

# BLENDER JAKO NARZĘDZIE DO WSPOMAGANIA PRACY NAUCZYCIELI PRZEDMIOTÓW ŚCISŁYCH

Piotr Arlukowicz  
piotr.arlukowicz@ug.edu.pl  
Uniwersytet Gdański  
Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki

*Abstract. Teaching physics, mathematics or computer science in an ideal class appears to be pretty easy task. Unfortunately, only in theory. In less motivated class a teacher can struggle with finding attractive-enough examples. In this paper a versatile Open Source program is presented, which allow to create sophisticated graphics, stunning animations, and mind-blowing simulations, which can be applied or adopted to visualize or analyze problems from natural sciences.*

## 1 Wprowadzenie

Od wielu lat obserwujemy zmianę paradygmatu nauczyciela i roli szkoły, w której nauczyciel z głównego źródła wiedzy staje się ewentualnie mentorem i towarzyszem w drodze ucznia [5]. Wszechobecny dostęp do informacji oraz jej powszechność, oraz nieustająca ekspansja cyfrowych urządzeń mobilnych, w tym gry, w których podstawową rolę odgrywa natychmiastowa gratyfikacja warunkują młodzież szkolną od najmłodszych lat. Charakterystyczna staje się nomadyczność nauczania [3]. W tej sytuacji zajęcia zrealizowane w tradycyjny sposób, metodą wyłącznie podającą, nie mogą się cieszyć wielkim zainteresowaniem. Będą określane jako „nudne”, „bo mi się to w życiu nie przyda”, oraz „męczące”. Młodzież szkolna, określana dziś jako *digital natives*, wykazuje obecnie inne zupełnie inne potrzeby [6]. Nauczyciele w porównaniu z taką młodzieżą są czasami określanii jako cyfrowi imigranci, ponieważ często muszą zdobyć nowe umiejętności aby przynajmniej dorównać swoim podopiecznym.

Przedmioty, które tradycyjnie rozumiane są jako tzw. nauki ścisłe nauczane są w szkołach często w tradycyjny, jeśli nawet nie „starodawny” sposób. To wciąż od nauczyciela zależy, czy i w jakim zakresie zastosuje metody aktywizujące, czy wybierze jakieś ciekawsze metody z grupy *blended teaching*, i w jaki sposób przedstawi młodzieży skomplikowane prawa przyrody lub prawa matematyczne. Często

brak odpowiednich metod w arsenale nauczyciela nie jest aż taką przeszkodą – nauczyciel mimo wszystko jednak nie może przeprowadzić pewnych eksperymentów na większą skalę, np. w żadnej szkole nie przeprowadzi się prawdziwego pożaru, nie zrobi się wybuchów atomowych niszczących budynki lub nie wykona się symulacji prawdziwej powodzi. Umożliwia to jednak do pewnego stopnia oprogramowania, które należy do grupy Open Source i jest dostępne na licencji GPL/2. Mowa o programie Blender [1], który można pobrać za darmo (nie wymaga instalacji) i bezpiecznie używać do celów zarówno dydaktycznych, jak i nawet komercyjnych. Blender to wszechstronny program mogący z powodzeniem zapewnić sporą część pipe-line'u studia produkcyjnego [2, 7]. Filozofia, jaka stoi za rozwojem Blendera, jest nieco inna niż przyzwyczyliły nas wielkie koncerny. Program tworzony jest w Blender Institute i wspierany przez Blender Foundation. Model rozwoju jest tak przygotowany aby zaprosić każde studio, które potrzebuje nowych funkcji, do współpracy. Cytowany wcześniej Tangent Animation w tym modelu wyprodukowało pełnometrażowy film animowany NexGen, dystrybuowany następnie przez platformę Netflix [4].

W Internecie istnieje wiele poradników (w tym w języku polskim), z których można skorzystać, aby poznać podstawy. W swojej praktyce dydaktycznej na Uniwersytecie Gdańskim z powodzeniem użyłem tego programu do nauczania grafiki, animacji, symulacji 3D, oraz technik służących do tworzenia efektów specjalnych. W następnych rozdziałach pokazuję pewne proste techniki, które można zaproponować młodzieży w ramach samodzielnych badań i eksperymentów.

