

PRZYRODA

**Biblioteka
Eksperymentu
Uczniowskiego**

Pozorny ruch Słońca oraz ruchy Ziemi

Jacek Warda

Scenariusze i komplety materiałów do lekcji wspieranej doświadczeniem i/lub obserwacją

Lublin, 2022

Spis treści

Pozorny ruch Słońca oraz ruchy Ziemi	4
Odbiorcy zajęć	4
Realizowane elementy podstawy programowej	4
Cele ogólne – intencje nauczyciela	4
Cele operacyjne – osiągnięcia ucznia:	5
Metody pracy	5
Formy pracy	5
Czas realizacji zajęć	5
Środki i materiały dydaktyczne	6
Przebieg zajęć	6
Lekcja	7
1) Czynności organizacyjne:	7
2) Wprowadzenie do tematyki zajęć	7
3) Zasadnicza część zajęć (zajęcia przed szkołą)	8
4) Podsumowanie zajęć	12
5) Czynności organizacyjne końcowe	13
Uczeń eksperymentuje	14
Doświadczenie 1. Pomiar wysokości Słońca ponad horyzontem z wykorzystaniem kwadrantu	14
Doświadczenie 2. Analiza ruchu Słońca przy użyciu gnomonu	16
Doświadczenie 3: Użycie prostego teleskopu lub lornetki do obserwacji Słońca	18
Materiały wsparcia dla nauczycieli	19
Zagadnienia powiązane i uzupełniające	20
Skąd wiemy, że Ziemia jest kulista i krąży dookoła Słońca?	20
Dlaczego teoria geocentryczna tak długo była uważana za poprawną?	22
Czas astronomiczny (słoneczny) a strefy czasowe	25
Dlaczego oś obrotu Ziemi jest pochylona?	27
Czym jest zjawisko „białych nocy”?	30
Jakie byłyby zmiany klimacie Ziemi, gdyby oś obrotu Ziemi była pionowa?	32
Karta pracy ucznia	33
Zadanie 1. Podaj daty przesilenń Słonecznych oraz równonocy	34
Zadanie 2. Kąt padania światła na równik oraz zwrotniki podczas przesilenń	34
Odpowiedzi do karty pracy ucznia	35

Ogólna instrukcja BHP	36
PRZEPISY OGÓLNE	37
OBSŁUGA URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH	38
PRACA Z SUBSTANCJAMI TOKSYCZNYMI I SZKODLIWYMI.....	38
PRACA ZE ŹRÓDŁAMI CIEPŁA.....	38
PRACA ZE ŹRÓDŁAMI ŚWIATŁA	39
UWAGI KOŃCOWE.....	39

Pozorny ruch Słońca oraz ruchy Ziemi

Odbiorcy zajęć

- Uczniowie II poziomu edukacyjnego (szkoła podstawowa klasy 4-8).
- Lekcje przedmiotu przyroda, fizyka lub geografia.

Realizowane elementy podstawy programowej

Materiały służą do przeprowadzenia lekcji z działu „Ruchy Ziemi”, w szczególności uczeń:

1. dokonuje pomiaru wysokości Słońca w trakcie zajęć w terenie oraz porównuje wyniki uzyskane w różnych porach dnia i roku;
2. demonstruje przy użyciu modeli (np. globusa lub tellurium) ruch obrotowy Ziemi, określa jego kierunek, czas trwania, miejsca wschodu i zachodu Słońca oraz południa słonecznego;
3. wyjaśnia związek między ruchem obrotowym oraz:
 - widomą wędrówką i górowaniem Słońca,
 - istnieniem dnia i nocy,
 - dobowym rytmem życia człowieka i przyrody,
 - występowaniem stref czasowych;
4. demonstruje przy użyciu modeli (np. tellurium lub globusów) ruch obiegowy Ziemi;
5. przedstawia zmiany w oświetleniu Ziemi w pierwszych dniach astronomicznych pór roku;
6. wykazuje związek między ruchem obiegowym Ziemi a strefami jej oświetlenia oraz strefowym zróżnicowaniem klimatu i krajobrazów na Ziemi

