

## Scenariusz zajęć

**Autor/  
Autorzy:** Szymon Grych / Przemysław Rudź

# Kosmiczne śmieci i inne zagrożenia z kosmosu

**Tematyka:** Kosmiczne zagrożenia Ziemi i człowieka.  
Wpływ ludzkości na bezpośrednie sąsiedztwo  
we Wszechświecie

**Wiek uczniów:** 15-19 lat

**Czas:** 🕒 3 x 45 minut

**Słowa kluczowe:**

kosmiczne  
śmieci

świadomość  
sytuacyjna w  
kosmosie

syndrom  
Kesslera

zrównoważony  
rozwój w  
kosmosie

kosmiczny  
impakt

**Przedmioty:**

geografia

fizyka

---

## KONSPEKT ZAJĘĆ

Zajęcia interdyscyplinarne, dotyczące niebezpieczeństw dla ludzkiego życia, zdrowia i normalnego funkcjonowania na Ziemi, a także dla naszej aktywności i gospodarowania w przestrzeni kosmicznej, jakie mogą stanowić obiekty naturalne lub będące wytworem naszej cywilizacji.

### CELE LEKCJI

Uczeń poznaje:


- skalę i charakterystykę zjawiska: liczbę obiektów wystrzelonych przez człowieka i pozostających na orbicie, szacunki dotyczące szczątków obiektów zdefragmentowanych;
- skalę i charakterystykę zjawiska: typologię i liczebność ciał niebieskich stanowiących potencjalne zagrożenie dla Ziemi;
- symulatory skutków upadku planetoid na powierzchnię Ziemi.


### REZULTATY LEKCJI

Uczeń wie i potrafi:

- wie, jakie naturalne i będące wytworem człowieka obiekty znajdują się na orbicie okołozemskiej lub mogą potencjalnie znaleźć się na kursie kolizyjnym z Ziemią;
- potrafi określić, jakie jest prawdopodobieństwo wystąpienia kolizji zarówno z ciałami niebieskimi oraz kosmicznymi śmieciami i potencjalne następstwa takich incydentów;
- wie, jakie działania podejmuje ludzkość – naukowcy, inżynierowie, instytucje i przedsiębiorstwa funkcjonujące w obszarze badań i eksploracji przestrzeni kosmicznej – w celu wykrywania/ minimalizowania/ zapobiegania ww. zagrożeniom;
- jest świadomy potrzeby przestrzegania zasady zrównoważonego rozwoju również w odniesieniu do eksploracji i ekspansji ludzkości w przestrzeni kosmicznej;
- za pomocą oprogramowania potrafi symulować skutki kosmicznych impaktów.

## KORELACJA Z PODSTAWĄ PROGRAMOWĄ

 <b>FIZYKA</b>	Zakres podstawowy	Zakres rozszerzony
<i>Grawitacja i elementy astronomii</i>	III.2;	IV.4; IV.7;
<i>Elementy fizyki relatywistycznej i fizyka jądrowa</i>	XII.13;	XII.13;

 <b>GEOGRAFIA</b>	Zakres podstawowy	Zakres rozszerzony
<i>Ziemia we Wszechświecie</i>	II.3; II.5;	
<i>Obserwacje astronomiczne i współczesne badania Wszechświata</i>		II.5;

### KLUCZOWE KOMPETENCJE XXI WIEKU\*

(jakim kompetencjom kluczowym XXI wieku odpowiada scenariusz)

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii
- kompetencje cyfrowe
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się
- kompetencje obywatelskie

\* Więcej informacji o kompetencjach kluczowych na stronie: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604(01)&from=EN)

---

## MATERIAŁY DYDAKTYCZNE DO PRZEPROWADZENIA ZAJĘĆ:

- Liczebność śmieci kosmicznych . .
- Syndrom Kesslera [⇒link](#) [⇒link](#)
- Publikacja „The economics of space debris in perspective”, s.26 .
- The cost of space debris .
- Space Debris: Five Unexpected Objects That Fell to Earth .
  
- Astronarium odc. 62 .
- prezentacja multimedialna „Kraterzy meteorytowe”
- Ikonografia: czym różni się kometa, asteroida, meteor .
- Kosmiczne katastrofy: katastrofa tunguska ., meteor czelabiński ., przypadek Ann Hodges .
- Where old satellites go to die .
- The Lifespan of Orbiting Satellites .
- SSA Programme overview .
  
