

# Ruch planet naszego układu słonecznego i ich księżyców

1. Borowy Szymon
2. Kołodziej Dominik
3. Kozak Marcin

<b>Cel symulacji</b>	<b>1</b>
<b>Rozregulowanie układu</b>	<b>1</b>
<b>Problemy na które się natknęliśmy</b>	<b>2</b>
Wielkości w Układzie Słonecznym	2
Położenie początkowe planet	3
<b>Zastosowane metody</b>	<b>3</b>

## Cel symulacji

Celem symulacji jest zobrazowanie ruchu planet oraz ich księżyców w Układzie Słonecznym. Taka symulacja mogłaby służyć orientacyjnej lokalizacji np: Ziemi względem innych planet. Bardzo dokładne symulacje, bazujące na setkach tysięcy pomiarów obiektów Układu Słonecznego mogłyby służyć nawet symulacji trajektorii wystrzelonych satelitów, czy statków kosmicznych. Prostsze symulacje, ze względu na swoje niedokładności spowodowane m.in: brakiem dostępu do specjalistycznego sprzętu zarówno pomiarowego jak i obliczeniowego, czy nieidealnym oddaniem praw działających we Wszechświecie mogą być wykorzystywane jako nie zaawansowane materiały edukacyjne. Naszym celem jest zbudowanie prostej symulacji Układu Słonecznego, opartej na podstawowych założeniach i na jej podstawie przeprowadzenie doświadczeń które pozwolą nam określić jak szybko nasza symulacja ulega rozregulowaniu.

## Rozregulowanie układu

Każda symulacja jest obarczona jakimś błędem. W przypadku symulacji jakichkolwiek układów w których znaczenie ma siła oddziaływania grawitacyjnego między ciałami, największym problemem jest liczba ciał. W rzeczywistości każde ciało działa na każde inne ciało siłą grawitacyjną. Co prawda siła oddziaływania grawitacyjnego pochodząca od ciał o małej masie jest niewielka, jednakże chcąc

dokonać symulacji odzwierciedlającej dokładnie rzeczywistość należałoby rozpatrzyć wszystkie te zależności.

Używanie jak najdokładniejszych algorytmów obliczeniowych jest pewnym rozwiązaniem, jednakże zwiększa to nakład obliczeniowy, a oczywiście nie eliminuje podstawowej przyczyny rozregulowania układu. Nie ma algorytmu w 100% dokładnego i problem rozregulowania pojawia się w każdej symulacji ([link do informacji o rozregulowaniu](#)). Dlatego postanowiliśmy za pomocą bardzo prostego modelu układu Słonecznego, który przez swoje uproszczenia jest prosty do zrozumienia, sprawdzić, jak bardzo taki uproszczony układ będzie odbiegał od stanu faktycznego położenia planet.

## Problemy na które się natknęliśmy

### Wielkości w Układzie Słonecznym

Problemem zdecydowanie są stosunki wielkości w Układzie Słonecznym. Średnica Słońca wynosi ok 695 700 km<sup>1</sup>, a odległość Neptuna (najdalszej planety Układu Słonecznego) od Słońca wynosi ok 30,047 AU<sup>2</sup>, czyli ok 5 841 348 057 222,9km, co jest ponad 8 396 360 razy więcej niż Średnica Słońca. Jest to liczba Ciężka do wyobrażenia, dlatego załączamy linki do stron które przedstawiają właśnie rzeczywistą proporcję ([link1/link2](#)). Poszliśmy zatem na swego rodzaju kompromis w wizualizacji. Stosunki wielkości planet są zachowane między sobą (promień Ziemi jest faktycznie ok 109 razy mniejszy od promienia Słońca) a także zachować wielkości orbit między sobą (promień orbity Ziemi jest faktycznie ok 30,47 mniejszy od promienia orbity Neptuna). Jednakże promień Ziemi i odległość Ziemi od Słońca nie są wyskalowane w takiej samej jednostce. Więc pod tym względem nasza symulacja nie jest wiarygodnym źródłem informacji. Decyzję o takim przedstawieniu Układu Słonecznego podjęliśmy ze względu właśnie na chęć większej przejrzystości naszej pracy. Jak widać inne symulatory także idą na swego rodzaju kompromis w tej kwestii, np: [ten](#) oferuje użytkownikowi powiększenie planet dla lepszej widoczności co oczywiście zaburza wyobrażenie wielkości między promieniami planet a promieniami orbit, [ten](#) dał wszystkim planetom podobne wielkości (przykład Ziemi i Jowisza których rozmiary niewiele się różnią).

