

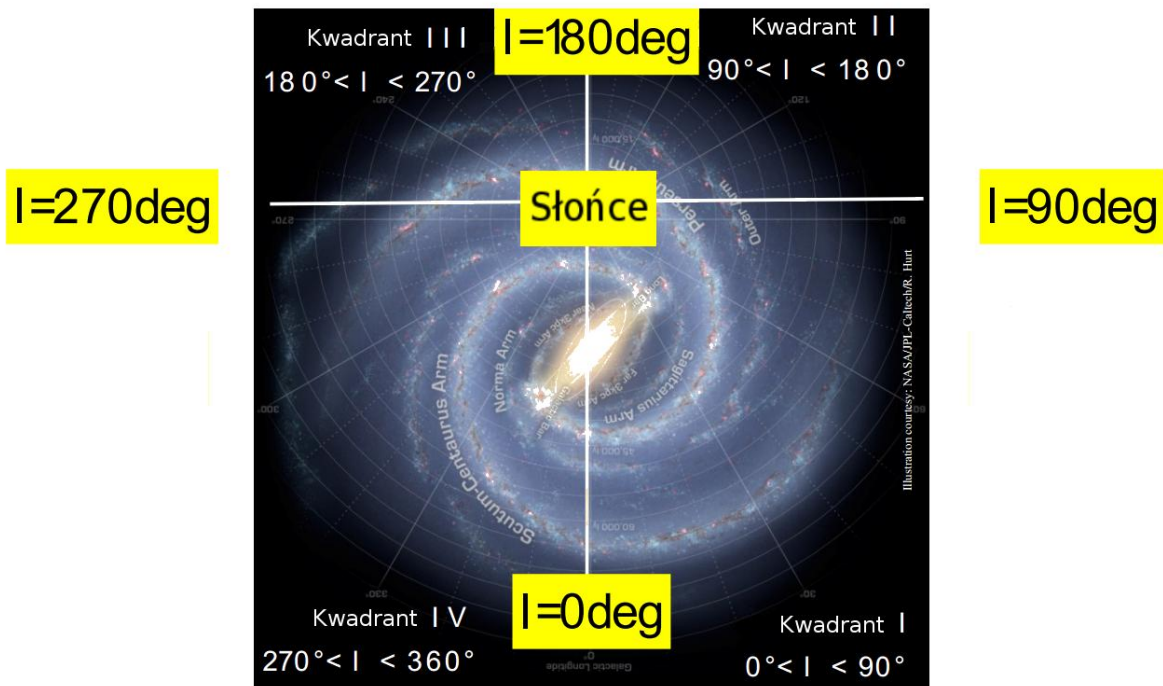
Rotacja Drogi Mlecznej Ćwiczenie kinestetyczne – Przewodnik Nauczyciela

Alexander L. Rudolph

Profesor Fizyki i Astronomii, California State Polytechnic University
Profesor Zaproszony, Uniwersytet Piotra i Marii Curie w Paryżu (UPMC)



Tłumaczenie: Krzysztof Chyży, Obserwatorium Astronomiczne
Uniwersytetu Jagiellońskiego © 2012



Artystyczne przedstawienie Drogi Mlecznej. Źródło: NASA/JPL-Caltech/R. Hurt (SSC/Caltech)



