tworzy klasę i wydaje kod dostępu, a uczeń wchodzi kodem i pseudonimem. Wariant zapasowy na wypadek, gdy szkolna sieć blokuje usługi zewnętrzne albo gdy klasa nie wejdzie na stronę: darmowy FreeCAD zainstalowany wcześniej na laptopach, a przy prostych bryłach z otworami równie dobrze sprawdza się lżejszy OpenSCAD. Oba działają bez internetu i bez konta, tak samo jak program tnący, więc pełna ścieżka od modelu do pliku da się przejść w całości offline

Podstawa programowa

Informatyka, Szkoła podstawowa, klasy VII i VIII

Cele kształcenia, wymagania ogólne

- II. Programowanie i rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem komputera oraz innych urządzeń cyfrowych: układanie i programowanie algorytmów, organizowanie, wyszukiwanie i udostępnianie informacji, posługiwanie się aplikacjami komputerowymi.
- III. Posługiwanie się komputerem, urządzeniami cyfrowymi i sieciami komputerowymi, w tym znajomość zasad działania urządzeń cyfrowych i sieci komputerowych oraz wykonywania obliczeń i programów.
- V. Przestrzeganie prawa i zasad bezpieczeństwa. Respektowanie prywatności informacji i ochrony danych, praw własności intelektualnej, etykiety w komunikacji i norm współżycia społecznego, ocena zagrożeń związanych z technologią i ich uwzględnienie dla bezpieczeństwa swojego i innych.

Treści nauczania, wymagania szczegółowe

- II.4. zapisuje efekty swojej pracy w różnych formatach i przygotowuje wydruki; (Dopasowanie częściowe. Punkt mówi o zapisywaniu efektów pracy w różnych formatach i o przygotowaniu wydruków, co obejmuje eksport modelu do pliku STL i przygotowanie go w programie tnącym. Podstawa ma tu na myśli wydruki dokumentów, nie druk przestrzenny, więc słowo wydruk pokrywa się z lekcją tylko w sensie ogólnym.)
- III.2. rozwija umiejętności korzystania z różnych urządzeń do tworzenia elektronicznych wersji tekstów, obrazów, dźwięków, filmów i animacji; (Dopasowanie częściowe. Punkt dotyczy korzystania z różnych urządzeń do tworzenia elektronicznych wersji obrazów i innych plików, co uzasadnia pracę w edytorze 3D i z drukarką jako urządzeniem cyfrowym. Nie wymienia drukarki 3D ani modelowania przestrzennego.)
- III.3. poprawnie posługuje się terminologią związaną z informatyką i technologią. (Dopasowanie częściowe: poprawne posługiwanie się terminologią, uzasadnia wprowadzenie pojęć warstwa, nawis, podpora, wypełnienie, plik STL i program tnący.)
- IV.1. bierze udział w różnych formach współpracy, jak: programowanie w parach lub w zespole, realizacja projektów, uczestnictwo w zorganizowanej grupie uczących się, projektuje, tworzy i prezentuje efekty wspólnej pracy; (Pełne pokrycie wątku pracy w parach: para projektuje przedmiot, mierzy, eksportuje plik i prezentuje klasie podgląd warstw.)

ODNIESIENIE DO SZKOŁY PONADPODSTAWOWEJ, ZAKRES PODSTAWOWY

Ta sama lekcja w liceum lub technikum realizuje poniższe wymagania, Dz.U. 2018 poz. 467.

II.3. przygotowuje opracowania rozwiązań problemów, posługując się wybranymi aplikacjami: a) projektuje modele dwuwymiarowe i trójwymiarowe, tworzy i edytuje projekty w grafice rastrowej i wektorowej, wykorzystuje różne formaty obrazów, przekształca pliki graficzne, uwzględniając wielkość i jakość obrazów, b) opracowuje dokumenty o różnorodnej tematyce, w tym informatycznej, i o rozbudowanej strukturze, dzieli tekst na sekcje i kolumny, tworzy spisy treści, rysunków i tabel, pracuje nad dokumentem w trybie recenzji, definiuje korespondencję seryjną, c) gromadzi dane pochodzące z różnych źródeł w tabeli arkusza kalkulacyjnego, korzysta z różnorodnych funkcji arkusza w zależności od rodzaju danych, filtruje dane według kilku kryteriów, dobiera odpowiednie wykresy do zaprezentowania danych, analizuje dane, korzystając z dodatkowych narzędzi, w tym z tabel i wykresów przestawnych, d) wyszukuje informacje, korzystając z bazy danych opartej na co najmniej dwóch tabelach, definiuje relacje, stosuje filtrowanie, formułuje kwerendy, e) tworzy prezentacje, w tym z wykorzystaniem technik multimedialnych, f) tworzy stronę internetową zgodnie ze standardami, wzbogaconą tabelami, listami, posługuje się arkuszem stylów, korzysta z oprogramowania i serwisów przeznaczonych do tworzenia stron; potrafi opublikować własną stronę w Internecie; (Do wykorzystania, gdy lekcję prowadzimy w liceum lub technikum. Właściwy jest podpunkt lit. a: projektuje modele dwuwymiarowe i trójwymiarowe.)

Podstawa prawna: Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 14 lutego 2017 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz podstawy programowej kształcenia ogólnego dla szkoły podstawowej, w tym dla uczniów z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu umiarkowanym lub znacznym, kształcenia ogólnego dla branżowej szkoły I stopnia, kształcenia ogólnego dla szkoły specjalnej przysposabiającej do pracy oraz kształcenia ogólnego dla szkoły policealnej, Dz.U. 2017 poz. 356.

Brzmienie: Załącznik nr 2 do Dz.U. 2017 poz. 356 w brzmieniu nadanym przez Dz.U. 2024 poz. 996, część KLASY VII i VIII

Lista kontrolna przed lekcją

Do odhaczenia dzień wcześniej i 10 minut przed dzwonkiem.

- ☐ Dzień wcześniej: załóżcie klasę w Tinkercadzie, wygenerujcie kod dostępu i wpiszcie na listę pseudonimy uczniów, potem wejdźcie tym kodem z jednego laptopa szkolnego, żeby sprawdzić, czy szkolna sieć nie blokuje strony. Jeśli blokuje, zainstalujcie FreeCAD albo OpenSCAD na wszystkich laptopach i uruchomcie każdy raz.
- ☐ Dzień wcześniej: zainstalujcie PrusaSlicer albo Ultimaker Cura na stanowisku nauczyciela, dodajcie w nim profil Waszego modelu drukarki i potnijcie próbny plik STL, żeby zobaczyć, gdzie program pokazuje czas druku i zużycie filamentu.
- ☐ Dzień wcześniej: wydrukujcie dwa przedmioty do pokazu, jeden udany i jeden celowo nieudany, na przykład zawieszkę z haczykiem 0,8 mm postawioną na sztorc, żeby pęknął

wzdłuż warstw, albo podstawkę z poziomym daszkiem bez podpór, żeby obwisł.

- ☐ Dzień wcześniej: sprawdźcie, że na szpuli jest filament PLA w ilości wystarczającej na klasę, orientacyjnie co najmniej 100 g na 15 małych modeli, i że szpula jest sucha i bez splątania. Wydrukujcie karty pracy, po jednej na parę, i przygotujcie linijkę na każdą parę.
- ☐ Dzień wcześniej: ustalcie, kto stoi przy drukarce podczas pokazu i kto uruchamia druk po lekcji. To zawsze osoba dorosła, nauczyciel albo opiekun pracowni, nigdy uczeń dyżurny. Uczniowie oglądają maszynę zza linii na podłodze.
- ☐ 10 minut przed lekcją: włączcie drukarkę i sprawdźcie, czy stoi na stabilnym stole, z dala od krawędzi i od miejsca, przez które przechodzi klasa. Naklejcie na podłogę taśmą linię w odległości około metra od maszyny, za którą uczniowie oglądają druk.
- ☐ 10 minut przed lekcją: otwórzcie okno albo włączcie wentylację w sali. PLA przy druku pachnie słabo i jest uważany za bezpieczniejszy od innych filamentów, ale każdy druk daje drobne cząstki i sala z pracującą drukarką ma być przewietrzana, a maszyna nie stoi tuż przy ławkach uczniów.
- ☐ 10 minut przed lekcją: włączcie projektor, otwórzcie edytor 3D i program tnący, wsadźcie pendrive do stanowiska nauczyciela i załóżcie na nim folder z nazwą klasy na pliki STL. Wypiszcie na tablicy cztery ograniczenia: 60 na 60 na 20 mm, ścianka od 2 mm, otwór od 4 mm, nawis do 45 stopni.

Rozgrzewka na start

BEZ SPRZĘTU, 3 MIN

Bez laptopów, na starcie, w ramach pięciu minut etapu Wejście. Puśćcie w obieg udany i nieudany wydruk i zadajcie jedno pytanie: z czego ta rzecz jest zbudowana i jak to poznać po samym dotyku? Każda para ma 60 sekund, żeby przejechać paznokciem po bocznej ścianie przedmiotu i powiedzieć jedno zdanie.

