

3Wymiary matematyki

Autorzy: Joanna Świercz, Sebastian Pontus

Lekcja 5:

Od czego zależy jakość wydruku? O drukarkach 3D i ich ustawieniach

Podczas zajęć uczniowie dowiedzą się więcej na temat materiałów i najważniejszych ustawień parametrów dotyczących druku 3D.

Cele zajęć:

Uczeń powinien:

- Wymienić podstawowe materiały używane w druku 3D z określeniem ich właściwości,
- Określić najważniejsze parametry druku – zależne od rodzaju materiału.

Materiały pomocnicze:

- komputery stacjonarne lub laptopy,
- bezpłatny program do drukarki 3D skonfigurowany z drukarką, np. CURA,
- drukarka 3D Creality CR6 – SE,
- Filament PLA Starter Rosa 3D w dowolnym kolorze.

Pojęcia kluczowe:

→ filament → wysokość warstwy → wypełnienie → ruch jałowy

Czas na realizację zajęć:

45 minut (1 godzina lekcyjna)

Metody pracy:

- prezentacja,
- wyszukiwanie informacji,
- ćwiczenia praktyczne.

Treści programowe (związek z podstawą programową)

Podstawa programowa kształcenia ogólnego dla szkół podstawowych – II etap edukacyjny – klasy IV–VIII, informatyka:

- I. Rozumienie, analizowanie i rozwiązywanie problemów. Uczeń:
 - 1) formułuje i zapisuje w postaci algorytmów polecenia składające się na:
 - a) sterowanie robotem lub obiektem na ekranie;
 - 2) w algorytmicznym rozwiązywaniu problemu wyróżnia podstawowe kroki: określenie problemu i celu do osiągnięcia, analiza sytuacji problemowej, opracowanie rozwiązania, sprawdzenie rozwiązania problemu dla przykładowych danych, zapisanie rozwiązania w postaci schematu lub programu.

- II. Programowanie i rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem komputera i innych urządzeń cyfrowych. Uczeń:
 - 1) gromadzi, porządkuje i selekcjonuje efekty swojej pracy oraz potrzebne zasoby w komputerze lub w innych urządzeniach, a także w środowiskach wirtualnych (w chmurze).
- III. Posługiwanie się komputerem, urządzeniami cyfrowymi i sieciami komputerowymi. Uczeń:
 - 1) opisuje funkcje podstawowych elementów komputera i urządzeń zewnętrznych
 - 2) wykorzystuje sieć komputerową (szkolną, sieć internet):
 - a) do wyszukiwania potrzebnych informacji i zasobów edukacyjnych, nawigując między stronami,
 - 3) organizuje swoje pliki w folderach umieszczonych lokalnie lub w sieci.
- IV. Rozwijanie kompetencji społecznych. Uczeń:
 - 1) respektuje zasadę równości w dostępie do technologii i do informacji, w tym w dostępie do komputerów w społeczności szkolnej;

- I. Rozumienie, analizowanie i rozwiązywanie problemów. Uczeń:
 - 1) prezentuje przykłady zastosowań informatyki w innych dziedzinach, w zakresie pojęć, obiektów oraz algorytmów
- II. Programowanie i rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem komputera i innych urządzeń cyfrowych. Uczeń:
 - 1) projektuje, tworzy i testuje oprogramowanie sterujące robotem lub innym obiektem na ekranie lub w rzeczywistości;
 - 2) korzystając z aplikacji komputerowych, przygotowuje dokumenty i prezentacje, także w chmurze, na użytek rozwiązywanych problemów i własnych prac z różnych dziedzin (przedmiotów), dostosowuje format i wygląd opracowań do ich treści i przeznaczenia, wykazując się przy tym umiejętnościami:
 - a) tworzenia estetycznych kompozycji graficznych: tworzy kolaże, wykonuje zdjęcia i poddaje je obróbce zgodnie z przeznaczeniem, nagrywa krótkie filmy oraz poddaje je podstawowej obróbce cyfrowej,



- 3) zapisuje efekty swojej pracy w różnych formatach i przygotowuje wydruki;
 - 4) wyszukuje w sieci informacje potrzebne do realizacji wykonywanego zadania, stosując złożone postaci zapytań i korzysta z zaawansowanych możliwości wyszukiwarek.
- III. Posługiwanie się komputerem, urządzeniami cyfrowymi i sieciami komputerowymi. Uczeń:
- 1) poprawnie posługuje się terminologią związaną z informatyką i technologią.
- IV. Rozwijanie kompetencji społecznych. Uczeń:
- 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;
- V. Przestrzeganie prawa i zasad bezpieczeństwa. Uczeń:
- 1) rozróżnia typy licencji na oprogramowanie oraz na zasoby w sieci.

