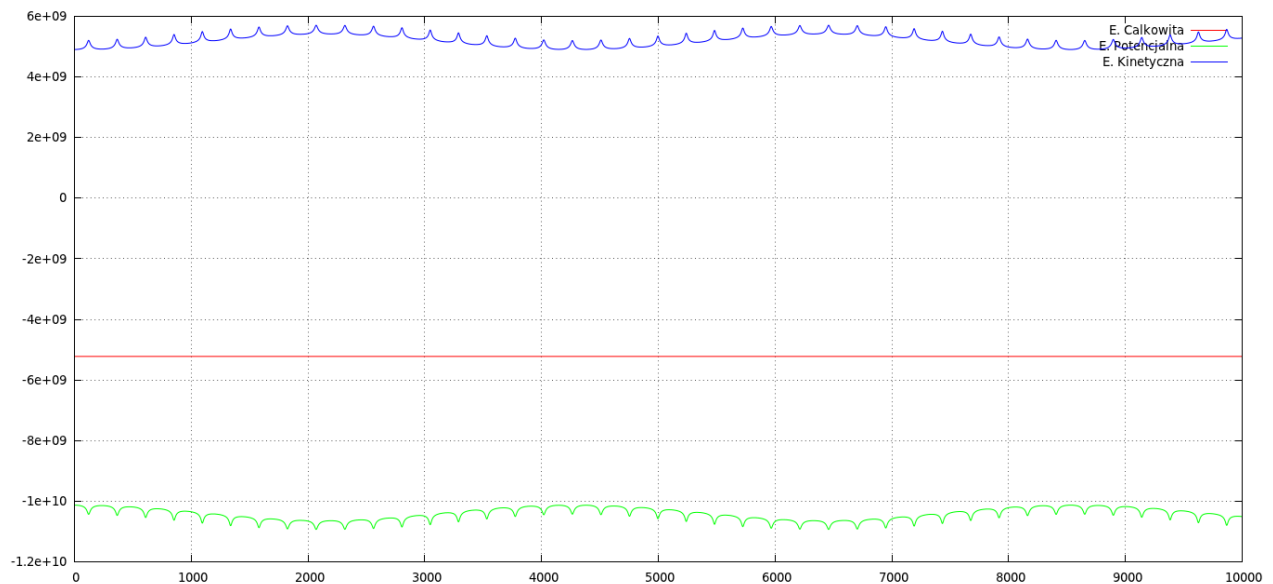


Symulacja układu z czterema masami

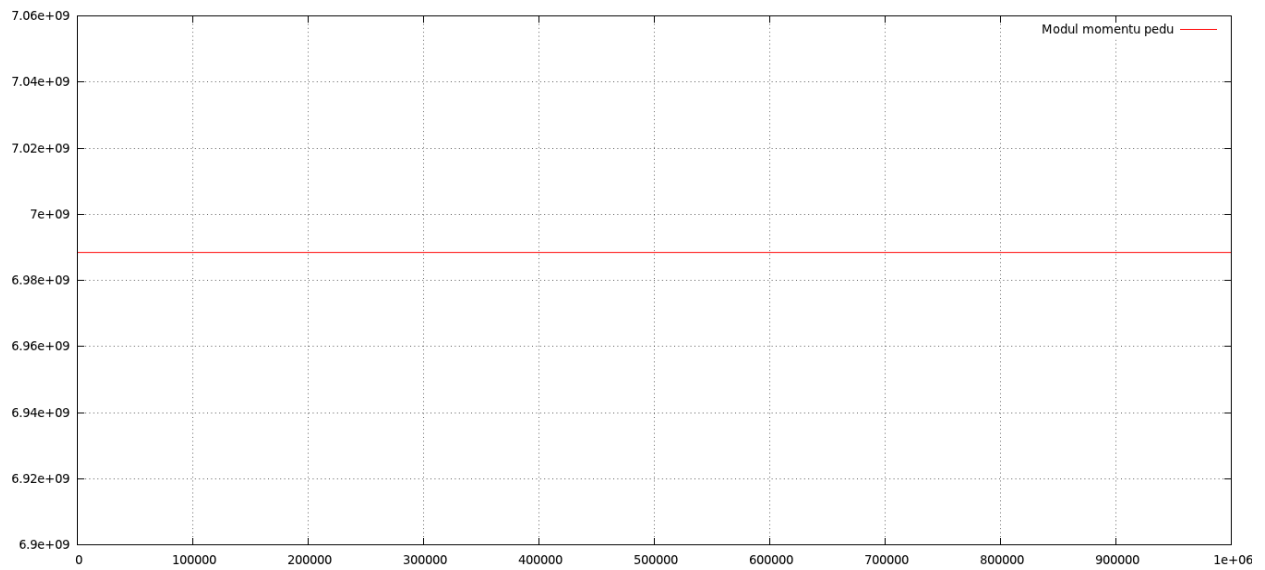
W tej symulacji starałem się uzyskać stabilny układ poczwórny, tudzież układ podwójny z orbitującymi gazowymi olbrzymami (zależy jak to zinterpretować). Początkowe warunki to 2 duże (10^6 jednostek) masy orbitujące wokół wspólnego środka masy i 2 mniejsze (10^3 raza mniejsze) masy orbitujące wokół nich. Krok systemu wynosi 0.001, a stała grawitacji 1. W pliku mpeg znajduje się krótki film ukazujący dynamikę tego systemu.