Czego się spodziewać: Uczniowie wyczuwają prążki na bocznej ścianie i mówią, że przedmiot składa się z pasków albo warstw ułożonych jedna na drugiej. Ktoś zauważa, że nieudany wydruk pękł równo wzdłuż takiej linii. Jeśli padnie słowo warstwa, macie punkt wyjścia do całej lekcji, jeśli nie padnie, podpowiedzcie je przy pierwszym slajdzie.

Przebieg lekcji

Pięć etapów, razem 45 minut.

1**Wejście, 5 min**

Nauczyciel kładzie na ławce dwa wydrukowane wcześniej przedmioty: jeden udany i jeden nieudany, na przykład zawieszkę z urwanym haczykiem albo podstawkę z obwisłym nawisem. Puszczą je w obieg i pyta, dlaczego drugi wyszedł źle. Zbiera trzy hipotezy i zapisuje je w rogu tablicy, żeby wrócić do nich na koniec. Od razu ustawia realia lekcji i mówi je wprost: w sali jest jedna drukarka na całą klasę, a wydruk nawet małego przedmiotu trwa dłużej niż lekcja, więc dzisiaj wszyscy kończą na pliku gotowym do druku, a same wydruki powstaną po zajęciach, jeden po drugim.

2**Pokaz, 10 min**

Nauczyciel na projektorze otwiera edytor 3D i od razu mówi klasie, w którym wariantcie pracujecie: w przeglądarce, gdzie uczniowie wchodzi kodem klasy i pseudonimem bez zakładania własnych kont, albo w programie zainstalowanym na laptopach, jeśli szkolna sieć blokuje usługi zewnętrzne. Buduje od zera prostą zawieszkę: bryła 40 na 20 na 4 mm, otwór o średnicy 5 mm przy krawędzi, zaokrąglony róg. Nazywa na głos trzy ograniczenia druku: warstwa ma zwykle 0,2 mm, więc przedmiot powstaje jako stos warstw i najłatwiej pęka wzdłuż tych warstw; ścianka cieńsza niż 2 mm w szkolnym wydruku łamie się w palcach; nawis odchylony od pionu bardziej niż o 45 stopni trzeba podeprzeć, a podpory wydłużają druk i zostawiają ślad na powierzchni. Potem eksportuje model do pliku STL, otwiera go w programie tnącym, pokazuje podgląd warstw, miejsce z podporami oraz dwie liczby, które uczniowie mają dziś odczytać: przewidywany czas druku i zużycie filamentu. Na koniec podchodzi z klasą do drukarki, ale nikt jej nie dotyka. Nauczyciel wskazuje dyszę, która przy filamencie PLA nagrzewa się do około 200 stopni Celsjusza, oraz stół grzejący do około 60 stopni, i ustala zasadę obowiązującą do końca roku: przy pracującej drukarce nie sięgamy do środka, nie dotykamy dyszy ani stołu, nie przesuwamy głowicy ręką, a gotowy wydruk zdejmujemy nauczyciel po ostygnięciu.

3**Praca uczniów, 20 min**

Uczniowie pracują w parach na jednym laptopie i wybierają jeden z trzech przedmiotów: zawieszkę do plecaka z otworem na karabińczyk, uchwyt na kabel przyklejany do blatu albo podstawkę pod telefon. Obowiązują cztery ograniczenia zapisane na tablicy: cały przedmiot mieści się w pudełku 60 na 60 na 20 mm, żadna ścianka nie jest cieńsza niż 2 mm, otwory mają co najmniej 4 mm średnicy, a nawisy nie przekraczają 45 stopni, więc model ma się wydrukować bez podpór. Para mierzy linijką to, co przedmiot ma obsłużyć, na przykład grubość blatu albo szerokość kabla, i zapisuje wymiar w karcie pracy, zanim zacznie rysować. Gotowy model eksportuje do pliku STL o nazwie złożonej z nazwy klasy i nazwisk pary, wgrywa go na stanowisko z programem tnącym i odczytuje czas druku oraz zużycie filamentu. Jeśli czas przekracza 30 minut, para zmniejsza wypełnienie albo rozmiar przedmiotu i zapisuje obie wartości, przed zmianą i po zmianie. Nauczyciel chodzi po sali i pilnuje głównie dwóch rzeczy: żeby nikt nie projektował przedmiotu większego niż podane pudełko 60 na 60 na 20 mm i żeby każda para faktycznie odczytała czas druku, a nie zgadywała.

4

Sprawdzenie, 5 min

Trzy pary pokazują klasie podgląd warstw swojego modelu i odpowiadają na dwa pytania: w którym miejscu ten przedmiot pęknie najszybciej i czy program tnący dodał podpory. Nauczyciel zbiera wszystkie pliki STL do jednego folderu na stanowisku nauczyciela, sprawdza na szybko, czy nazwy plików są czytelne, i ustala kolejność drukowania, zaczynając od modeli o najkrótszym czasie, żeby na kolejnej lekcji gotowych wydruków było jak najwięcej.

5

Podsumowanie, 5 min

Nauczyciel wraca do trzech hipotez z początku lekcji i pyta, które okazały się trafne po tym, co klasa zobaczyła w podglądzie warstw. Formułuje wniosek: drukarka nie wykonuje tego, co wygląda ładnie na ekranie, tylko to, co da się ułożyć warstwa po warstwie na stole, dlatego wymiary i nawisy planuje się przed rysowaniem, a nie po nieudanym wydruku. Powtarza dwie rzeczy organizacyjne: wydruki ruszają po lekcji i jedna drukarka drukuje modele kolejno, więc wyniki będą pojawiały się przez kilka dni, oraz przy pracującej maszynie nikt niczego nie dotyka. Zapowiada, że na kolejnej lekcji klasa obejrzy własne wydruki, porówna je z projektem na ekranie i policzy, co faktycznie wyszło w wymiarze.

Do powiedzenia na głos

„Drukarka nie robi tego, co narysowaliście. Robi to, co da się ułożyć warstwa po warstwie, od stołu do góry.”

„Dzisiaj nikt nie wychodzi z wydrukiem. Wychodziecie z plikiem i z odczytanym czasem druku, bo druk trwa dłużej niż nasza lekcja.”

„Ścianka cieńsza niż 2 mm złamie się wam w palcach po dwóch dniach w plecaku. Sprawdźcie grubość, zanim wyeksportujecie plik.”

„Dysza ma około 200 stopni, stół około 60. Przy pracującej drukarce nie sięgamy do środka i nie dotykamy niczego, wydruk zdejmuję ją, gdy ostygnie.”

Typowe błędy uczniów i co z nimi zrobić

- Uczniowie podchodzą do pracującej drukarki, żeby zobaczyć z bliska albo poprawić palcem odklejający się róg wydruku. Ustalcie zasadę przed pierwszym uruchomieniem maszyny: dysza ma około 200 stopni Celsjusza, stół około 60, więc do środka nie sięga nikt, a wydruk zdejmuje nauczyciel po ostygnięciu. Wyznaczcie na podłodze linię, za

którą klasa ogląda pracę drukarki.

- Uczniowie projektują przedmiot, który wygląda dobrze na ekranie, ale ma ściankę o grubości pół milimetra albo cienki haczyk. Wymagajcie zmierzenia grubości w programie przed eksportem i trzymajcie próg 2 mm. Pomaga pokazanie złamanego wydruku z pierwszego etapu lekcji.
- Uczniowie nie mierzą niczego linijką i projektują otwór na oko, więc karabińczyk albo kabel się nie mieści. Wprowadźcie kolejność: najpierw pomiar i zapis wymiaru w karcie pracy, potem rysowanie, a do wymiaru otworu zawsze dodajcie około 0,5 mm luzu.
- Uczniowie robią model wielkości pudełka po butach i cieszą się efektem, a program tnący pokazuje kilkanaście godzin druku. Trzymajcie limit 60 na 60 na 20 mm i próg 30 minut druku, a przekroczenie traktujcie jako zadanie do poprawy, nie jako porażkę.
- Uczniowie kończą na ładnym modelu i nie eksportują pliku ani nie odczytują czasu druku, więc z lekcji nie zostaje nic do wydrukowania. Wynikiem lekcji jest plik STL w folderze klasy plus dwie liczby w karcie pracy, i tak to zapowiedzcie na starcie.

