

S C E N A R I U S Z L E K C J I F I Z Y K I
przeprowadzonej w X LO w Krakowie dla uczniów klasy drugiej
o profilu matematyczno- fizycznym

autor: Małgorzata Kaźmierczak

Temat: **Zrozumienie rotacji Drogi Mlecznej przez ćwiczenia kinestetyczne**

Cel: Pogłębianie zainteresowania uczniów astronomią

Podczas zajęć realizujemy pkt 7 i 10 Podstawy Programowej Kształcenia Ogólnego - Budowa i ewolucja Wszechświata; Narzędzia współczesnej fizyki i ich rola w badaniu mikro- i makroświata.

Wymagania: Uczniowie zostali zapoznani z widmem fal elektromagnetycznych; potrafią objaśnić, na czym polega zjawisko Dopplera, rozumieją wzory opisujące zjawisko dla fal mechanicznych oraz dla fal elektromagnetycznych.

Cel edukacyjny: Uczniowie po serii ćwiczeń, podczas których zostaną zapoznani z niektórymi cechami Drogi Mlecznej, potrafią wyobrazić sobie jak wygląda nasz „kosmiczny dom”, jaki ruch wykonuje nasza Galaktyka, rozumieją różnicę pomiędzy rotacją sztywną i różnicową.

Cel wychowawczy: kształcenie umiejętności pracy w zespole.

Metoda: ćwiczenia kinestetyczne- nauka przez ruch, wykonywanie i bezpośrednie działanie.

Czas: 45 min

Miejsce: sala gimnastyczna

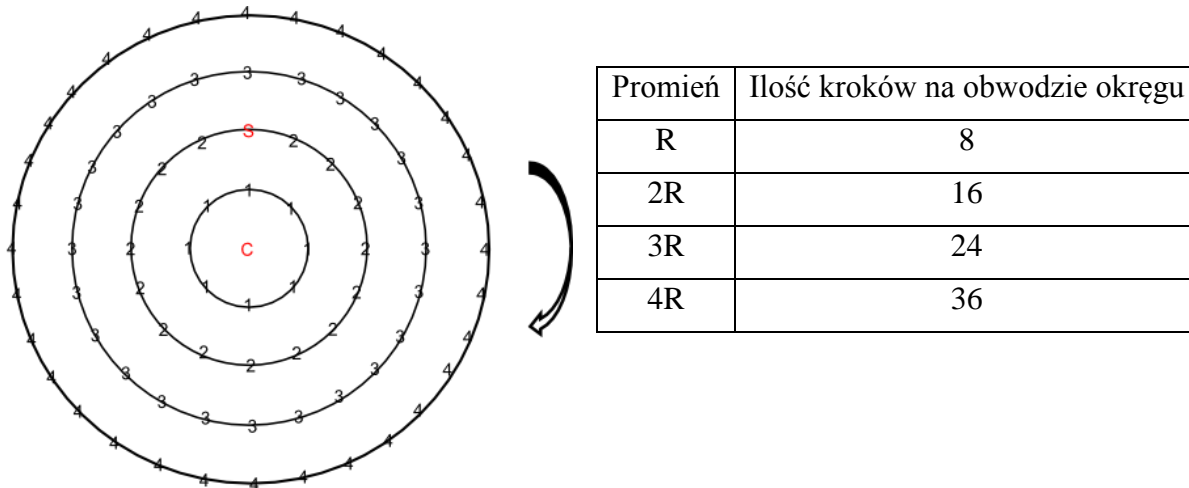
Pomoce: taśma miernicza, kolorowa kreda do narysowania czterech okręgów; detektor Dopplera (rozciągliwa linka); tablica

Przebieg lekcji:

1. Zapisanie tematu lekcji. Wprowadzenie w temat zajęć.
2. Omówienie działania detektora Dopplera.
3. Ćwiczenie 1: zrozumienie rotacji sztywnej.
4. Ćwiczenie 2: zrozumienie rotacji różnicowej.
5. Ćwiczenie 3: omówienie współrzędnych galaktycznych **b** i **l**.
6. Ćwiczenie 4: zrozumienie zależności szybkości radialnej od długości galaktycznej.
7. Podsumowanie.

Aby ułatwić zrozumienie kinematyki Drogi Mlecznej uczniowie wykonają kilka kinestetycznych ćwiczeń, w których będą naśladować rotację naszej galaktyki.

Przed lekcją wyznaczono uczniom zadania. Jednym z nich było narysowanie na podłodze sali gimnastycznej czterech współśrodkowych okręgów o promieniach R ; $2R$; $3R$; $4R$. Na okręgach rozmieszczono liczby - jest ich tyle, ile należałoby zrobić kroków by obejść cały okrąg.



