

OD RZUTU PIŁKĄ PO KOSMICZNE SKOKI

Elżbieta Kawecka

Projekt edukacyjny z fizyki przygotowany w ramach programu
ERASMUS+ nr: 2015-1-PLO1-KA201-016801



Publikacja objęta międzynarodową licencją otwartą CC-BY-SA 4.0 umożliwiającą kopiowanie, rozpowszechnianie, remiksowanie, zmienianie i ulepszanie, również w celach komercyjnych, pod warunkiem oznaczenia autorstwa i udostępniania utworów zależnych na tych samych warunkach.



Publikacja została zrealizowana przy wsparciu finansowym Komisji Europejskiej w ramach programu Erasmus+. Publikacja odzwierciedla jedynie stanowisko jej autorów i Komisja Europejska nie ponosi odpowiedzialności za zamieszczoną w niej zawartość merytoryczną



Opis idei:

Projekt łączy zagadnienia z fizyki, informatyki i matematyki wykorzystując dostępne filmy i materiały dotyczące skoku astronauty na Księżycu, skoków spadochronowych i skoków z „krawędzi kosmosu”. Uczniowie poznają technikę wideopomiarów (bezpłatny program Tracker) i zastosują ją do naboru danych z filmów i analizy ruchu. Dowiedzą się co ma wspólnego rzut piłki ze skokiem na Księżycu. Wykorzystają filmy dostępne w internecie oraz zastosują kamerę cyfrową do filmowania ruchu wyrzuconej do góry piłki. Utworzą wykresy zależności położenia i prędkości od czasu oraz wyznaczą przyspieszenie ziemskie i księżycowe. Zapoznają się z e-doświadczeniem „Rzuty” i zbadają ruch wyrzuconych do góry piłek przy różnym przyspieszeniu grawitacyjnym.

W ramach pracy domowej uczniowie wyszukają materiały (filmy, zdjęcia, infografiki, artykuły) dotyczące skoków spadochronowych i osiągniętych rekordów. Przygotują prezentacje dotyczące fizyki skoków spadochronowych, zawierające dane liczbowe przydatne do budowy modelu. Na lekcji informatyki poznają podstawy modelowania numerycznego i zastosują poznane prawa fizyczne do budowy modelu skoku ze spadochronem. Porównają wyniki modelowania z danymi wyszukanymi w internecie.

Harmonogram:

Przedmiot	Temat lekcji	Liczba godzin
Informatyka	Wprowadzenie do wideopomiarów – zapoznanie z programem Tracker, nabór danych z gotowych filmów, tworzenie wykresów i ich analiza.	2
Fizyka	Co ma wspólnego rzut piłką ze skokiem na Księżycu? (Badanie doświadczałne rzutu pionowego w górę, tworzenie i analiza wykresów zależności parametrów ruchu od czasu, analiza przemian energii, analiza ruchu astronauty podczas skoku na Księżycu, wyznaczanie przyspieszenia grawitacyjnego na Księżycu).	2
Fizyka	„Kosmiczne” skoki – prezentacje uczniowskie na temat skoków spadochronowych, skoków ze stratosfery, osiągniętych rekordów i praw fizyki (Swobodny spadek, stan nieważkości, opory ruchu, prędkość graniczna).	1
Informatyka	Modelowanie numeryczne. Budowa modelu skoku ze spadochronem w arkuszu kalkulacyjnym.	2

Opis lekcji informatyki i fizyki, zaplanowanych w ramach projektu

I

Temat lekcji informatyki: **Wideopomiary – nabór i analiza danych z programem Tracker**

Czas: 2 godziny lekcyjne

Streszczenie: Wprowadzenie do wideopomiarów – zapoznanie z programem Tracker, nabór danych z gotowych filmów, tworzenie wykresów i ich analiza.