Podstawa programowa kształcenia ogólnego dla szkół podstawowych – II etap edukacyjny – klasy IV–VIII; matematyka:

Treści nauczania – wymagania szczegółowe Klasy IV–VI

- I. Bryły. Uczeń:
- 1) rozpoznaje graniastosłupy proste, ostrosłupy, walce, stożki i kule w sytuacjach praktycznych i wskazuje te bryły wśród innych modeli brył;
 - 2) wskazuje wśród graniastosłupów prostopadłościany i sześciany i uzasadnia swój wybór

Treści nauczania – wymagania szczegółowe Klasy VII–VIII

- I. Wielokąty. Uczeń:
- 1) zna pojęcie wielokąta foremnego;
- II. Geometria przestrzenna. Uczeń:
- 1) rozpoznaje graniastosłupy i ostrosłupy – w tym proste i prawidłowe;
- III. Wprowadzenie do kombinatoryki i rachunku prawdopodobieństwa. Uczeń:
- 1) przeprowadza proste doświadczenia losowe, polegające na rzucie monetą, rzucie sześcienną kostką do gry, rzucie kostką wielościenną lub losowaniu kuli spośród zestawu kul, analizuje je i oblicza prawdopodobieństwa zdarzeń w doświadczeniach losowych

- IV. Proporcjonalność prosta. Uczeń:
- 1) podaje przykłady wielkości wprost proporcjonalnych;

Technika

- I. Kultura pracy. Uczeń:
- 1) dba o powierzone narzędzia i przybory;
 - 2) posługuje się nazewnictwem technicznym;
 - 3) jest świadomym i odpowiedzialnym użytkownikiem wytworów techniki;
 - 4) śledzi postęp techniczny oraz dostrzega i poznaje zmiany zachodzące w technice wokół niego;
- II. Inżynieria materiałowa:
- 1) rozpoznaje materiały konstrukcyjne (papier, drewno i materiały drewnopochodne, metale, tworzywa sztuczne, materiały włókiennicze, materiały kompozytowe, materiały elektrotechniczne) oraz elementy elektroniczne (rezystory, diody, tranzystory, kondensatory, cewki itp.);
 - 2) określa właściwości materiałów konstrukcyjnych i elementów elektronicznych;
 - 3) dokonuje wyboru materiału w zależności od charakteru pracy;
 - 4) racjonalnie gospodaruje różnorodnymi materiałami;
- III. Dokumentacja techniczna. Uczeń:
- 1) odczytuje i interpretuje informacje zamieszczone w instrukcjach obsługi urządzeń, na tabliczce znamionowej, opakowaniach żywności, metkach odzieżowych, elementach elektronicznych itp.;
- IV. Mechatronika. Uczeń:
- 1) wyjaśnia na przykładach prostych urządzeń zasady współdziałania elementów mechanicznych, elektrycznych i elektronicznych;
- V. Technologia wytwarzania:
- 1) bezpiecznie posługuje się narzędziami, przyborami i urządzeniami;
 - 2) reguluje urządzenia techniczne;

Przebieg zajęć

1. Wprowadzenie w tematykę i integracja grupy

Na początku nauczyciel dzieli uczniów na grupy i prosi, by w ramach przypomnienia opisali w grupie krok po kroku proces druku 3D „od idei do produktu”, na przykładzie prostego prostopadłościanu (np. kostki) (umiejętności nabyte podczas lekcji 3).

Dalej nauczyciel zapisuje na tablicy pojęcia:

- PLA
- ABS
- PET-G

Tłumaczy, że są to nazwy tworzyw sztucznych, z których produkuje się filamenty. Prosi, by korzystając z wyszukiwarki internetowej, uczniowie w grupach znaleźli informacje dotyczące tych materiałów i uzupełnili tabelę w karcie pracy (Załącznik 1, tab. 1).

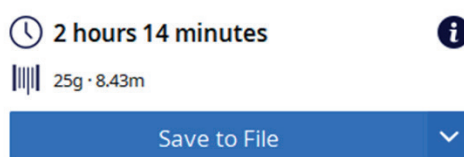
Prosi też, by pod spodem wypisali inne typy filamentów, które znaleźli podczas wyszukiwania. Po upływie ok. 5 minut uczniowie wraz z nauczycielem podsumowują pracę.