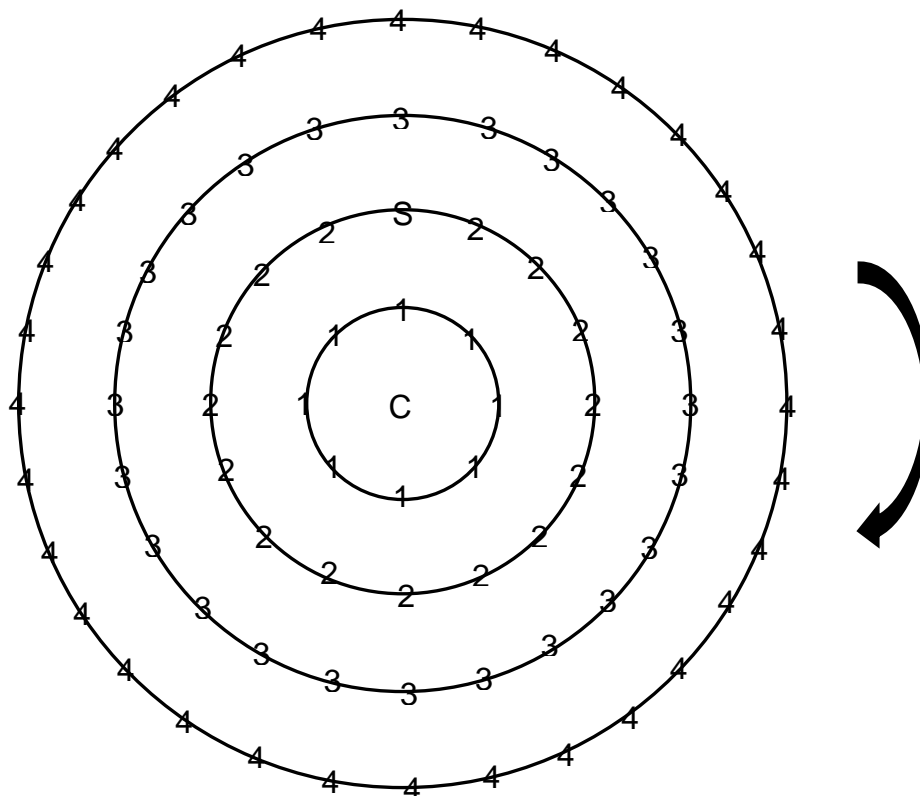
Education and Culture
Lifelong Learning Programme



Ten projekt został zrealizowany przy wsparciu finansowym Komisji Europejskiej.
Publikacja odzwierciedla jedynie stanowisko jej autora i Komisja Europejska nie ponosi żadnej odpowiedzialności za jakiegokolwiek wykorzystanie zawartych w niej informacji.

1. Narysuj na ziemi serię 4 koncentrycznych okręgów, użyj kredy, jak pokazano poniżej.

Promień okręgu 2 jest dwukrotnie większy od promienia okręgu/koła 1, promień okręgu 3 jest trzykrotnie większy od okręgu 1, a promień koła 4 – czterokrotnie większy. Litera C wskazuje centrum galaktyki, litera S oznacza położenie Słońca (Układu Planetarnego), które znajduje się w połowie drogi do krawędzi Galaktyki.



Zauważ, że liczby na okręgach są równomiernie rozmieszczone po obwodzie każdego koła. Tak więc, ponieważ obwód koła jest proporcjonalny do jego promienia ($C = 2\pi r$), ilość kroków jakie należałoby zrobić idąc wzdłuż każdego okręgu jest również proporcjonalna do jego promienia, jak pokazano w tabeli poniżej.

Promień	Kroki na obwodzie
1	8
2	16
3	24
4	32

2. Rotacja sztywna

Rozpocznij od ustawienia uczniów na różnych numerach wzdłuż dwóch prostokątnych do siebie osi, przechodzących przez punkt C. Niech teraz uczniowie poruszają się wzdłuż okręgów tak, by w kolejnych odstępach czasowych osie pozostały dalej proste. To jest model *rotacji sztywnej* (jak na karuzeli). Należy zauważyć, że uczniowie będący dalej od centrum muszą poruszać się *szybciej* niż ci

stojący bliżej niego. Dokładniej: prędkość jest wprost proporcjonalna do promienia, $v \propto r$. Jeśli zdefiniujemy prędkość kątową jako $\omega = v/r$, to możemy zauważyć, że dla ciał o rotacji sztywnej $\omega = \text{constant}$.

