

KOSMICZNE ODLEGŁOŚCI

Elżbieta Kuligowska

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 projektu:

Celem przedstawionej w projekcie lekcji jest zapoznanie uczniów starszych klas szkoły podstawowej z typowymi stosunkami odległości w Kosmosie. Odległości te omawiane są w szerokim zakresie – od układu Ziemia-Słońce aż po supergromady galaktyk i kosmiczne włókna, a także obserwacje najbardziej odległych kwazarów. Zaprezentowane ćwiczenie jest przygotowane tak, że po odpowiednim uproszczeniu i redukcji prezentowanej w nim wiedzy może być również adresowane do uczniów klas niższych (np. III lub IV) szkoły podstawowej.

Ćwiczenie podzielone jest na trzy etapy, przy czym do każdego z nich przygotowana jest krótka, pięciominutowa prezentacja dla nauczyciela. Na etapie pierwszym uczniom przekazywana jest podstawowa wiedza o budowie Układu Słonecznego ze szczególnym naciskiem na ukazanie rzeczywistych skali odległości pomiędzy Słońcem a planetami (na popularnonaukowych ilustracjach zazwyczaj bardzo zafałszowanych) oraz wzajemnych rozmiarów. Etap ten zaczyna się od pokazania uczniom m. in. zdjęcia Słońca (obraz wyświetlany na rzutniku multimedialnym powinien mieć około metra średnicy i zadania klasie pytania w ramach burzy mózgu: jeśli w tym modelu Słońce ma wielkość metra, a w rzeczywistości ma średnicę rzędu 1300 000 kilometrów, to jak daleko od niego leżałaby w sali (szkole) Ziemia i jaki miałaby rozmiar? Po uzyskaniu intuicyjnych odpowiedzi nauczyciel powinien zaprezentować uczniom wyniki obliczeń. Następnie uczniowie przy użyciu drobnych przedmiotów codziennego użytku wykonują prosty model Słońca wraz z 4, 5 lub 6 najbliższymi położonymi planetami – wszystkie dane liczbowe znajdują się na prezentacji. Prawdopodobnie okaże się, że dalsze z planet znajdują się daleko poza obszarem szkoły – wówczas przy pomocy mapy lub globusa uczniowie mogą zasugerować, gdzie leżałyby w omawianym modelu odpowiadające im, symbolizujące je przedmioty (na przykład kulki plasteliny lub piłeczki).

W etapie 2 uczniowie dzieleni są na grupy. Ważne jest, by w każdej z grup znalazła się osoba mająca szerszą wiedzę matematyczną oraz osoba deklarująca się jako miłośnik historii – można w tym celu przeprowadzić krótką sondę. Liczebność grup ustala nauczyciel. Po krótkim wprowadzeniu (druga część prezentacji) uczniowie dostają kartki z rysunkiem obiektu symbolizującego jedną z wielkoskalowych struktur we Wszechświecie - cały Układ Słoneczny (do Pasa Kuipera włącznie), Układ Słoneczny wraz z układem planetarnym Proxima Centauri, Drogę Mleczną oraz Grupę Lokalną galaktyk, do której należy Nasza Galaktyka. W zależności od posiadanej kartki zadaniem grup jest oszacowanie skali struktury przedstawionej na rysunku oraz odległości, w jakiej względem niej leżałyby inne wielkoskalowe struktury (np. inna galaktyka, kwazary, najbliższe gromady galaktyk. Zajęcia te mają na celu uświadomienie dzieciom rzeczywistych stosunków odległości we Wszechświecie, rozwój kreatywności (nieszablonowe myślenie - jak zrobić modele planet z przedmiotów codziennego użytku takich jak np. mała zabawka, wisiorek, nakrętka, piłka), umiejętności przybliżania (jak obliczyć uśrednioną średnicę przedmiotu nie kulistego, takiego jak na przykład klucze i telefon?), a także umiejętności skalowania modeli z zachowaniem tych samych stosunków odległości. Podczas pracy wskazane jest, by uczniowie posługiwali się ogólnodostępnym oprogramowaniem wyświetlającym niebo i ciała niebieskie (np. KStars, Stellarium), jak również bazami danych o obiektach astronomicznych (Virtual Observatory, NASA NED).

Trzecia część ćwiczenia polega na przełożeniu rzeczywistych odległości do obiektów wskazanych w etapie 2 na lata świetlne (poprzedzone jest to ostatnią częścią prezentacji nauczyciela). Po wyjaśnieniu idei roku świetlnego uczniowie w grupach obliczają następnie, kiedy mniej więcej (w

jakiej epoce historycznej lub w którym wieku) światło danego obiektu obecnie obserwowanego na niebie zostało wyemitowane w kierunku Ziemi. Zastanawiają się też, w jakim zakresie długości fali światła dane ciało niebieskie może być obserwowane przez naukowców. Omówienie wyników przez poszczególne grupy kończy proponowane w tym projekcie zajęcia.

Podczas zajęć przekazywana jest podstawowa wiedza fizyczna związana z budową Układu Słonecznego, Drogi Mlecznej i całego Wszechświata, w tym idea ruchu orbitalnego i sposoby rozchodzenia się światła w przestrzeni. Mają również miejsce nawiązania do zasad dynamiki Newtona i pojęcia ciężenia powszechnego. Z punktu widzenia optyki (widmo elektromagnetyczne) prezentowane są także różne rodzaje fal elektromagnetycznych i zasady rządzące rozchodzeniem się światła (uginanie, rozpraszanie, tor promieni świetlnych). Duży nacisk położony jest na zrozumienie wspólnej natury różnych form promieniowania elektromagnetycznego.

Projekt lekcji ma również na celu usprawnienie zdolności w zakresie przeliczania wielkości fizycznych, w tym w szczególności dużych liczb, liczb zapisanych w formie potęgowej, oraz podanych w różnych jednostkach. Uczy on również prostoty równań opierających się na proporcji (skalowanie) i sprawnego przekształcania wzorów z użyciem skracania dziesiętnych rzędów wielkości. Ze względu na duże odległości występujące we Wszechświecie omawiane liczby są prezentowane w formie potęgowej, dzięki czemu wykorzystanie potęg staje się dla uczniów bardziej naturalne. Przybliżane są również praktyczne obliczenia i szacunki procentowe.

Związek ćwiczenia z geografią opiera się z jednej strony na przedstawieniu Ziemi jak planety Układu Słonecznego, a z drugiej – na umiejętności skalowania map i planów, konstruowania prostych planów (modeli), oraz szacowania, w jakiej rzeczywistej odległości wypada dana, wyznaczona teoretycznie odległość na planie. Uczniowie uczą się wskazywać odległości i położenia miejsc w najbliższym otoczeniu szkoły czy miasta, jak również lokalizacji w obrębie kraju oraz całego kontynentu. Przy okazji omówiona może być także miara łukowa odległości na powierzchni kuli (jej wyliczanie przez uczniów może być realizowane ręcznie lub przy pomocy dostarczonego arkusza kalkulacyjnego). Wskazane jest, by uczniowie posługiwali się urządzeniami mobilnymi lub komputerami z aplikacjami z rodziny Google Maps.

W ramach podstawy programowej dla przedmiotu historia uczniowie umiejscawiają w czasie najważniejsze wydarzenia lub okresy w dziejach Europy i świata. Maja przy tym możliwość porównania skali czasowej dla różnego rodzaju procesów: zjawisk antropologicznych i odbywających się w czasie istnienia ziemskiej cywilizacji oraz zjawisk kosmicznych związanych z ewolucją ciał niebieskich. Daje im to prawdziwą perspektywę czasową istnienia ludzkiego gatunku i podkreśla omówione wcześniej, niewielkie rozmiary (i znaczenie) Ziemi w porównaniu z całym Wszechświatem.

Projekt lekcji umożliwia także uczniom zapoznanie się z zasadami wyszukiwania informacji w światowych bazach danych. W jego ramach wykorzystane są również niekomercyjne programy naukowe (takie jak Celestia, Kstars, Stellarium, Ned Wright's Astro Calc).