Stan po 10000 iteracji

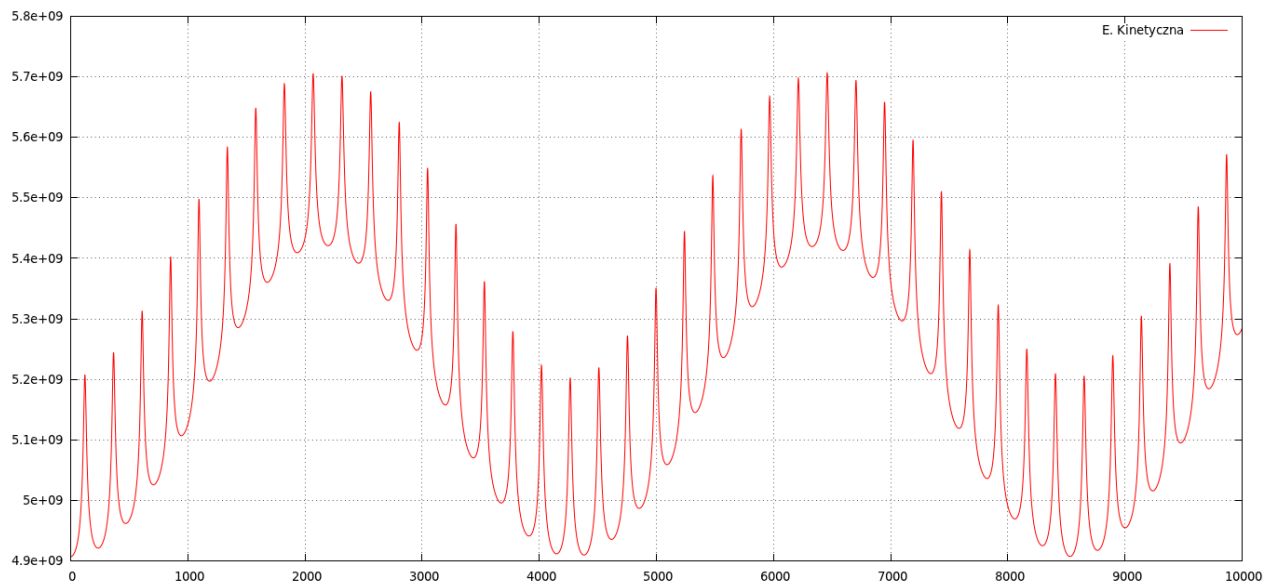
Jak widać na *fig1* energia całkowita układu zostaje zachowana, system nie wykazuje oznak utraty, ani wzrostu energii.