2. Część zasadnicza

Nauczyciel prosi, by uczniowie wrócili do sześcianów, które tworzyli podczas lekcji 3 i ponownie otworzyli je w aplikacji.

Następnie prosi, by przygotowali je raz jeszcze do druku wg utrwalonej wcześniej procedury.

Dalej, po „pocięciu” (ang. Slice) materiału prosi, by uczniowie zobaczyli w prawym dolnym rogu informacje dotyczące materiału przygotowanego do druku, tj. czas druku, waga wykorzystanego materiału, długość filamentu.



Kolejno prosi, by w ustawieniach wyszukali Parametr: Quality → Layer height. Sprawdzili jego wartość i zmienili parametr na 0,3 cm. Przed zatwierdzeniem jego zmiany prosi, by uczniowie zastanowili się, jak ta zmiana wpłynie na czas potrzebny na wydruk oraz na zużycie filamentu. Następnie sprawdzają, jak faktycznie zmieniły się wartości po pocięciu.

Wysokość warstwy to parametr, który określa **wysokość jednego „poziomu”**. Im warstwa ma większą wysokość, tym mniej warstw składa się na cały obiekt. W związku z tym obiekt będzie wydrukowany szybciej. Warto jednak zwrócić uwagę na fakt, że wyższa warstwa to jednocześnie mniejsza dokładność. Stąd wyższe wartości ustawień sprawdzają się świetnie przy drukowaniu dużych brył. Przy mniejszych wydrukach warto ustawić mniejsze wymiary warstwy, np. 0,2 mm lub 0,1 mm czy nawet 0,015 mm.

Uwaga! Parametr wysokości warstwy zależny jest od **średnicy otworu głowicy drukującej**. Standardowa głowica ma wymiar 0,4 mm, co oznacza, że maksymalna wysokość wydruku wynosi 0,3 mm (wyższa wartość mogłaby przytknąć głowicę).

- Po wykonaniu pierwszego zadania nauczyciel prosi, by uczniowie zastanowili się, jak będzie wyglądać ten prostopadłościan w środku – czy będzie pusty, czy będzie cały wypełniony? Czy będzie to miało jakieś znaczenie? W jaki sposób to, co jest wewnątrz sześciianu, wpływa na druk?

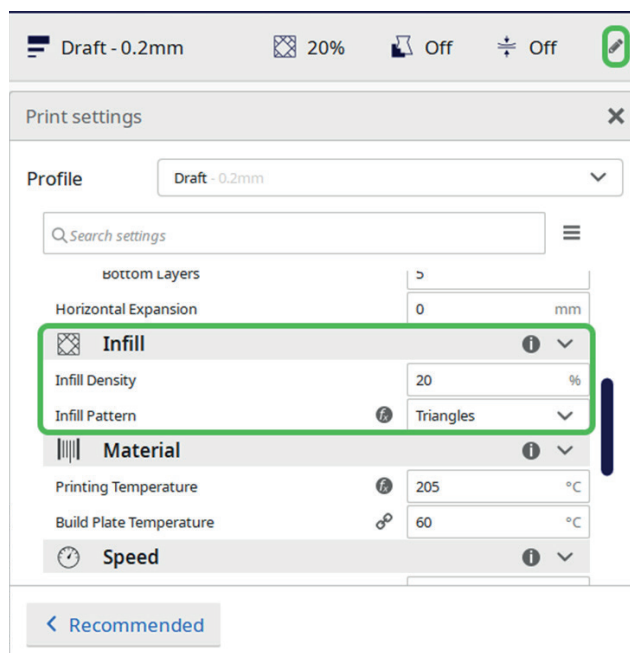
Wnętrze każdego druku nazywane jest **wypełnieniem i jest parametrem, który można kontrolować**.

Wypełnienie jest swoistego rodzaju **szkieletem**. Bez niego, w przypadku np. prostopadłościanu, nie można by równomiernie wydrukować górnej płaszczyzny (to jak budować dach bez krokwi). Z drugiej strony natomiast brak wypełnienia może być **pomocny**, np. podczas tworzenia różnego rodzaju waz, dzbanków czy donic. Jeżeli natomiast wypełnimy strukturę w 100%, zajmie to ogromną ilość czasu i spowoduje zużycie bardzo dużej ilości materiału. Taki druk również jest nieefektywny. Standardowo **wypełnienie ustawione jest na ok. 15–25%**, w zależności od tego, jak bardzo solidnej struktury potrzebujemy.

