



# PROPOZYCJA DZIAŁAŃ MAJĄCYCH NA CELU ZAPOZNANIE UCZNIÓW I NAUCZYCIELI KSZTAŁCENIA ZAWODOWEGO Z NOWYMI TECHNIKAMI I TECHNOLOGIAMI

DLA ZAWODU TECHNIK MECHANIK  
(SYMBOL CYFROWY ZAWODU 311504)



## Beneficjenci



Politechnika Łódzka

Politechnika Łódzka  
ul. Żeromskiego 116  
90-924 Łódź



Powiat Tomaszowski  
ul. Św. Antoniego 41  
97-200 Tomaszów Maz.

## przy współpracy



Zespołu Szkół Ponadpodstawowych Nr 1  
im. Tadeusza Kościuszki  
w Tomaszowie Mazowieckim

Jednym z kluczowych zadań kształcenia zawodowego jest przygotowanie uczniów do wykonywania zadań zawodowych, obejmujące poznanie przez nich nowoczesnych technik i technologii.

W ramach projektu opracowano propozycje działań mających na celu zapoznanie uczniów i nauczycieli kształcenia zawodowego z nowymi technikami i technologiami stosowanymi w zawodzie technik mechanik.

Dla nauczycieli i uczniów uczestniczących w projekcie przygotowano i przeprowadzono zajęcia z wykorzystaniem m.in. programu AutoDesk INVENTOR, środowiska CAD i oprogramowania SinuTrain.

Poniżej przedstawiono dwa przykładowe scenariusze zajęć związanych z wykorzystaniem nowoczesnych technologii:

- Wprowadzenie do programu AutoDesk INVENTOR. Modelowanie przestrzenne prostych części,
- Wprowadzenie do programowania tokarki CNC.

Innym przykładem wykorzystania technologii informatycznych w procesie uczenia się są webinaria z matematyki dla uczniów kształcących się w zawodzie technik mechanik. W ramach projektu opracowano wirtualne lekcje z ośmiu tematów.

Ponadto dla uczniów przeprowadzono trzy wirtualne lekcje na temat nowoczesnych technologii: kamer termowizyjnych, drukarek 3D oraz sieci 5G. Zajęcia te były prowadzone przez pracowników Politechniki Łódzkiej.

W wirtualnych lekcjach uczestniczyli uczniowie z Zespołu Szkół Ponadpodstawowych nr 1 w Tomaszowie Mazowieckim. Mogli oni poszerzyć swoją wiedzę o fizyczne i techniczne podstawy działania, jak i praktyczne zastosowanie urządzeń, z którymi mogą mieć styczność w swoim przyszłym życiu zawodowym. Do udziału w lekcjach on-line wysłano zaproszenia do wszystkich szkół kształcących w zawodzie technik mechanik

Opis przykładowych zajęć dotyczących wykorzystania technologii informatycznych w procesie kształcenia techników mechaników

Zawód	Technik mechanik
Nazwa działania	Szkolenie
Zakres działania (jakich technologii, rozwiązań organizacyjnych, narzędzi, maszyn i urządzeń, itp. dotyczy działanie)	Środowisko typu CAD 3D (program Autodesk Inventor) jako narzędzie do modelowania przestrzennego części i złożeń oraz do tworzenia dokumentacji technicznej w postaci rysunków wykonawczych i złożeniowych
Adresaci działania	Nauczyciele rysunku technicznego i przedmiotów zawodowych związanych z budową maszyn
Miejsce i okres realizacji	Cztery bloki zajęć, dwa w szkole i dwa na uczelni