Cele ogólne – intencje nauczyciela

1. Przekazanie lub ugruntowanie podstawowych informacji o pozornym ruchu Słońca i rzeczywistym ruchu Ziemi.
2. Wyjaśnienie mechanizmu zmian pór roku (w części teoretycznej zajęć)
3. Zobrazowanie, jak ważna jest w nauce systematyczność obserwacji - na przykładzie konieczności całorocznych badań ruchu Słońca przez cały rok, jeśli chcemy uzyskać pełen obraz mechanizmu ruchu Ziemi.
4. Wykorzystanie przykładu złudzenia ruchu Słońca do wyjaśnienia pojęcia „układu odniesienia” dla obserwacji i zrozumienia mechanizmu ruchu.

Cele operacyjne – osiągnięcia ucznia:

Uczeń:

1. Wie, czym są i do czego służą:
 - Gnomon,
 - kwadrant astronomiczny.
2. Umie wyznaczać moment przebywania Słońca w zenicie (górowania Słońca).
3. Rozumie, dlaczego światło słoneczne padające pod mniejszym kątem niesie mniejszą energię.
4. Rozumie, na czym polega złudzenie, że to Słońce rusza się po niebie (pozorny ruch Słońca).
5. Zna nachylenie Ziemi.
6. Potrafi określać wysokość położenia Słońca nad horyzontem wykorzystując kwadrant.
7. Rozumie konieczność ochrony wzroku podczas obserwacji Słońca.

Wiedza ponad zakres podstawy programowej

1. Uczeń obserwuje największe plamy słoneczne przy użyciu prostej lunety słonecznej.

Metody pracy

Rozmowa dydaktyczna: metoda asymilacji wiedzy – rozmowa z uczniem, samodzielne dochodzenia do wiedzy.

Metoda praktyczna – realizacji doświadczalnych zadań odtwórczych i twórczych, obserwacja demonstracji, samodzielne wykonywanie doświadczeń.

Formy pracy

Praca indywidualna – samodzielne wykonywanie wybranych etapów doświadczenia, samodzielne wypełnianie kart pracy.

Praca grupowa – wspólne wykonywanie zadań doświadczalnych, współpraca przy realizacji doświadczeń.

Praca zbiorowa – obserwacja demonstracji wykonywanych przez nauczyciela powiązana ze wspólnym dochodzeniem do wniosków.

Czas realizacji zajęć

Planowany czas realizacji zajęć, 1 lub 2 godziny lekcyjne.

Środki i materiały dydaktyczne

Do realizacji zajęć w klasie przygotuj zasoby wg katalogu i w ilości wskazanej w Tabeli 1.

Tabela 1. Katalog zasobów do przeprowadzenia lekcji o liczbie uczniów *L* ze wskazaniem ilości zasobów oraz użytkownika zasobów.

Lp.	Nazwa	Ilość	Użytkownik zasobów
1	materiały wsparcia dla nauczyciela	1	nauczyciel
2	instrukcja BHP	1	nauczyciel/uczeń
3	kwadrant	2	uczeń
4	okulary przeciwsłoneczne	2	uczeń
5	gnomon	1	uczeń
6	flamaster czarny	1	uczeń
7	flamaster czerwony	K	uczeń
8	luneta prosta z filtrem słonecznym	K	uczeń
9	Prezentacja (do części wprowadzającej)	1	nauczyciel
10	Film instruktażowy https://youtu.be/nwQ2TavPt0g	1	uczeń/nauczyciel
11	Karty pracy uczniów	L	uczeń
12	Karta kontrolna		nauczyciel

Przebieg zajęć

Zajęcia dzielą się na trzy nierównej długości części:

1. Wykład wprowadzający (ok. 40 minut).
2. Zajęcia terenowe poza budynkiem (ok 20 minut).
3. Podsumowanie wyników po powrocie do sali (ok 20 minut).