Programy oferują różnego rodzaju wypełnienia, które przy prostym druku nie wpływają znacząco na samą jakość druku, dlatego można rodzaje wypełnienia pominąć, określając jedynie **wartość procentową** wypełnienia struktury.

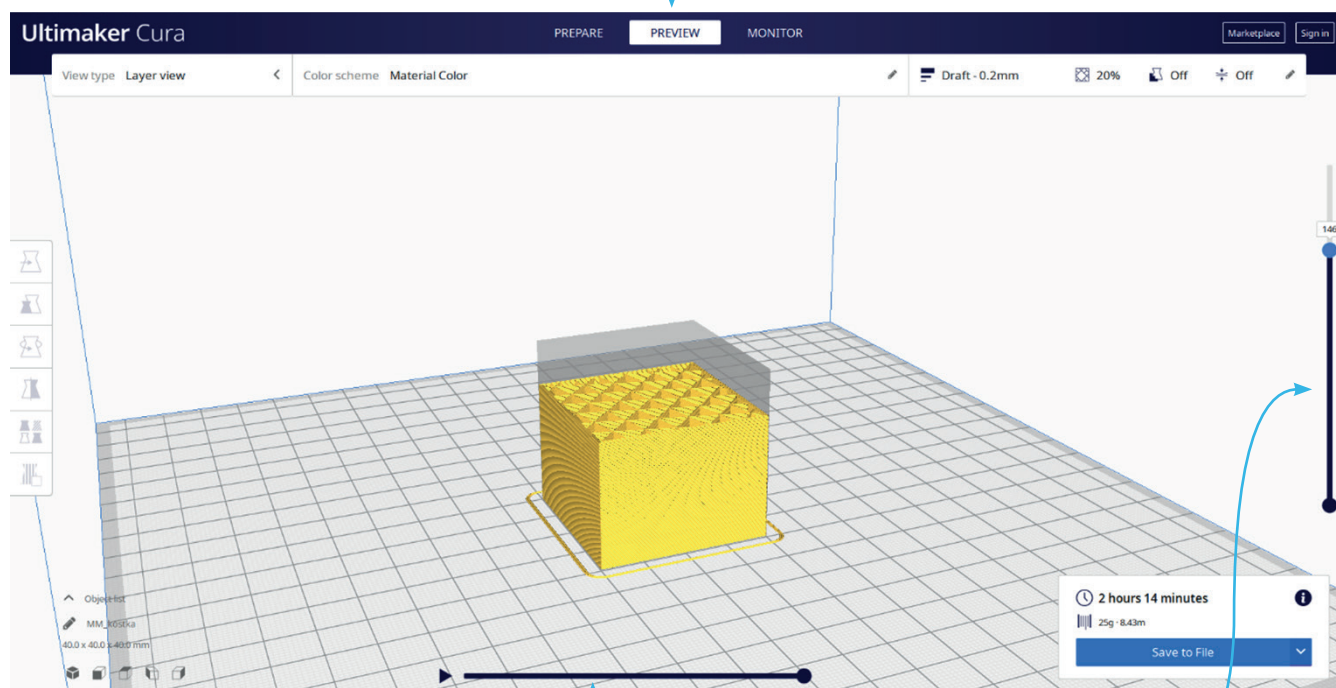
Gdybyśmy chcieli jednak wydrukować np. jak najdokładniejszą kostkę do gry – należałoby zwrócić uwagę, by i wewnątrz niej struktura wypełnienia była w każdej płaszczyźnie **rozłożona równomiernie**. W przeciwnym razie moglibyśmy np. manipulować wyrzucaną liczbą oczek 😊

- Nauczyciel wskazuje uczniom, gdzie w ustawieniach *Slicera* znajdują się ustawienia wypełnienia obiektu: przycisk ustawień w prawym górnym rogu → *Infill*.



- Następnie wskazuje uczniom, w jaki sposób mogą przeprowadzić podgląd druku, warstwa po warstwie i sprawdzić, jak drukowane będzie wypełnienie wewnątrz sześcianu.

Podgląd / Wizualizacja druku



Podgląd ruchu głowicy drukującej na każdej warstwie

Podgląd widoku każdej z warstw

Ćwiczenie

Nauczyciel prosi, by uczniowie na podstawie przekazanych informacji wykonali proste testy:

- ustawili kilka różnych rodzajów wzorów wypełnienia i określili kilka różnych wartości procentowych wypełnienia,
- wykonali ponowne cięcie prostopadłościanu, przeanalizowali, jak rodzaj i wartość wypełnienia wpływa na czas druku i zużycie potrzebnego materiału.