Warianty lekcji

Bez sprzętu i internetu

Klasa projektuje ten sam przedmiot na kratkowanym papierze i składa go z warstw. Każda para rysuje przedmiot z trzech stron w skali 1 do 1, a potem wycina z papieru kolejne przekroje poziome, po jednym na każde 5 mm wysokości, i skleja je jeden na drugim. Ten stos zachowuje się dokładnie tak jak wydruk: gdy kolejna warstwa wystaje poza poprzednią o więcej niż wynosi jej wysokość, czyli tu o więcej niż 5 mm, nie ma się na czym oprzeć i opada. To jest dokładnie zasada 45 stopni przeniesiona na papier, więc widać, gdzie potrzebne byłyby podpory. Na koniec pary liczą przybliżony czas druku z prostego założenia zapisanego na tablicy, na przykład jedna warstwa to jedna minuta, i porównują, który projekt byłby najszybszy. Wniosek jest ten sam co przy drukarce: kształt trzeba zaplanować pod sposób powstawania przedmiotu, a nie odwrotnie.

Dla szybszych uczniów

Para projektuje przedmiot z dwóch części, które mają do siebie pasować, na przykład pudełko i wsuwane wieczko albo uchwyt i zatyczkę. Musi samodzielnie dobrać luz między częściami, zwykle od 0,2 do 0,5 mm, i opisać w dwóch zdaniach, co się stanie przy luzie zerowym, a co przy luzie 2 mm. Dodatkowo para porównuje w programie tnącym czas druku tego samego modelu ustawionego na stole na dwa sposoby, płasko i na sztorc, i zapisuje, które ustawienie jest szybsze oraz przy którym przedmiot będzie wytrzymalszy.

Przy trudnościach

Uczeń dostaje od nauczyciela gotowy model zawieszki z jednym otworem i zmienia w nim tylko dwie rzeczy: długość oraz średnicę otworu, tak żeby pasował do jego własnego karabińczyka albo sznurka zmierzonego linijką. Nie projektuje bryły od zera. Wypełnia trzy pierwsze zadania karty pracy zamiast pięciu, a przy ocenie nawisów korzysta z gotowej listy podpowiedzi: ścianka pionowa jest bezpieczna, dach pochylony łagodnie jest bezpieczny, półka stercząca w bok wymaga podpory.

Kryteria oceny

Trzy poziomy dla każdej umiejętności. Opis mówi, co uczeń pokazuje, a nie ile punktów dostaje.

UMIEJĘTNOŚĆ	PODSTAWOWY	DOBRY	BARDZO DOBRY
Projekt przedmiotu pod ograniczenia druku warstwowego	Uczeń projektuje z pomocą gotowego modelu albo nauczyciela przedmiot mieszczący się w limicie 60 na 60 na 20 mm, wpisuje w karcie pracy wymiar z pomiaru linijką i poprawnie odpowiada, że ścianka poniżej 2 mm pęka, nawet jeśli w modelu takie miejsce zostało.	Uczeń samodzielnie projektuje jeden z trzech przedmiotów od zera, wszystkie ścianki mają co najmniej 2 mm, otwór ma wymiar z pomiaru plus luz około 0,5 mm, a w karcie pracy wskazuje miejsce z nawisem i proponuje, jak je zmienić.	Uczeń projektuje przedmiot, który program tnący przyjmuje bez podpór za pierwszym razem, sam decyduje o ustawieniu modelu na stole ze względu na kierunek obciążenia, na przykład zawieszka płasko, żeby haczyk nie pękł wzdłuż warstw, i potrafi to uzasadnić przy podglądzie warstw na forum klasy.

UMIEJĘTNOŚĆ	PODSTAWOWY	DOBRY	BARDZO DOBRY
Przygotowanie pliku do druku i bezpieczna praca przy drukarce	Uczeń z pomocą nauczyciela eksportuje model do pliku STL, wczytuje go do programu tnącego i odczytuje czas druku, a zapytany o drukarkę mówi, że dysza i stół są gorące i że nie wolno sięgać do środka.	Uczeń samodzielnie eksportuje plik STL pod poprawną nazwą do folderu klasy, odczytuje czas druku i zużycie filamentu, a przy czasie powyżej 30 minut zmniejsza wypełnienie albo rozmiar i zapisuje obie wartości. Wymienia bez podpowiedzi zasady przy pracującej drukarce, w tym to, że wydruk zdejmuje nauczyciel po ostygnięciu.	Uczeń tłumaczy różnicę między plikiem STL a wynikiem programu tnącego, przewiduje przed cięciem, która zmiana skróci druk najbardziej, sprawdza to jedną zmianą naraz i podaje jej koszt, na przykład słabszy przedmiot. W sytuacji odklejającego się rogu wydruku reaguje zgłoszeniem nauczycielowi i potrafi wyjaśnić koledze, dlaczego nie dociska go palcem.

Pytania do dyskusji

Na podsumowanie lekcji. Nie mają jednej poprawnej odpowiedzi, chodzi o uzasadnienie.

1. Gdybyście mieli w sali pięć drukarek zamiast jednej, co zmieniłoby się w tym, jak projektujecie, a co zostałyby dokładnie takie samo?
2. Który przedmiot z Waszego domu wolelibyście wydrukować, a który kupić, i po czym to rozstrzygacie: po cenie, czasie, wytrzymałości czy po tym, że nikt takiego nie sprzedaje?
3. Podpory, mniejsze wypełnienie, cieńsze ścianki: każdy skrót w druku coś kosztuje. Kiedy warto zapłacić dłuższym drukiem za mocniejszy przedmiot, a kiedy szkoda czasu maszyny?

Częste pytania uczniów

Skoro drukarka jest jedna, to kiedy zobaczę swój wydruk?

Drukowanie ruszy po lekcji i pójdzie kolejno, model po modelu. Mały przedmiot to zwykle od kilkunastu do kilkudziesięciu minut, więc cała klasa zmieści się w kilku dniach. Dlatego dziś oddajesz plik, a wydruk odbierasz na kolejnych zajęciach.

Po co komu podpory, skoro brzydko wyglądają i wydłużają druk?

Drukarka kładzie plastik na tym, co już jest pod spodem. Jeśli nad pustką ma powstać nawis odchylony od pionu bardziej niż o 45 stopni, materiał nie ma się na czym oprzeć i obwisa. Podpory są tymczasowym rusztowaniem, które potem się odłamuje. Na tej lekcji lepiej jednak zaprojektować przedmiot tak, żeby podpory nie były potrzebne.

Czy mogę zrobić model w domu i przynieść go na pendrive?

Tak, o ile przyniesiesz plik STL i zmieścisz się w tych samych ograniczeniach: 60 na 60 na 20 mm, ścianka od 2 mm, bez nawisów powyżej 45 stopni. Czas druku i tak sprawdzimy wspólnie w programie tnącym, bo to on decyduje, czy model wchodzi do kolejki.

Mini projekt na kolejne lekcje

Na 2 do 3 kolejne lekcje albo na kółko. Buduje na tym, co uczniowie zrobili na tej lekcji.

Organizer na biurko z części, które do siebie pasują

Projekt na dwie do trzech kolejnych lekcji albo na kółko. Każda para projektuje jeden moduł organizera na biurko: kubek na ołówki, tackę na spinacze, podstawkę pod telefon albo uchwyt na kabel. Moduły mają wspólny wymiar podstawy 60 na 60 mm i wspólne wypustki oraz wcięcia na bokach, tak żeby dało się je zestawić w jedną całość jak klocki. Projekt buduje na tej lekcji: te same cztery ograniczenia, ten sam próg 30 minut na moduł, ta sama kolejka do jednej drukarki. Nowe jest to, że wymiar pary musi pasować do wymiaru innej pary, więc klasa uzgadnia luz między wypustką a wcięciem i sprawdza go na pierwszym wydrukowanym module, zanim wydrukuje resztę.

1. Lekcja druga: klasa ustala wspólny standard, czyli wymiar podstawy, kształt i rozmiar wypustki oraz wcięcia, luz między nimi od 0,2 do 0,5 mm. Nauczyciel drukuje po lekcji jeden próbny moduł z wypustką i jeden z wcięciem, wybrane z najkrótszych czasów druku.
 2. Lekcja trzecia: klasa sprawdza na próbnym wydruku, czy części wchodzą w siebie, mierzy luz suwmiarką albo linijką i poprawia standard. Każda para projektuje własny moduł według poprawionego standardu, eksportuje STL i odczytuje czas druku.
 3. Między lekcjami: nauczyciel drukuje moduły w kolejce od najkrótszych, po jednym do trzech dziennie, i zapisuje przy każdym rzeczywisty czas druku obok przewidywanego.
 4. Lekcja czwarta albo kółko: klasa składa organizera, porównuje przewidywany i rzeczywisty czas druku oraz projekt z wydrukiem w wymiarze, a pary, których moduł nie pasuje, opisują w dwóch zdaniach, co poprawią w luzie albo w ustawieniu na stole.
- Co powstaje na końcu: Jeden fizyczny organizera na biurko nauczyciela albo do biblioteki, złożony z modułów całej klasy, plus tabela z przewidywanym i rzeczywistym czasem druku każdego modułu.

PREZENTACJA NA TABLICĘ

Pierwszy własny model do druku 3D

Slajdów: 9. Notatka pod slajdem jest dla nauczyciela, uczniowie nie widzą jej na tablicy.