Dla przeprowadzenia doświadczenia z gnomonem koniecznej jest wystawienie gnomonu poza budynkiem szkoły, w miejscu z którego Słońce jest stale widoczne w godzinach 10.00-14.00 a co najmniej 11.00-13.00.

W tym czasie, co 30 minut powinien przychodzić uczeń dyżurny i oznaczać długość cienia na papierowej tarczy.

Konieczne jest, aby zajęcia były przeprowadzane w dniu o małym zachmurzeniu.

Lekcja

Oznaczenia w opisie:

N – nauczyciel

U – uczeń

1) Czynności organizacyjne:

N i U: Zorganizowanie przestrzeni sali lekcyjnej;

N: Sprawdzenie listy obecności;

Szacowany czas niezbędny na powyższe czynności: 5-7 min.

2) Wprowadzenie do tematyki zajęć

Wprowadzenie do tematu lekcji

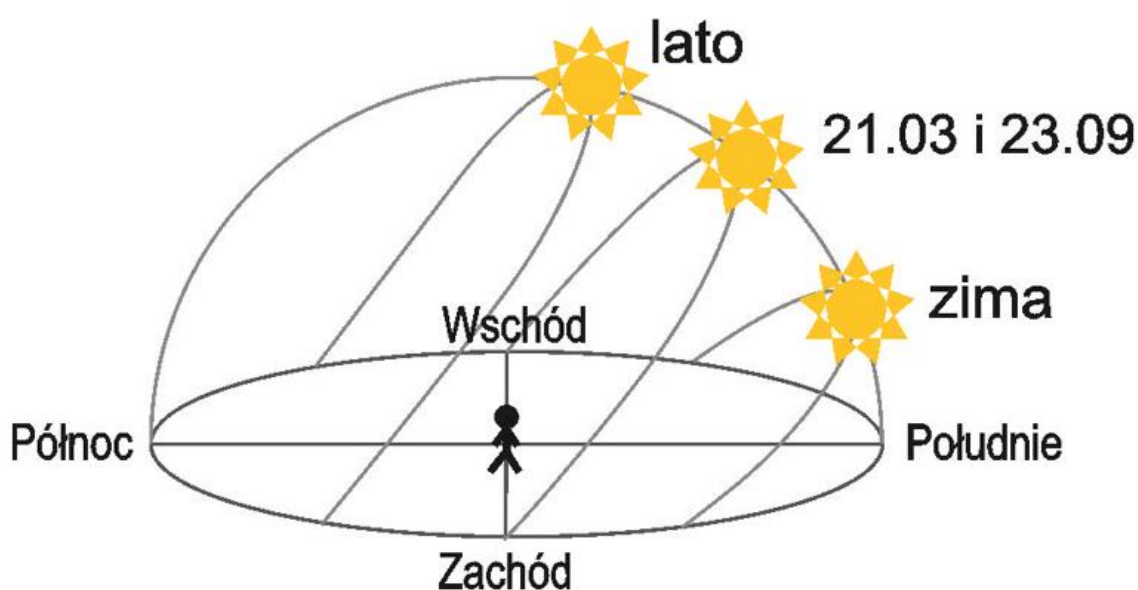
N: Przedstawienie wykładu wprowadzającego, z wykorzystaniem materiału opracowanego na potrzeby lekcji. Dla udogodnienia pracy nauczyciela udostępniono nagranie tego materiału co ma ułatwić przygotowanie się do lekcji

<https://youtu.be/TyXFWXgKlIjA> Czas nagrania 32,28 min

Przygotowana **prezentacja dla nauczyciela** zawiera cytaty filmowe, które bardzo zwiększają atrakcyjność i zrozumiałość wykładu.

U: Korzysta z dołączonej infografiki

„Położenie Słońca na niebie w południe w kluczowych dniach roku”.



U: Wypełnia zadanie 1 z Karty pracy

Szacowany czas niezbędny na powyższe czynności: 40 min.