Teraz dajmy dwóm uczniom na *różnych* osiach rozciągliwą linkę. Niech oni zaczną się poruszać według rotacji sztywnej. Zauważmy, że linka ani się nie więcej nie rozciąga ani nie zwisa co oznacza, że *nie ma względnego ruchu* pomiędzy obiektami w rotacji sztywnej. Jest to prawdą niezależnie od tego, których uczniów wybierzesz.

3. Rotacja różnicowa

W tym ćwiczeniu niech uczniowie obiegają centrum okręgów ze stałą prędkością. Można to osiągnąć wykrzykując „krok” w regularnych odstępach czasu, w których uczniowie przesuwać się za każdym razem o *jedną pozycję/numer* na swoich okręgach. Postępuj tak aż uczniowie na okręgu o numerze jeden ukończą jeden pełny obieg. Należy zauważyć, że względne położenia (odległości) pomiędzy uczniami zmieniły się. To jest właśnie *rotacja różnicowa* i to ona zachodzi w Drozdzie Mlecznej (jak i we wszystkich innych galaktykach spiralnych).

4. Definicja długości i szerokości galaktycznej

Wybermy ucznia-ochotnika, który *będzie Słońcem* i zajmie pozycję oznaczoną literą S. Niech inny uczeń-ochotnik zostanie *Czarną Dziurą* w centrum naszej Galaktyki. Niech stanie on w centrum wszystkich okręgów, oznaczonym literą C. Niech jeszcze jeden uczeń stanie na linii CS ale dalej niż S. Rozciągnij linkę od niego do C by przechodziła przez S. Następnie niech dwaj inni uczniowie trzymają między sobą inną linkę tak by przechodzącą przez S i utworzyła kąt prosty z pierwszą linką.

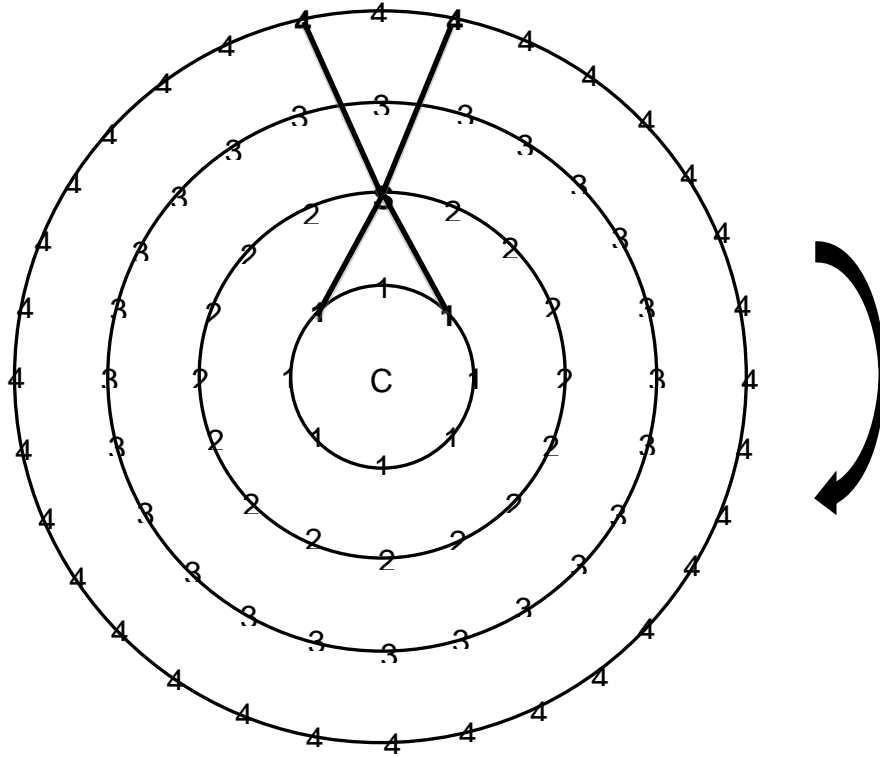
Długość galaktyczna l jest to kąt mierzony od Słońca pomiędzy kierunkiem na centrum Galaktyki, a kierunkiem do wybranego obiektu, liczony w płaszczyźnie Galaktyki, w kierunku przeciwnym do jej rotacji. Długość galaktyczna centrum Drogi Mlecznej wynosi zatem $l = 0$. Cztery ćwiartki (kwadranty) długości galaktycznej są określone następująco:

Kwadrant I:	$0^\circ < l < 90^\circ$
Kwadrant II:	$90^\circ < l < 180^\circ$
Kwadrant III:	$180^\circ < l < 270^\circ$
Kwadrant IV:	$270^\circ < l < 360^\circ$

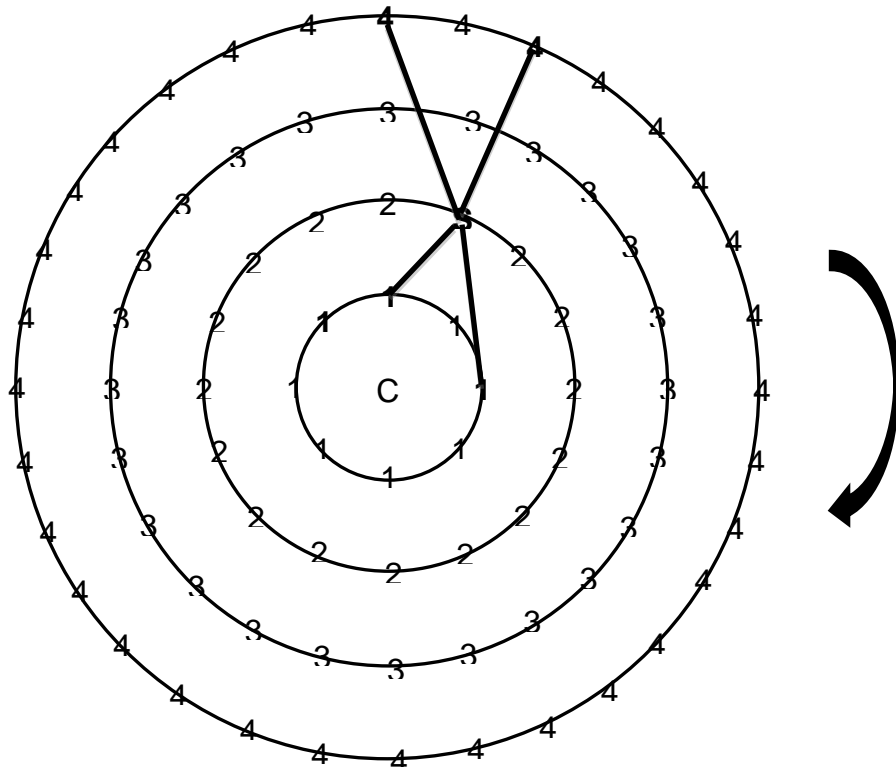
5. Schemat prędkości radialnej w Galaktyce

Aby określić wzorzec prędkości radialnej w danym kwadrancie ustalmy ucznia, który będzie Słońcem i będzie trzymał linki do 4 uczniów, każdego w innym kwadrancie. Sytuację tą przedstawia rysunek poniżej (Krok czasowy 0). Pogrubione liczby oznaczają pozycje czterech uczniów. Kiedy krzykniesz „krok” każdy ze studentów (również „Słońce”!) powinien przesunąć się po swojej orbicie o jedną pozycję (zobacz rysunek dla Krok czasowy 1). Zauważysz, że prędkość radialna zależy od galaktycznego kwadrantu, co przedstawiono w poniższej tabeli:

Kwadrant	v_r
I	+
II	-
III	+
IV	-



Krok czasowy 0



Krok czasowy 1