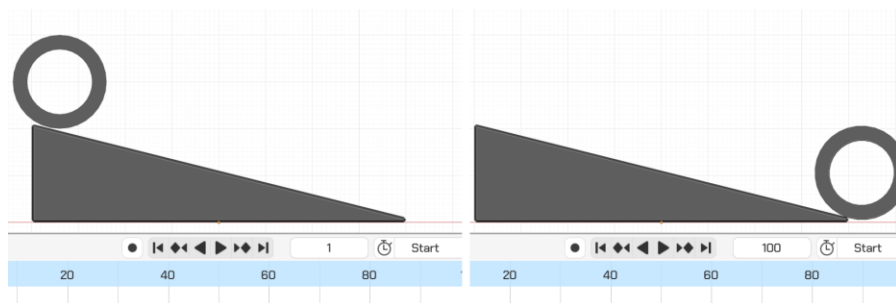
## 2 Zastosowania w fizyce

Fizyka jest szczególnie wdzięcznym tematem, w którym można zastosować Blendera, szczególnie w dziedzinie symulacji. W przypadku młodzieży szkolnej, która kurs fizyki ma uproszczony, na szczególną uwagę zasługuje będą symulatory brył sztywnych, elastycznych, symulacje cząsteczkowe oraz pola siłowe. Bardziej zaawansowani mogą próbować swoich sił w tworzeniu precyzyjnych symulacji mechanicznych, np. z równią pochyłą, wahadłem, sprężystością, oraz w symulacjach zachowania się pojedynczych cząstek. Połączenie takich symulacji z możliwością programowania w Pythonie 3.8 dodatkowo pozwala zwiększyć wykorzystanie programu i przy odpowiednim zaangażowaniu uzyskać ciekawe wyniki.

### Symulacje dynamiki brył sztywnych

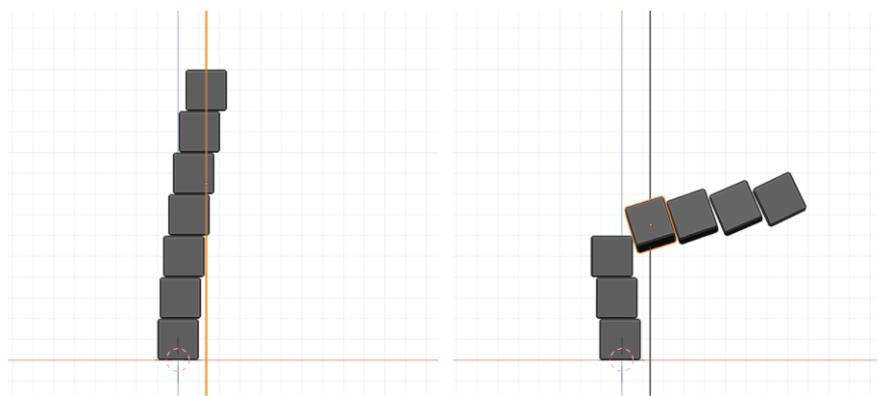
Symulator umieszczony w Blenderze pozwala uzyskać dla niewielkich scen prędkość rzędu 60 klatek animacji na sekundę, gdzie w każdej klatce liczone jest 10 lub więcej kroków symulacji. Można pokazać stabilność lub niestabilność symulatora oraz uzyskać przewidywalne zachowanie ciężkich, masywnych obiektów

z dużym momentem bezwładności. Doskonale to wychodzi dla prostego modelu z równią pochyłą (zobacz rys. 1), po której toczą się dwa obiekty – walec pełny oraz cylinder pusty we środku. Symulator pokazuje w naturalny sposób, uwzględniając wymiary obiektów i przyjętą gęstość (np. złota), który z obiektów będzie pod koniec symulacji miał większą prędkość.