3) Zasadnicza część zajęć (zajęcia przed szkołą)

N: Poza budynkiem szkoły, ale najlepiej w jego bezpośrednim otoczeniu przeprowadzone są trzy doświadczenia związane z obserwacjami Słońca. Oprócz tego rozdziału są one także omówione w **karcie pracy ucznia** w sposób dostosowany do jego percepcji i uwzględniający jego aktywność w trakcie zajęć.

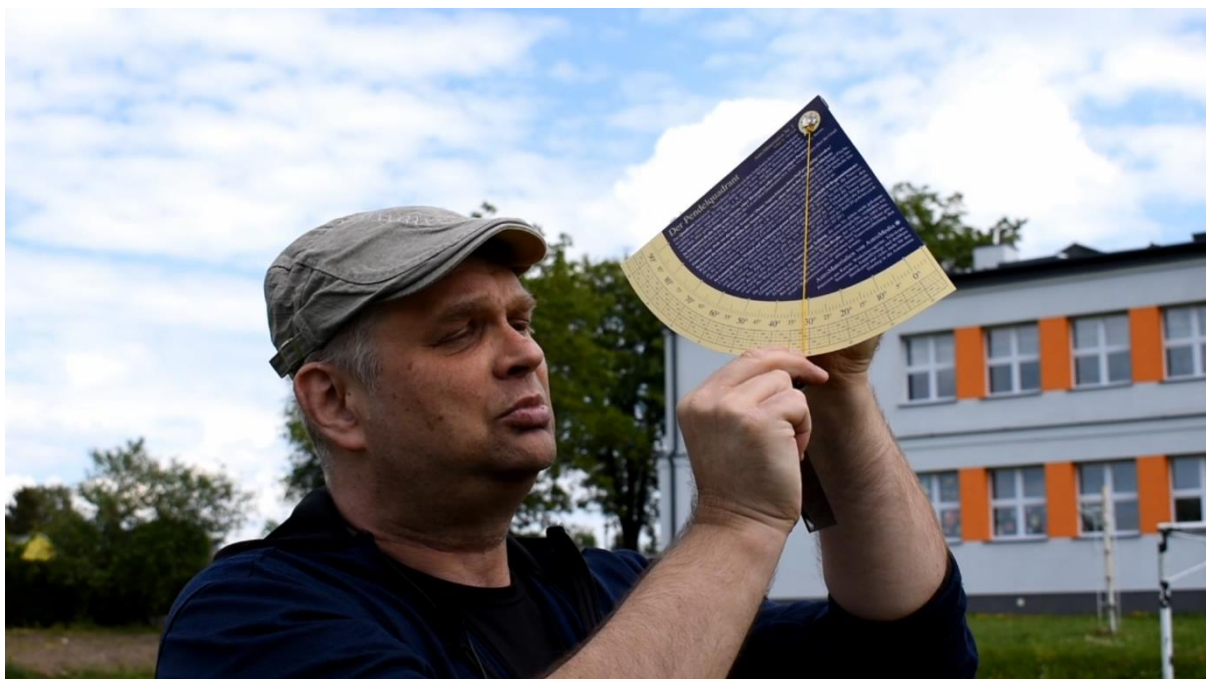
Doświadczenie 1: Pomiar wysokości Słońca za pomocą kwadrantu

N. udostępnia uczniom kwadranty wraz z narzędziami do ochrony wzroku (np. okulary przeciwsłoneczne, szyba z maski spawalniczej).

U: Przeprowadzają pomiary wysokości Słońca. W trakcie pomiaru kwadrant jest trzymany w lewej ręce. Prawa jest używana do podtrzymania nitki pomiarowej lub szkła ochronnego. W innym wypadku do odczytania wyniku pomiaru potrzebna jest pomoc drugiej osoby.



Zdjęcie 1: Sposób korzystania z kwadrantu Źródło: materiały własne.



Zdjęcie 2: Sposób odczytywania wyniku na kwadrancie. Źródło: materiały własne.

Uzyskany wynik pomiaru należy zapamiętać na potrzeby zestawienia wyników, jakie powinno być zapisane po powrocie do sali lekcyjnej.