Realizacja projektu stawia przed sobą następujące cele ogólne:

- Umiejętność rozróżniania podstawowych pojęć fizycznych związanych z naszym miejscem we Wszechświecie (Układ Słoneczny, Galaktyka, gromada Galaktyk, kosmiczna pustka, orbita itp.) i swobodne posługiwanie się nimi,

- Umiejętność improwizowania i przybliżania wielkości przy konstruowaniu prostych modeli poglądowych,
- Przekazanie uczniom najbardziej elementarnej wiedzy na temat skal czasowych procesów zachodzących we Wszechświecie,
- Zrozumienie idei skalowania map, planów i modeli,
- Rozwijanie logicznego myślenia i wiedzy matematycznej z zakresu rozwiązywania prostych, przydatnych w codziennym życiu równań i proporcji,
- Kształtowanie świadomości powiązania fizyki i astronomii z innymi dziedzinami wiedzy na przykładzie odniesień do historii,
- Kształtowanie umiejętności wyszukiwaniu danych w sieci w serwisach anglojęzycznych (korzystanie z m. in. z Wikipedii i darmowego tłumacza Google),
- Rozwijanie zainteresowań ukierunkowanych na nauki ścisłe.

Instrukcja i plik pomocy dla nauczyciela

Pomocne wzory i zależności:

Liczenie z proporcji dla przyjętej skali – przykład:

$$1\text{m} = 100\text{ km}$$

$$X = 3,4\text{ km?}$$

$$X = (1\text{m} * 3,4\text{ km}) / 100\text{ km} = 3,4\text{ m} / 100 = \mathbf{0,034\text{ m}}$$

Przeliczniki miar i jednostek:

$$1\text{ m} = 100\text{ cm} = 1000\text{ mm}$$

$$1\text{ cm} = 10\text{ mm}$$

$$1\text{ km} = 1000\text{ m} = 1000\text{ 00 cm}$$

1 rok świetlny = 0,3066 pc = 63241 jednostki astronomicznej (j.a.) = $9,4607 \cdot 10^{15}$ m \approx 9,4 000 000 000 000 m \approx 9,4 000 000 000 km \approx 9,4 biliona km.

1 pc (parsek) \approx 3,2616 roku świetlnego \approx 206265 jednostek astronomicznych \approx $3,086 \cdot 10^{16}$ m

1 kpc (kiloparsek) = 10^3 pc

1 Mpc (megaparsek) = 10^6 pc

Karta odpowiedzi

Ćwiczenie 1: Układ Słoneczny

Etap II

1. Układ Słoneczny
2. Pas Kuipera (https://pl.wikipedia.org/wiki/Pas_Kuipera), dający średnicę Układu Słonecznego rzędu 80 jednostek astronomicznych (AU), lub Obłok Oorta

(https://pl.wikipedia.org/wiki/Ob%C5%82ok_Oorta), dający średnicę Układu rzędu rok świetlnego.

3. Układ Proxima Centauri (https://pl.wikipedia.org/wiki/Proxima_Centauri)
4. (Dla obiektu Oorta): średnica rzędu 1 rok świetlny = $9,4607 \cdot 10^{15}$ m
5. Z proporcji: 1 391 960 000 m – 1 m, $9,4607 \cdot 10^{15}$ m – x. $x \approx 6,89 \cdot 10^6$ m \approx 6890 km
6. Układ Proxima Centauri jest od nas odległy o ok. 4,24 lat świetlnych (40 bilionów km). Z proporcji: 1 391 960 000 m – 1 m, $40 \cdot 10^{15}$ m – x; $x = 0,02873 \cdot 10^9$ m \approx 28730 km
7. Jowisz – średnica rzędu 143640 km. Z proporcji: 1 391 960 000 m – 1 m, $143640 \cdot 10^3$ m – x; $x \approx 10,319 \cdot 10^{-2}$ m \approx 10,3 cm

Etap III

1. Jest to odległość, jaką światło – biegnąc w próżni lub w ośrodku bliski próżni – pokonuje w ciągu roku

2. Obiektem tym jest układ planetarny Proxima Centauri, oddległy od nas o około 4,24 lat świetlnych (40 bilionów km). Jego światło obserwowane dziś na Ziemi zostało wyemitowane przed 4,24 ziemskimi latami
3. Należy zatem określić, jakie ważne wydarzenia dla Polski i reszty świata miały miejsce nieco ponad 4 lata temu

Ćwiczenie 2: Galaktyka

Etap II

1. Nasza Galaktyka - Droga Mleczna
2. Średnicę Drogi Mlecznej szacuje się na około 100 do 120 lat świetlnych, jej granice wyznaczają najbardziej oddległe obserwowane gwiazdy płaskiego dysku oraz jej sferycznej otoczki halo, lub – najprawdopodobniej – nieznany dziś składnik o nazwie ciemna materia
3. Droga Mleczna należy do [Grupy Lokalnej Galaktyk](#). Jest to zbiór około 54 galaktyk położonych blisko siebie i związanych grawitacyjnie. Najbliższą galaktyką podobną do Drogi Mlecznej (klasyczną galaktyką spiralną) jest Galaktyka Andromedy (M31), widoczna na niebie w gwiazdozbiorze Andromedy.
4. W przybliżeniu – 100 lat świetlnych = $100 \cdot 9,4607 \cdot 10^{15} \text{ m} = 9,4607 \cdot 10^{17} \text{ m} \approx 9,4607 \cdot 10^{14} \text{ km} = 9,4607 \cdot 1000 \text{ 000 000 000 00 km}$
5. Rozmiar Drogi Mlecznej to w przybliżeniu $9,4607 \cdot 10^{14} \text{ km}$. Rozmiar Słońca to w przybliżeniu 139200 km. Z proporcji: $x = 0,679 \cdot 10^{10} \text{ m} = 679 \cdot 10^7 \text{ km}$ (6790 mln km).
6. Oddległość do galaktyki M31 = $2,52 \cdot 10^6$ lat świetlnych. Z proporcji: $1 \text{ 391 960 000 m} - 1 \text{ m}, 2,52 \cdot 10^6 \cdot 9,46 \cdot 10^{15} \text{ m} - x; x \approx 0,171 \cdot 10^{15} \text{ m} \approx 171 \text{ bilionów m} = 171 \text{ miliardów km}$
7. Średnica Drogi Mlecznej w modelu – 1000 km. Jej rzeczywista średnica – rzędu 100 lat świetlnych = $100 \cdot 9,46 \cdot 10^{15} \text{ m}$. Średnica Układu Słonecznego to w przybliżeniu 1 rok świetlny ($9,46 \cdot 10^{15}$). Z proporcji: $x \approx 10^6 \text{ m} / \approx 10^2 \text{ m} \approx 10^4 \text{ m} \approx 10 \text{ km}$.

Etap III

1. Jest to oddległość, jaką światło – biegnąc w próżni lub w ośrodku bliski próżni – pokonuje w ciągu roku
2. Obiektem tym jest galaktyka M31, oddległa od nas o około $= 2,52 \cdot 10^6$ lat świetlnych - jej światło obserwowane dziś na Ziemi zostało wyemitowane przed 2,52 milionami ziemskich lat
3. Należy zatem określić, jakie ważne wydarzenia w historii Ziemi miały miejsce 2,5 miliona lat temu

Ćwiczenie 3: Grupa Lokalna Galaktyk

Etap II

1. Grupa Lokalna – grupa galaktyk do której należy m. in. Droga Mleczna
2. Galaktyki Grupy Lokalnej tworzą układ połączony siłą grawitacji i poruszają się w przestrzeni kosmicznej jako całość (w odróżnieniu od innych galaktyk, które oddalają się od nas)
3. Grupa galaktyk Maffei (IC 342)
4. $10^6 \text{ pc} \approx 10 \text{ milionów lat świetlnych} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \cdot 10^7 \text{ m} \approx 9,46 \cdot 10^{22} \text{ m} \approx 9,46 \cdot 10^{19} \text{ km}$
5. Droga Mleczna – rozmiar rzeczywisty rzędu 100 000 lat świetlnych. Grupa Lokalna – rozmiar rzeczywisty rzędu 10 milionów lat świetlnych. Z proporcji: $x = (10^7 \text{ ly} \cdot 1 \text{ m}) / 10^5 \text{ ly} \approx 100 \text{ m}$
6. M81 znajduje się w odległości 12 mln lat świetlnych stąd. Daje to (z proporcji) odległość bliską 120 metrom
7. Z proporcji: $1 \text{ m} = 100 \text{ 000 lat świetlnych}$, $x = 1 \text{ rok świetlny}$ (szacowana średnica Układu Słonecznego). Stąd: $x = 1 \text{ m} / 10^5 \text{ m} \approx 0,00001 \text{ m} = 0,01 \text{ mm}$