---

<sup>1</sup> Mamajek, E.E.; Prsa, A.; Torres, G.; et, al. (2015), "IAU 2015 Resolution B3 on Recommended Nominal Conversion Constants for Selected Solar and Planetary Properties"

<sup>2</sup> David R. Williams: Neptune Fact Sheet (ang.). W: Planetary Fact Sheets [on-line]. NASA, 2016-12-23

## Położenie początkowe planet

W doświadczeniach które chcemy przeprowadzić kluczowe znaczenie ma jak najdokładniejsze określenie punktu startowego, warunków początkowych naszej symulacji. Położenie planet której jest w obecnej wersji alfa nie jest uwarunkowane żadnymi rzeczywistymi przesłankami. Położenie planet będziemy wprowadzać w kolejnych wersjach. Położenie będziemy odczytywać i obliczać najprawdopodobniej na podstawie dwóch stron internetowych ([link1](#)/[link2](#)). Pozwolą nam one oszacować początkowe położenia planet, co w konsekwencji przełoży się na precyzjność naszej symulacji.

## Zastosowane metody

Postanowiliśmy zacząć od najprostszych metod. Pierwszą metodą jaka przyszła nam na myśl było rysowanie trajektorii planet na podstawie ich czasów obiegu wokół Słońca. Metoda ta zakłada wprowadzenie wartości obiegu do programu, oraz za pomocą odpowiedniej formuły, która mając dany czas obiegu oraz częstotliwość odświeżania animacji będzie przesuwała pozycję planety o odpowiedni kąt.

Wady metody: Metoda ta zakłada, że orbity planet są kołowe- ekscentryczność (mimośród) równy 0. Ta cecha tej metody ma jeden z większych wpływów na dokładność symulacji. Jednakże porównując mimośrodny planet naszego układu można dojść do wniosku, że w orientacji 2D przybliżenie orbit planet do kręgów nie jest aż tak niepoprawne.

Planeta	Mimośród
Merkury	0,2056 <sup>3</sup>
Wenus	0,00677323 <sup>4</sup>
Ziemia	0,01671123 <sup>5</sup>
Mars	0,09341233 <sup>6</sup>
Jowisz	0,04839266 <sup>7</sup>
Saturn	0,05415060 <sup>8</sup>

---

<sup>3</sup> David R. Williams: Mercury Fact Sheet (ang.). W: Planetary Fact Sheets [on-line]. NASA Goddard Space Flight Center, 2016-07-13

<sup>4</sup> David R. Williams: Venus Fact Sheet (ang.). NASA, 2016-12-23

<sup>5</sup> E. Myles Standish, Williams, James C: Orbital Ephemerides of the Sun, Moon, and Planets (ang.). International Astronomical Union Commission 4: (Ephemerides)

<sup>6</sup> David R. Williams: Mars Fact Sheet. W: National Space Science Data Center. NASA, 2016-12-23

<sup>7</sup> Jupiter Fact Sheet (ang.). 2016-12-23

<sup>8</sup> Dr David R. Williams: Saturn Fact Sheet. NASA, 2016-12-23

Uran	0,04716771 <sup>9</sup>
Neptun	0,00858587 <sup>10</sup>

Oczywiście ta metoda nie bierze pod uwagę dynamiki Układu Słonecznego.

## Sposób przeprowadzenia eksperymentów

Mając ułożenie planet oraz metodę obliczania układu planet w przyszłych momentach czasu, możemy sprawdzać o ile i jak rozlegulują się nasz układ. Wczytamy położenie z jednego momentu, następnie przeskoczmy o zadaną wartość czasu i porównamy nasz układ planet z faktycznym układem planet (będziemy skakać do dat które już były) Kilka takich pomiarów pozwoli nam obliczyć różnice w położeniu planet, a następnie na podstawie tych obliczeń wyliczyć sumaryczne rozregulowanie symulacji.

---

<sup>9</sup> Ed Grayceck: Uranus Fact Sheet (ang.). NASA, 22 grudnia 2015

<sup>10</sup> David R. Williams: Neptune Fact Sheet (ang.). W: Planetary Fact Sheets [on-line]. NASA, 2016-12-23.