Nazwa zajęć (temat)	<b>Wprowadzenie do programu AutoDesk INVENTOR. Modelowanie przestrzenne prostych części</b>
Nazwa zawodu, w zakresie którego będą prowadzone zajęcia	Technik mechanik
Klasa	3
Liczba godzin lekcyjnych	4 jednostki lekcyjne
Cele zajęć (ogólne i operacyjne)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwiększenie umiejętności postrzegania przestrzennego</li> <li>• Zapoznanie się ze środowiskiem typu CAD 3D na podstawie programu AutoDesk INVENTOR</li> <li>• Poznanie podstaw modelowania przestrzennego</li> </ul>
Materiał nauczania (krótka charakterystyka treści nauczania realizowanych podczas zajęć)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zapoznanie się z interfejsem programu AutoDesk INVENTOR</li> <li>• Zakładanie i definiowanie obszaru projektu oraz plików roboczych</li> <li>• Wybór podstawowych parametrów projektu</li> <li>• Otwieranie i zamykanie plików roboczych: złożeń, części pojedynczych i rysunków wykonawczych</li> <li>• Tworzenie brył z wykorzystaniem wyciągnięcia i obrotu</li> <li>• Tworzenie brył z wykorzystaniem dodatkowych płaszczyzn i/lub osi konstrukcyjnych</li> </ul>
Sposób realizacji (metody, formy pracy podczas zajęć)	Wykład – prezentacja z elementami indywidualnego treningu
Sposoby oceniania uczniów lub forma zaliczenia zajęć przez uczniów (z zachowaniem wewnątrzszkolnego systemu oceniania)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sprawdzenie poprawności zdefiniowania obszaru roboczego</li> <li>• Sprawdzenie poprawności wykonanych modeli pojedynczych części</li> </ul>
Miejsce realizacji zajęć	Technikum Mechaniczne
Wyposażenie niezbędne do realizacji zajęć	Pracownia komputerowa z zainstalowanym oprogramowaniem AutoDesk INVENTOR oraz rzutnik podłączony do komputera wykładowcy
Wymagania wstępne (co uczeń powinien wiedzieć i jakie posiadać umiejętności, aby móc skorzystać z zajęć)	Podstawowa znajomość rysunku technicznego. Umiejętność obsługi komputera w zakresie wykorzystania narzędzi niezbędnych do projektowania (myszka + klawiatura)
Ewaluacja zajęć (obszar ewaluacji, wskaźniki, sposoby ewaluacji oraz przykładowe narzędzia ewaluacji)	Każdy z uczniów po zakończeniu zajęć posiada zdefiniowany obszar roboczy oraz utworzone w nim pliki projektowe pojedynczych części projektu.

<b>Nazwa zajęć (temat)</b>	<b>Wprowadzenie do programowania tokarki CNC</b>
Nazwa zawodu, w zakresie którego będą prowadzone zajęcia	Technik mechanik
Klasa	3
Liczba godzin lekcyjnych	2 jednostki lekcyjne
Cele zajęć (ogólne i operacyjne)	Zapoznanie ze sposobem programowania tokarki CNC przy użyciu oprogramowania SinuTrain
Materiał nauczania (krótka charakterystyka treści nauczania realizowanych podczas zajęć)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Omówienie interfejsu programu SinuTrain</li> <li>• Tworzenie narzędzi w symulatorze</li> <li>• Definicja podstawowych parametrów obróbczych</li> <li>• Napisanie prostego programu na tokarkę CNC z wykorzystaniem opisu konturu</li> <li>• Wykonanie symulacji</li> </ul>
Sposób realizacji (metody, formy pracy podczas zajęć)	Wykład – prezentacja z elementami indywidualnego treningu
Sposoby oceniania uczniów lub forma zaliczenia zajęć przez uczniów (z zachowaniem wewnątrzszkolnego systemu oceniania)	Sprawdzenie poprawności utworzonego programu
Miejsce realizacji zajęć	Technikum Mechaniczne
Wyposażenie niezbędne do realizacji zajęć	Pracownia komputerowa z zainstalowanym oprogramowaniem SinuTrain oraz rzutnik podłączony do komputera wykładowcy
Wymagania wstępne (co uczeń powinien wiedzieć i jakie posiadać umiejętności, aby móc skorzystać z zajęć)	Znajomość rysunku technicznego. Umiejętność obsługi komputera w zakresie wykorzystania narzędzi niezbędnych do programowania (myszka + klawiatura)
Ewaluacja zajęć (obszar ewaluacji, wskaźniki, sposoby ewaluacji oraz przykładowe narzędzia ewaluacji)	Każdy z uczniów po zakończeniu zajęć posiada napisany program na tokarkę CNC

## Webinaria z matematyki dla uczniów kształcących się w zawodzie technik mechanik

Webinaria z matematyki dotyczą zagadnień obowiązkowych na egzaminie maturalnym. Celem zajęć było wsparcie uczniów przygotowujących się do egzaminu maturalnego.

Opracowane zostały następujące zagadnienia:

- Działania na liczbach w zbiorze liczb rzeczywistych,
- Logarytmy i potęgi,
- Statystyka (część I i II),
- Wartość oczekiwana,
- Stereometria (część I i II),
- Funkcje,
- Planimetria,
- Bryły podobne.

Prezentacja każdego zagadnienia trwała ok. 45 minut.