- Symulacje kosmicznych impaktów: w postaci formularza czysto tekstowego ., grafiki .
- Technologie aktywnego usuwania kosmicznych śmieci z orbity:
  - ESA commissions world’s first space debris removal .,
  - film Space debris - efforts to clean up space .,
  - misja RemoveDEBRIS .

### Załączniki do lekcji:

- załącznik nr 1, prezentacja multimedialna Kraterzy meteorytowe
- załącznik nr 2, Symulator kosmicznych impaktów – Instrukcja
- załącznik nr 3, Karta pracy ucznia

---

## PRZEBIEG LEKCJI 1

### 🕒 WSTĘP DO ZAJĘĆ ⇒ 5 MINUT

- Nauczyciel czyta uczniom fragment książki Stanisława Lema „Dzienniki gwiazdowe” - RATUJMY KOSMOS (List otwarty Ijona Tichego). Jest to wstęp do treści kolejnych lekcji z tej tematyki.

✍ *Profesor Bruckee z obserwatorium skarżył się mi niedawno na słabnący blask obu gwiazd Centaura. Jak mają nie słabnąć, jeśli cała okolica wypełniona jest śmieciem?! Wokół ciężkiej planety Syriusza, stanowiącej atrakcję tego układu, powstał pierścień, przypominający pierścienie Saturna, lecz utworzony z flaszek po piwie i lemoniadzie. Kosmonauta, lecący tym szlakiem, musi wymijać nie tylko chmury meteorów, ale i puszki po konserwach, skorupki jaj i stare gazety. Są tam miejsca, gdzie nie widać spoza nich gwiazd. Astrofizycy od lat łamią sobie głowę nad przyczyną wywołującą znaczną różnicę w ilościach pyłu kosmicznego w rozmaitych galaktykach. Myślę sobie, że to dość proste - im wyższa w galaktyce cywilizacja, tym więcej tam naśmiecono, stąd cały ten pył, kurz i odpadki.*

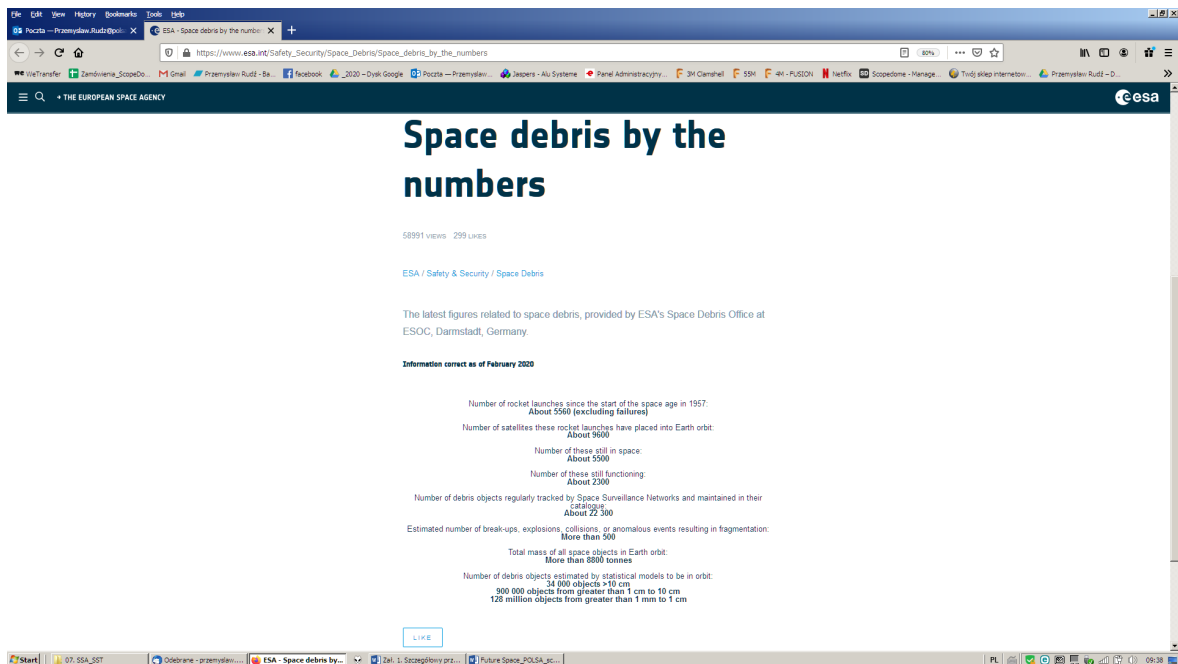
*Jest to nie tyle problem dla astrofizyków, ile dla zmiataaczy. Jak widać, i w innych mgławicach nie umiano sobie poradzić, ale to doprawdy niewielka pociecha. Godną potępienia zabawą jest także plucie w próżnię, ślina bowiem, jak każda w ogóle ciecz, zamarza w niskiej temperaturze i zderzenie z nią łatwo może doprowadzić do katastrofy. Niezręcznie nawet o tym mówić, ale osoby, które zwykle chorują w podróży, zdają się uważać kosmos za rodzaj spluwaczki, jak gdyby nie wiedzieli, że ślady ich dolegliwości krążą potem przez miliony lat po orbitach, budząc u turystów niemiłe skojarzenia i zrozumiałą niechęć.*