Doświadczenie 2: Wyznaczanie osie N-S za pomocą gnomonu

Rejestracja zmian długości i położenia cienia rzucanego przez gnomon, który jest oświetlany przez Słońce. Wyznaczenie osi północ – południe.

To doświadczenie wymaga do przeprowadzenia specyficznej organizacji – powinno się zacząć wczesnym przedpołudniem ok godz. 10.00 i polega na zaznaczaniu punktu, w którym kończy się długość cienia w jednakowych odstępach czasu – co pół godziny, a jeszcze lepiej – co 15 min. Pomiary powinny być prowadzone do symetrycznej względem początku pomiarów godziny po południu (np. 14.00).

Doświadczenie 3: Obserwacja tarczy Słońca

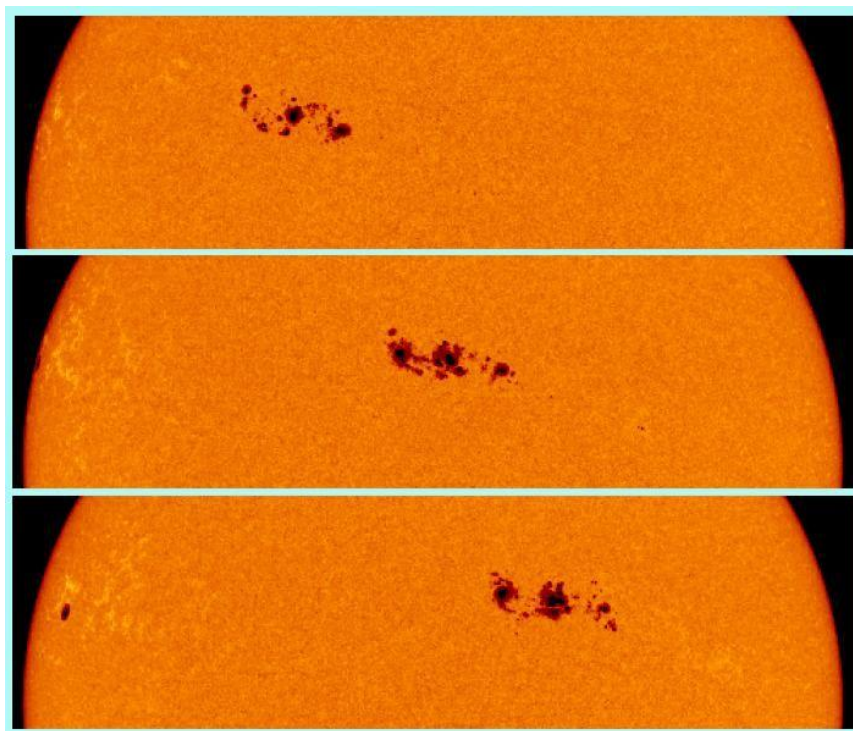
Jest to wykorzystanie prostej lunety z filtrem słonecznym do samodzielnego złożenia (co stanowi oddzielne zadanie). Na zdjęciu zamiast nakładanego filtra wykorzystano szybę z maski spawalniczej.

Oczywiście można wykorzystać inne instrumenty optyczne odpowiednio zabezpieczone przed światłem słonecznym. Sensem tego uzupełniającego doświadczenia¹ jest obserwacja tarczy Słońca i próba dostrzeżenia największych plam słonecznych.



Zdjęcie 3: Korzystanie z prostej lunety słonecznej Źródło: materiały własne.

¹ Korzystamy z okazji, że jesteśmy poza budynkiem szkoły i obserwujemy Słońce, co jest niepowtarzalną w procesie dydaktycznym okazją. Nie wszyscy uczniowie w tym samym momencie korzystają z kwadrantu i dokonują pomiaru wysokości Słońca nad horyzontem.