Nauczyciel mógł korzystać z materiału w trakcie lekcji, wykorzystując całość lub wybrane fragmenty. Uczniowie mogli korzystać z lekcji w domu, przygotowując się do zajęć w klasie lub sprawdzianu lub powtarzając materiał przed egzaminem.

Prowadząca rozwiązuje różnorodne zadania w czasie rzeczywistym. Uczniowie mogą śledzić kolejne etapy rozwiązywania zadania i wysłuchać komentarza.

W ramach prezentacji rozwiązywane są także przykładowe zadania z arkuszy egzaminacyjnych z wybranego działu matematyki.



Działania na liczbach w zbiorze liczb rzeczywistych - Technik Mechanik

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój Rzeczpospolita Polska Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

### CKE Czerwiec 2012

Ułamek  $\frac{\sqrt{5}+2}{\sqrt{5}-2}$  jest równy

A. 1      B. -1      C.  $7+4\sqrt{5}$       D.  $9+4\sqrt{5}$

$$(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

$$(a-b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$$

$$(a+b) \cdot (a-b) = a^2 - b^2$$

PROJEKT TWÓRZY PRACĘ STROJY ZŁOTELINA - BRANDA MECHANICZNA, TECHNIK MECHANIK POWR.02 15.06.06 1000/00 WOPOL PRANSKOWANY ZE ŚRODKÓW UNI EUROPEJSKIEJ W RAMACH EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU SPOŁECZNEGO

47:58 / 1:15:19

Działania na liczbach w zbiorze liczb rzeczywistych

Niepubliczny

Technik mechanik    Subskrybuj

0    Udostępnij    Pobierz    Zapisać

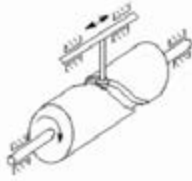
Każde webinarium kończy się rozwiązaniem zadań bezpośrednio związanych z zawodem, w którym uczniowie pobierają edukację. Połączenie zagadnień matematycznych z ich praktycznym wykorzystaniem w życiu zawodowym pozwala podnieść motywację uczniów do nauki przedmiotu.

Stereometria cz.1 - Technik Mechanik

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój Rzeczpospolita Polska Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

### Zadanie

W układzie sterowania zainstalowano mechanizm krzywkowy składający się z popychacza w kształcie ściętego stożka o promieniu większym 1 cm i polu mniejszej podstawy  $4\pi \text{ mm}^2$  oraz krzywki, w której wycięta jest szczelina o szerokości 5 mm. Stabilność układu zagwarantowana jest wtedy gdy popychacz wehodzi w krzywkę w połowie swojej wysokości. Czy ten układ jest stabilny? Jeśli nie, co należy zrobić aby był? Kąt nachylenia tworzącej stożka wynosi  $60^\circ$ ?



PROJEKT "WSPÓŁPRACA SZKÓŁ Z UCZELNIA - BRANDA MECHANICZNA, TECHNIK MECHANIK" POWIĘŻ. 15.06.00.106/10 WSPÓLFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW UNI EUROPEJSKIEJ W RAMACH EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU SPOŁECZNEGO

42:34 / 49:24

Stereometria Niepubliczny

Technik mechanik Subskrybuj

0 Udziałów Udziałów Udziałów

Udostępnij Pobierz Zapisać

Funkcje - Technik Mechanik

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój Rzeczpospolita Polska Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

### Zadanie

Wartości odchyłek w zależności od rodzaju tolerancji, klasy dokładności wykonania i wartości wymiaru nominalnego

- Korzystając z przedstawionej tabeli wyznacz maksymalną i minimalną tolerancję dla wymiaru nominalnego 200 mm.
- Jakim procentem wymiaru nominalnego jest tolerancja najmniejsza, a jakim tolerancja największa?
- Czy zakres granicznych tolerancji dla wymiaru nominalnego 200mm jest taki sam jak dla 600mm?