### 🕒 CZĘŚĆ PRAKTYCZNA ⇒ 30 MINUT

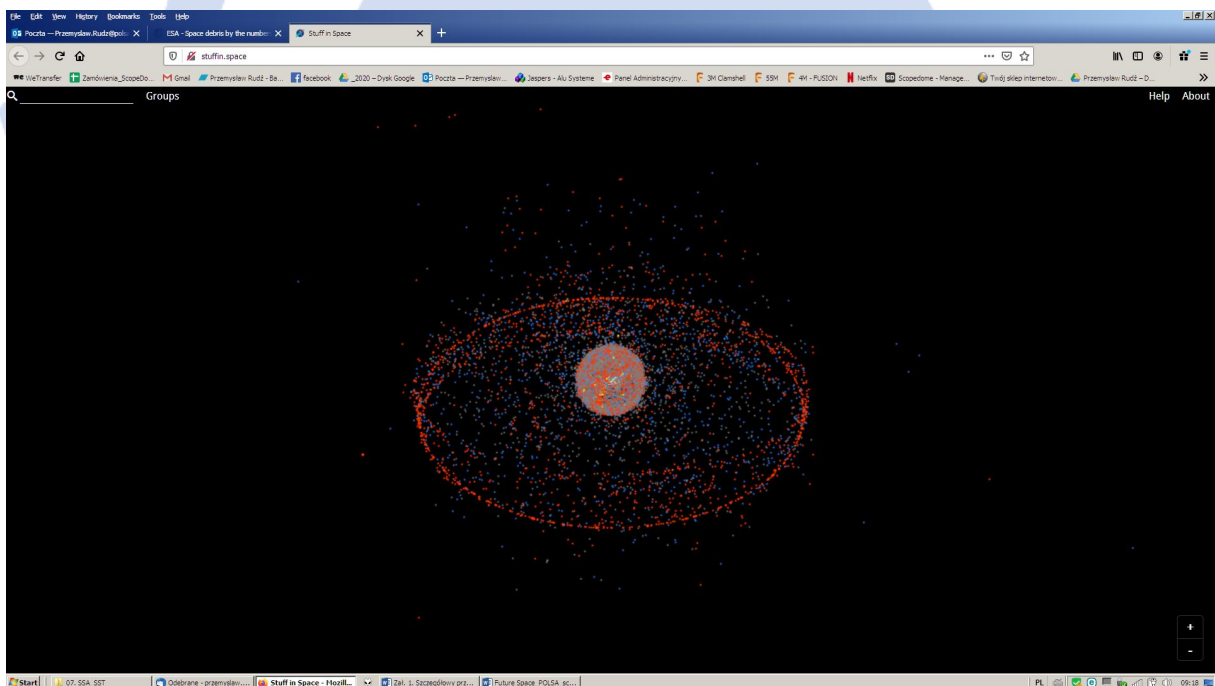
- Naprowadzenie na bardziej szczegółowe zagadnienia z zakresu zagrożeń wynikających z obecności w przestrzeni kosmicznej niezliczonych obiektów, naturalnych i wytworzonych przez człowieka, można wykonać inicjując luźną dyskusję, czy potencjalnie niebezpieczne (dla ludzi i ich majątku) mogą być przedmioty wielkości np. małego kamyczka, pinezki, opiłka metalu, ziarenka piasku. Dla pobudzenia wyobraźni najlepiej nie zdradzać na tym etapie tematu lekcji. W zależności od adekwatności odpowiedzi można stopniowo, mniej lub bardziej dyskretnie podpowiadać:

- co w sytuacji, jeśli nadalibyśmy tym przedmiotom dużą prędkość (porównanie do amunicji – można również w miarę możliwości zaprezentować nabój/łuskę)?
- co w sytuacji, kiedy tych fruujących z prędkością pocisku przedmiotów byłoby wokół nas naprawdę wiele, jak chociażby w czasie przejścia cyklonu tropikalnego lub tornada?

- Warto wprowadzić konkretne wartości, porządkujące wiedzę, weryfikujące domysły z dyskusji wstępnej. W tym celu wiarygodnym, podlegającym aktualizacji źródłem jest np.



➡ Obrazowo liczebność obiektów można pokazać np. z wykorzystaniem witryny ..



➡ Można też wprowadzić przemawiające do wyobraźni porównania, np.:

- odprysk farby wielkości 1 cm, poruszający się na orbicie Ziemi z prędkością ok. 10 km/s (36 tys. km/h) może wywołać podobne uszkodzenia, które na Ziemi wywołałaby kolizja z obiektem o masie ćwierć tony przy prędkości bliskiej 100 km/h;
- znalezienie się na trasie 10-centymetrowego „pocisku” na orbicie oznaczałoby skutki zbliżone do eksplozji 7 kilogramów trotylu.

- 
- Na lekcji fizyki można dokonać stosownych obliczeń energii kinetycznej obiektu poruszającego z się po orbicie. Przykładowe zadanie:
    - ✍ *Porównaj energię kinetyczną samochodu o masie jednej tony, poruszającego się z prędkością 100 km/h, z energią kinetyczną satelity typu cubesat (rozmiary 10 x 10 x 10 cm) o masie 1 kilograma, poruszającego się na orbicie z prędkością 7,66 km/s. Ile razy energia kinetyczna satelity jest większa od energii rozpędzonego auta?*
  - Ciekawym pojęciem, które warto wyjaśnić uczniom, jest syndrom Kesslera . Opisuje on sytuację, w której coraz większa liczba czynnych i nieczynnych satelitów na niskich orbitach wokółziemskich może powodować kolizje, w wyniku których szczątki satelitów zderzają się z innymi satelitami i szczątkami po nich, generując coraz więcej kosmicznych śmieci zagrażających funkcjonującym satelitom i lotom załogowym.
  - W ten sposób zwracamy uwagę na skalę i wagę problemu, a tym samym ryzyko istotnego utrudnienia dla dalszej eksploracji przestrzeni kosmicznej, a nawet dalszego jej wykorzystania w obecnym zakresie (funkcjonowanie satelitów). Warto zarysować następstwa ewentualnej realizacji „czarnego scenariusza” (publikacja „The economics of space debris in perspective” – s. 26, The cost of space debris ).
  - Należy wspomnieć o potencjalnym zagrożeniu dla ludzi i infrastruktury na Ziemi, jednak z podkreśleniem, że do naprawdę wyjątkowych należą wypadki, gdy obiekt „poza kontrolą” po pierwsze przetrwał wejście w atmosferę, a po drugie spadł na tereny zamieszkałe (Space Debris: Five Unexpected Objects That Fell to Earth ).

---

🕒 **PODSUMOWANIE ZAJĘĆ ⇒ 10 MINUT**

- ➡ Problem śmieci kosmicznych przewidział już Stanisław Lem, którego prorocza wizja z „Dzienników gwiazdowych” otworzyła lekcję. Pomimo nieco prześmiewczego tonu i użytej przenośni, Lem wskazał istotny z dzisiejszego punktu widzenia problem. Astronomowie i sektor kosmiczny zgadzają się co do tego, że zjawisko będzie narastać i może doprowadzić do tragedii, jakim będzie nie tylko uszkodzenie satelity, ale przede wszystkim statków załogowych, co może mieć śmiertelne skutki. Będzie powodować też problemy w obserwacjach astronomicznych prowadzonych z Ziemi. Działania na rzecz ograniczania generowania kolejnych śmieci kosmicznych są elementem współodpowiedzialności za przyszłość naszego świata, jego zrównoważony rozwój, zachowania kosmicznego „sąsiedztwa” Ziemi w możliwie nienaruszonym stanie, również dla naszego dobra i w naszym interesie (w tym ekonomicznym).