Plan zajęć

1. Wprowadzenie – wyjaśnienie na czym polega technika wideopomiarów, przykład analizy ruchu w programie Tracker.
2. Pobranie i instalacja programu Tracker oraz klipów filmowych z mechaniki przez uczniów.
3. Uruchomienie programu Tracker, nabór danych z wybranego filmu przedstawiającego ruch ciała – praca uczniów pod kierunkiem nauczyciela z wykorzystaniem instrukcji .
4. Eksport danych pomiarowych do arkusza kalkulacyjnego.
5. Tworzenie wykresów ruchu i ich analiza.
6. Film instruktażowy „Video analysis” – zasady nagrywania dobrego filmu do wideopomiarów.
7. Praca w grupach 2-osobowych – nagranie własnego filmu (np. piłeczki toczącej się po stole, wahadła) za pomocą kamery smartfona.
8. Praca domowa – nabór danych z nagranych filmów, analiza wykresów.

Pomoce dydaktyczne

- Program Tracker (do pobrania ze strony <https://physlets.org/tracker/>)
- Instrukcja pracy w programie Tracker
- Przykładowe klipy wideo z mechaniki (do pobrania ze strony https://physlets.org/tracker/download/mechanics_videos.zip)
- Kamera (smartfon, tablet)
- Film „Video analysis” – <http://server3.streaming.cesnet.cz/others/uk/mff/kdf/videoanalysis.wmv> lub <https://vimeo.com/27475759>
- Arkusz kalkulacyjny

II

Temat lekcji fizyki: **Co ma wspólnego rzut piłką ze skokiem na Księżycu?**

Czas: 2 godziny lekcyjne

Streszczenie: Badanie doświadczalne rzutu pionowego w górę, tworzenie i analiza wykresów zależności parametrów ruchu od czasu, analiza przemian energii, analiza ruchu astronauty podczas skoku na Księżycu, wyznaczanie przyspieszenia grawitacyjnego na Księżycu.

Plan zajęć

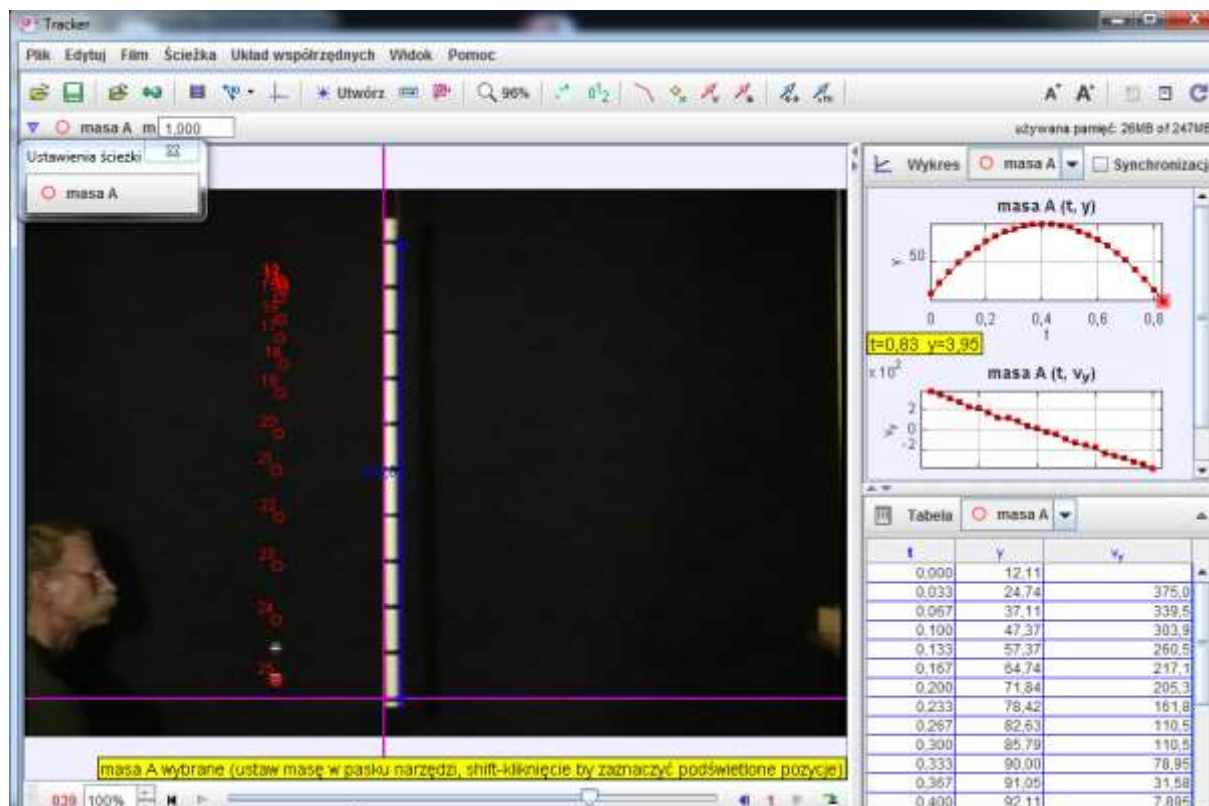
1. Wprowadzenie – podział na grupy, przydział zadań.
2. Badanie ruchu wyrzuconej do góry piłki – praca w grupach:
 - Filmowanie ruchu różnych piłek, nabór danych za pomocą programu Tracker, analiza wyników w arkuszu kalkulacyjnym,
 - Pomiary z ultradźwiękowym detektorem ruchu (opcjonalnie),
 - Tworzenie i analiza wykresów na podstawie danych pomiarowych w arkuszu kalkulacyjnym, analiza przemian energii.
3. Podsumowanie – prezentacja i dyskusja wyników pomiaru.
4. Skok na Księżycu – nabór danych z filmu, analiza ruchu i dyskusja wyników, porównanie wykresów ruchu z wykresami rzutu pionowego w górę, wyznaczenie przyspieszenia księżycowego.
5. Porównanie rzutu pionowego na Ziemi i na Księżycu - ćwiczenie „Rzut pionowy” z e-doświadczenia „Rzuty”.
6. Podsumowanie. Praca domowa.