*4,5 μm 7,2 mm = 7200 μm*  
*200 mm - 100%*  
*7,2 μm - x%*  
*x/100*

Tablica 1. Wartości liczbowe tolerancji nominalnych klas IT dla wymiarów nominalnych do 3150 mm wg PN-ISO 286

Wymiar nominalny [mm]	Tolerancje T																	
	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
0,1	0,007	0,005	0,003	0,002	0,0015	0,001	0,0007	0,0005	0,0003	0,0002	0,00015	0,0001	0,00007	0,00005	0,00003	0,00002	0,000015	0,00001
0,15	0,009	0,006	0,004	0,0025	0,0018	0,0012	0,0008	0,0006	0,0004	0,0003	0,0002	0,00015	0,0001	0,00007	0,00005	0,00003	0,00002	0,000015
0,2	0,01	0,007	0,005	0,003	0,002	0,0015	0,001	0,0007	0,0005	0,0003	0,0002	0,00015	0,0001	0,00007	0,00005	0,00003	0,00002	0,000015
0,3	0,012	0,008	0,006	0,004	0,0025	0,0018	0,0012	0,0008	0,0006	0,0004	0,0003	0,0002	0,00015	0,0001	0,00007	0,00005	0,00003	0,00002
0,5	0,015	0,01	0,007	0,005	0,003	0,002	0,0015	0,001	0,0007	0,0005	0,0003	0,0002	0,00015	0,0001	0,00007	0,00005	0,00003	0,00002
0,6	0,016	0,011	0,008	0,006	0,004	0,0025	0,0018	0,0012	0,0008	0,0006	0,0004	0,0003	0,0002	0,00015	0,0001	0,00007	0,00005	0,00003
0,8	0,018	0,012	0,009	0,007	0,005	0,003	0,002	0,0015	0,001	0,0007	0,0005	0,0003	0,0002	0,00015	0,0001	0,00007	0,00005	0,00003
1	0,02	0,014	0,01	0,008	0,006	0,004	0,0025	0,0018	0,0012	0,0008	0,0006	0,0004	0,0003	0,0002	0,00015	0,0001	0,00007	0,00005
1,2	0,022	0,015	0,011	0,009	0,007	0,005	0,003	0,002	0,0015	0,001	0,0007	0,0005	0,0003	0,0002	0,00015	0,0001	0,00007	0,00005
1,5	0,025	0,017	0,012	0,01	0,008	0,006	0,004	0,0025	0,0018	0,0012	0,0008	0,0006	0,0004	0,0003	0,0002	0,00015	0,0001	0,00007
2	0,03	0,02	0,015	0,012	0,01	0,008	0,006	0,004	0,0025	0,0018	0,0012	0,0008	0,0006	0,0004	0,0003	0,0002	0,00015	0,00007
2,5	0,035	0,024	0,018	0,015	0,012	0,01	0,008	0,006	0,004	0,0025	0,0018	0,0012	0,0008	0,0006	0,0004	0,0003	0,0002	0,00015
3	0,04	0,028	0,02	0,016	0,013	0,011	0,009	0,007	0,005	0,003	0,002	0,0015	0,001	0,0007	0,0005	0,0003	0,0002	0,00015
4	0,045	0,03	0,022	0,018	0,014	0,012	0,01	0,008	0,006	0,004	0,0025	0,0018	0,0012	0,0008	0,0006	0,0004	0,0003	0,0002
5	0,05	0,035	0,025	0,02	0,015	0,013	0,011	0,009	0,007	0,005	0,003	0,002	0,0015	0,001	0,0007	0,0005	0,0003	0,0002
6	0,055	0,038	0,028	0,022	0,017	0,014	0,012	0,01	0,008	0,006	0,004	0,0025	0,0018	0,0012	0,0008	0,0006	0,0004	0,0003
8	0,06	0,04	0,03	0,025	0,019	0,016	0,014	0,012	0,01	0,008	0,006	0,004	0,0025	0,0018	0,0012	0,0008	0,0006	0,0004
10	0,07	0,048	0,035	0,028	0,021	0,017	0,015	0,013	0,011	0,009	0,007	0,005	0,003	0,002	0,0015	0,001	0,0007	0,0005
12	0,08	0,055	0,04	0,032	0,024	0,02	0,018	0,016	0,014	0,012	0,01	0,008	0,006	0,004	0,0025	0,0018	0,0012	0,0008
15	0,09	0,06	0,045	0,036	0,027	0,022	0,02	0,018	0,016	0,014	0,012	0,01	0,008	0,006	0,004	0,0025	0,0018	0,0012