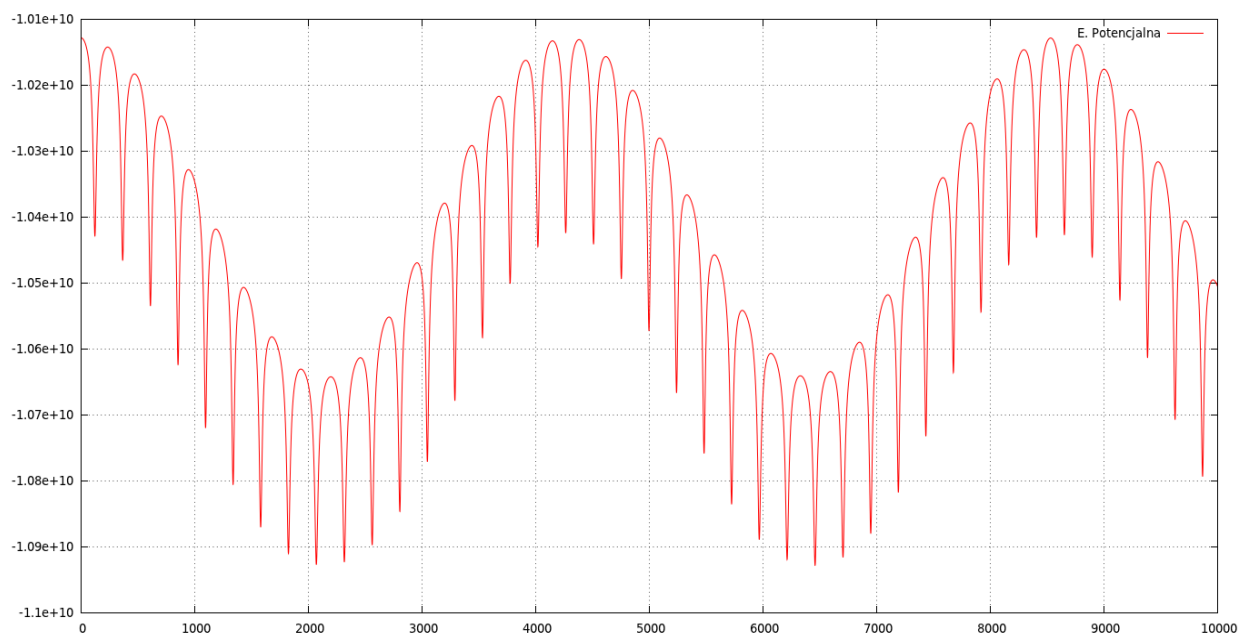
To samo tyczy się momentu pędu, który pozostaje niezmienny, a więc również zasada zachowania momentu pędu jest spełniona.



Bliższy rzut oka na energie potencjalną i kinetyczną dają *fig2* i *fig3*.