Zdjęcie 4: Plamy na tarczy Słońca. Źródło NASA http://apod.pl/apod/image/0207/ar0030_sohomdi

Komentarz ekspercki opracowany przez NASA do zdjęcia:

Słoneczna aktywna strefa oznaczona numerem 10030 (lub po prostu region 30) pojawiła się w lipcu 2002 roku na widocznej półkuli Słońca. Jest to grupa plam słonecznych, które którym nadano zbiorczą nazwę „obszar 30” i która w rzeczywistości jest prawie 10 razy większy od Ziemi.

Powyższe zdjęcia zostały zarejestrowane 15, 16 i 17 lipca (patrząc od góry do dołu) przez instrument MDI w kosmicznym obserwatorium SOHO, gdy rotacja Słońca powoli przenosiła dużą, dynamiczną grupę plam słonecznych przez widoczny z Ziemi bok Słońca.

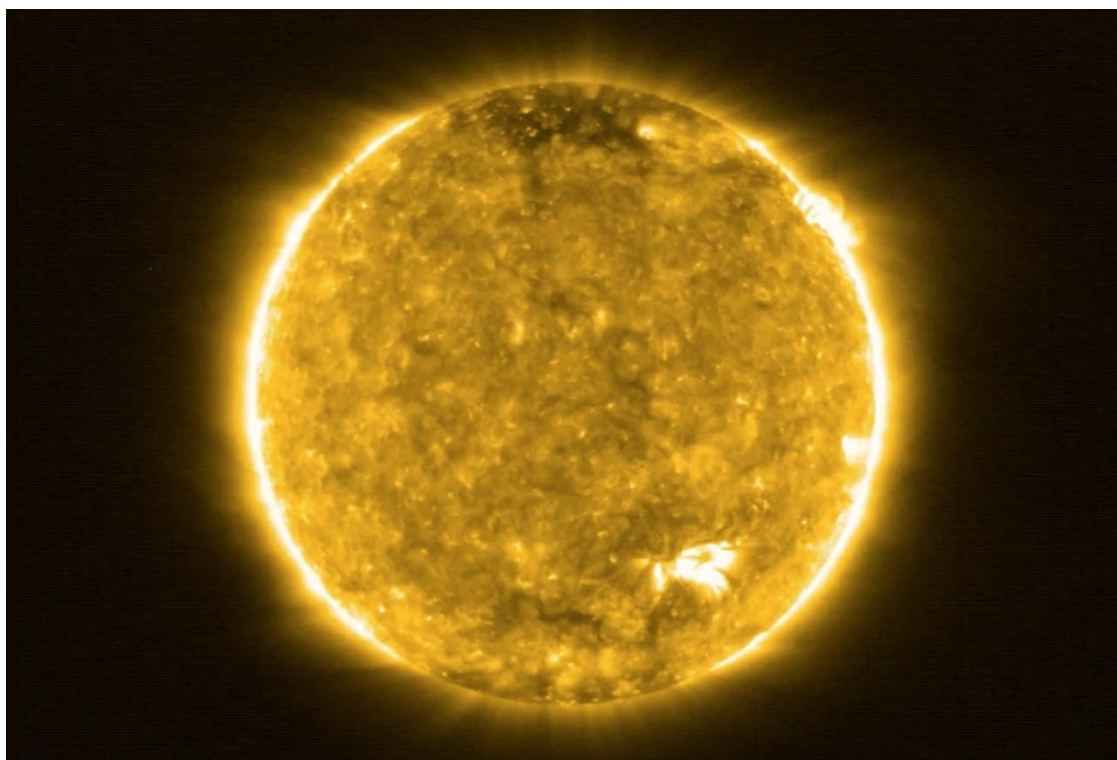
15 lipca 2002 roku w tym regionie wybuchł potężny rozbłysk słoneczny, po którym nastąpił koronalny wyrzut masy. Energetyczny obłok naładowanych elektrycznie cząstek przeleciał wczoraj przez naszą piękną planetę, w wyniku czego możliwa jest zwiększona aktywność zorzy.

Pokazuje to na związek między plamami słonecznymi, a burzami słonecznymi i związanym z tym zjawiskiem zorzy polarnej oraz ryzykiem burz magnetycznych na Ziemi.