Pomoce dydaktyczne

- Różne piłki np.: ping-pongowa, tenisowa, siatkowa, koszykowa
- Kamera (smartfon, tablet)
- Program Tracker (do pobrania ze strony <https://physlets.org/tracker/>)
- Instrukcja pracy w programie Tracker
- Przykładowe klipy wideo z mechaniki (do pobrania ze strony https://physlets.org/tracker/download/mechanics_videos.zip)
- Dane pomiarowe z rejestracji położenia wyrzuconej do góry piłki za pomocą ultradźwiękowego detektora ruchu – plik *dane rzut piłką.xlsx*
- Film „Skok na Księżycu”
- E-doświadczenie „Rzuty” – aplikacja i podręcznik dla uczniów (do pobrania ze strony http://e-doswiadczenia.mif.pg.gda.pl/e_doswiadczenia-pl)
- Arkusz kalkulacyjny

Uwagi metodyczne dla nauczyciela dotyczące kolejnych etapów zajęć

Ad 1) Na lekcji informatyki uczniowie poznali program Tracker. Można przypomnieć wykresy, które otrzymali podczas naboru danych wyrzuconej do góry piłeczki na podstawie klipu **BallTossUp.wmv**



Wykresy $y(t)$ i $v_y(t)$ wyrzuconej do góry piłeczki, otrzymane w programie Tracker z wykorzystaniem klipu **BallTossUp.wmv**