Rys. 1

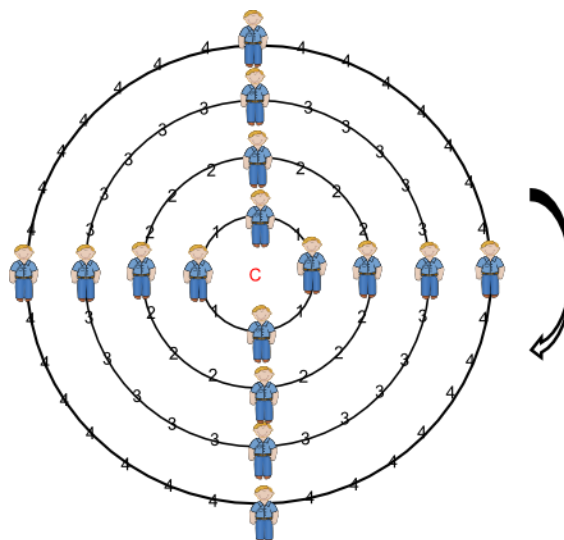
Litery C i S oznaczają odpowiednio centrum Galaktyki i położenie Słońca (**Rys. 1**)

Omówienie działania detektora Dopplera.

Detektor Dopplera to rozciągliwa linka, przy pomocy której będziemy sprawdzać względny ruch pomiędzy obiektami. Wybierzmy dwóch uczniów, którzy zademonstrują jak on działa. Należy wspomnieć, że jesteśmy w stanie mierzyć tylko prędkości radialne V_R (wzdłuż kierunku widzenia). Znak V_R jest dodatni, gdy uczniowie oddalają się od siebie - linka jest rozciągnięta. Znak V_R jest ujemny, gdy uczniowie zbliżają się do siebie - linka zwisa.

Ćwiczenie 1

Ćwiczenie rozpoczynamy od ustawienia uczniów na różnych numerach wzdłuż dwóch osi wzajemnie prostopadłych (**Rys. 2**)



Rys. 2

Następnie uczniowie będą poruszać się wzdłuż okręgów tak, by w kolejnych odstępach czasowych osie pozostały dalej proste - wszyscy poruszają się zgodnie z ruchem wskazówek zegara. To jest model rotacji sztywnej (jak na karuzeli). Uczniowie będący dalej od centrum muszą poruszać się szybciej niż uczniowie

bliżej niego. Zauważamy, że szybkość liniowa w tym modelu zależy od promienia. Jeśli oznaczymy szybkość kątową jako ω , to możemy zauważyć, że dla ciał o rotacji sztywnej $\omega = \text{const.}$ $\omega = v/R$ (v jest wprost proporcjonalne do R).

Teraz dajmy uczniom na różnych osiach detektor Dopplera. Niech wszyscy zaczną się poruszać według rotacji sztywnej. Zauważymy, że linka nie zmienia napięcia - ani się nie rozciąga ani nie zwisa. Prędkość radialna jest zatem równa 0.

Wniosek:

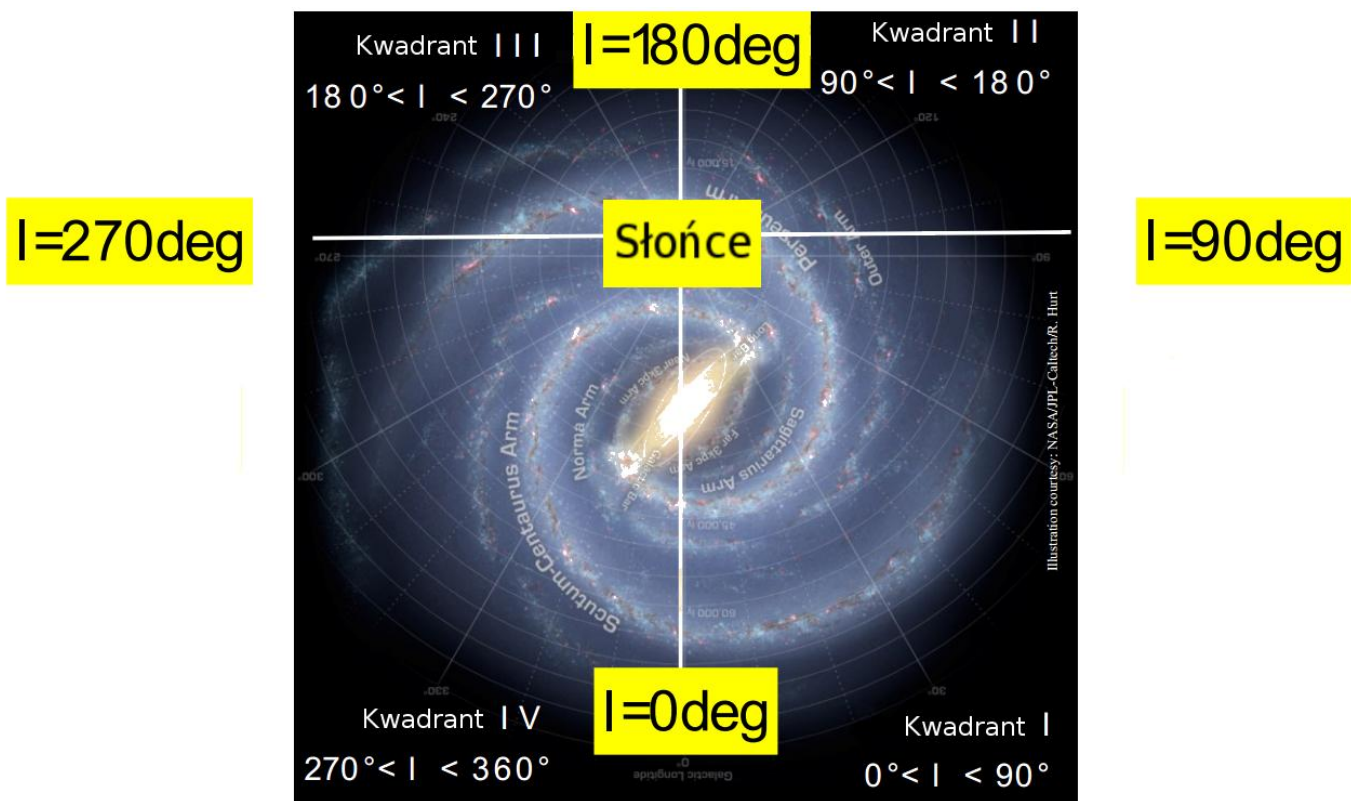
1. Dla ciał o rotacji sztywnej $\omega = \text{const.}$
2. Nie ma względnego ruchu pomiędzy obiektami w rotacji sztywnej.