Etap III

1. Jest to odległość, jaką światło – biegnąc w próżni lub w ośrodku bliski próżni – pokonuje w ciągu roku
2. Obiektem tym jest galaktyka Wielki Obłok Magellana odległa od nas o 162 980 lat świetlnych - jej światło obserwowane dziś na Ziemi zostało wyemitowane niemal 163 lata temu
3. Należy zatem określić, jakie ważne wydarzenia w historii Polski i świata miały miejsce 163 lata temu

Ćwiczenie 4: Najbliższe gwiazdy

Etap II

1. Przykładowo – lista z Wikipedii lub na podstawie rysunku:

(https://pl.wikipedia.org/wiki/Gwiazdy_po%C5%82o%C5%BConie_najbli%C5%BCej_Ziemi#Lista)

2. Proxima Centauri, [Lalande 21185](#) (BD+36°2147), Epsilon Eridani (listę tę należy śledzić i w miarę potrzeby aktualizować w kolejnych latach!)
3. Proxima Centauri (V645 Centauri)
4. 4,22 roku świetlnego ($4,22 \cdot 9,46 \cdot 10^{15} \text{m}$)
5. Rozmiar Układu Słonecznego to około 1 rok świetlny. Odległość do Proximy Centauri to około 4,22 roku świetlnego. Stąd: $x = 4,22 \cdot 10 \text{ m} = 42,2 \text{ m}$
6. Odległość gwiazdy Syriusz to 8,58 roku świetlnego. Zatem w tej samej skali jego odległość na makiecie byłaby równa $10 \text{ m} \cdot 8,58 = 85,8 \text{ m}$
7. Z punktu 5 i 6 – te wielkości to odpowiednio 42,2 i 85,8 m. W tym punkcie liczymy na to, że uczniowie wykażą się spostrzegawczością i zauważą, że obliczenia te zostały już przed chwilą wykonane. Należy jedynie poszukać w sąsiedztwie szkoły odpowiednio oddalonych miejsc lub obiektów, na przykład posługując się aplikacją *Google Maps*

Etap III

1. Jest to odległość, jaką światło – biegnąc w próżni lub w ośrodku bliski próżni – pokonuje w ciągu roku
2. Vega jest od nas oddalona o 25 lat świetlnych - jej światło obserwowane dziś na Ziemi zostało wyemitowane 25 ziemskich lat temu
3. Należy zatem określić, jakie ważne wydarzenia w historii Polski i świata miały miejsce 25 lat temu

Ćwiczenie 5: Gromady galaktyk i kwazary

Etap II

1. Przykładowo – Laniakea, gromada galaktyk w Perseuszu, Gromada galaktyk Abell S0740
2. Gromada ta znajduje się w graniach gwiazdozbioru Panny i jest jednym z największych skupisk galaktyk na niebie. Niektóre z galaktyk, na przykład jedna z największych i najjaśniejsza - galaktyka M49 – jest widoczna już przez niewielki teleskop
3. Odległość do centrum gromady Virgo wynosi około 53,8 miliona lat świetlnych, co daje rozmiar rzędu $9,46 \cdot 10^{15} \cdot 53,8 \cdot 10^6 \text{ m} = 9,46 \cdot 10^{15} \cdot 53,8 \cdot 10^6 \text{ m} = 508,948 \cdot 10^{21} \text{ m}$
4. Odległość tego obiektu to około 3.9 miliarda lat świetlnych. Więcej informacji o nim znaleźć można m. in. tutaj:

http://ned.ipac.caltech.edu/cgi-bin/objsearch?search_type=Obj_id&objid=60743&objname=1&img_stamp=YES&hconst=73.0&omegam=0.27&omegav=0.73&corr_z=1

5. Dla gromady Virgo: $1 \text{ km} = 509 \cdot 10^{21} \text{ m}$. Dla Drogi Mlecznej – $x = 100 \cdot 9,46 \cdot 10^{15} \text{ m}$ (bo Galaktyka ma rozmiar około 100 lat świetlnych). Z proporcji: $x = 9,46/509 \text{ m} = 0,00186 \text{ m} = 0,186 \text{ cm}$.
6. M31 jest odległa o około $2,52 \cdot 10^6$ roku świetlnego, stąd po przekształceniach: $x = 46,8 \text{ m}$
7. W tym modelu w przyjętej skali średnica Drogi Mlecznej to około 0,186 cm – należy znaleźć przedmiot tej wielkości. Odległość do M31 w takim modelu została z kolei wyliczona w punkcie 6 ćwiczenia i wynosi blisko 47 metrów

Etap III

1. Jest to odległość, jaką światło – biegnąc w próżni lub w ośrodku bliski próżni – pokonuje w ciągu roku
2. Typowe galaktyki supergromady Virgo są od nas odległe o kilkadziesiąt milionów lat świetlnych - ich światło obserwowane dziś na Ziemi zostało wyemitowane kilkadziesiąt milionów lat temu
3. Należy zatem określić, co wówczas działo się na Ziemi – na przykład w skali geologicznej

Opis merytoryczny lekcji

Zaprezentowane ćwiczenie ma na celu ukazanie uczniom rzeczywistych rozmiarów i zależności pomiędzy rozmiarami obiektów kosmicznych. Kładzie również duży nacisk na zrozumienie skali czasowej procesów zachodzących we Wszechświecie, w szczególności w kontekście długości życia ludzkiego i czasu trwania ziemskiej cywilizacji. W ćwiczeniu chcemy ukazać sens przekształceń liczbowych wraz z działaniami na wykładnikach potęgowych oraz potrzebę używania bardzo zróżnicowanych jednostek odległości. Lekcje są z założenia interdyscyplinarne i dotyczą w dużej mierze związków pomiędzy fizyką/astrofizyką i historią oraz, między innymi, umiejętności czytania mapy i wyszukiwania danych (geograficznych, astronomicznych) w bazach.