---

## PRZEBIEG LEKCJI 2

### 🕒 WSTĘP DO ZAJĘĆ ⇒ 25 MINUT

➡ Na początku lekcji nauczyciel nakreśla krótko tematykę lekcji i wyświetla uczniom odcinek programu Astronarium pt. NEO – obiekty bliskie Ziemi ⇒[link](#) Prosi jednocześnie, aby w czasie projekcji notowali odpowiedzi na następujące pytania, np.:

- *Co oznacza skrót NEO?*
- *Co wydarzyło się w 2013 roku w Czelabińsku?*
- *Jak poszukuje się NEO?*
- *Dlaczego szczególnie monitoruje się planetoidę Apophis?*
- *Jak możemy zmienić orbitę obiektów NEO będących na kursie kolizyjnym z Ziemią?*
- *Do czego wykorzystuje się wielki radioteleskop w Arecibo?*
- *Czym jest sieć bolidowa i do czego służy?*
- *Czym była i kiedy miała miejsce katastrofa tunguska?*
- *Czym jest skala Torino i do czego służy?*

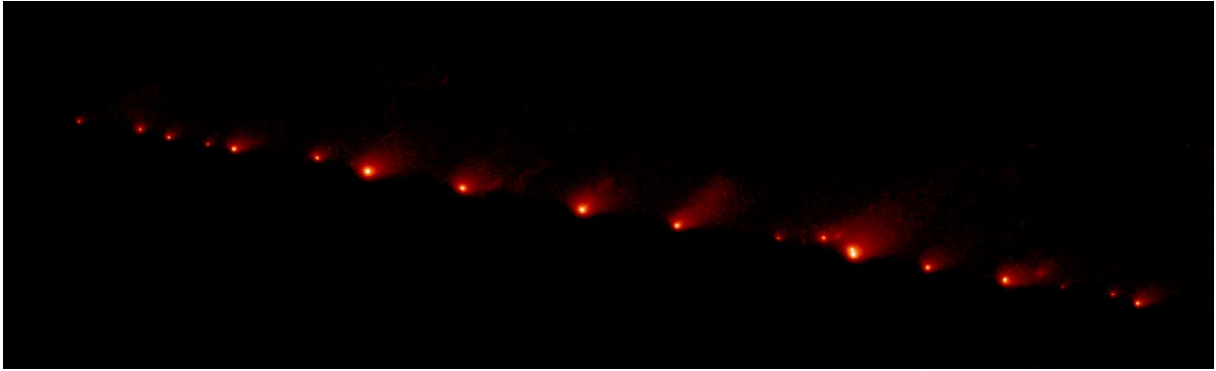
### 🕒 CZĘŚĆ PRAKTYCZNA ⇒ 20 MINUT

➡ Nauczyciel, odwołując się do filmu wyjaśnia, że możemy spodziewać się zagrożeń naturalnych takich, jak zderzeń ciał niebieskich (przy okazji wprowadzając ich uproszczoną klasyfikację: asteroidy, komety, meteoroidy, meteoryty, pojęcia mikrometeoroidów i NEO – obiektów bliskich Ziemi) → Ikonografia: czym różni się kometa, asteroida, meteor .

➡ Dobrym przykładem znaczenia kosmicznych kolizji może być słynny impakt Chicxulub na Płw. Jukatan, który przyczynił się do wyginięcia dinozaurów na przełomie kredy i trzeciorzędu. Przy tej okazji warto w na ekranie pokazywać największe i najbardziej znane kratery meteorytowe na Ziemi → **załącznik nr 1, prezentacja multimedialna Kratery meteorytowe.**

➡ Ważna jest racjonalizacja zjawiska, a więc z jednej strony prawdopodobieństwo uderzenia obiektów danej wielkości (relatywnie niskie, biorąc pod uwagę perspektywę pojedynczego człowieka, długość jego życia itp., ale jednak wyższe przy dużo dłuższej perspektywie czasowej, z punktu widzenia losów całej cywilizacji), a z drugiej strony rzetelne przedstawienie zakresu następstw, jakie tego typu zdarzenie może wywołać, krótko- i długofalowo.