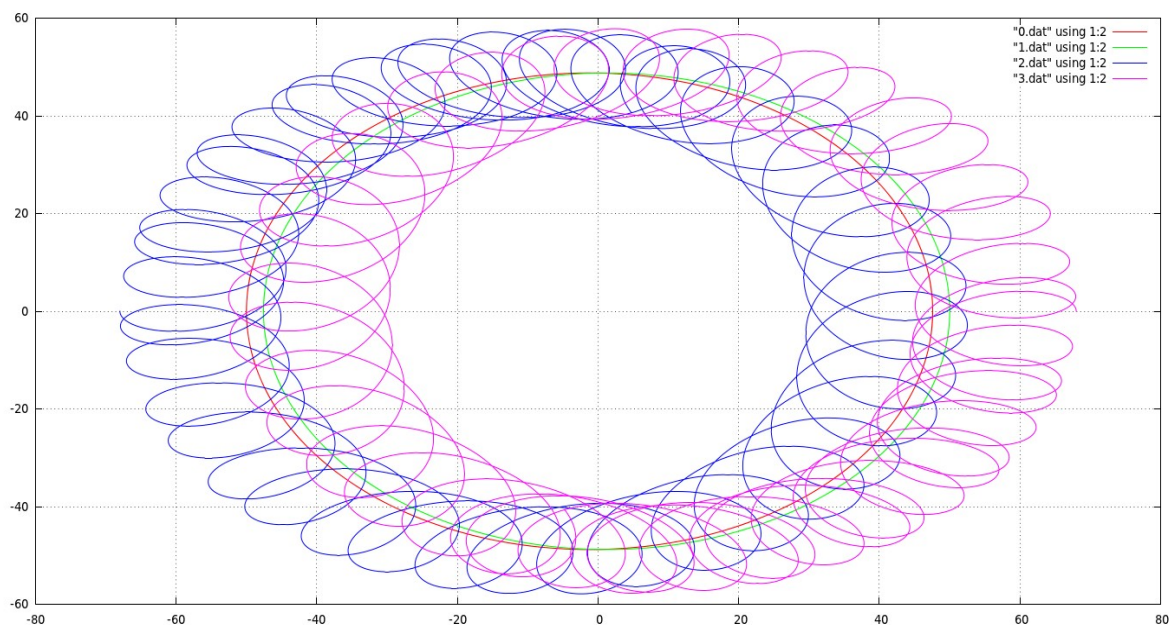


Całkowita Energia Kinetyczna

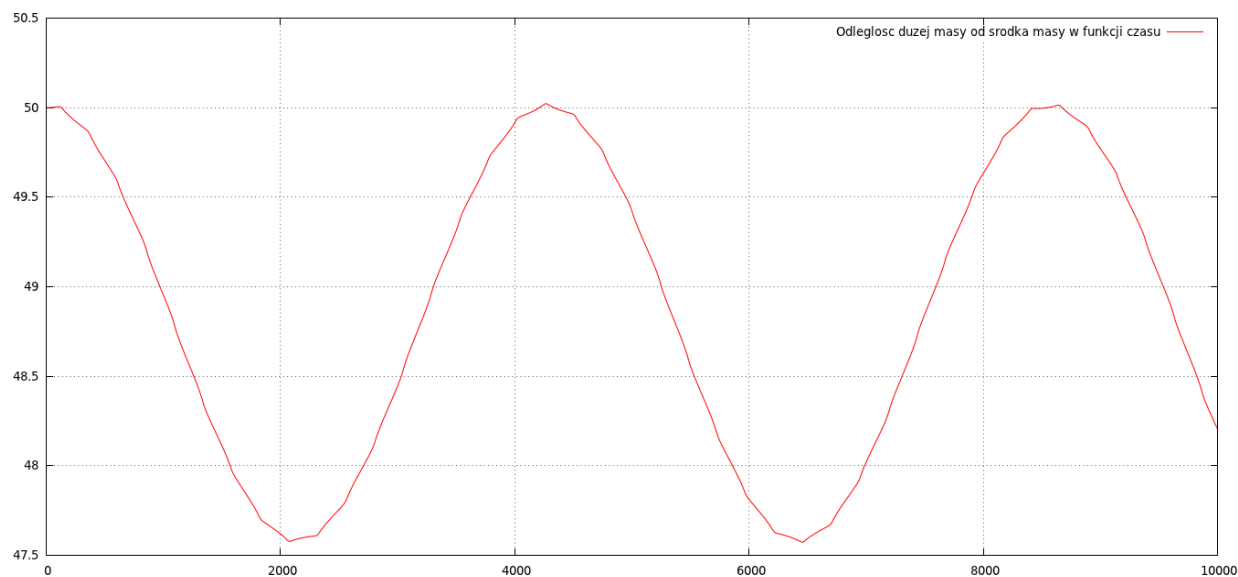


Całkowita Energia Potencjalna

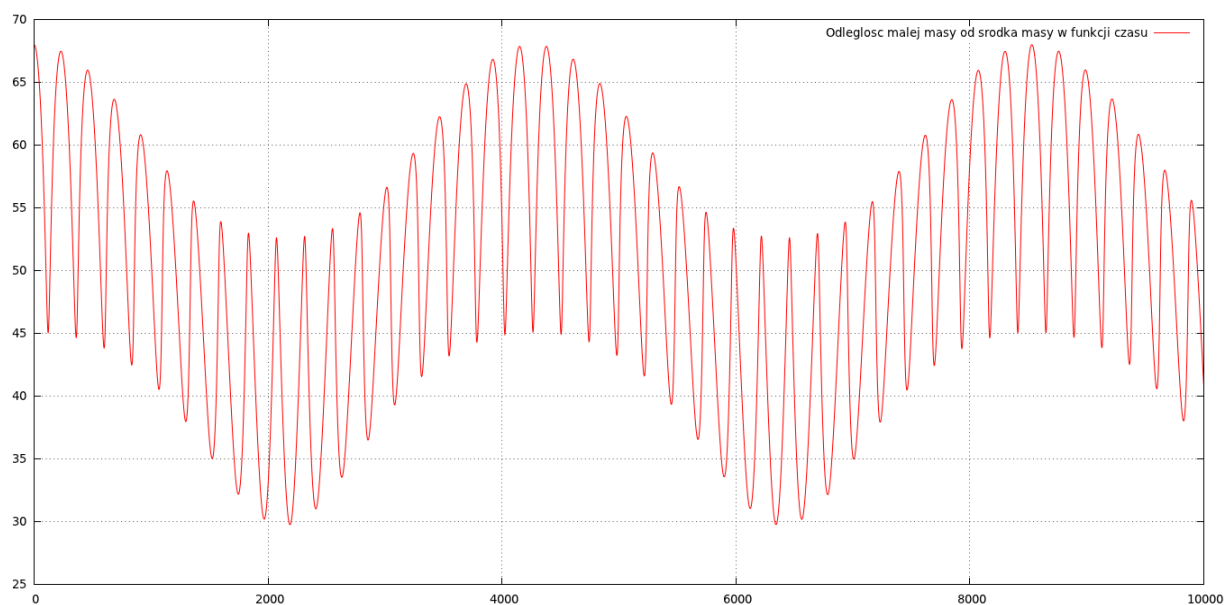
Fig4 ukazuje trajektorię poszczególnych ciał. Widać, że układ jest stabilny, a ruch mas uporządkowany i niechaotyczny. Dwie duże masy podążają po trajektoriach niemal kołowych (wokół wspólnego środka masy w $\{0, 