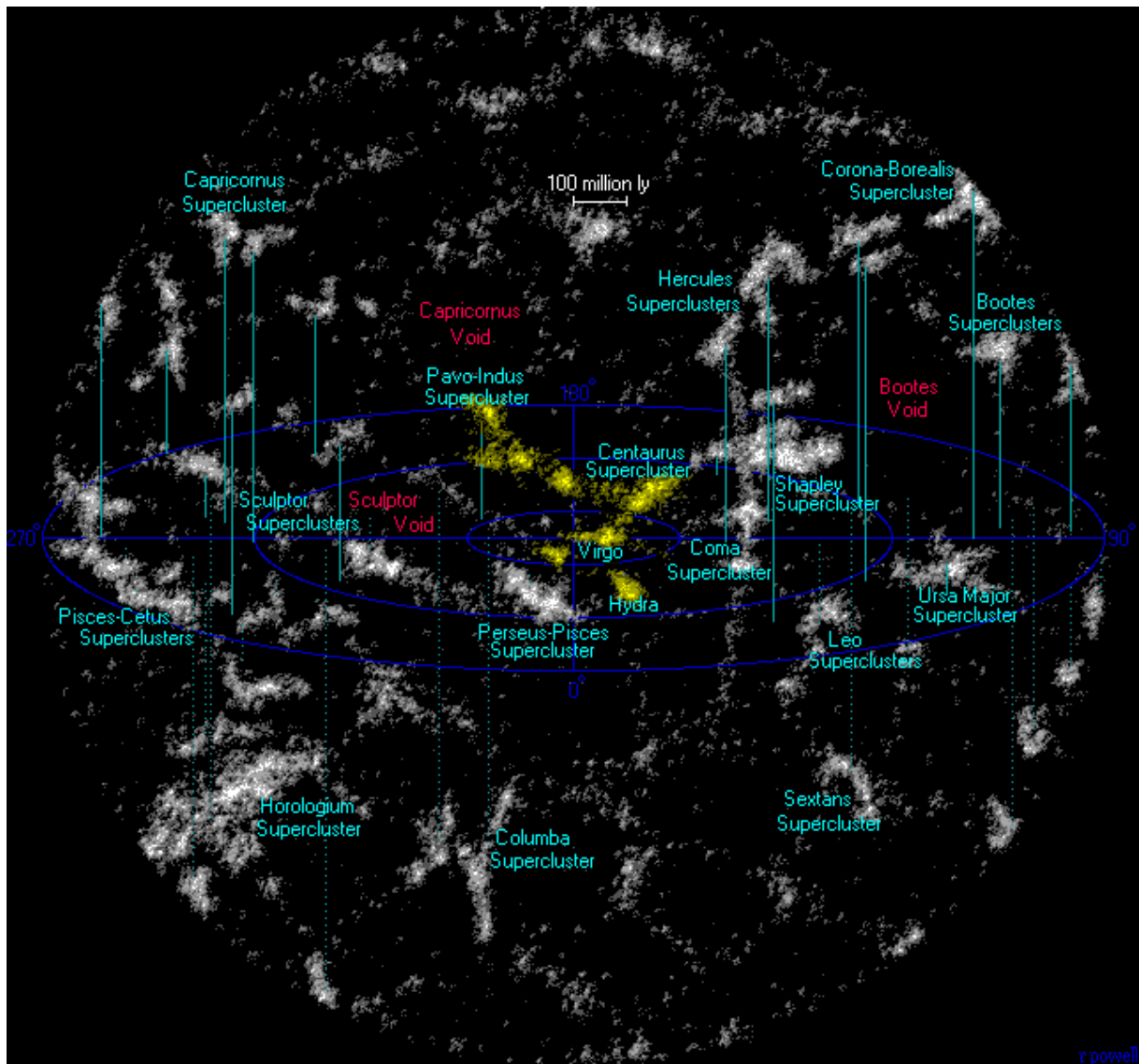
Niezbędna wiedza merytoryczna

1. **Ziemia jako planeta Układu Słonecznego. Układ Słoneczny** składa się z 8 planet i jest jednym z kilkuset znanych na dziś **układów planetarnych** w naszej Galaktyce, Drodze Mlecznej. Jego granicę w najlepszym przybliżeniu wyznacza **obłok Oorta** - sferyczny obłok złożony z pyłu, drobnych okruchów i planetoid obiegających Słońce w odległości od 300 do 100 000 jednostek

astronomicznych. Definiuje on obszar dominacji grawitacji Słońca względem położonych wokół niego ciał kosmicznych. Za granicę Układu Słonecznego uznaje się też czasem orbitę jego ostatniej planety – Neptuna – lub planety karłowatej Plutona. Miejsce, w którym Układ Słoneczny się kończy, nie jest precyzyjnie określone, bowiem jego granicę można określić przez dwa zjawiska: ustawianie wiatru słonecznego i wpływ grawitacji Słońca. Prawdopodobnie wiatr słoneczny ustępuje przed ośrodkiem międzygwiazdowym dopiero w odległości czterech odległości Plutona od Słońca. Na potrzeby ćwiczenia i dla prostoty obliczeń można więc **przyjąć za jego granicę obłok Oorta**, a za rzeczywisty rozmiar – średnicę rzędu **jednego roku świetlnego**, ponieważ średnica tego obłoku szacowana jest na 0.8 do 3.2 roku świetlnego.

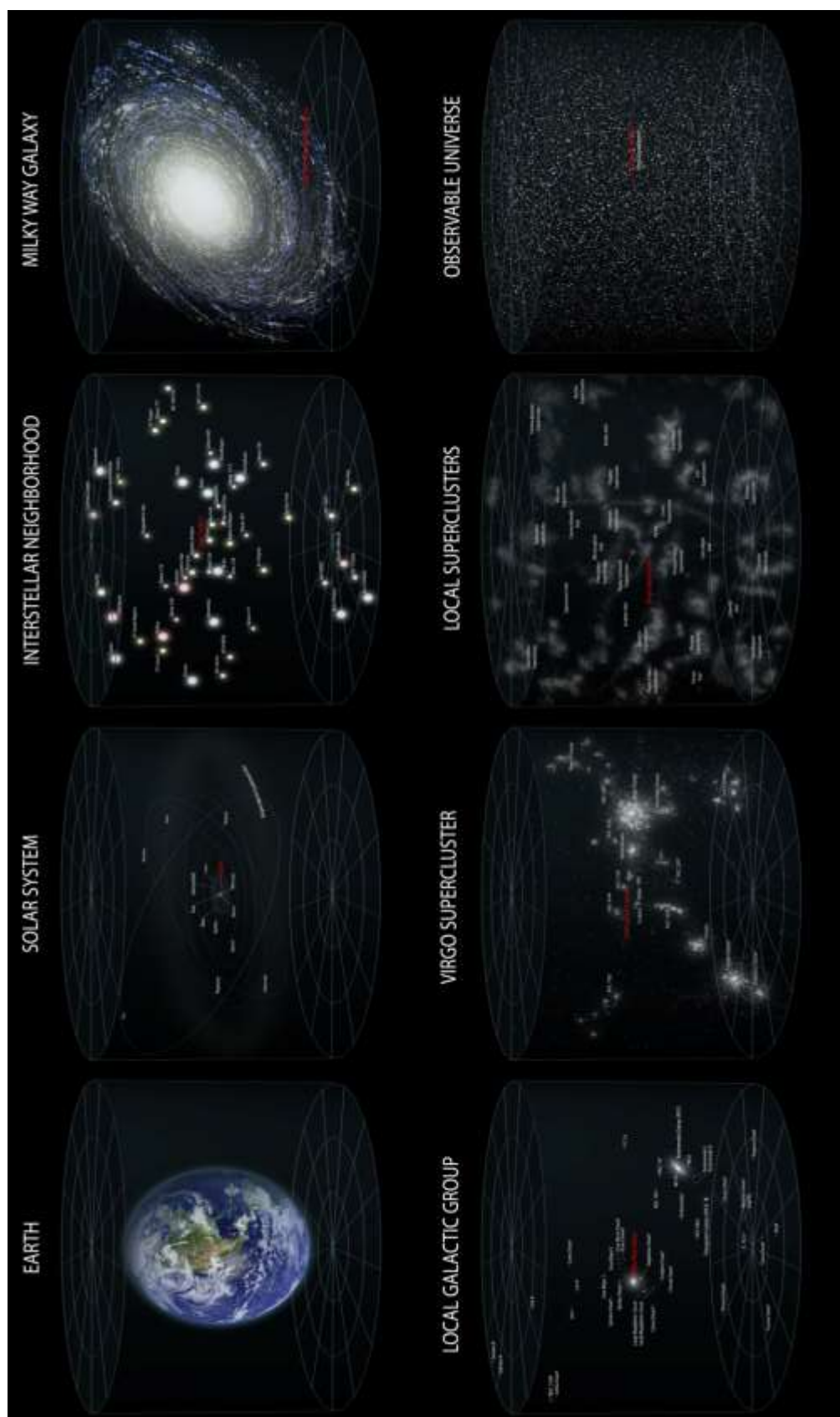
2. Najbliższym nam układem gwiazd jest **potrójny układ alfa Centauri** znajdujący się w granicach gwiazdozbioru Centaura. Jedną z jego gwiazd, **Proxima Centauri** (będąca formalnie gwiazdą najbliższą Słońca) jest okrążana przez co najmniej jedną **planetę pozasłoneczną**.
3. Ziemia wraz z całym Układem Słonecznym należą do **galaktyki spiralnej - Drogi Mlecznej**. Okrążają jej centrum z prędkością rzędu 220 km/s, dokonując jednego okrążenia w czasie 225–250 milionów lat. Droga Mleczna ma średnicę rzędu 100 000 lat świetlnych. Składa się z około 100 miliardów gwiazd. **Słońce** znajduje się na jej peryferiach, w jednym z ramion spiralnych (tzw. ramię Oriona–Łabędzia), w odległości około 25 000 lat świetlnych od centrum naszej Galaktyki.
4. Droga Mleczna wraz z garścią swych galaktyk satelitarnych (takich jak na przykład Mały oraz Wielki Obłok Magellana – galaktyki karłowate widziane na ziemskim niebie południowym) oraz kilkudziesięcioma innymi galaktykami tworzy tzw. **Grupę Lokalną** galaktyk. Ma ona rozmiar rzędu 3,1 megaparseka (10 milionów lat świetlnych) i należy do supergromady galaktyk Laniakea. Jest spójnym grawitacyjnie układem, który porusza się w przestrzeni kosmicznej jako jedna całość - w odróżnieniu od innych galaktyk, które zazwyczaj oddalają się od nas zgodnie z [prawem Hubble'a](#)). Jedną z jej największych galaktyk jest również widoczna na niebie północnym M31 – galaktyka Andromedy. Samą grupę otaczają inne grupy galaktyk – na przykład M81, M83, czy grupa galaktyk w Rzeźbiarzu.
5. Galaktyki i ich grupy skupiają się w jeszcze większe struktury – tak zwane gromady i **supergromady galaktyk**. Są to olbrzymie układy złożone z nawet z kilku tysięcy związanych siłami grawitacji galaktyk. Galaktyki w obrębie gromad poruszają się po skomplikowanych torach wokół lokalnego środka masy układu danej gromady. Gromady nie muszą mieć symetrycznie położonego, dobrze zdefiniowanego centrum, tak jak w przypadku galaktyk. Mają typowe rozmiary od jednego do dziesięciu milionów lat świetlnych. Tworzą razem włókna (rozciągnięte wstęgi złożone z gromad i grup), które we Wszechświecie przedzielone są tzw. kosmicznymi pustkami – obszarami o gęstości galaktyk dużo mniejszej niż średnia gęstość dla danego wycinka nieba.