Ćwiczenie 2

W tym ćwiczeniu uczniowie okrążają środek okręgów ze stałą szybkością. Można to osiągnąć wykrzykując „krok” w regularnych odstępach czasu, w których uczniowie przesuwają się za każdym razem o jeden krok (numer) na swoich okręgach. Należy kontynuować to do momentu, aż uczniowie ukończą np. połowę pełnego obiegu najmniejszego okręgu (cztery kroki). W tym ćwiczeniu zauważymy, że względne położenia (odległości) pomiędzy uczniami zmieniły się - będzie to widoczne nawet bez użycia detektora Dopplera, jeśli uczniowie ustawieni wzdłuż różnych prostopadłych półosi założą koszulki jednakowych kolorów np. czerwone, białe, żółte, niebieskie (wówczas będą lepiej widoczne zmiany odległości pomiędzy uczniami o jednakowych kolorach ubrań).

Wniosek: szybkość kątowa nie jest stała. Jest to przykład rotacji różnicowej i to ona zachodzi w Drodze Mlecznej oraz we wszystkich innych galaktykach spiralnych. Również planety obiegają Słońce w sposób różnicowy.

Obecnie astronomowie sądzą, że rozkład gwiazd i gazu jest im dobrze znany. Nasza galaktyka przypomina cienki dysk zbudowany z gwiazd i gazu ułożonych w kształt spirali.



Rys. 3

Ćwiczenie 3

Obserwacje prowadzimy z okolic Słońca, które się porusza. Aby podać pozycję gwiazdy albo obłoku gazu w Galaktyce, wygodnie jest skorzystać z tak zwanego układu współrzędnych galaktycznych (l , b), w którym l jest długością galaktyczną, a b – szerokością galaktyczną. Wartość $b = 0$ odpowiada płaszczyźnie Galaktyki. Kierunek $b = 90^\circ$ nosi nazwę Północnego Bieguna Galaktyki. Długość l mierzy się przeciwnie do rotacji Galaktyki (przeciwnie do ruchu wskazówek zegara) od kierunku łączącego Słońce ze środkiem Drogi Mlecznej – pkt. C. Centrum Galaktyki ma współrzędne ($l = 0$, $b = 0$).

Wybermy ucznia-ochotnika, który będzie Słońcem i zajmie pozycję oznaczoną literą S (Rys. 1). 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 kolorową linkę od niego do C, by przechodziła przez S. Następnie niech dwaj inni uczniowie trzymają między sobą inną kolorową linkę tak, by przechodząc przez S utworzyła kąt prosty z pierwszą linką. W ten sposób podzielimy płaszczyznę galaktyki (podłogi) na cztery ćwiartki (kwadranty) (Rys. 3).