Warto dodać, że potencjalnie wielka burza magnetyczna wywołana w ten sposób może zniszczyć sieci energetyczne oraz wszystkie urządzenia elektroniczne podłączone w tym momencie do zasilania. Takie zjawisko w wielkim natężeniu zaobserwowano w roku 1859 –

szczęśliwie kilkadziesiąt lat przed początkiem masowego wykorzystania elektryczności. Patrz: https://pl.wikipedia.org/wiki/Burza_magnetyczna_roku_1859

Obecnie ryzyko takiego niespodziewanego zdarzenia bardzo zmalało, ponieważ obecnie w pobliżu Słońca są dwie sondy: amerykańska „Parker Solar Probe” [link](#), oraz europejska „Solar Orbiter” [link](#). W wypadku silnej eksplozji słonecznej, natychmiast wyślą one ostrzeżenie na Ziemię. Ponieważ zagraża nam rozpędzona chmura atomów, które poruszają się z prędkościami będącymi tylko małym ułamkiem prędkości światła, zaś ostrzeżenie dotrze do nas z pełną prędkością światła – będzie wystarczająco dużo czasu (1-2 dni) aby odciąć na zagrożonych obszarach prąd oraz wygasić urządzenia elektroniczne. Tylko urządzenia elektryczne oraz sieci elektryczne (w tym transformatory) wyłączone z zasilania w momencie dojścia do Ziemi fali cząsteczek – unikną zniszczenia.



Zdjęcie 5: Zdjęcie tarczy Słońca wykonane przez sondę Solar Orbiter źródło: Europejska Agencja Kosmiczna ESA

4) Podsumowanie zajęć

N: Podsumowuje lekcję formułując główne wnioski dotyczące wiedzy i umiejętności, jakie uczniowie zdobyli w trakcie zajęć.

N: zachęca uczniów do samodzielnego eksperymentowania.

Szacowany czas niezbędny na powyższe czynności: 10 min.

5) Czynności organizacyjne końcowe

N i U: demontaż i złożenie zestawów, sprawdzenie kompletności zasobów, uprzątnięcie zasobów i ich odniesienie do sali.

Szacowany czas niezbędny na powyższe czynności: 5 min.