➡ Warto wspomnieć, że tego typu kosmiczna katastrofa była obserwowana przez astronomów całkiem niedawno. W 1994 roku cała naukowa społeczność na świecie obserwowała zderzenie komety Shoemaker-Levy 9 z Jowiszem. Na poniższym zdjęciu widoczny jest łańcuszek kometarnych jąder, który powstał w wyniku rozerwania tej komety przez siły pływowe Jowisza.



- A na poniższym zdjęciu ślady zderzenia kolejnych fragmentów komety. Rozmiary śladów zbliżone są lub przewyższają rozmiary Ziemi.



- Celowe wydaje się przytaczanie konkretnych, dawniejszych i tych bardziej współczesnych przykładów, w tym świadectw lub teorii – począwszy od tej związanej z powstaniem Księżyca, przez np. prawdopodobną przyczynę wymarcia m. in. dinozaurów, do incydentów odnotowanych w czasach historycznych – katastrofa tunguska , meteor czelabiński , przypadek Ann Hodges .
- Po zarysowaniu istotności zagrożeń logiczne będzie przejście do metod ich minimalizowania, przeciwdziałania zarówno przyczynom, jak i skutkom:

---

→ Co można zrobić/robi się, by powstrzymać „produkcję”, czyli pojawianie się nowych kosmicznych śmieci:

- zaproponowane wytyczne do zastosowania już na etapie konstruowania pojazdów /urządzeń, Mitigating space debris generation
- procedury w trakcie użytkowania i po ich zakończeniu:
  - wytyczną dot. zadbania o deorbitację po 25 latach
  - powstanie orbity cmentarnej do bezpiecznego przechowywania zużytych satelitów
  - wyznaczenie i przeznaczenie bieguna niedostępności (tzw. Punktu Nemo) Where old satellites go to die [⇒link](#) The Lifespan of Orbiting Satellites

→ Co robi się/planuje zrobić, by fizycznie usuwać już krążące na orbicie, szczególnie niebezpieczne objekty:

- dostępne/rozważane do wdrożenia technologie aktywnego usuwania kosmicznych śmieci z orbity: ESA commissions world's first space debris removal , film Space debris - efforts to clean up space , misja RemoveDEBRIS

→ Co można zrobić/robi się, by z wyprzedzeniem przewidzieć, przygotować się na potencjalną kolizję, zdiagnozować jej następstwa:

- monitorowanie w ramach systemów świadomości sytuacyjnej → SSA Programme overview
- rola powszechności i stałej wymiany informacji, współpracy międzynarodowej

## **PODSUMOWANIE ZAJĘĆ ⇒ 5 MINUT**

- ➡ Monitorowanie śmieci kosmicznych i zagrożeń wynikających z kolizji Ziemi z kometami i planetoidami doczekały się poważnego potraktowania przez państwa biorące udział w podboju kosmosu. W Europie efektem tego jest chociażby szeroko zakrojony program Space Situational Awareness (SSA), który ma za zadanie monitorować pogodę kosmiczną i jej wpływ na urządzenia techniczne, infrastrukturę naziemną, klimat na Ziemi i życie biologiczne. Innymi celami programu jest śledzenie obiektów NEO oraz aktywne monitorowanie wszystkich obiektów wysyłanych z Ziemi na orbitę, a także ich fragmentów, które powstały w wyniku usterek, awarii, zderzeń i innych niezaplanowanych sytuacji.
- ➡ W przyszłości usuwanie kosmicznych śmieci będzie się odbywać na kilka sposobów, w tym wysyłanie zużytych satelitów na orbity cmentarne, kontrolowaną deorbitację, czy aktywne oczyszczanie przestrzeni kosmicznej przez specjalnie do tego celu zaprojektowane statki. Inżynierowie pracują również nad rozwojem metod odkrywania kolejnych obiektów NEO oraz aktywnych form zmiany kursu kolizyjnego planetoid i komet. Ma to umożliwić wczesną i skuteczną reakcję w celu obrony życia na Ziemi.