**Rysunek 1** Symulacja zachowania obiektów z różnym momentem bezwładności na równi pochyłej. Po lewej – stan przed symulacją, po prawej – po symulacji

W klasycznym ujęciu równia pochyła pojawia się już na podstawowym kursie fizyki, nawet w szkole podstawowej. Można wykonać bardzo prosty model równi, w którym obserwować można następnie ruch prostoliniowy jednostajny, oraz różne rodzaje ruchu niejednostajnego. Łatwo wprowadzić dodatkowe elementy takie jak tarcie lub sprężystość obiektów i uzyskać nawet efekt odbyć nadsprężystych.



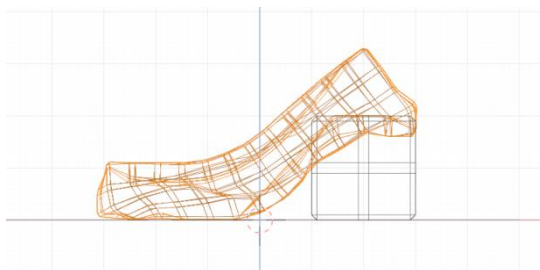
**Rysunek 2** Po lewej: stos klocków ustawiony tak, aby górny element wystawał poza obręb podstawy. Przy takiej konfiguracji jest to stos stabilny. Po prawej: część klocków spada w przypadku ich zbytniego przesunięcia poza obręb podstawy (podstawowej struktury która doprowadza do przewrócenia nie pokazano)

Rysunek 2 przedstawia przykładowe problemy równowagi, gdzie piramidę z klocków została zbudowana tak, że środek ciężkości górnego klocka wystaje poza obrys podstawy. Podczas budowania takiej struktury łatwo doprowadzić do przewrócenia budowli.

Tak proste ćwiczenie można wykorzystać do postawienia prostego wyzwania uczniom: wygrywa taka budowla, która przetrwa najdłużej. Modyfikacje takiego zadania polegają na wprowadzeniu różnych elementów – desek, cegieł, kamieni o różnej masie i różnych współczynnikach tarcia. Można obserwować kolaps budowli z cegieł lub testować wytrzymałość niektórych rozwiązań konstrukcyjnych. Bardziej zaawansowane symulacje pozwalają łączyć ze sobą za pomocą więzów (ang. *constraints*) proste obiekty w całe układy, zachowujące się względem siebie w zdefiniowany sposób. W ten sposób można symulować zachowanie się np. łańcucha, tłoków, szuflad, kół zębatych itp. Zaawansowane symulacje tego rodzaju pozwalają tworzyć układy hydrauliczne oraz budować realistycznie zachowujące się roboty.

### Symulacje dynamiki brył elastycznych

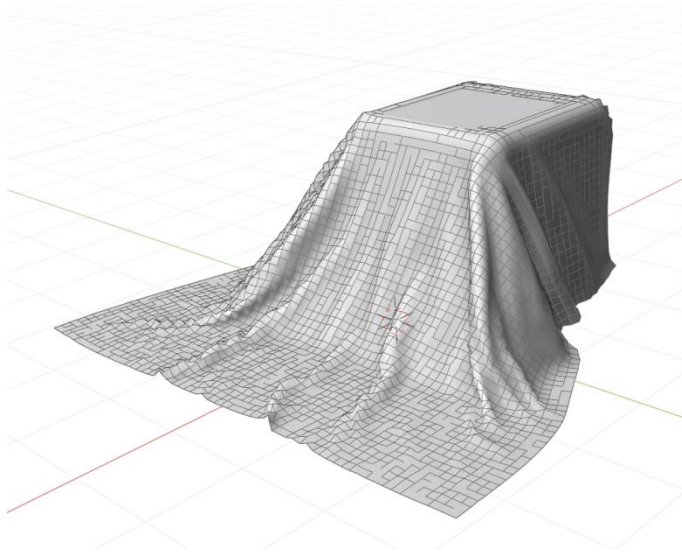
Blender pozwala także na symulowanie brył sprężystych deformowalnych, z zachowaniem odkształceń. Na rysunku 3 przedstawiono przykład siatki obiektu przybliżonego przez kratownicę, która zdeformowała się podczas upadku w kontakcie z podłożem.