SLAJD 1

Jak powstaje wydruk 3D

- Drukarka kładzie stopiony plastik warstwa po warstwie
- Typowa warstwa ma 0,2 mm
- Przedmiot rośnie od stołu do góry

NOTATKA DLA NAUCZYCIELA

Powiedzcie od razu, że to nie jest rzeźbienie z bryły ani odlew. Cała reszta lekcji wynika z tego, że przedmiot powstaje warstwami.

SLAJD 2

Zasada 45 stopni

- Nowa warstwa musi mieć na czym się oprzeć
- Nawis powyżej 45 stopni od pionu obwisa
- Podpory pomagają, ale wydłużają druk

NOTATKA DLA NAUCZYCIELA

Pokażcie to dłonią w powietrzu, a potem na podglądzie warstw. To pojęcie wraca w każdej kolejnej lekcji o druku.

SLAJD 3

Gdzie wydruk pęka

- Najłabsze jest połączenie między warstwami
- Cienka ścianka łamie się w palcach
- Grubość od 2 mm to bezpieczne minimum

NOTATKA DLA NAUCZYCIELA

Mieście pod ręką złamany wydruk. Pokazanie pęknięcia biegnącego wzdłuż warstw działa lepiej niż każde zdanie.

SLAJD 4

Wymiary zanim narysujesz

- Zmierz linijką to, co przedmiot ma obsłużyć
- Do otworu dodaj około 0,5 mm luzu
- Limit na dziś to 60 na 60 na 20 mm

NOTATKA DLA NAUCZYCIELA

Bez tego slajdu połowa klasy zaprojektuje otwór na oko i wydruk nie wejdzie na karabińczyk.

SLAJD 5

Od modelu do pliku

- Model eksportujesz do pliku STL
- Program tnący zamienia go na ścieżki dla drukarki
- Stamtąd odczytujesz czas druku i zużycie filamentu

NOTATKA DLA NAUCZYCIELA

Pokażcie na żywo oba kroki. Uczniowie mają zobaczyć, że plik STL to jeszcze nie jest to, co rozumie drukarka.

SLAJD 6

Co skraca czas druku

- Mniejszy przedmiot drukuje się krócej
- Wypełnienie 15 procent wystarczy w szkole
- Brak podpór oszczędza czas i materiał

NOTATKA DLA NAUCZYCIELA

Ustalcie próg 30 minut na model. Bez progu klasa zaprojektuje więcej, niż drukarka zdąży zrobić do końca miesiąca.

SLAJD 7

Bezpieczeństwo przy drukarce

- Dysza ma około 200 stopni Celsjusza
- Stół grzeje do około 60 stopni
- Przy pracującej maszynie nie dotykamy niczego

NOTATKA DLA NAUCZYCIELA

Ten slajd omawiacie przy samej drukarce, ale bez sięgania do środka. Wydruk zdejmuje nauczyciel po ostygnięciu.

SLAJD 8

Jedna drukarka, jedna kolejka

- Druk trwa dłużej niż lekcja
- Dzisiaj oddajecie plik, nie wydruk
- Modele drukują się kolejno po zajęciach

NOTATKA DLA NAUCZYCIELA

Powiedzcie to na początku i powtórzcie na końcu. Klasa, która spodziewa się wydruku na dzwonek, wychodzi rozczarowana bez powodu.

SLAJD 9

Zapamiętaj z tej lekcji

- Kształt planuje się pod sposób powstawania przedmiotu
- Wymiary biorą się z pomiaru, nie z oka
- Plik i czas druku to wynik dzisiejszej pracy

NOTATKA DLA NAUCZYCIELA

Poproście dwie pary o powtórzenie tych trzech zdań własnymi słowami przed dzwonkiem.

KARTA PRACY DO DRUKU

Pierwszy własny model do druku 3D

Imię ucznia: Klasa: Data:

Zaprojektujesz dziś przedmiot, którego naprawdę użyjesz, i przygotujesz z niego plik gotowy do wydruku. Wydruk powstanie po lekcji, bo drukarka jest jedna i pracuje dłużej niż nasze 45 minut, więc dziś Twoim wynikiem jest plik oraz odczytany czas druku.

1

Wybierz przedmiot: zawieszka do plecaka, uchwyt na kabel albo podstawka pod telefon. Zmierz linijką to, co ten przedmiot ma obsłużyć, i zapisz wymiar w milimetrach.

Wskazówka: Mierz to, co realnie istnieje: grubość blatu, średnicę kabla, szerokość karabińczyka. Do średnicy otworu dodaj później około 0,5 mm luzu, inaczej nic się nie wsunie.

2

Zapisz trzy wymiary swojego projektu: długość, szerokość i wysokość, oraz grubość najcieńszej ścianki.

Wskazówka: Całość ma się zmieścić w 60 na 60 na 20 mm, a najcieńsza ścianka nie może zejść poniżej 2 mm.

3

Znajdź w swoim modelu miejsce, które wystaje nad pustką, i oceń, czy odchyła się od pionu bardziej niż o 45 stopni. Zapisz, gdzie to miejsce jest i jak je zmienisz, żeby obyło się bez podpór.

Wskazówka: Najczęściej chodzi o półkę sterczącą w bok albo o poziomy daszek. Zwykle wystarczy pochylić ścianę albo obrócić przedmiot na stole.

4

Wyeksportuj model do pliku STL, wczytaj go do programu tnącego i zapisz dwie liczby: przewidywany czas druku i zużycie filamentu.

Wskazówka: Nazwij plik tak, żeby dało się go rozpoznać w folderze klasy, czyli klasa i nazwiska pary. Obie liczby pojawią się po naciśnięciu przycisku cięcia modelu, w PrusaSlicerze i w Curze podpisanego Potnij albo Slice.

5

Jeśli czas druku przekracza 30 minut, zmniejsz wypełnienie albo rozmiar przedmiotu i zapisz nowy czas obok starego. Dopisz jednym zdaniem, co dokładnie zmieniłeś.

Wskazówka: Zmieniaj jedną rzecz naraz, inaczej nie dowiesz się, co skróciło druk. Wypełnienie 15 procent w zupełności wystarcza na szkolny przedmiot.

MATERIAŁY DLA UCZNIA

Pierwszy własny model do druku 3D

Czego się nauczysz

Projekt przedmiotu pod ograniczenia druku warstwowego

Projektujesz prosty przedmiot użytkowy z podanymi wymiarami i sam sprawdzasz, czy da się go wydrukować bez podpór i czy się nie złamie.

Przygotowanie pliku do druku i bezpieczna praca przy drukarce

Eksportujesz model do pliku, wczytujesz go do programu tnącego, odczytujesz czas druku i wiesz, czego przy pracującej drukarce nie wolno dotykać.

Drukarka 3D nie wycina przedmiotu z bryły i nie odlewa go w formie. Układa go z cienkich warstw plastiku, jedna na drugiej, zaczynając od stołu. Z tego materiału dowiesz się, jak zaprojektować przedmiot, który da się w ten sposób zbudować, jak przygotować z niego plik i dlaczego lekcja kończy się na pliku, a nie na gotowym wydruku w ręce.

Przedmiot powstaje warstwa po warstwie

Głowica drukarki podgrzewa plastikową żyłkę, zwaną filamentem, i wyciska ją przez dyszę cienkim strumieniem. Ten strumień układa się na stole w płaski rysunek. Potem głowica podnosi się o jedną wysokość warstwy, zwykle o 0,2 mm, i rysuje kolejny kształt na poprzednim. Twój przedmiot to stos takich rysunków, a im jest wyższy, tym więcej warstw trzeba ułożyć.

Z tego biorą się dwie rzeczy, które zaskakują przy pierwszym własnym modelu. Pierwsza: czas druku zależy nie od tego, jak skomplikowany wydaje się kształt, tylko od tego, ile materiału trzeba ułożyć. Druga: przedmiot nie jest jednolitą bryłą, tylko sklejonymi ze sobą warstwami, więc najłatwiej pęka właśnie na ich połączeniu, jak paczka naleśników rozrywana od boku.

Dlatego zanim narysujesz cokolwiek, warto zapytać samego siebie, jak ten przedmiot będzie rósł od stołu do góry i w którą stronę będzie później ciągnięty albo naciskany. Zawieszka, która wisi na karabińczyku, powinna mieć warstwy ułożone tak, żeby ciężar ich od siebie nie odrywał. Najprostszy sposób to położyć zawieszke płasko na stole drukarki. Wtedy każda warstwa ma kształt całej zawieszki razem z haczykiem, a siła ciągnie wzdłuż warstwy, w jej płaszczyźnie, zamiast rozklejać warstwy jedna od drugiej. Haczyk zbudowany na sztorc, z wielu małych warstw ułożonych jedna na drugiej, odłamie się na

pierwszym połączeniu.