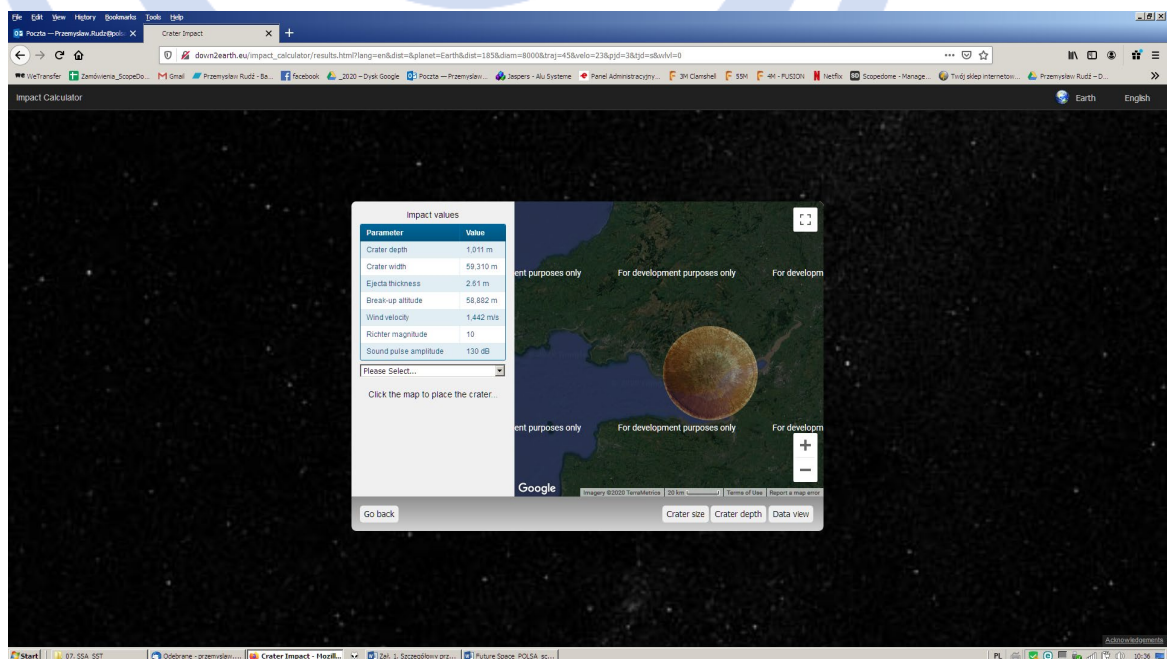
## PRZEBIEG LEKCJI 3

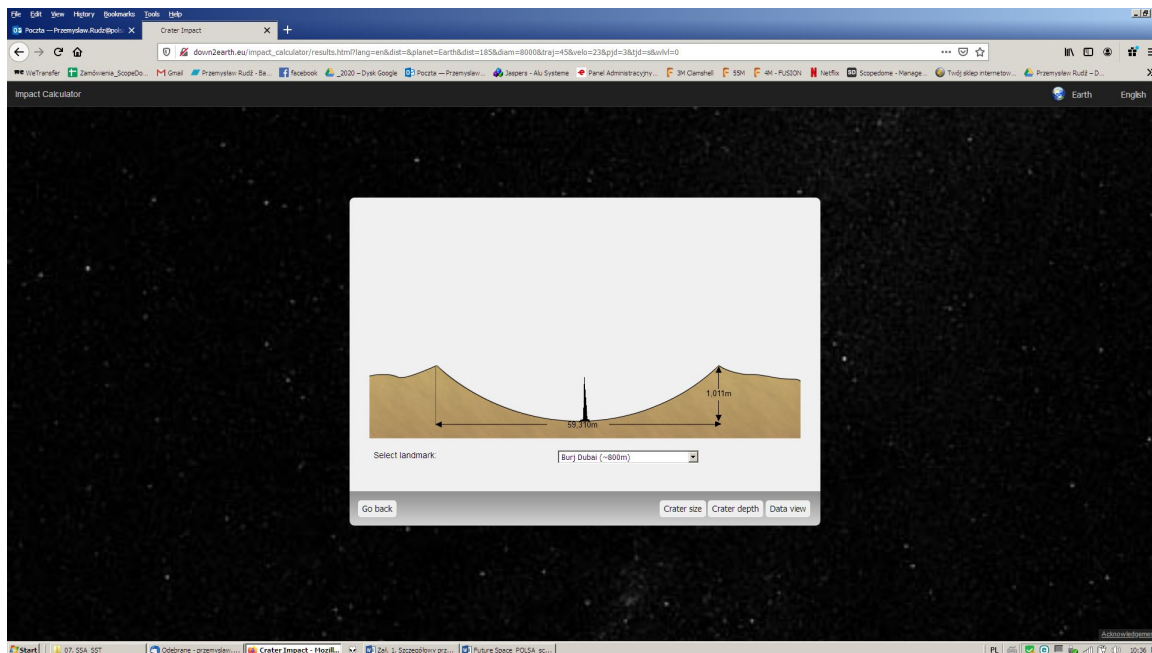
### 🕒 WSTĘP DO ZAJĘĆ ⇒ 5 MINUT

- Efekty kosmicznych impaktów (zderzeń) można symulować komputerowo. W tym celu skorzystamy na lekcji z istniejących symulatorów, które pozwolą wyobrazić skalę potencjalnych zniszczeń w zależności od wielkości i prędkości obiektu będącego na kursie kolizyjnym z Ziemią (**załącznik nr 2 - Symulator kosmicznych impaktów – Instrukcja**).

### 🕒 CZĘŚĆ PRAKTYCZNA ⇒ 30 MINUT

- Uczniowie symulują skutki upadku planetoidy o różnych rozmiarach, prędkości, kącie upadku i rodzaju podłoża, w które uderza.
- Poniżej przedstawione są dwie przykładowe symulacje (w Internecie jest ich znacznie więcej). Jedna z nich jest dostępna w postaci formularza czysto tekstowego , a druga wzbogacona została o proste grafiki . (obydwa w jęz. angielskim).
- W trakcie symulacji można zmieniać dane wejściowe (zmiennie określające właściwości obiektu, który analizujemy – masę, wielkość, kształt, gęstość, strukturę, skład, trajektorię itp., a także np. różnice ze względu na warunki w miejscu uderzenia), a następnie obserwować dane na wyjściu.