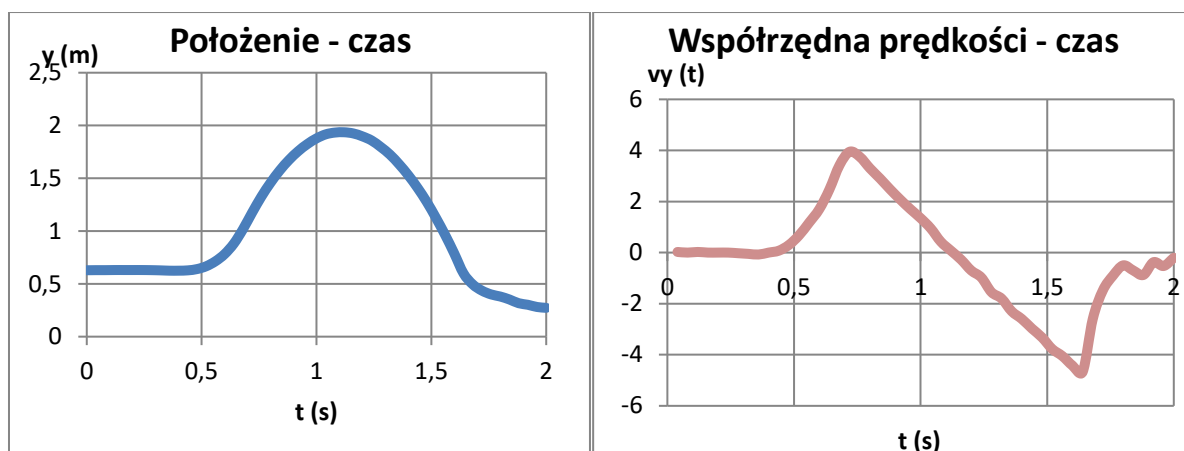
Ad 2) Praca w grupach.

- Uczniowie filmują ruch wyrzuconych do góry piłek (każda grupa ma inną piłkę). Należy zadbać o kamery o wystarczającej szybkości, tło oraz podziałkę umożliwiającą skalowanie obrazu.
- Uczniowie stosują program Tracker do naboru danych ze swojego filmu, eksportują wyniki pomiarów do arkusza kalkulacyjnego.
- Każda grupa tworzy wykresy zależności położenia i prędkości od czasu oraz wykresy energii kinetycznej i potencjalnej od czasu.
- Jedna grupa tworzy wykresy na podstawie danych pomiarowych uzyskanych za pomocą czujnika ruchu.

Ad 3) Prezentacja wyników pomiaru przez kolejne grupy. Dyskusja.

- Czy wykresy otrzymane przez poszczególne grupy są podobne? Czy są jakieś różnice?
- Jakie funkcje matematyczne opisują otrzymane wykresy? Czy na podstawie współczynników funkcji można wyznaczyć parametry fizyczne badanych ruchów?

Uwaga: Z danych w pliku *dane rzut piłką.xlsx* uczniowie powinni otrzymać poniższe wykresy zależności położenia i prędkości od czasu.



Wyniki pomiarów położenia wyrzuconej do góry piłki wykonane za pomocą czujnika ruchu ($y=0$) - wykresy w arkuszu kalkulacyjnym