**Rysunek 3** Kratownica elastyczna zdeformowana i odkształcona niesprężysto po kontakcie z podłożem po upadku

Tego typu symulacje można wykonać dla samochodów, budynków lub samolotów, pozwalając uczniom na samodzielne testowanie różnego rodzaju scenariuszy.

Bardzo interesującym z punktu widzenia uczniów jest także symulator nazwany Cloth. Nadaje się do symulacji odzieży, szczególnie tam, gdzie istnieją powiewające elementy takie jak wstążki, warkocze, suknie, flagi, obrusy itp. Na rysunku 4 pokazano zachowanie dużej płachty elastycznego materiału narzuconej na obiekt w kształcie sześcianu.

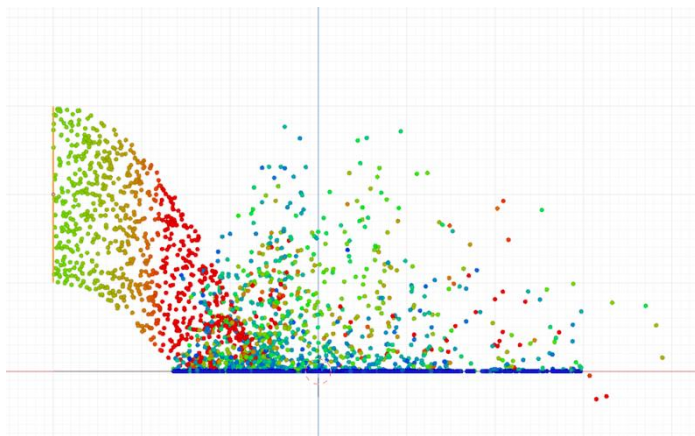


**Rysunek 4** Efekt gruboziarnistej symulacji płaskiego fragmentu jedwabiu narzuconego na sześcienny obiekt. Dzięki cieniowaniu i pokazaniu siatki widać lepiej geometrię deformacji obiektu

### Masywne symulacje wielocząsteczkowe

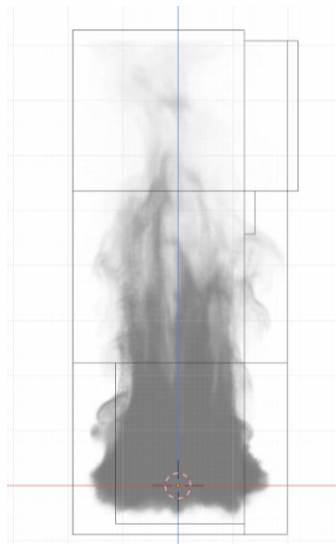
Jednym z najatrakcyjniejszych symulatorów jest wbudowany w Blender system cząstek, i jego możliwości w symulowaniu cieczy, włosów, dymu i różnego rodzaju podobnych efektów. Ustawienia systemu są bardzo bogate i ich dobre opanowanie zabiera sporo czasu, ale w przypadku gdy udostępni się młodzieży przygotowane wcześniej pliki nauka zaczyna przypominać zabawę. Obserwowanie ewolucji układów złożonych z wielu tysięcy obiektów jest dla młodzieży najatrakcyjniejsze wtedy, gdy trzeba przygotować pewne szczególne sytuacje – np. wybuch, lub doprowadzić obiekty w określone miejsce. Tak zaprojektowane symulacje zaczynają bardziej przypominać gry, i sprawdzają się w wybranych momentach doskonale.

Na rysunku 5 pokazano system 10000 cząstek wystrzelony z pionowej ściany z początkową prędkością 3 m/s. Na cząstki działa grawitacja, zatem uzyskują po wystrzeleniu przyspieszenie skierowane w dół, co zakrzywia ich tor ruchu. Kolor cząstek związany jest z ich prędkością i wyskalowany tak, że prędkości bliskie zeru dają kolor ciemnoniebieski, a potem poprzez zielony, żółty i pomarańczowy, przechodzi w czerwień, oznaczającą prędkość większą od 5 m/s. Cząstki upadają na poziomą powierzchnię, i odbijają się od niej z losową prędkością. Tłumienie energii jest także losowe, dlatego obserwuje się losowy rozkład wysokości po odbiciu.