20	0,1	0,07	0,05	0,04	0,03	0,024	0,02	0,018	0,016	0,014	0,012	0,01	0,008	0,006	0,004	0,0025	0,0018	0,0012
25	0,11	0,08	0,06	0,048	0,036	0,028	0,024	0,022	0,02	0,018	0,016	0,014	0,012	0,01	0,008	0,006	0,004	0,0025
30	0,12	0,09	0,07	0,055	0,042	0,033	0,028	0,026	0,024	0,022	0,02	0,018	0,016	0,014	0,012	0,01	0,008	0,006
40	0,14	0,1	0,08	0,06	0,045	0,036	0,03	0,026	0,024	0,022	0,02	0,018	0,016	0,014	0,012	0,01	0,008	0,006
50	0,16	0,12	0,09	0,07	0,055	0,045	0,036	0,03	0,026	0,024	0,022	0,02	0,018	0,016	0,014	0,012	0,01	0,008
60	0,18	0,14	0,11	0,085	0,065	0,05	0,04	0,036	0,034	0,032	0,03	0,028	0,026	0,024	0,022	0,02	0,018	0,016
80	0,2	0,16	0,12	0,1	0,075	0,06	0,048	0,04	0,036	0,034	0,032	0,03	0,028	0,026	0,024	0,022	0,02	0,018
100	0,25	0,2	0,15	0,12	0,09	0,07	0,055	0,045	0,04	0,036	0,034	0,032	0,03	0,028	0,026	0,024	0,022	0,02
120	0,28	0,22	0,17	0,14	0,11	0,085	0,065	0,05	0,04	0,036	0,034	0,032	0,03	0,028	0,026	0,024	0,022	0,02
150	0,32	0,25	0,19	0,15	0,12	0,095	0,075	0,06	0,05	0,046	0,044	0,042	0,04	0,038	0,036	0,034	0,032	0,03
200	0,4	0,3	0,22	0,18	0,14	0,11	0,085	0,07	0,06	0,056	0,054	0,052	0,05	0,048	0,046	0,044	0,042	0,04
250	0,45	0,35	0,25	0,2	0,15	0,12	0,095	0,075	0,065	0,06	0,056	0,054	0,052	0,05	0,048	0,046	0,044	0,042
300	0,5	0,4	0,3	0,24	0,18	0,14	0,11	0,09	0,08	0,076	0,074	0,072	0,07	0,068	0,066	0,064	0,062	0,06
400	0,6	0,48	0,35	0,28	0,21	0,16	0,12	0,1	0,09	0,086	0,084	0,082	0,08	0,078	0,076	0,074	0,072	0,07
500	0,7	0,55	0,4	0,32	0,24	0,18	0,14	0,12	0,11	0,106	0,104	0,102	0,1	0,098	0,096	0,094	0,092	0,09
600	0,8	0,6	0,45	0,36	0,27	0,2	0,15	0,13	0,12	0,116	0,114	0,112	0,11	0,108	0,106	0,104	0,102	0,1
800	1	0,75	0,55	0,44	0,33	0,24	0,18	0,16	0,15	0,146	0,144	0,142	0,14	0,138	0,136	0,134	0,132	0,13
1000	1,1	0,85	0,6	0,48	0,36	0,27	0,2	0,17	0,16	0,156	0,154	0,152	0,15	0,148	0,146	0,144	0,142	0,14
1200	1,2	0,9	0,65	0,52	0,4	0,3	0,22	0,19	0,18	0,176	0,174	0,172	0,17	0,168	0,166	0,164	0,162	0,16
1500	1,4	1,1	0,75	0,6	0,45	0,33	0,24	0,2	0,19	0,186	0,184	0,182	0,18	0,178	0,176	0,174	0,172	0,17
2000	1,6	1,3	0,9	0,72	0,54	0,4	0,3	0,25	0,24	0,236	0,234	0,232	0,23	0,228	0,226	0,224	0,222	0,22
2500	1,8	1,5	1,1	0,88	0,66	0,48	0,36	0,3	0,29	0,286	0,284	0,282	0,28	0,278	0,276	0,274	0,272	0,27
3000	2	1,7	1,25	1,0	0,75	0,55	0,4	0,33	0,32	0,316	0,314	0,312	0,31	0,308	0,306	0,304	0,302	0,3
4000	2,5	2,2	1,6	1,28	0,96	0,7	0,5	0,4	0,39	0,386	0,384	0,382	0,38	0,378	0,376	0,374	0,372	0,37
5000	3	2,7	2	1,6	1,2	0,9	0,65	0,48	0,4	0,396	0,394	0,392	0,39	0,388	0,386	0,384	0,382	0,38
6000	3,5	3,2	2,4	1,92	1,44	1,1	0,8	0,6	0,5	0,496	0,494	0,492	0,49	0,488	0,486	0,484	0,482	0,48
8000	4,5	4,2	3,2	2,56	1,92	1,4	1,05	0,75	0,6	0,596	0,594	0,592	0,59	0,588	0,586	0,584	0,582	0,58
10000	5,5	5,2	4,2	3,36	2,52	1,8	1,2	0,9	0,75	0,746	0,744	0,742	0,74	0,738	0,736	0,734	0,732	0,73