6. Grupa Lokalna wchodzi w skład wielkiej supergromady lokalnej galaktyk o nazwie **Laniakea**. Ma ona średnicę 500 milionów lat świetlnych i składa się ze stu tysięcy galaktyk. Została odkryta w 2014 roku na bazie m. in. obserwacji radioteleskopami i analizy prędkości ruchów galaktyk w pobliskim Wszechświecie. Sama nazwa Laniakea pochodzi z języka hawajskiego i oznacza mniej więcej tyle, co „niezmierne niebiosy”.

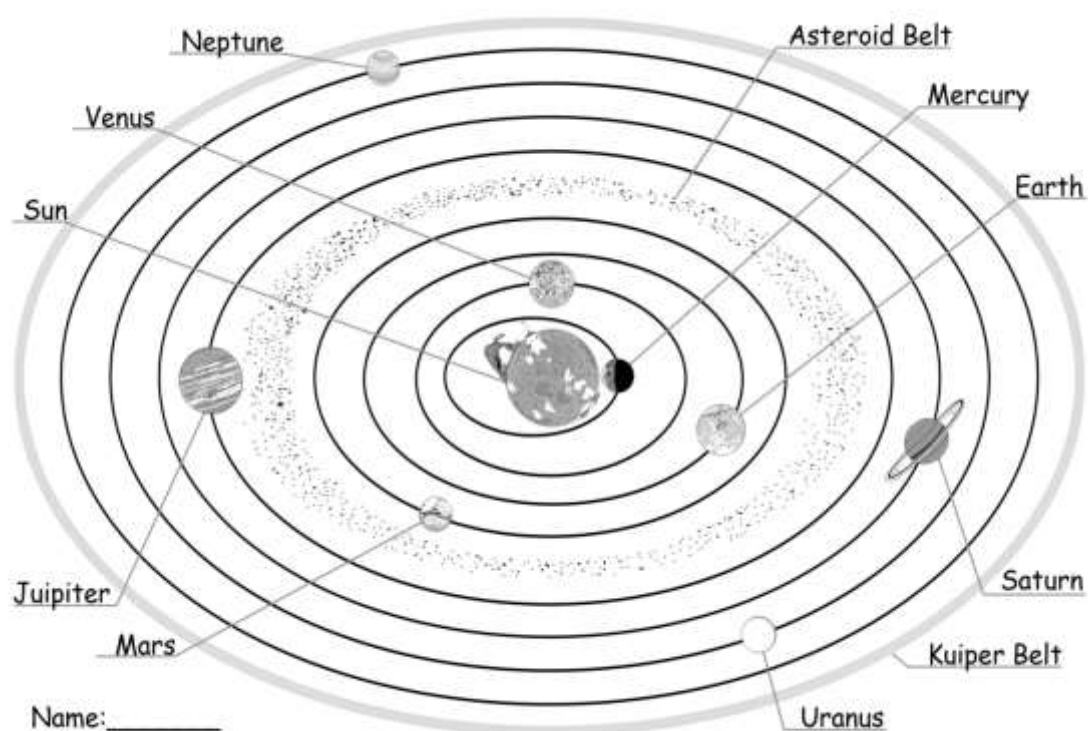


Supergromady i gromady galaktyk w obserwowanym wycinku Wszechświata. Supergromada Laniakea znajduje się w centrum obrazka i jest zaznaczona kolorem żółtym.

Laniakea: nasz kosmiczny dom: <https://www.youtube.com/watch?v=rENyyRwxpHo>



KARTA PRACY



Numer grupy	.....
Lider grupy	.....
Skład grupy (imię i nazwisko, główna funkcja)	

1.	
2.	.....
3.	.....
4.	..... .....
LISTA ZADAŃ	
<i>Etap II</i>	
1. Nazwij obiekt pokazany na rysunku/zdjęciu	.....
2. Określ jego umowne granice przestrzenne	...............
3. Określ, jaki jest najbliżej położony względem niego inny obiekt kosmiczny tego samego typu	...............
4. Wyznacz/wyszukaj rzeczywiste rozmiary obiektu z punktu 1 w metrach	.....
5. Oblicz rozmiary tego obiektu w skali, w której nasza najbliższa gwiazda – Słońce – ma rozmiar 1 m.	..... ..... .....

Etap III	
1. Jak należy rozumieć pojęcie roku świetlnego?	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
2. Podaj, ile lat temu zostało wyemitowane światło obiektu z etapu II, który leży najbliżej obiektu przedstawionego na rysunku/zdjęciu (w razie konieczności przelicz odległość w m/km na odległość w latach świetlnych.)	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
3. Co działo się na świecie oraz w Polsce w czasie, gdy obiekt ten zaczął wysyłać odbierane przez nas dziś na Ziemi światło? Podaj najważniejsze Twoim zdaniem wydarzenia historyczne dziejach Ziemi	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

Pomocne wzory i zależności:

Liczenie z proporcji dla przyjętej skali – przykład:

$$1\text{ m} = 100\text{ km}$$

$$X = 3,4\text{ km?}$$

$$X = (1\text{ m} * 3,4\text{ km}) / 100\text{ km} = 3,4\text{ m} / 100 = \mathbf{0,034\text{ m}}$$

Przeliczniki miar i jednostek:

$$1\text{ m} = 100\text{ cm} = 1000\text{ mm}$$

$$1\text{ cm} = 10\text{ mm}$$

$$1\text{ km} = 1000\text{ m} = 1000\text{ 00 cm}$$

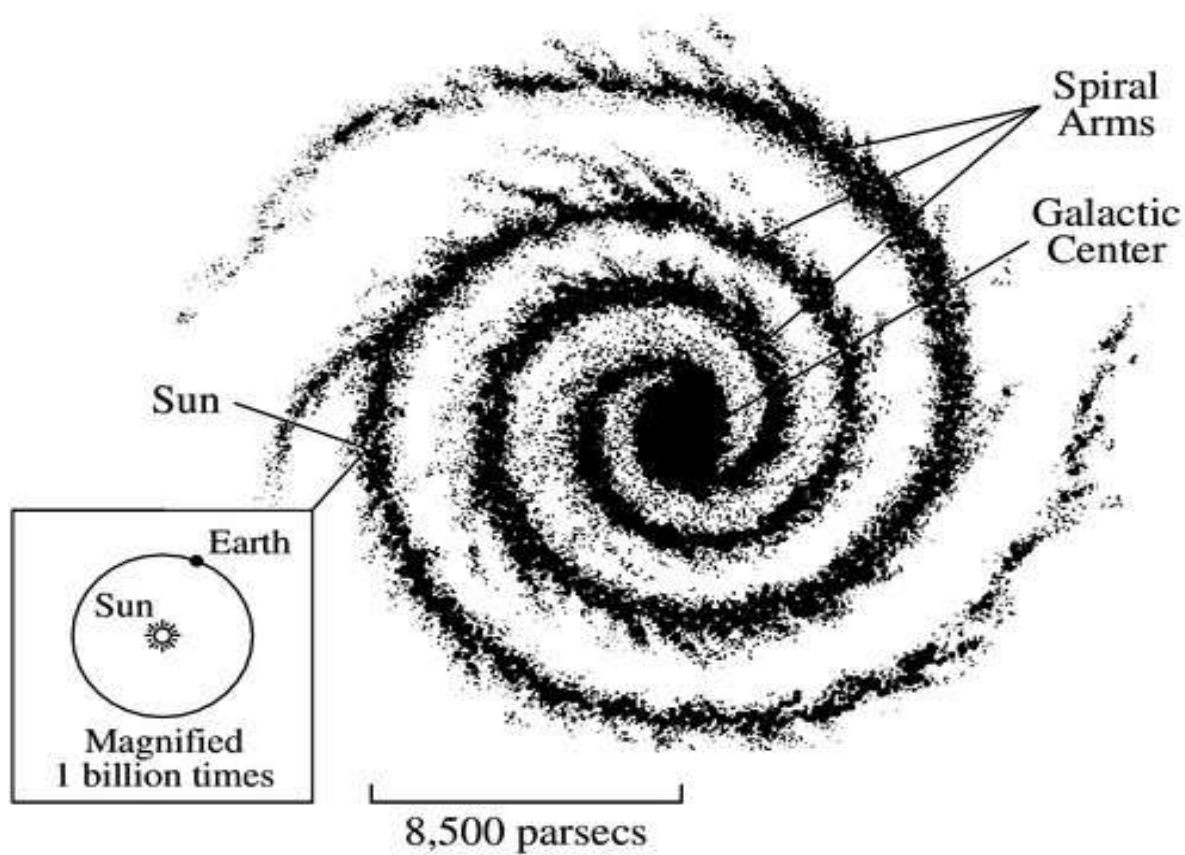
$$1\text{ rok świetlny} = 0,3066\text{ pc} = 63241\text{ jednostki astronomicznej (j.a.)} = 9,4607 \cdot 10^{15}\text{ m} \approx 9,4\text{ 000 000 000 000 m} \approx 9,4\text{ 000 000 000 km} \approx 9,4\text{ biliona km.}$$

$$1\text{ pc (parsek)} \approx 3,2616\text{ roku świetlnego} \approx 206265\text{ jednostek astronomicznych} \approx 3,086 \cdot 10^{16}\text{ m}$$

$$1\text{ kpc (kiloparsek)} = 10^3\text{ pc}$$

$$1\text{ Mpc (megaparsek)} = 10^6\text{ pc}$$

KARTA PRACY



Numer grupy	.....
Lider grupy	.....
Skład grupy (imię i nazwisko, główna funkcja)	
1.	.....
2.	.....

3.	.....
4.	.....
LISTA ZADAŃ	
<i>Etap II</i>	
1. Nazwij obiekt pokazany na rysunku/zdjęciu	.....
2. Określ jego umowne granice przestrzenne	...............
3. Określ, jaki jest najbliżej położony względem niego inny obiekt kosmiczny tego samego typu	...............
4. Wyznacz/wyszukaj rzeczywiste rozmiary obiektu z punktu 1 w metrach	.....
5. Oblicz rozmiary tego obiektu w skali, w której nasza najbliższa gwiazda – Słońce – ma rozmiar 1 m. (rzeczywista średnica Słońca = 1 391 960 km). Podaj wynik w notacji wykładniczej	..............................

<p>1. Jak należy rozumieć pojęcie roku świetlnego?</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>2. Podaj, ile lat temu zostało wyemitowane światło znalezionego wcześniej obiektu z etapu II, który leży najbliżej obiektu przedstawionego na rysunku (w razie konieczności przelicz odległość w m/km na odległość w latach świetlnych)</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>3. Co działo się na świecie oraz w Polsce w czasie, gdy obiekt ten zaczął wysyłać odbierane przez nas dziś na Ziemi światło? Podaj najważniejsze Twoim zdaniem wydarzenia historyczne bądź geologiczne w dziejach Ziemi lub Układu Słonecznego</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

Pomocne wzory i zależności:

Liczenie z proporcji dla przyjętej skali – przykład:

$$1\text{m} = 100\text{ km}$$

$$X = 3,4\text{ km?}$$

$$X = (1\text{m} * 3,4\text{ km}) / 100\text{ km} = 3,4\text{ m} / 100 = \mathbf{0,034\text{ m}}$$

Przeliczniki miar i jednostek:

$$1\text{ m} = 100\text{ cm} = 1000\text{ mm}$$

$$1\text{ cm} = 10\text{ mm}$$

$$1\text{ km} = 1000\text{ m} = 1000\text{ 00 cm}$$

$$1\text{ rok świetlny} = 0,3066\text{ pc} = 63241\text{ jednostki astronomicznej (j.a.)} = 9,4607 \cdot 10^{15}\text{ m} \approx 9,4\text{ 000 000 000 000 m} \approx 9,4\text{ 000 000 000 km} \approx 9,4\text{ biliona km.}$$

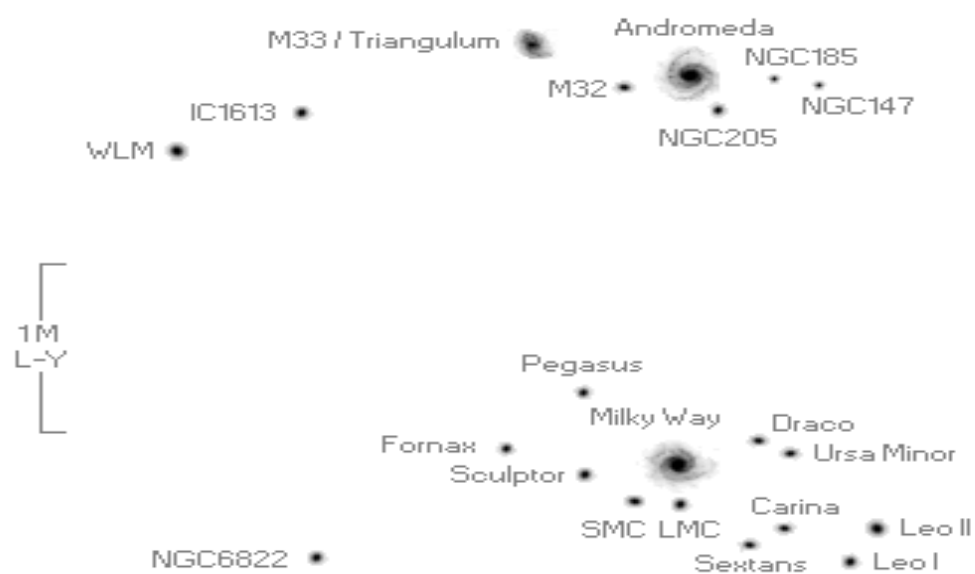
$$1\text{ pc (parsek)} \approx 3,2616\text{ roku świetlnego} \approx 206265\text{ jednostek astronomicznych} \approx 3,086 \cdot 10^{16}\text{ m}$$

$$1\text{ kpc (kiloparsek)} = 10^3\text{ pc}$$

$$1\text{ Mpc (megaparsek)} = 10^6\text{ pc}$$

KARTA PRACY

GVG / PD / 1.0



THE LOCAL GROUP

partial map / projection

Numer grupy	.....
Lider grupy	.....
Skład grupy (imię i nazwisko, główna funkcja)	
1.	.....
2.	.....
3.	.....

4.	.....
LISTA ZADAŃ	
Etap II	
1. Nazwij obiekt pokazany na rysunku/zdjęciu	.....
2. Określ jego umowne granice przestrzenne	...............
3. Określ, jaki jest najbliższy położony względem niego inny obiekt kosmiczny tego samego typu	...............
4. Wyznacz/wyszukaj rzeczywiste rozmiary obiektu z punktu 1 w metrach	.....
5. Oblicz rozmiary tego obiektu w skali, w której nasza Galaktyka – Droga Mleczna – ma rozmiar 1 m. (rzeczywista średnia Galaktyki = 100 000 lat świetlnych = 10^{21} tryliard km). Podaj wynik w notacji wykładniczej	..............................