**Rysunek 5** symulacja cząsteczkowa pokazująca położenia cząstek oraz ich prędkość przy wystrzeleniu z pionowej ściany. Na cząstki działa przyspieszenie ziemskie. Odbicie od poziomej płaszczyzny następuje z losowym tłumieniem i tarcie, dlatego prędkości cząstek po odbiciu są losowe, ale nie większe niż prędkości w momencie uderzenia w podłoże (co widać jako różne kolory)

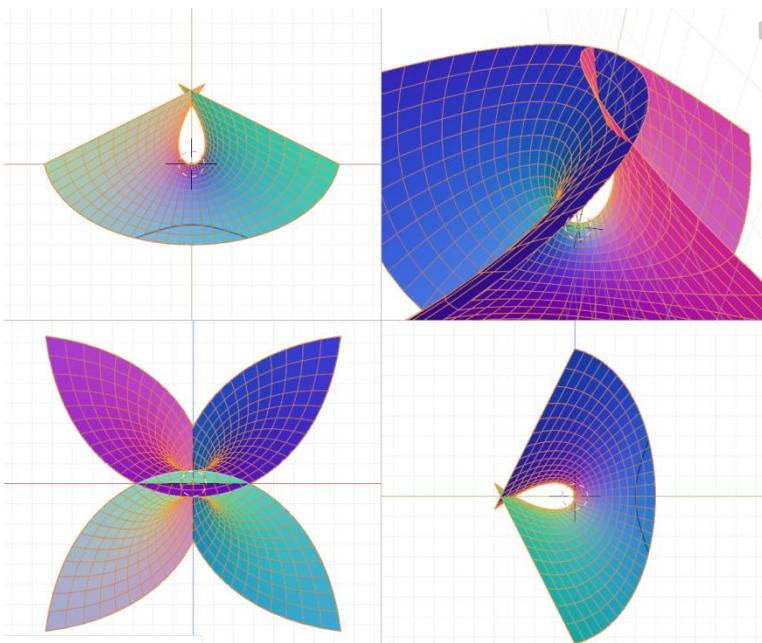
Symulator cząstek pozwala także na symulowanie dymu i jego wizualizację za pomocą renderowania wolumetrycznego. Potrzebny jest do tego nieco silniejszy komputer, aby praca z takimi danymi była komfortowa. Przykład symulacji, w której pokazano zmiany gęstości rozkładu temperatury jest na rysunku 6.



**Rysunek 6** Zmiany gęstości rozkładu temperatury podczas symulacji ognia

### 3 Zastosowania w matematyce

Blender w matematyce przydaje się głównie dzięki funkcjom modelowania i wizualizacji. Można np. obserwować geometrię brył 3D, badać kąty i długości różnych elementów geometrycznych oraz generować nowe bryły za pomocą funkcji parametrycznych. Na tę ostatnią możliwość chciałbym zwrócić większą uwagę, ponieważ wygenerowane parametrycznie bryły można następnie obejrzeć z każdej strony poprzez ich obracanie, i przez to dokładniej zrozumieć jak działają poszczególne parametry wpisane w funkcji parametrycznej. Poniżej kilka przykładów funkcji oraz ich wykresów, które można wygenerować. Używane do tego celu rozszerzenie jest dystrybuowane razem z Blenderem, wystarczy jest tylko uaktywnić w preferencjach.