- Aby porównać efekty zderzeń, nauczyciel dzieli uczniów na grupy i zadaje im ustawienie konkretnych parametrów symulacji. Można też dokonać symulacji w gronie całej klasy, wyświetlając jej wyniki rzutnikiem multimedialnym na ekranie. Ciekawe jest ustawienie na mapie swojej lokalizacji i odnoszenie efektów impaktu do znanej sobie okolicy.





## 🕒 **PODSUMOWANIE ZAJĘĆ ⇒ 10 MINUT**

- ➡ Co prawda prawdopodobieństwo katastrofy kosmicznej na skalę zbliżoną do tej, która położyła kres dinozaurom, jest niezwykle małe, ale niezerowe. Praktycznie każdego miesiąca mija Ziemię niewielki odłamek skalny, który mógłby stać się potencjalnym zagrożeniem, choć rzecz jasna w znacznie mniejszej skali. Monitorowanie przestrzeni kosmicznej w poszukiwaniu obiektów na kursie kolizyjnym stanowi poważne wyzwanie dla nauki, gospodarki i polityki, gdyż jest to kwestia nie czy, a kiedy nastąpi upadek niosący ze sobą istotne zagrożenie. Nie ma tu miejsca na panikę, ale przekonanie społeczności międzynarodowej do wspólnych działań w celu detekcji i metod eliminowania zagrożenia w sposób aktywny i, co najważniejsze, skuteczny.

---

## UWAGI NAUCZYCIELA PO PRZEPROWADZENIU ZAJĘĆ



---

*Materiał edukacyjny opracowany  
w ramach projektu FUTURE SPACE  
(nr umowy: 2019-1-PL01-KA201-065434),  
współfinansowany przez Unię Europejską  
w programie ERASMUS+*



**Erasmus+**

**LICENCJA: CC BY-SA 4.0**

**<https://futurespaceproject.eu/>**