0\}$), a ich satelity okrążają je po orbitach eliptycznych. Warto odnotować, że układ cały czas pozostaje w spoczynku, a ruch mas odbywa się w jednej płaszczyźnie.



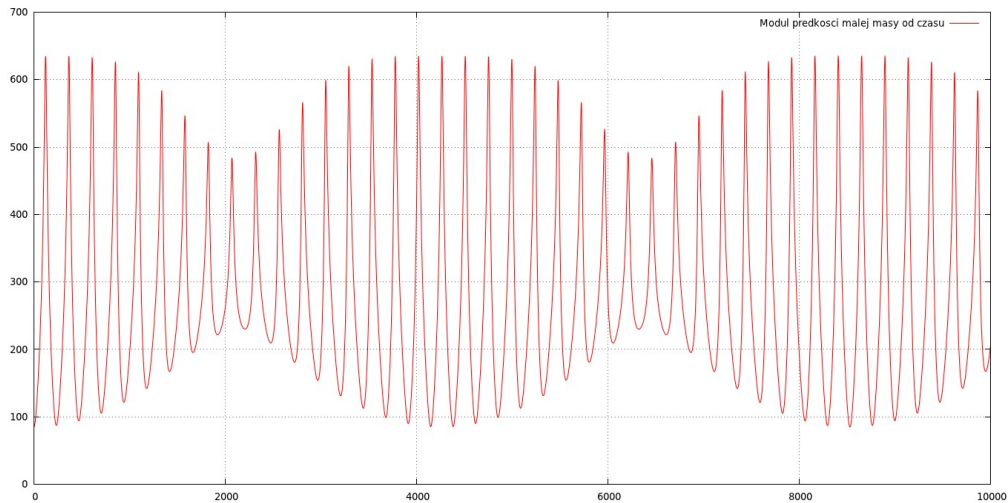
Ciekawych informacji o trajektoriach dostarczają również *fig7* i *fig8*. Wykresy te ukazują odległość małej i dużej masy od punktu $(0, 0)$, będącego środkiem masy układu, w funkcji czasu.