Rzut pionowy w górę – teoria a wyniki pomiarów

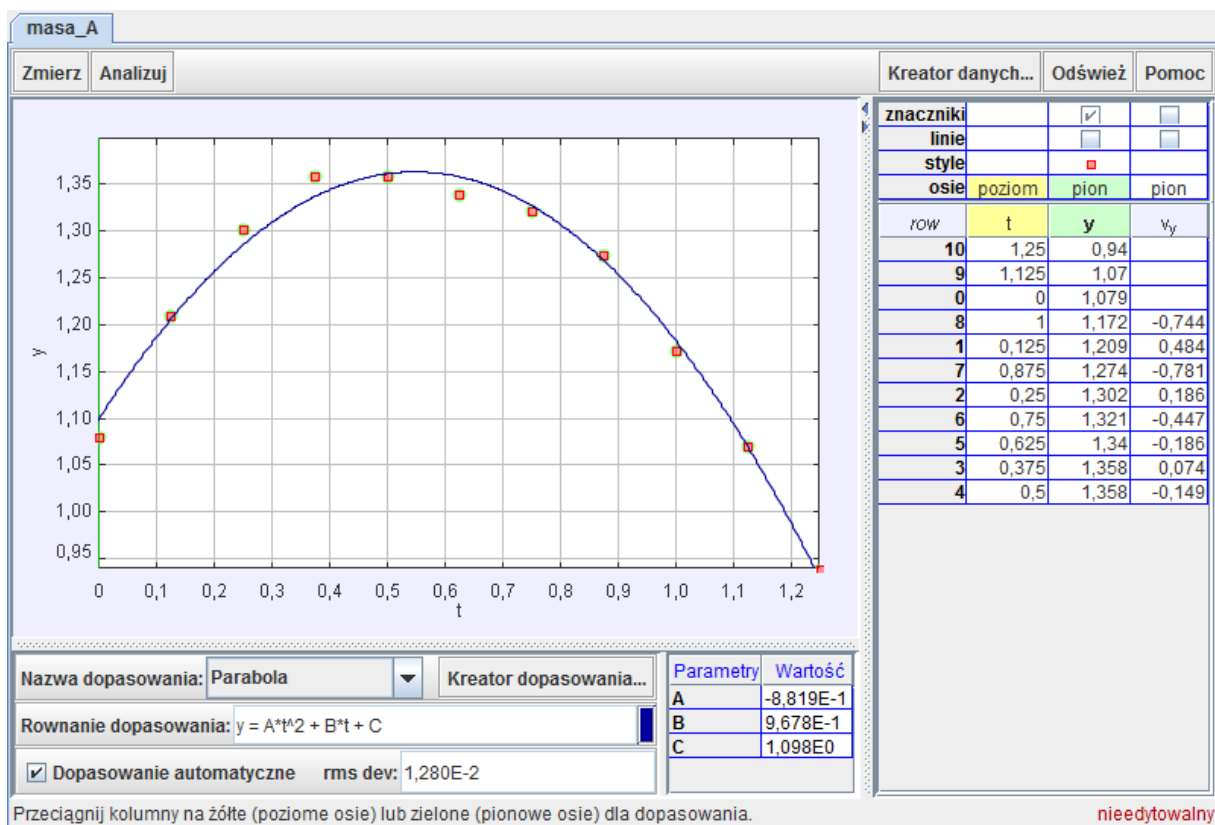
- Gdy pomijamy opór powietrza na wyrzuconą do góry piłkę działa stała siła $F = mg$, zwrócona pionowo w dół,
- Wykres zależności położenia od czasu to parabola,
- Wykres zależności współrzędnej prędkości od czasu to linia prosta,
- Na wykresie $v_y(t)$ widoczne są również zmiany prędkości piłki podczas jej wyrzucania i łapania.

Ad 4) Nauczyciel prezentuje film „Skok na Księżycu” udostępniony na stronie NASA. Uczniowie wykonują wideopomiary z programem Tracker.