SPRÓBUJ SAM

Weź kartkę i ołówek. Narysuj z boku przedmiot, który chcesz zaprojektować, a potem poziomymi kreskami co 2 mm podziel go na warstwy. Policz kreski. Teraz narysuj ten sam przedmiot obrócony o 90 stopni i znów policz kreski. Zapisz, które ustawienie ma mniej warstw i w którym ciężar użytkownika ciągnie wzdłuż warstw, w ich płaszczyźnie, zamiast odrywać je od siebie.

Zasada 45 stopni i podpory

Świeżo wyciśnięty plastik jest miękki i musi od razu na czymś usiąść. Jeżeli kolejna warstwa wystaje poza poprzednią tylko trochę, poprzednia ją utrzyma. Jeżeli wystaje mocno, plastik obwisa i zamiast gładkiej powierzchni powstaje pajęczyna. Granicę, którą stosuje się w praktyce, nazywa się zasadą 45 stopni: nawis odchylony od pionu bardziej niż o 45 stopni trzeba podeprzeć.

Programy do przygotowania druku potrafią dobudować podpory, czyli cienkie tymczasowe rusztowanie, które po wydruku się odłamuje. Podpory ratują skomplikowane modele, ale mają trzy koszty: zużywają materiał, wydłużają czas druku i zostawiają szorstki ślad na powierzchni, którą podpierały. Przy pierwszym własnym przedmiocie najlepszą strategią jest zaprojektowanie go tak, żeby podpory w ogóle nie były potrzebne.

Sposobów jest kilka i wszystkie są proste. Możesz obrócić przedmiot na stole, na przykład położyć go płasko zamiast stawiać na sztorc. Możesz zamienić poziomy daszek na ścianę pochyloną łagodnie. Możesz zamienić okrągły otwór w pionowej ścianie na otwór w kształcie kropli albo po prostu przenieść go tam, gdzie drukuje się poziomo. Każda z tych zmian jest tańsza niż walka z podporami.

SPRÓBUJ SAM

Wyjmij z plecaka coś prostego, na przykład gumkę do ścierania albo pudełko na okulary. Ustaw to na stole i zastanów się, jak drukarka budowałaby ten kształt od dołu. Wskaż palcem miejsce, które wisiałoby nad pustką. Potem obróć przedmiot tak, żeby tego miejsca nie było, i zapisz jednym zdaniem, jak go ustawiłeś.

Wymiary bierze się z pomiaru, nie z oka

Najczęstszy powód, dla którego pierwszy wydruk do niczego nie pasuje, nie ma nic wspólnego z drukarką. Po prostu ktoś narysował otwór na oko. Model na ekranie wygląda przekonująco w każdej skali, bo możesz go dowolnie przybliżać, więc oko nie jest tu żadnym doradcą. Jedynym sensownym początkiem projektu jest linijka.

Zmierz to, co przedmiot ma obsługiwać: grubość blatu, na którym ma siedzieć uchwyt, średnicę kabla, szerokość karabińczyka, grubość telefonu w etui. Zapisz liczbę w milimetrach, bo w milimetrach będziesz projektować. Dopiero potem zacznij rysować bryłę i wpisyj konkretne wymiary, zamiast ciągnąć kształt myszką, aż wyda się odpowiedni.

Do każdego miejsca, w którym coś ma się wsunąć, dodaj luz, zwykle około 0,5 mm do średnicy otworu albo do szerokości szczeliny. Wydruk nigdy nie wychodzi idealnie co do dziesiątej części milimetra, a otwór wykonany dokładnie na wymiar kabla będzie za ciasny. Z drugiej strony luz kilku milimetrów sprawi, że wszystko będzie się obluzowywać i wypadać. Trzymaj też grubość ścianek na poziomie co najmniej 2 mm, bo cieńsze elementy w szkolnym wydruku łamią się przy normalnym używaniu.

SPRÓBUJ SAM

Zmierz linijką trzy rzeczy, których chcesz użyć w projekcie, i zapisz je w milimetrach w jednej linijce tekstu, na przykład blat 18 mm, kabel 4 mm, karabińczyk 8 mm. Do każdej dopisz drugą liczbę, czyli wymiar po dodaniu luzu. Te drugie liczby wpiszesz potem do modelu.

Od modelu do pliku, który rozumie drukarka

Gotowy model w edytorze 3D to jeszcze nie jest coś, co drukarka potrafi wykonać. Najpierw eksportujesz go do pliku STL. Taki plik opisuje sam kształt, czyli powierzchnię przedmiotu zbudowaną z trójkątów, i nic więcej. Nie ma w nim ani warstw, ani temperatury, ani informacji o tym, któredyś ma jechać głowica.

Drugi krok robi program tnący, po angielsku slicer, na przykład darmowy PrusaSlicer albo Ultimaker Cura. Wczytujesz do niego plik STL, ustawiasz wysokość warstwy, wypełnienie i to, czy mają powstać podpory, a program kroi model na warstwy i wylicza ścieżki ruchu głowicy. Dopiero wynik tej pracy trafia na drukarkę.

Przy okazji dostajesz dwie liczby, które warto czytać za każdym razem: przewidywany czas druku i zużycie filamentu. To one mówią, czy projekt jest realny. Podgląd warstw w programie tnącym pokazuje dodatkowo, w których miejscach dobudowały się podpory, więc od razu widać, czy zasada 45 stopni gdzieś została naruszona.

Wypełnienie to osobna ciekawostka. Wydruk nie jest w środku pełny, tylko przetykany siateczką. Dla szkolnego przedmiotu wystarcza około 15 procent, a podnoszenie tej wartości do 100 procent potrafi wydłużyć druk kilkukrotnie, nie dając w zamian niczego, co byś odczuł.

SPRÓBUJ SAM

Po wyeksportowaniu swojego modelu do pliku STL wczytaj go do programu tnącego i zapisz czas druku oraz zużycie filamentu. Potem zmień jedną rzecz, na przykład wypełnienie z 15 na 50 procent, potnij model jeszcze raz i zapisz nowe liczby obok starych. Porównaj obie pary i napisz jedno zdanie o tym, co ta zmiana kosztowała.

Jedna drukarka, kolejka i gorące elementy

W szkolnej sali stoi zwykle jedna drukarka, a druk nawet niewielkiego przedmiotu trwa od kilkunastu do kilkudziesięciu minut. Cała klasa, która projektuje po jednym modelu, zajmuje maszynie kilka dni pracy. Dlatego lekcja kończy się na pliku, a drukowanie rusza po zajęciach i idzie kolejno, model po modelu. To nie jest niedokończona lekcja, tylko normalny sposób pracy z tym sprzętem, także poza szkołą.

Drukarka w czasie pracy ma dwa gorące elementy. Dysza, przez którą wychodzi plastik, nagrzewa się przy filamencie PLA do około 200 stopni Celsjusza. Stół, na którym powstaje wydruk, grzeje do około 60 stopni. Oba wyglądają zupełnie zwyczajnie i nie świecą na czerwono, więc po samym wyglądzie nie poznasz, że parzą.

Zasada jest prosta i nie ma od niej wyjątków: przy pracującej drukarce nie sięgasz do środka, nie dotykasz dyszy ani stołu, nie przesuwasz głowicy ręką i nie poprawiasz palcem odklejającego się wydruku. Jeśli coś idzie nie tak, na przykład róg się odkleja albo plastik zaczyna zwijać się w kłębek, zgłaszasz to nauczycielowi. Gotowy wydruk zdejmuje nauczyciel, kiedy stół ostygnie, bo ciepły plastik jest jeszcze miękki i łatwo go zniekształcić.

SPRÓBUJ SAM

Zanim drukarka ruszy, przejdź w myślach przez trzy sytuacje i zapisz, co zrobisz w każdej z nich: pierwszy róg wydruku odkleja się od stołu, filament kończy się w połowie druku, wydruk jest gotowy i chcesz go zabrać. Przy każdej odpowiedzi sprawdź, czy nie pojawia się w niej Twoja ręka w środku maszyny.

Słowniczek

filament

Plastikowa żyłka nawinięta na szpulę, którą drukarka podgrzewa i wyciska przez dyszę. W szkole najczęściej używa się rodzaju PLA.

dysza

Metalowa końcówka głowicy z małym otworem, przez który wychodzi stopiony plastik. Przy pracy ma około 200 stopni Celsjusza.

warstwa

Jedna płaska porcja materiału ułożona na poprzedniej, zwykle o wysokości 0,2 mm. Przedmiot to stos warstw.

nawis

Fragment modelu wystający nad pustką, który nie ma pod sobą materiału z poprzedniej warstwy.

podpory

Tymczasowe rusztowanie dobudowane przez program pod nawisami, odłamywane po wydruku. Kosztują czas, materiał i gładkość powierzchni.

plik STL

Format zapisu samego kształtu przedmiotu, opisanego siatką trójkątów. Nie zawiera ustawień druku.

program tnący

Program, który kroi model na warstwy i wylicza ścieżki głowicy, na przykład PrusaSlicer albo Ultimaker Cura. Pokazuje też czas druku i zużycie filamentu.

wypełnienie

Siateczka wewnątrz wydruku zamiast litego plastiku. Dla szkolnego przedmiotu zwykle wystarcza około 15 procent.