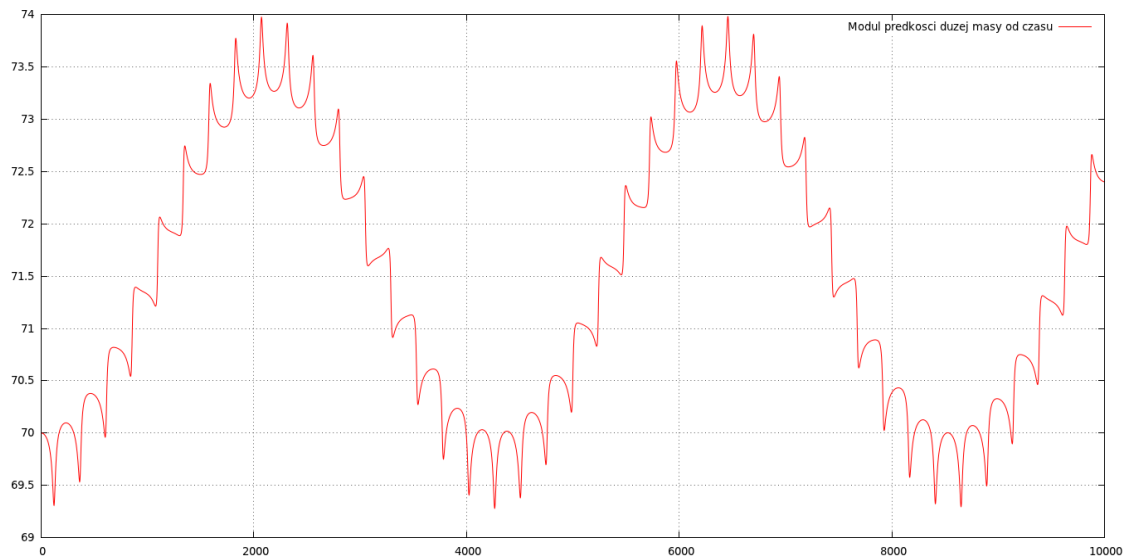
Z powyższego wykresu można odczytać przybliżony okres obiegu dużej masy, długość półosi małej i wielkiej. Widać, że rzeczywiście, duże masy poruszają się po orbitach zbliżonych do kołowych. Na wykresie można również zaobserwować wpływ oddziaływania grawitacyjnego satelity na swojego towarzysza.



Ruch satelit jest złożeniem ruchu obiegowego wokół dużych mas i ruchu obiegowego wokół środka masy układu. Doskonale ilustruje to powyższy wykres. Można odczytać z niego, w przybliżeniu jak często satelity obiegają swoich towarzyszy.



Informacji o tym jak zmienia się prędkość w funkcji czasu, a tym samym jak zmienia się energia kinetyczna ciał dostarczają nam *fig5* i *fig6*. Widać, że małe masy poruszają się z (co do modułu) dużymi prędkościami oraz występuje duża różnica względna między minimalną i maksymalną prędkością. Na *fig6* kolejny raz można zaobserwować wpływ satelity na duże ciało.



Stan po 10^6 iteracji

Po milionie iteracji (łączny czas $10^6 * \text{_step}$) system wciąż jest stabilny, a satelity są na swoich miejscach (*fig9, fig11*).