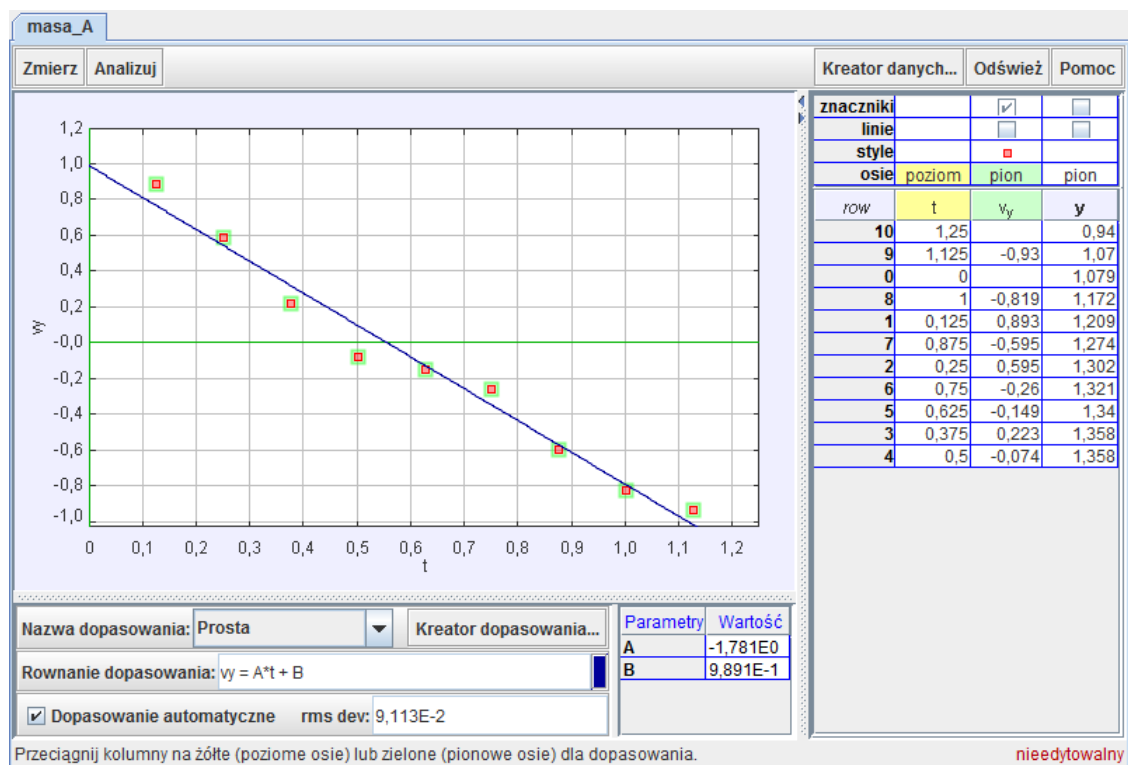
Uwaga: W module „Ruch i siły”

(http://ictforist.oeiizk.waw.pl/upload/Motion%20Module_PL.pdf), opracowanym w ramach projektu ICT for IST, zostało opisane ćwiczenie „Skok na Księżycu”, wykonane w projekcie Wideopomiary programu Coach 6. Można wczytać ten film do programu Tracker i wykonać pomiary położenia w funkcji czasu.

Poniżej przedstawiono wyniki pomiarów położenia skaczącego astronauty, wykonane w programie Tracker. Dopasowanie funkcji kwadratowej do wykresu $y(t)$ lub funkcji liniowej do wykresu $v(t)$ pozwala wyznaczyć przyspieszenie księżycowe.



Analiza filmu „Skok na Księżycu” w programie Tracker. Z równania funkcji kwadratowej dopasowanej do wykresu $y(t)$ wynika, że przyspieszenie grawitacyjne na Księżycu wynosi ok. $1,76 \text{ m/s}^2$ (2A).



Analiza filmu „Skok na Księżycu” w programie Tracker. Współczynnik kierunkowy prostej dopasowanej do wykresu $v_y(t)$ wynosi $-1,78$, zatem przyspieszenie księżycowe oszacowane na podstawie tego wykresu wynosi $1,78 \text{ m/s}^2$.

Ad 5) Badanie rzutu pionowego na Ziemi i Księżycu – ćwiczenie „Rzut pionowy” z wykorzystaniem e-doświadczenia „Rzuty”.

Nauczyciel lub wybrany uczeń przygotowuje zestaw do e-doświadczenia „Rzut pionowy”

Pytania do uczniów:

- Jaki kształt będą miały wykresy zależności położenia od czasu piłki wyrzuconej pionowo w górę z tą samą prędkością początkową na Ziemi i Księżycu?
- Czym się różnią te wykresy?
- Czy czasy ruchu piłki na Ziemi i Księżycu są takie same?

Nauczyciel lub wybrany uczeń uruchamia aplikację i następuje weryfikacja odpowiedzi uczniów.

Ad 6) Podsumowanie

- Wykresy zależności położenia od czasu dla wyrzuconej do góry piłki mają kształt paraboli podobnie jak wykres położenia od czasu wybranego punktu plecaka kosmonauty podczas skoku na Księżycu.
- Wykresy zależności współrzędnej prędkości od czasu w obu przypadkach są liniowe. Różnią się współczynnikiem kierunkowym ze względu na różne wartości przyspieszenia grawitacyjnego.
- Wykresy położenia od czasu dla piłek o dużej średnicy nie są symetryczne. Jest to efekt wpływu oporu powietrza na ruch.