Częste pomyłki

- Projektowanie na oko, bez zmierzenia czegokolwiek linijką. Otwór wygląda na ekranie dobrze, a potem karabińczyk się w niego nie mieści. Zacznij od pomiaru w milimetrach i dopiero potem rysuj.
- Otwór wykonany dokładnie na wymiar tego, co ma w niego wejść. Wydruk nigdy nie jest idealnie dokładny, więc dodawaj około 0,5 mm luzu, inaczej nic się nie wsunie.
- Cienkie, efektowne elementy, na przykład haczyk o grubości pół milimetra. Wydruk pęka wzdłuż warstw, więc wszystko poniżej 2 mm grubości złamie się przy zwykłym użytkowaniu.
- Projektowanie dużego przedmiotu, bo w edytorze nic to nie kosztuje. Program tnący pokaże wtedy kilka godzin druku, a drukarka w klasie jest jedna i ma kolejkę.
- Traktowanie podpór jako darmowego rozwiązania każdego nawisu. Podpory wydłużają druk, zużywają materiał i zostawiają ślad. Prościej jest obrócić model albo pochylić ścianę.

- Dotykanie pracującej drukarki, na przykład dociskanie odklejającego się rogu. Dysza ma około 200 stopni Celsjusza, a stół około 60, więc każdy problem zgłaszasz nauczycielowi, zamiast sięgać do środka.

Sprawdź, czy rozumiesz

1. Twoja zawieszka drukuje się 70 minut, a masz zmieścić się w 30. Wymień dwie zmiany, które skrócą druk, i powiedz, która z nich bardziej osłabi gotowy przedmiot.
2. Projektujesz uchwyt na kabel przyklejany pod blatem. W którą stronę ułożysz warstwy i dlaczego akurat tak, skoro wydruk jest najsłabszy na ich połączeniu?
3. Kolega mówi, że jego model nie potrzebuje podpór, bo program tnący ich nie dobudował. Jakie jedno pytanie o ustawienia zadasz, zanim mu uwierzysz?

Wyzwanie dla chętnych

PONAD PROGRAM

Zaprojektuj tę samą zawieszkę dwa razy: raz leżącą płasko na stole drukarki, raz stojącą na sztorc. Wczytaj obie wersje do programu tnącego i zapisz dla każdej czas druku, zużycie filamentu i to, czy pojawiły się podpory. Potem napisz trzy zdania: która wersja drukuje się szybciej, która będzie mocniejsza na haczyku i którą wybierasz do kolejki.

Jak sprawdzisz, że Ci wyszło: Wyszło Ci, jeśli obie liczby czasu różnią się od siebie i potrafisz powiedzieć, dlaczego, oraz jeśli w wersji na sztorc wskazałeś na podglądzie warstw miejsce, gdzie haczyk składa się z małych warstw ułożonych jedna na drugiej i dlatego pęknie pierwszy.

Zadanie do domu na trzy poziomy

Wybierz jeden poziom. Możesz zacząć od łatwego i wrócić po trudniejszy.

POZIOM: ŁATWE

Znajdź w domu trzy przedmioty z plastiku i przy każdym zapisz jedno zdanie: czy dałoby się go wydrukować od dołu do góry bez podpór, czy ma miejsce sterczące w bok nad pustką. Nie musisz niczego rysować, wystarczy obejrzeć przedmiot z każdej strony.

POZIOM: ŚREDNIE

Wybierz jeden drobiazg, którego Ci brakuje, na przykład uchwyt na ładowarkę albo zawieszkę do kluczy. Zmierz linijką wszystko, do czego ma pasować, zapisz wymiary w milimetrach z dodanym luzem i narysuj przedmiot z trzech stron na kratkowanym papierze w skali 1 do 1. Zaznacz najcieńsze miejsce i sprawdź, czy ma co najmniej 2 mm.

POZIOM: TRUDNE

Zrób zadanie średnie, a potem policz w przybliżeniu liczbę warstw swojego przedmiotu przy warstwie 0,2 mm w dwóch ustawieniach: płasko i na sztorc. Zapisz, które ustawienie ma mniej warstw, które ma mniej nawisów i które wybierasz, jeśli te dwie odpowiedzi się nie zgadzają. Jeśli masz dostęp do edytora 3D w domu, zbuduj model i przynieś plik STL na pendrive.

Samoocena

Zaznacz, co już potrafisz. To tylko dla Ciebie, nikt tego nie ocenia.

- ☐ Potrafię zmierzyć linijką to, co przedmiot ma obsłużyć, i wpisać do modelu wymiar w milimetrach z dodanym luzem około 0,5 mm.
- ☐ Potrafię wskazać w swoim modelu miejsce, które wystaje nad pustką, i zmienić kształt albo ustawienie przedmiotu tak, żeby obeszło się bez podpór.
- ☐ Potrafię wyeksportować model do pliku STL, wczytać go do programu tnącego i odczytać czas druku oraz zużycie filamentu.
- ☐ Potrafię powiedzieć, czego przy pracującej drukarce nie wolno dotykać, i wiem, że odklejający się róg wydruku zgłaszam nauczycielowi zamiast dociskać go palcem.

KARTKA DLA RODZICA

Pierwszy własny model do druku 3D

Szanowni Rodzice, dziecko miało dziś lekcję z Cyfrowej Pracowni. Poniżej w dwóch zdaniach, czego się nauczyło, i jedno pytanie, które możecie zadać przy kolacji.

Czego dziecko nauczyło się na tej lekcji

Wasze dziecko potrafi zaprojektować w darmowym programie prosty przedmiot, na przykład zawieszkę do plecaka albo uchwyt na kabel, tak żeby dało się go wydrukować na drukarce 3D bez podpór i żeby się nie złamał. Wie też, jak z takiego projektu zrobić plik dla drukarki i odczytać, ile minut zajmie druk.

Pytanie na kolację

Gdybyś miał wydrukować jedną rzecz, której brakuje w naszym domu, co by to było i co musiałbyś najpierw zmierzyć linijką?

Uwaga o bezpieczeństwie

Jeśli macie w domu drukarkę 3D albo dziecko korzysta z niej u znajomych, obowiązuje ta sama zasada co w szkole: dysza ma około 200 stopni Celsjusza, a stół około 60, więc przy pracującej maszynie nie sięga się do środka, a gotowy wydruk zdejmuje osoba dorosła po ostygnięciu, w przewietrzanym pomieszczeniu.

Zadanie domowe do wyboru

Dziecko wybiera jeden poziom. Każdy jest do zrobienia bez pomocy nauczyciela.

POZIOM: ŁATWE

Znajdź w domu trzy przedmioty z plastiku i przy każdym zapisz jedno zdanie: czy dałoby się go wydrukować od dołu do góry bez podpór, czy ma miejsce sterzące w bok nad pustką. Nie musisz niczego rysować, wystarczy obejrzeć przedmiot z każdej strony.

POZIOM: ŚREDNIE

Wybierz jeden drobiazg, którego Ci brakuje, na przykład uchwyt na ładowarkę albo zawieszkę do kluczy. Zmierz linijką wszystko, do czego ma pasować, zapisz wymiary w milimetrach z dodanym luzem i narysuj przedmiot z trzech stron na kratkowanym papierze w skali 1 do 1. Zaznacz najcieńsze miejsce i sprawdź, czy ma co najmniej 2 mm.

POZIOM: TRUDNE

Zrób zadanie średnie, a potem policz w przybliżeniu liczbę warstw swojego przedmiotu przy warstwie 0,2 mm w dwóch ustawieniach: płasko i na sztorc. Zapisz, które ustawienie ma mniej warstw, które ma mniej nawisów i które wybierasz, jeśli te dwie odpowiedzi się nie zgadzają. Jeśli masz dostęp do edytora 3D w domu, zbuduj model i przynieś plik STL na pendrive.

QUIZ DLA UCZNIA

Pierwszy własny model do druku 3D

Zaznacz jedną odpowiedź w każdym pytaniu. Wynik nigdzie się nie zapisuje.