Zapisane wnioski uczniowie mogą wpisać w Tabeli 2 w karcie pracy (Załącznik nr 1, tab.2).

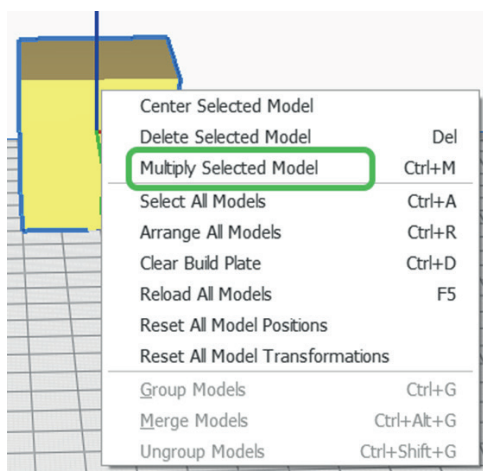
- Po wykonaniu zadania nauczyciel prosi uczniów, by w ustawieniach wyszukali ustawienia: *Spiralize outer contour*, który popularnie nazywany jest „trybem wazy”. Prosi, by zaznaczyli ten tryb i sprawdzili, w jaki sposób zmieni się ich projekt.

Tryb wazy to tryb, w którym drukarka drukuje jedynie podstawę i jeden obrys boczny, pozostawiając **środek bez wypełnienia**. Dzięki temu istnieje możliwość wydrukowania „otwartego” pudełka. W ten sposób tworzone są elementy takie jak doniczki, wazony, pudełka etc.

Umieszczanie kilku elementów na stole:

Następnie nauczyciel prosi, by uczniowie dodali raz jeszcze ten sam sześcian – jako drugi element do druku. Mogą to zrobić, otwierając następny obiekt (lub projekt) poleceniem Otwórz lub klikając prawym przyciskiem myszy w obiekt już znajdujący się na stole i wybierając polecenie *Multiply*. Prosi, by ułożyli na stole dwa te same prostopadłościany i zastanowili się:

- jak wpłynie to na czas druku?



Aby sprawdzić poprawność odpowiedzi, uczniowie mogą przygotować je pod druk (*Slice*), a następnie w opcji *Preview* przeanalizować ruch głowicy w każdej warstwie. Następnie uczniowie mogą zastanowić się, w jaki sposób mogą zwiększyć prędkość wydruku.

Pierwszą i automatyczną odpowiedzią jest „**czas wydruku** wydłuży się dwukrotnie”. Czas wydruku będzie jednak dłuższy ze względu na ruch głowicy na każdej warstwie od jednego prostopadłościanu do drugiego. Ruch ten nazywany jest **ruchem jałowym**, czyli przemieszczaniem się bez wypuszczenia filamentu. Przygotowując elementy do druku, zawsze warto zwrócić na to uwagę, by ruch jałowy był **jak najmniejszy**, czyli umieścić elementy bardzo blisko siebie.

Ćwiczenie:

Nauczyciel prosi, by uczniowie umieścili na stole roboczym jak najwięcej sześciątów o krawędzi 4 cm i ułożyli je jednocześnie w taki sposób, by ich czas wydruku był jak najszybszy.

3. Podsumowanie i ewaluacja

Uczniowie w grupach tworzą własne definicje dla pojęć: wypełnienie, ruch jałowy, wysokość warstwy. Następnie nauczyciel prosi, by uczniowie odeszli od własnych grup i w parach z członkami z innych grup wymienili się utworzonymi definicjami.

Uwagi / alternatywy:

1. Nauczyciel może pozwolić uczniom sprawdzić inne opcje ustawień dla wybranego sześcianu. Po każdej zmianie uczniowie mogą sprawdzić, w jaki sposób ich zmiany wpływają na czas i jakość wydruku za pomocą opcji *Preview* i analizy druku warstwa po warstwie.

Załącznik nr 1

Karta pracy

Tabela 1

	Nazwa skrócona	Pełna nazwa	Temp. druku	Temp. stołu	Właściwości i zastosowanie
1.	<ul style="list-style-type: none">• PLA				
2.	<ul style="list-style-type: none">• PET-G				
3.	<ul style="list-style-type: none">• ABS				
4.	<ul style="list-style-type: none">•				

Tabela 2

	% Wypełnienia (Infill)	Rodzaj wypełnienia	Czas druku	Ilość potrzebnego materiału
1.				
2.				
3.				
4.				