PROJEKT "WSPÓŁPRACA SZKÓŁ Z UCZELNIA - BRANDA MECHANICZNA, TECHNIK MECHANIK" POWIĘŻ. 15.06.00.106/10 WSPÓLFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW UNI EUROPEJSKIEJ W RAMACH EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU SPOŁECZNEGO

57:01 / 1:02:00

Funkcje Niepubliczny

Technik mechanik Subskrybuj

0 Udziałów Udziałów Udziałów

Udostępnij Pobierz Zapisać



W ramach rozwijania wiedzy uczniów z matematyki po zajęciach został przeprowadzony próbny egzamin maturalny z zakresu podstawowego.

### Opis przykładowej lekcji on-line, w trakcie której zaprezentowano wykorzystanie nowoczesnych technologii

Celem zajęć była prezentacja oraz omówienie budowy i zasady działania profesjonalnych drukarek 3D. W trakcie zajęć poruszano aspekty informatyczne, teleinformatyczne, elektroniczne oraz mechaniczne.

Urządzenia te, jak i technologia druku 3D, z racji swoich możliwości, ceny, kosztów eksploatacyjnych i gabarytów stały się na tyle popularne, że obecnie używane są nie tylko w specjalistycznych zastosowaniach przemysłowych, ale i przez hobbystów, a nawet przez dzieci. Uczniowie zostali zapoznani z procesem realizacji projektu od pomysłu po wykonanie oraz z gotowymi wydrukami, np. obudowy silnika dwusuwowego, wrzeczona do frezarki, czy wentylatora.

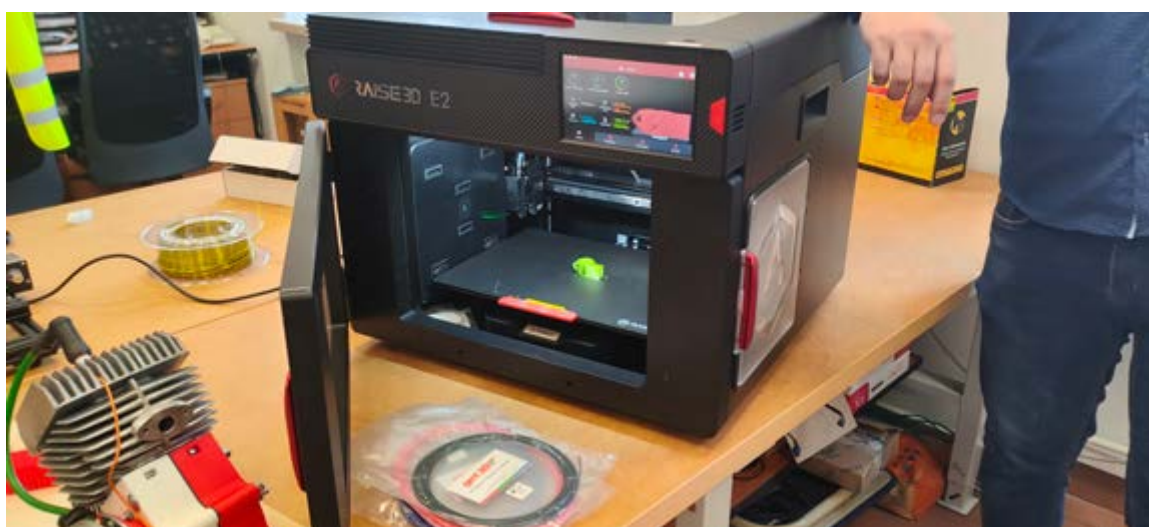
W trakcie trwającego wydruku prowadzący podczas dyskusji z uczniami przedstawił wady i zalety poszczególnych dostępnych rozwiązań typowych drukarek 3D, a także oprogramowanie służące do przygotowywania projektów.

Zastosowanie drukarek 3D, niezależnie od rodzaju ich konstrukcji (rys. 3a, b), ma zapewnić materializację obiektu przygotowanego w przestrzeni cyfrowej. Prezentowane drukarki 3D, znajdujące się w Instytucie Elektroniki Politechniki Łódzkiej, codziennie urzeczywistniają projekty zarówno studentów, jak i pracowników uczelni.

a)



b)



Rys. 3. Przykładowe drukarki 3D – konstrukcje typowe (a) oraz profesjonalne (b)