- 1. Projektujesz podstawkę pod telefon. Jeden jej element to poziomy daszek sterzący w bok nad pustką. Co się z nim stanie podczas druku bez podpór?**

1 Z 10, POZIOM ROZSZERZONY

- ☐ A. Wydrukuje się normalnie, bo drukarka sama utrzyma plastik w powietrzu
- ☐ B. Obwiśnie, bo nowa warstwa nie ma na czym się oprzeć
- ☐ C. Drukarka pominie ten fragment i wydrukuje resztę
- ☐ D. Daszek wydrukuje się jako osobny przedmiot obok podstawki

- 2. Twoja zawieszka ma haczyk o grubości 0,8 mm. Co najpewniej się stanie po kilku dniach w plecaku?**

2 Z 10, POZIOM ROZSZERZONY

- ☐ A. Haczyk złamie się, bo ścianka jest za cienka jak na wydruk warstwowy
- ☐ B. Haczyk wygnie się i wróci do poprzedniego kształtu
- ☐ C. Nic się nie stanie, bo plastik z drukarki nie pęka
- ☐ D. Haczyk zrośnie się z resztą przedmiotu i stanie się grubszy

- 3. Skończyłeś model w edytorze 3D. Co musi się z nim jeszcze stać, zanim drukarka zacznie pracę?**

3 Z 10, POZIOM PODSTAWOWY

- ☐ A. Nic, drukarka otwiera projekt prosto z edytora
- ☐ B. Trzeba go wydrukować na papierze i zeskanować
- ☐ C. Trzeba go wyeksportować do pliku STL i przepuścić przez program tnący

- 4. Program tnący pokazuje czas druku 95 minut, a Ty masz zmieścić się w 30. Co zrobisz jako pierwsze?**

4 Z 10, POZIOM ROZSZERZONY

- ☐ A. Zmniejszę przedmiot i obniżę wypełnienie, a potem sprawdzę czas jeszcze raz
- ☐ B. Uruchomię druk mimo wszystko, bo drukarka i tak przyspieszy
- ☐ C. Zmienię nazwę pliku na krótszą
- ☐ D. Dodam podpory, bo z nimi druk idzie szybciej

5. Drukarka pracuje, a róg Twojego wydruku lekko odkleja się od stołu. Jak reagujesz?

5 Z 10, POZIOM ROZSZERZONY

- ☐ A. Dociskam róg palcem, póki plastik jest jeszcze miękki
- ☐ B. Wyjmuję wydruk i wkładam go z powrotem prosto
- ☐ C. Zgłaszam to nauczycielowi i nie dotykam drukarki
- ☐ D. Przesuwam głowicę ręką w inne miejsce

6. Projektujesz uchwyt na kabel. Zmierzyłeś linijką kabel i ma 4 mm średnicy. Jaką średnicę otworu wpiszesz do modelu?

6 Z 10, POZIOM ROZSZERZONY

- ☐ A. Dokładnie 4 mm, żeby kabel siedział sztywno
- ☐ B. Około 4,5 mm, czyli wymiar kabla plus luz
- ☐ C. Około 8 mm, żeby na pewno wszedł
- ☐ D. Około 3,5 mm, bo plastik po wydruku się rozciągnie

7. Który z tych elementów modelu wydrukuje się bez podpór tylko wtedy, gdy zmienisz jego kształt albo ustawienie?

7 Z 10, POZIOM PODSTAWOWY

- ☐ A. Pionowa ścianka
- ☐ B. Ściana pochylona o 30 stopni od pionu
- ☐ C. Pozioma półka sterzącą w bok nad pustką

8. Jaka jest najmniejsza grubość ścianki, którą stosujemy w szkolnych wydrukach, żeby przedmiot nie złamał się w palcach?

8 Z 10, POZIOM PODSTAWOWY

- ☐ A. 0,2 mm
- ☐ B. 0,5 mm
- ☐ C. 2 mm

9. Wczytałeś plik STL do programu tnącego i potnąłeś model. Które dwie liczby masz zapisać w karcie pracy?

9 Z 10, POZIOM PODSTAWOWY

- ☐ A. Rozmiar pliku i liczbę trójkątów w siatce
- ☐ B. Przewidywany czas druku i zużycie filamentu
- ☐ C. Temperaturę w sali i wilgotność powietrza

10. Drukarka skończyła Twój model i zatrzymała się. Kto i kiedy zdejmuje wydruk ze stołu?**10 Z 10, POZIOM PODSTAWOWY**

- ☐ **A.** Nauczyciel, gdy stół ostygnie
- ☐ **B.** Uczeń, którego to model, od razu po ostatniej warstwie
- ☐ **C.** Ktokolwiek stoi najbliżej, byle szybko, zanim plastik stwardnieje

QUIZ Z ODPOWIEDZIAMI

Pierwszy własny model do druku 3D

Wersja dla nauczyciela. Poprawna odpowiedź jest zaznaczona, pod każdym pytaniem jest wyjaśnienie.

- 1. Projektujesz podstawkę pod telefon. Jeden jej element to poziomy daszek sterzący w bok nad pustką. Co się z nim stanie podczas druku bez podpór?**

1 Z 10, POZIOM ROZSZERZONY

- ☐ A. Wydrukuje się normalnie, bo drukarka sama utrzyma plastik w powietrzu
- ☒ B. Obwiśnie, bo nowa warstwa nie ma na czym się oprzeć
- ☐ C. Drukarka pominie ten fragment i wydrukuje resztę
- ☐ D. Daszek wydrukuje się jako osobny przedmiot obok podstawki

Poprawna odpowiedź: B.

Drukarka kładzie plastik na tym, co już jest pod spodem, więc poziomy daszek nad pustką nie ma się na czym oprzeć i obwisa. Drukarka nie utrzyma plastiku w powietrzu, bo nie ma czym, nie pomija fragmentów modelu, bo drukuje wszystko, co jest w pliku, a osobny przedmiot powstałby tylko wtedy, gdybyś sam go tak zaprojektował.

Umiejętność: Projekt przedmiotu pod ograniczenia druku warstwowego

- 2. Twoja zawieszka ma haczyk o grubości 0,8 mm. Co najpewniej się stanie po kilku dniach w plecaku?**

2 Z 10, POZIOM ROZSZERZONY

- ☒ A. Haczyk złamie się, bo ścianka jest za cienka jak na wydruk warstwowy
- ☐ B. Haczyk wygnie się i wróci do poprzedniego kształtu
- ☐ C. Nic się nie stanie, bo plastik z drukarki nie pęka
- ☐ D. Haczyk zrośnie się z resztą przedmiotu i stanie się grubszy

Poprawna odpowiedź: A.

Wydruk jest najstabszy na połączeniu warstw, więc ścianka cieńsza niż 2 mm łamie się przy zwykłym używaniu, a 0,8 mm to zaledwie dwie ścieżki dyszy obok siebie. PLA nie wraca do kształtu po wygięciu, bo jest sztywny i kruchy, plastik z drukarki jak najbardziej pęka, a przedmiot po wydruku już nie rośnie ani się nie zrasta.

Umiejętność: Projekt przedmiotu pod ograniczenia druku warstwowego

3. Skończyłeś model w edytorze 3D. Co musi się z nim jeszcze stać, zanim drukarka zacznie pracę?

3 Z 10, POZIOM PODSTAWOWY

- ☐ A. Nic, drukarka otwiera projekt prosto z edytora
- ☐ B. Trzeba go wydrukować na papierze i zeskanować
- ☒ C. Trzeba go wyeksportować do pliku STL i przepuścić przez program tnący

Poprawna odpowiedź: C.

Drukarka nie rozumie samego kształtu, potrzebuje ścieżek warstwa po warstwie, a te wylicza program tnący z pliku STL. Edytor 3D nie steruje drukarką bezpośrednio, a papier i skaner nie mają z tym procesem nic wspólnego.

Umiejętność: Przygotowanie pliku do druku i bezpieczna praca przy drukarce

4. Program tnący pokazuje czas druku 95 minut, a Ty masz zmieścić się w 30. Co zrobisz jako pierwsze?

4 Z 10, POZIOM ROZSZERZONY

- ☒ A. Zmniejszę przedmiot i obniżę wypełnienie, a potem sprawdzę czas jeszcze raz
- ☐ B. Uruchomię druk mimo wszystko, bo drukarka i tak przyspieszy
- ☐ C. Zmienię nazwę pliku na krótszą
- ☐ D. Dodam podpory, bo z nimi druk idzie szybciej

Poprawna odpowiedź: A.

Czas druku zależy przede wszystkim od ilości materiału do ułożenia, więc mniejszy przedmiot i niższe wypełnienie skracają go najszybciej, a potem trzeba potnać model jeszcze raz, żeby zobaczyć nowy czas. Drukarka nie przyspieszy sama, nazwa pliku nie ma wpływu na czas, a podpory druk wydłużają, bo to dodatkowy materiał.

Umiejętność: Przygotowanie pliku do druku i bezpieczna praca przy drukarce

5. Drukarka pracuje, a róg Twojego wydruku lekko odkleja się od stołu. Jak reagujesz?

5 Z 10, POZIOM ROZSZERZONY

- ☐ A. Dociskam róg palcem, póki plastik jest jeszcze miękki
- ☐ B. Wyjmuję wydruk i wkładam go z powrotem prosto
- ☒ C. Zgłaszam to nauczycielowi i nie dotykam drukarki
- ☐ D. Przesuwam głowicę ręką w inne miejsce

Poprawna odpowiedź: C.