6. Oblicz, jak daleko na makiecie modelu w tej samej skali znajdowałyby się najbliższa grupa galaktyk M81 (w razie potrzeby wyszukaj jej odległość w sieci)	
7. Postaraj się znaleźć w najbliższym otoczeniu (przedmioty codziennego użytku, pomoce szkolne lub biurowe) drobny przedmiot, który w przybliżeniu odpowiadałby wielkości Układu Słonecznego w przyjętej skali (tj. Droga Mleczna ma średnicę 1 m). Oblicz, jak daleko od niego w takim modelu leżałby najbliżej położony układ planet pozasłonecznych – Proxima Centauri – rzeczywista odległość to w tym przypadku 4,24 roku świetlnego (wynik oszacuj z wybraną przez siebie dokładnością). Możesz posłużyć się np. mapą klasyczną, mapą interaktywną dostępną w Internecie, lub wybraną bazą danych. Odpowiedź uzasadnij	

Etap III

<p>1. Jak należy rozumieć pojęcie roku świetlnego?</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>2. Podaj, ile lat temu zostało wyemitowane obserwowane dziś na Ziemi światło galaktyki LMC (Wielki Obłok Magellana) należącej do układu przedstawionego na rysunku/zdjęciu (w razie konieczności przelicz odległość w m/km na odległość w latach świetlnych)</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>3. Co działo się na świecie w czasie, gdy obiekt ten zaczął wysyłać odbierane przez nas dziś na Ziemi światło? Podaj najważniejsze Twoim zdaniem wydarzenia historyczne bądź geologiczne w dziejach Ziemi lub Układu Słonecznego</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

Pomocne wzory i zależności:

Liczenie z proporcji dla przyjętej skali – przykład:

$$1\text{m} = 100\text{ km}$$

$$X = 3,4\text{ km?}$$

$$X = (1\text{m} * 3,4\text{ km}) / 100\text{ km} = 3,4\text{ m} / 100 = \mathbf{0,034\text{ m}}$$

Przeliczniki miar i jednostek:

$$1\text{ m} = 100\text{ cm} = 1000\text{ mm}$$

$$1\text{ cm} = 10\text{ mm}$$

$$1\text{ km} = 1000\text{ m} = 1000\text{ 00 cm}$$

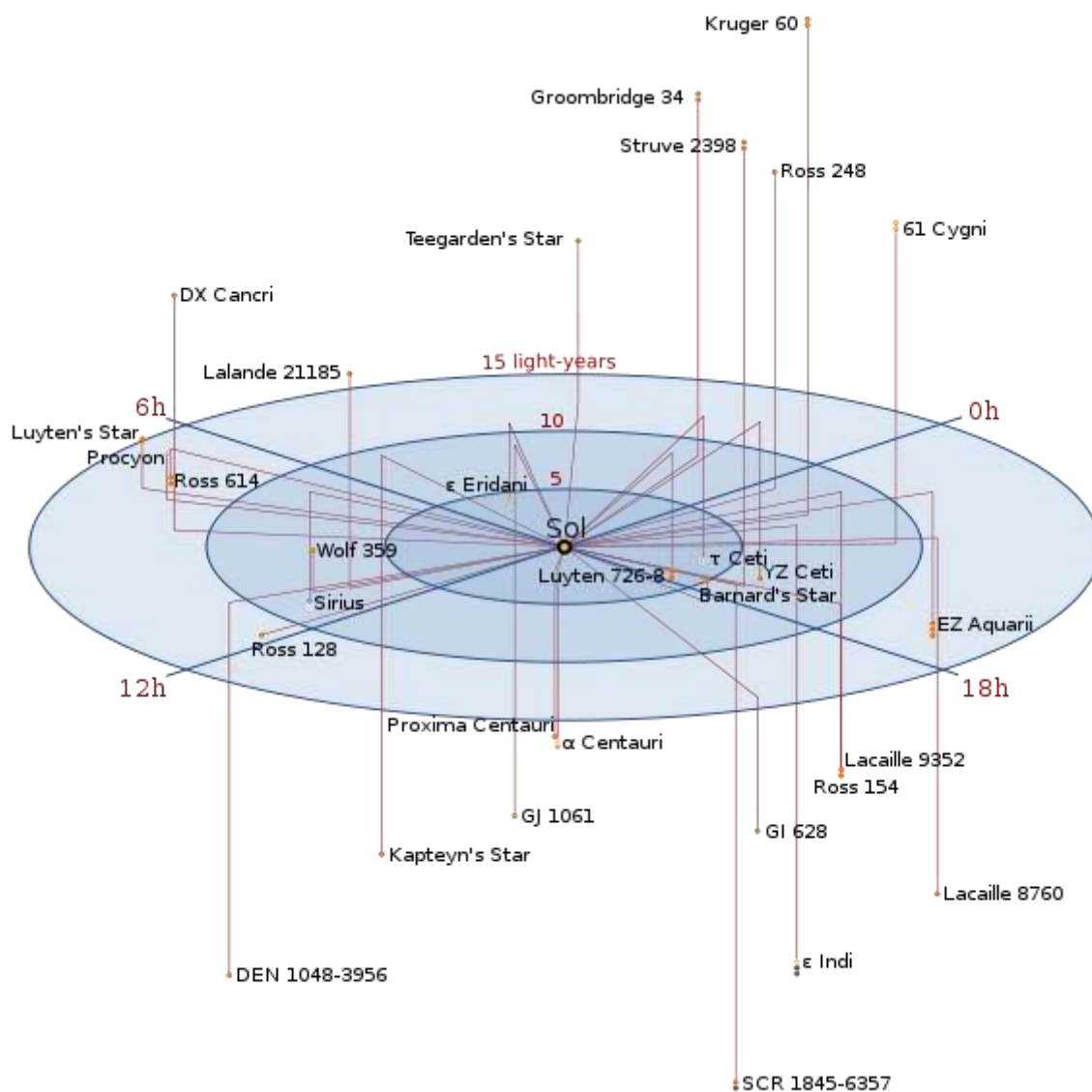
$$1\text{ rok świetlny} = 0,3066\text{ pc} = 63241\text{ jednostki astronomicznej (j.a.)} = 9,4607 \cdot 10^{15}\text{ m} \approx 9,4\text{ 000 000 000 000 m} \approx 9,4\text{ 000 000 000 km} \approx 9,4\text{ biliona km.}$$

$$1\text{ pc (parsek)} \approx 3,2616\text{ roku świetlnego} \approx 206265\text{ jednostek astronomicznych} \approx 3,086 \cdot 10^{16}\text{ m}$$

$$1\text{ kpc (kiloparsek)} = 10^3\text{ pc}$$

$$1\text{ Mpc (megaparsek)} = 10^6\text{ pc}$$

KARTA PRACY



Numer grupy	.....
Lider grupy	.....
Skład grupy (imię i nazwisko, główna funkcja)	
1.	

2.	.....
3.	.....
4.	.....

LISTA ZADAŃ	
<i>Etap II</i>	
1. Powyższy rysunek przedstawia 32 gwiazdy naszej Galaktyki, położone najbliżej Słońca i Układu Słonecznego. Wypisz 10 najbliższych.	..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....
2. Czy któreś z nich posiadają własne systemy planetarne?	..... ..... ..... .....
3. Określ, jaka gwiazda leży najbliżej Słońca	..... ..... .....