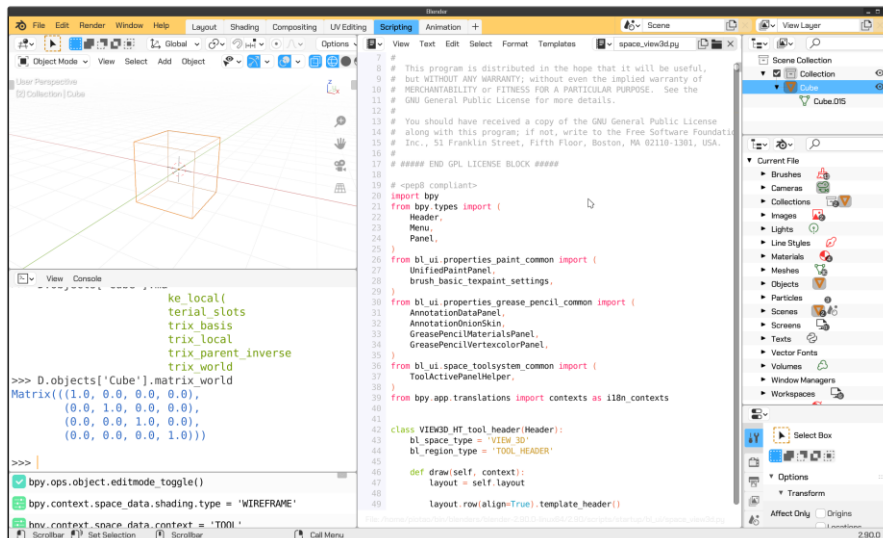


**Rysunek 7** Model funkcji danej wzorami:  $x=u-u^3/3 + uv^2$ ,  $y=u^2 - v^2$ ,  $z=v-v^3/3 + vu^2$  wygenerowany w zakresie od -2 do 2 dla współrzędnych  $u$  oraz  $v$ , z 32 krokami w każdej osi. Rysunek pokazuje model widoczny z kierunku trzech podstawowych osi: górny lewy obraz to widok z góry, dolny lewy to widok z przodu, prawy dolny to widok z prawej strony a górny prawy to widok swobodnie ustawiony na zbliżenie.

### 4 Zastosowania w informatyce

Programowanie to podstawowa funkcja, z której można skorzystać. Atrakcyjne jest to, że przy użyciu względnie prostego kodu można osiągnąć efekty w modelo-

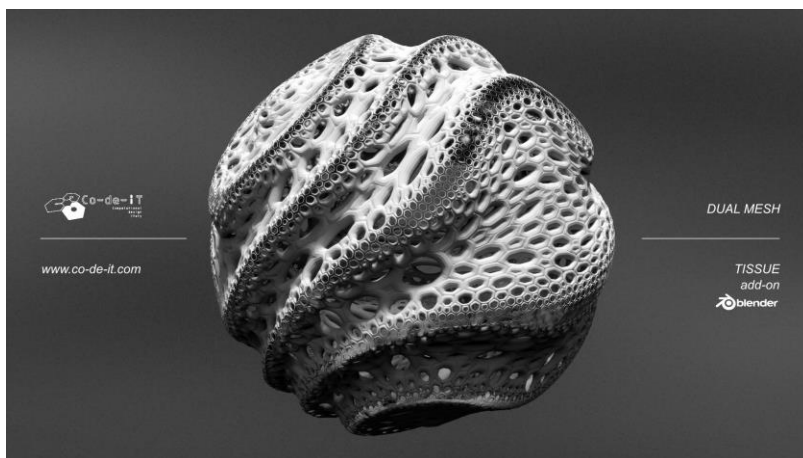
waniu, których ręczne wykonanie byłoby bardzo pracochłonne. Językiem API, który jest używany w Blenderze jest Python 3. Język ten jest nauczany dość powszechnie i bardzo popularny, zatem może się pojawić efekt synergii z innymi zastosowaniami, jakie nauczyciel informatyki zaprezentuje.