Dysza ma około 200 stopni Celsjusza, a stół około 60, więc przy pracującej maszynie uczeń nie sięga do środka i zgłasza problem nauczycielowi. Dociskanie palcem to dotykanie gorącego stołu tuż przy dyszy, wyjęcie wydruku w trakcie pracy niszczy go i grozi oparzeniem, a przesuwanie głowicy ręką może uszkodzić drukarkę i rozgrzaną dyszą trafić w dłoń.

Umiejętność: Przygotowanie pliku do druku i bezpieczna praca przy drukarce

6. Projektujesz uchwyt na kabel. Zmierzyłeś linijką kabel i ma 4 mm średnicy. Jaką średnicę otworu wpiszesz do modelu?

6 Z 10, POZIOM ROZSZERZONY

- ☐ A. Dokładnie 4 mm, żeby kabel siedział sztywno
- ☒ B. Około 4,5 mm, czyli wymiar kabla plus luz
- ☐ C. Około 8 mm, żeby na pewno wszedł
- ☐ D. Około 3,5 mm, bo plastik po wydruku się rozciągnie

Poprawna odpowiedź: B.

Wydruk nie wychodzi idealnie co do dziesiątej części milimetra, więc do zmierzonego wymiaru dodajesz około 0,5 mm luzu. Otwór dokładnie na wymiar będzie za ciasny i kabel się nie wsunie, 8 mm to luz 4 mm i kabel będzie z uchwytu wypadał, a otwór mniejszy od kabla nie wejdzie w ogóle, bo PLA się nie rozciąga.

Umiejętność: Projekt przedmiotu pod ograniczenia druku warstwowego

7. Który z tych elementów modelu wydrukuje się bez podpór tylko wtedy, gdy zmienisz jego kształt albo ustawienie?

7 Z 10, POZIOM PODSTAWOWY

- ☐ A. Pionowa ścianka
- ☐ B. Ściana pochylona o 30 stopni od pionu
- ☒ C. Pozioma półka sterzącą w bok nad pustką

Poprawna odpowiedź: C.

Pozioma półka nad pustką to nawis odchylony od pionu o 90 stopni, a bez podpór drukuje się tylko to, co odchyła się od pionu nie więcej niż o 45 stopni. Pionowa ścianka i ściana pochylona o 30 stopni mieszczą się w tej granicy, więc każda kolejna warstwa ma się na czym oprzeć.

Umiejętność: Projekt przedmiotu pod ograniczenia druku warstwowego

8. Jaka jest najmniejsza grubość ścianki, którą stosujemy w szkolnych wydrukach, żeby przedmiot nie złamał się w palcach?

8 Z 10, POZIOM PODSTAWOWY

- ☐ A. 0,2 mm
- ☐ B. 0,5 mm
- ☒ C. 2 mm

Poprawna odpowiedź: C.

Próg 2 mm daje ściance kilka ścieżek dyszy obok siebie i wytrzymuje zwykłe używanie. 0,2 mm to wysokość jednej warstwy, nie grubość ścianki, a 0,5 mm to nawet nie dwie ścieżki dyszy o średnicy 0,4 mm, więc taki element pęka od razu.

Umiejętność: Projekt przedmiotu pod ograniczenia druku warstwowego

9. Wczytałeś plik STL do programu tnącego i potnałeś model. Które dwie liczby masz zapisać w karcie pracy?

9 Z 10, POZIOM PODSTAWOWY

- ☐ A. Rozmiar pliku i liczbę trójkątów w siatce
- ☒ B. Przewidywany czas druku i zużycie filamentu
- ☐ C. Temperaturę w sali i wilgotność powietrza

Poprawna odpowiedź: B.

Czas druku i zużycie filamentu mówią, czy projekt jest realny i czy zmieści się w kolejce drukarki. Rozmiar pliku i liczba trójkątów opisują tylko sam plik STL, a temperatura i wilgotność sali nie pojawiają się w programie tnącym wcale.

Umiejętność: Przygotowanie pliku do druku i bezpieczna praca przy drukarce

10. Drukarka skończyła Twój model i zatrzymała się. Kto i kiedy zdejmuję wydruk ze stołu?

10 Z 10, POZIOM PODSTAWOWY

- ☒ A. Nauczyciel, gdy stół ostygnie
- ☐ B. Uczeń, którego to model, od razu po ostatniej warstwie
- ☐ C. Ktokolwiek stoi najbliżej, byle szybko, zanim plastik stwardnieje

Poprawna odpowiedź: A.

Stół po druku ma nadal około 60 stopni, a ciepły plastik jest miękki i łatwo go zniekształcić, dlatego wydruk zdejmuję nauczyciel po ostygnięciu. Uczeń sięgający od razu po ostatniej warstwie ryzykuje oparzenie o stół i dyszę, a zasada nie zależy od tego, kto stoi najbliżej. Stwardnienie plastiku po ostygnięciu jest dokładnie tym, na co czekamy.

Umiejętność: Przygotowanie pliku do druku i bezpieczna praca przy drukarce

SKRYPT WIDEO DLA NAUCZYCIELA

Pierwszy własny model do druku 3D

Nagranie powstaje na podstawie tego skryptu. Do czasu publikacji wideo możecie przeczytać skrypt przed lekcją.

0:00 DO 0:40

Przedstawiam cel lekcji dla nauczyciela. W 45 minut uczeń zaprojektuje prosty przedmiot użytkowy i odda plik gotowy do wydruku. Nie musicie umieć modelowania ani obsługiwać drukarki na poziomie technika. Musicie natomiast z góry ustawić klasie jedną rzecz: wydruku nie będzie na tej lekcji.

0:40 DO 1:30

Mówię o realiach sali. Drukarka jest jedna na całą klasę, a mały przedmiot drukuje się zwykle od kilkunastu do kilkudziesięciu minut. Piętnaście par to kilka dni pracy maszyny. Dlatego lekcja kończy się na pliku, a wydruki ruszają po zajęciach, w kolejce od najkrótszych. Zapowiedzcie to w pierwszej minucie, nie w ostatniej.

1:30 DO 2:30

Omawiam narzędzie. Uczniowie projektują w przeglądarce, bez zakładania własnych kont, bo to wy zakładacie klasę i wydajecie kod dostępu. Jeśli szkolna sieć blokuje usługi zewnętrzne, przechodźcie na program zainstalowany lokalnie na laptopach. Wariant zapasowy przygotujcie przed lekcją, a nie w trakcie, bo blokada ujawnia się dopiero przy pierwszym wejściu całej klasy naraz.

2:30 DO 3:40

Przechodzę przez pokaz. Budujecie na projektorze zawieszkę 40 na 20 na 4 mm z otworem 5 mm i nazywacie trzy ograniczenia: warstwa 0,2 mm, ścianka od 2 mm, nawis do 45 stopni. Potem eksport do pliku STL i program tnący z podglądem warstw. Zatrzymajcie się na dwóch liczbach, czasie druku i zużyciu filamentu, bo to je uczniowie mają dziś odczytać samodzielnie.

3:40 DO 4:40

Mówię o bezpieczeństwie. Do drukarki podchodzicie z klasą raz, na pokazie, i nikt jej nie dotyka. Dysza przy filamencie PLA ma około 200 stopni Celsjusza, stół około 60. Zasada brzmi: przy pracującej maszynie nie sięgamy do środka, nie dotykamy dyszy ani stołu, nie przesuwamy głowicy ręką, a gotowy wydruk zdejmuję nauczyciel po ostygnięciu. Wyznaczcie linię, zza której klasa ogląda pracę.

4:40 DO 5:40

Omawiam pracę uczniów. Pary wybierają jeden z trzech przedmiotów i trzymają się czterech ograniczeń: 60 na 60 na 20 mm, ścianka od 2 mm, otwór od 4 mm, nawisy do 45 stopni. Najczęstszy problem to projektowanie na oko. Wymagajcie pomiaru linijką i zapisu wymiaru w karcie pracy, zanim para narysuje pierwszą bryłę.

5:40 DO 6:30

Podpowiadam warianty. Parze, która skończy wcześniej, dajcie przedmiot z dwóch pasujących do siebie części i pytanie o luz między nimi. Uczniowi z trudnościami dajcie gotową zawieszkę do zmiany dwóch wymiarów. Bez sprzętu ta sama lekcja działa na kratkowanym papierze: przekroje co 5 mm, sklejone w stos, i od razu widać, gdzie warstwa nie ma się na czym oprzeć.

6:30 DO 7:00

Zamykam. Wynikiem lekcji nie jest wydruk w ręce ucznia, tylko plik STL w folderze klasy i dwie liczby w karcie pracy. Jeśli uczeń wychodzi z sali i mówi, że skrócił druk z 50 do 20 minut, bo zmniejszył przedmiot i obszedł się bez podpór, lekcja się udała.