<p>4. Wyznacz/wyszukaj jej rzeczywistą odległość w metrach</p>	<p>.....</p>
<p>5. Oblicz rozmiary całego Układu Słonecznego w skali, w której odległość Słońca do tej gwiazdy wynosiłaby 10 metrów.</p> <p>Podaj wynik w notacji wykładniczej</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>6. Oblicz, jak daleko na makiecie modelu najbliższych gwiazd w tej samej skali znajdowałyby się gwiazda Syriusz (w razie potrzeby wyszukaj jej odległość w sieci)</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>7. Postaraj się wskazać w najbliższym otoczeniu (szkoła, miasto, gmina itp.) miejsc lub obiektów, które w przybliżeniu odpowiadałyby odległościom gwiazd Proxima Centauri i Syriusz w przyjętej skali (odległość Słońce – najbliższa mu gwiazda wynosi 10 m. Wynik oszacuj z wybraną przez siebie dokładnością). Możesz posłużyć się np. mapą klasyczną, mapą interaktywną</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

<p>dostępna w Internecie, lub wybraną bazą danych. Odpowiedź uzasadnij</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p><i>Etap III</i></p>	
<p>1. Jak należy rozumieć pojęcie roku świetlnego?</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>2. Podaj, ile lat temu zostało wyemitowane obserwowane dziś na Ziemi światło gwiazdy Vega (Alfa gwiazdozbioru Lutni)</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>3. Co działo się na świecie w czasie, gdy gwiazda Vega zaczęła wysyłać odbierane przez nas dziś na Ziemi</p>	<p>.....</p> <p>.....</p>

[illegible]

--	----------------

Pomocne wzory i zależności:

Liczenie z proporcji dla przyjętej skali – przykład:

$$1\text{m} = 100\text{ km}$$

$$X = 3,4\text{ km?}$$

$$X = (1\text{m} * 3,4\text{ km}) / 100\text{ km} = 3,4\text{ m} / 100 = \mathbf{0,034\text{ m}}$$

Przeliczniki miar i jednostek:

$$1\text{ m} = 100\text{ cm} = 1000\text{ mm}$$

$$1\text{ cm} = 10\text{ mm}$$

$$1\text{ km} = 1000\text{ m} = 1000\text{ 00 cm}$$

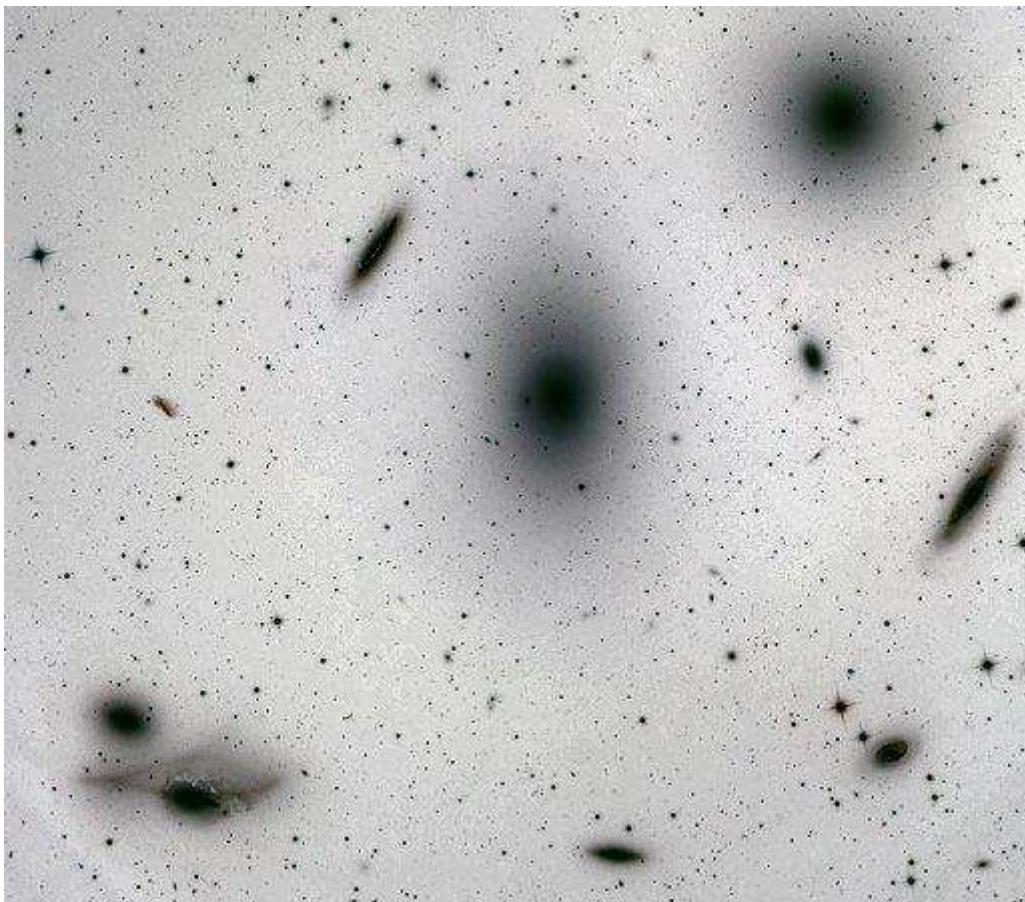
$$1\text{ rok świetlny} = 0,3066\text{ pc} = 63241\text{ jednostki astronomicznej (j.a.)} = 9,4607 \cdot 10^{15}\text{ m} \approx 9,4\text{ 000 000 000 000 m} \approx 9,4\text{ 000 000 000 km} \approx 9,4\text{ biliona km.}$$

$$1\text{ pc (parsek)} \approx 3,2616\text{ roku świetlnego} \approx 206265\text{ jednostek astronomicznych} \approx 3,086 \cdot 10^{16}\text{ m}$$

$$1\text{ kpc (kiloparsek)} = 10^3\text{ pc}$$

$$1\text{ Mpc (megaparsek)} = 10^6\text{ pc}$$

KARTA PRACY (bonus – zadanie na 6!)



Numer grupy	.....
Lider grupy	.....
Skład grupy (imię i nazwisko, główna funkcja)	
1.	.....
2.	.....
3.	.....
4.	.....
LISTA ZADAŃ	
<i>Etap II</i>	
1. Powyższy rysunek przedstawia wycinek gromady galaktyk Virgo. To najbliższa gromada galaktyk w otoczeniu	...............

naszego Układu Słonecznego. Znajdź inne pobliskie gromady supergromady	
2. Jak znaleźć galaktyki tworzące supergromadę Virgo na nocnym niebie? Czy Są one widoczne przez niewielki teleskop?	
3. Wyznacz/wyszukaj rzeczywistą odległość do centrum supergromady Virgo w metrach i/lub latach światlnych	
4. Wyznacz/wyszukaj rzeczywistą odległość przykładowego kwazara 3C 48 w metrach i/lub latach światlnych. Co jeszcze ciekawego można powiedzieć o tym obiekcie?	
5. Oblicz rozmiary naszej Galaktyki – Drogi Mlecznej w skali, w której supergromada Virgo ma rozmiar kilometra. Podaj wynik w notacji wykładniczej	
6. Oblicz, jak daleko na makiecie modelu najbliższych galaktyk w tej samej skali znajdywałyby się galaktyka M31 (Andromedy), w razie potrzeby wyszukaj jej odległość w sieci)	
7. Postaraj się znaleźć w najbliższym otoczeniu (przedmioty codziennego użytku, pomoce szkolne lub biurowe) przedmiot lub miejsce, które w przybliżeniu odpowiadałoby wielkości Drogi Mlecznej w przyjętej skali z podpunktu 5 (tj. średnica supergromady Virgo wynosi 1 km). Znajdź teraz obiekt w skali Twojego miasta/gminy, w którym w tej skali przypadłoby położenie galaktyki M31 z poprzedniego podpunktu. Wynik oszacuj z wybraną przez siebie dokładnością. Możesz posłużyć się np. mapa	

$$X = (1\text{ m} * 3,4\text{ km}) / 100\text{ km} = 3,4\text{ m} / 100 = \mathbf{0,034\text{ m}}$$

Przeliczniki miar i jednostek:

$$1\text{ m} = 100\text{ cm} = 1000\text{ mm}$$

$$1\text{ cm} = 10\text{ mm}$$

$$1\text{ km} = 1000\text{ m} = 1000\text{ 00 cm}$$

$$1\text{ rok świetlny} = 0,3066\text{ pc} = 63241\text{ jednostki astronomicznej (j.a.)} = 9,4607 \cdot 10^{15}\text{ m} \approx 9,4\text{ 000 000 000 000 m} \approx 9,4\text{ 000 000 000 km} \approx 9,4\text{ biliona km.}$$

$$1\text{ pc (parsek)} \approx 3,2616\text{ roku świetlnego} \approx 206265\text{ jednostek astronomicznych} \approx 3,086 \cdot 10^{16}\text{ m}$$

$$1\text{ kpc (kiloparsek)} = 10^3\text{ pc}$$

$$1\text{ Mpc (megaparsek)} = 10^6\text{ pc}$$