Nauczyciel wskazuje długości galaktyczne określające odpowiednie kwadranty:

Kwadrant I: $0^\circ < l < 90^\circ$

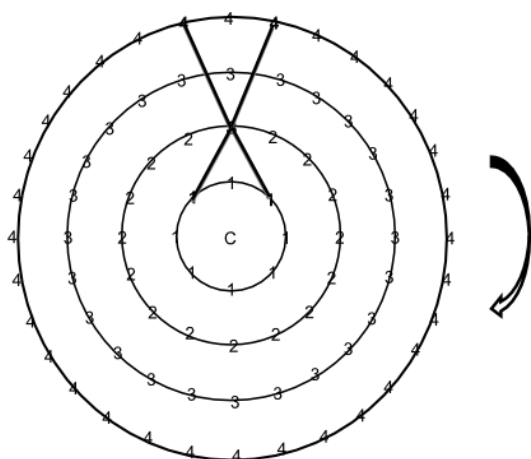
Kwadrant II: $90^\circ < l < 180^\circ$

Kwadrant III: $180^\circ < l < 270^\circ$

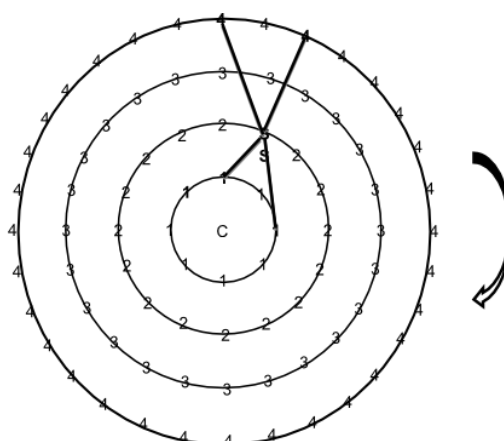
Kwadrant IV: $270^\circ < l < 360^\circ$

Ćwiczenie 4

Aby określić wzorzec prędkości radialnej w danym kwadrancie ustalmy ucznia, który będzie Słońcem i będzie trzymał linki do 4 uczniów- obłoków, każdego w innym kwadrancie. Sytuację tą przedstawia rysunek poniżej (Rys. 4 Krok czasowy 0). Pogrubione liczby oznaczają pozycje czterech uczniów. Kiedy pada komenda „krok” każdy z uczniów (również „Słońce”!) powinien przesunąć się po swojej orbicie o jedną pozycję (zobacz Rys. 5 Krok czasowy 1). Ćwiczenie należy wykonać w czterech etapach, dla I, II, III i IV kwadrantu - za każdym razem za pomocą detektora Dopplera sprawdzamy czy obłok oddala się od Słońca (znak +), czy się przybliża (znak -).



Rys. 4 Krok czasowy 0



Rys. 5 Krok czasowy 1

Wnioski zapisuje na tablicy jeden z uczniów we wcześniej przygotowanej tabeli.

| KWADRANT | | Znak V_R |
|------------|-----------------------------|------------|
| I | $0^\circ < l < 90^\circ$ | + |
| II | $90^\circ < l < 180^\circ$ | - |
| III | $180^\circ < l < 270^\circ$ | + |
| IV | $270^\circ < l < 360^\circ$ | - |

Wniosek: prędkość radialna zależy od galaktycznego kwadrantu (zależy od długości galaktycznej l).

Podsumowanie.

Nauczyciel kieruje do uczniów następujące pytania:

1. Na czym polega różnica pomiędzy rotacją sztywną i różnicową?
2. W jaki sposób rotuje nasza Galaktyka?
3. Czy ruch gwiazd, obłoków zależy od długości galaktycznej (kwadrantu)?
4. Skoro podróżowanie po Galaktyce lub poza nią nie jest możliwe i jesteśmy zmuszeni do oglądania jej od wewnątrz, z okolic Słońca, w jaki sposób zbadamy ruch obłoków gazowych?

Na pytania 1-3 odpowiadają uczniowie. Na pytanie 4 odpowiadają uczniowie z pomocą nauczyciela:

Możemy badać ten ruch obserwując efekt Dopplera dla fal radiowych emitowanych przez obłoki wodoru. Uczniowie kojarzą związek między obserwowaną częstotliwością sygnału a prędkością wysyłającego go źródła.



Rys. 6 Lekcja w X LO w Krakowie

Film z lekcji: <http://www.youtube.com/watch?v=oSR3-m9czUE>

Korzystano z materiałów:

Gordon Fraser, Egil Lillestol, Inge Sellevag „W poszukiwaniu nieskończoności”;

Michael Hoskin „Historia astronomii”;

Alexander L. Rudolph „Rotacja Drogi Mlecznej. Ćwiczenie kinestetyczne – Przewodnik Nauczyciela”
tłum. Krzysztof Chyży;

Cathy Horellou & Daniel Johansson „Radioastronomia na wyciągnięcie ręki. Mapa Drogi Mlecznej” tłum.
Michał Czerny;

Arkadiusz Żmij „Naucz uczyć się szybko i skutecznie”

Kraków, 18 grudnia 2012