**Rysunek 8** Wygląd interfejsu przeznaczonego do programowania w Pythonie. Widoczne elementy siatki sześcianu w Widoku 3D, a poniżej w konsoli interaktywnej Pythona wyświetlona jest macierz transformacji. Po prawej wczytany kod, który można wykonać. Kolory zmieniono na schemat „biały” – domyślne kolory Blendera to ciemnoszary

Programowanie i elastyczność Blendera pozwalają rozszerzyć funkcje programu do tego stopnia, że znajduje on zastosowanie w wielu dziedzinach naukowych i technicznych, chociaż powstał początkowo jako „program dla artystów”. Istnieje bogato zaopatrzony Blender Market, gdzie można nabyć wiele komercyjnych skryptów realizujących różne funkcje. Na corocznej międzynarodowej konferencji Blendera w Amsterdamie za każdym razem około jednej trzeciej prac prezentowanych ma związku z nauką i techniką. Niektóre zastosowania na tyle zmodyfikowały program, że powstały z tego osobne, nowe narzędzia, np. AstroBlend w astronomii, BioBlender w biologii molekularnej i wiele innych. Najwięcej jest rozszerzeń bezpośrednio napisanych w Pythonie, i wiele z nich można pobrać samodzielnie, i w razie potrzeby doinstalować do programu. Poniżej efekt działania skryptu do modelowania generatywnego zaprojektowanego przez Alessandro Zomparelli (rys. 9).





**Rysunek 9** Przykład modelowania generatywnego. Za pomocą skryptu napisanego w Pythonie można połączyć ze sobą dwie bryły w taki sposób, że szkielet jednej z nich powleka się drugą, a powstałe w ten sposób nowe kształty łączą się tworząc generatywnie nową geometrię. Źródło: <https://github.com/alessandro-zomparelli/tissue>

## 5 Podsumowanie

Blender jest programem uniwersalnym do tego stopnia, że można go zastosować w różnych dziedzinach nauki i techniki. W szkole może przydać się do zaciekawienia uczniów symulacjami, modelowaniem lub animacją. Zależnie od poziomu zaawansowania, mogą to być proste lub bardzo skomplikowane prace. Szczególnie wartościowe są zastosowania Blendera w dziedzinach, które pozwalają na rozszerzenie zainteresowania uczniów dodatkowymi elementami poruszonymi na lekcji. Dobrze się tu sprawdzają zastosowania symulacji. Na informatyce sprawdza się programowanie w Pythonie, a na matematyce generowanie różnego rodzaju geometrii. Nawet na zajęciach plastycznych można pracować z Blenderem nad grafiką 2d lub 3d. Na zajęciach technicznych można użyć Blendera do modelowania urządzeń lub rozwiązywania problemów technicznych takich jak np. ocena zasięgu ramienia robota, problem widoczności z kokpitu pojazdu, i wiele innych.

## Literatura

- 1 Blender, Blender Foundation, organizacja, producent oprogramowania, <https://blender.org>, dostęp 20200901.
- 2 Blender Animation Studio, organizacja, <https://blender.studio>, dostęp 20200901, kontakt: [production@blender.org](mailto:production@blender.org).

- 3 Ciolfi L., de Carvalho A. F. P. (2014). *Work practices, nomadcity and the mediational role of technology*. Computer Supported Cooperative Work (CSCW), 23, 119– 136.
- 4 Flemming M., *Netflix Makes \$30M Worldwide Rights Deal For Animated 'Next Gen' – Cannes*, Deadline, May 11, 2018, dostęp: 20200902.
- 5 Lorens R., *Nauczyciel 2.0*, Informatyka w Edukacji XVI, UMK Toruń 2019.
- 6 Skok K., *No Teacher without a Student... A Theoretical Analysis and Practical Implications of Educational Changes in the Era of Digital Natives*, s. 111-126, w *Rethinking Teacher Education for the 21st Century; Trends, Challenges and New Directions*, Verlag Barbara Bundrich, Opladen, Berlin & Toronto 2019
- 7 Zorniak K. (CEO Tangent Animation), *3 Million Hours in 30 Days\_How Tangent Animation Created Next Gen: NY Symposium*, adres w AWS Services: <https://aws.amazon.com/blogs/media/presentations-from-the-aws-me-nyc-symposium-on-march-20-2019/>, dostęp 20200901