Praca domowa

- Wyszukanie informacji na temat skoków spadochronowych: historii, osiągniętych rekordów i praw fizyki.
- Przygotowanie dwóch prezentacji na temat fizyki skoków spadochronowych do przedstawienia na lekcji (dla chętnych).

III

Temat lekcji fizyki: „**Kosmiczne**” skoki

Czas: 1 godzina lekcyjna

Streszczenie: Prezentacje uczniowskie na temat skoków spadochronowych i osiągniętych rekordów są punktem wyjścia do analizy ruchu z uwzględnieniem oporu powietrza oraz wprowadzenia pojęcia prędkości granicznej.

Plan lekcji

1. Wprowadzenie – Film i infografika „Skok z kosmosu Felixa Baumghartnera”.
2. Prezentacje uczniowskie na temat skoków spadochronowych.
3. Doświadczenia w grupach 2-osobowych:
 - a. Obserwacja ruchu i pomiar czasu spadku ciał o tej samej masie a różnych kształtach (różnej powierzchni przekroju poprzecznego).
 - b. Obserwacja ruchu i pomiar czasu spadku ciał o takim samym kształcie a różnych masach.
4. Przedstawienie wyników doświadczeń przez uczniów.
5. Dyskusja roli siły oporu powietrza podczas spadku ciał i charakteru zależności siły oporu od prędkości, wprowadzenie pojęcia prędkości granicznej.
6. Zadania rachunkowe – sprawdzenie przez uczniów wybranych danych liczbowych na infografice „Skok z kosmosu”.
7. Wprowadzenie do modelowania ruchu na lekcji informatyki – w jaki sposób opisać ruch ciał przy zmieniającej się wypadkowej sile?

Materiały:

- Infografika Skok z kosmosu - <http://infografika.wp.pl/title,Wielki-skok-czlowieka-z-krawedzi-kosmosu,wid,14992499,wiadomosc.html>
- Film Skok z kosmosu Felixa Baumghartnera - <https://youtu.be/ApzVaZUiRiQ>
- Artykuł P. Borys - Modelowanie skoku z „krawędzi Kosmosu”, *Foton 119*, zima 2012 – do pobrania <http://www.foton.if.uj.edu.pl/archiwum/2012/119>

IV

Temat lekcji informatyki: **Modelowanie numeryczne. Budowa modelu skoku ze spadochronem w arkuszu kalkulacyjnym.**

Czas: 2 godziny lekcyjne

Streszczenie: Wprowadzenie do modelowania numerycznego. Budowa modelu skoku ze spadochronem w arkuszu kalkulacyjnym.

Plan zajęć

1. Wprowadzenie – na czym polega i kiedy się stosuje modelowanie numeryczne.
2. Omówienie algorytmu stosowanego do obliczania wartości położenia i prędkości ciał, na które działa zmienna siła.
3. Budowa uproszczonego modelu skoku ze spadochronem w arkuszu kalkulacyjnym pod kierunkiem nauczyciela (instrukcja).
4. Tworzenie wykresów i ich analiza dla różnych wartości parametrów modelu. Porównanie wyników z danymi na temat skoków spadochronowych.
5. Modyfikacja modelu – uwzględnienie etapu przed otwarciem spadochronu.
6. Porównanie wyników z danymi rzeczywistymi.
7. Podsumowanie – przykłady zagadnień które można opisywać za pomocą zbudowanych modeli.

Materiały:

- Opis budowy modelu skoku ze spadochronem w arkuszu kalkulacyjnym
- Plik *model skok ze spadochronem.xlsx*
- Artykuł P. Borys - Modelowanie skoku z „krawędzi Kosmosu”, *Foton 119*, zima 2012 – do pobrania <http://www.foton.if.uj.edu.pl/archiwum/2012/119>