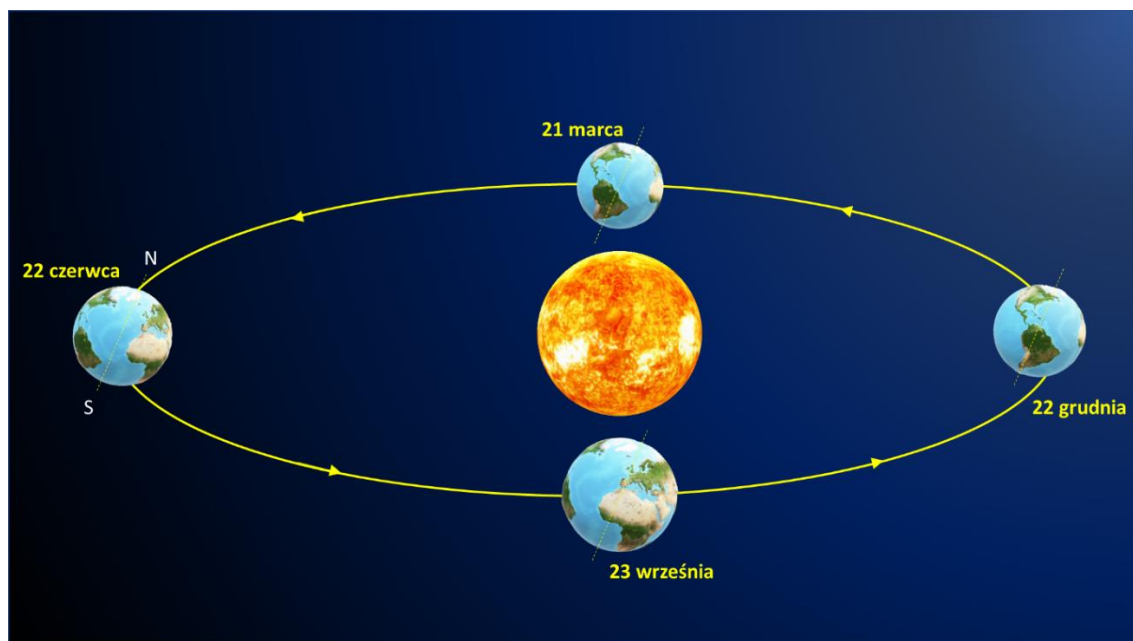
Uczeń eksperymentuje

Doświadczenie 1. Pomiar wysokości Słońca ponad horyzontem z wykorzystaniem kwadrantu

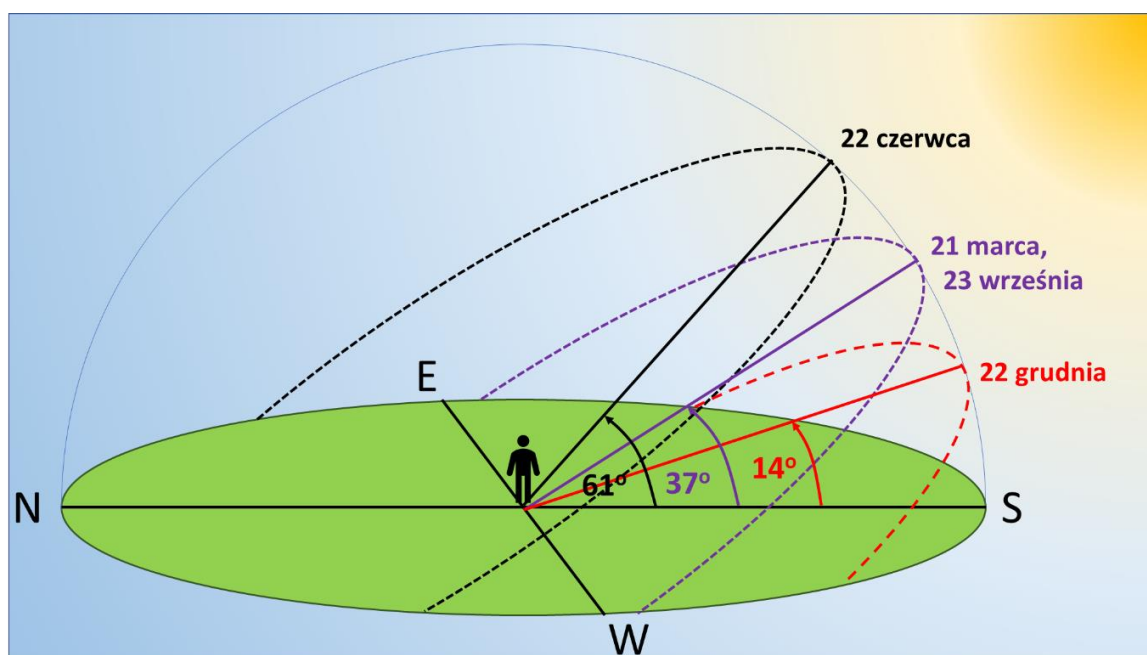
1. Chwyć kwadrant lewą ręką.
2. Skieruj wziernik na dolną krawędź tarczy Słońca.
3. Pamiętaj o ochronie oczu – używaj okularów przeciwsłonecznych z filtrem polaryzacyjnym albo prawą ręką zasłaniaj Słońce szybą ochronną używaną w maskach spawalniczych.
Oba te sposoby ochrony wzroku używa dwóch uczniów na poniższym zdjęciu.



4. W razie potrzeby skorzystaj z pomocy innej osoby, aby dokładnie odczytać jaką wartość w stopniach pokazuje na miarce nić zwisająca z prawej strony kwadrantu.
5. Zapamiętaj wynik na potrzeby podsumowania, które będzie przeprowadzone w sali po powrocie z pomiarów.



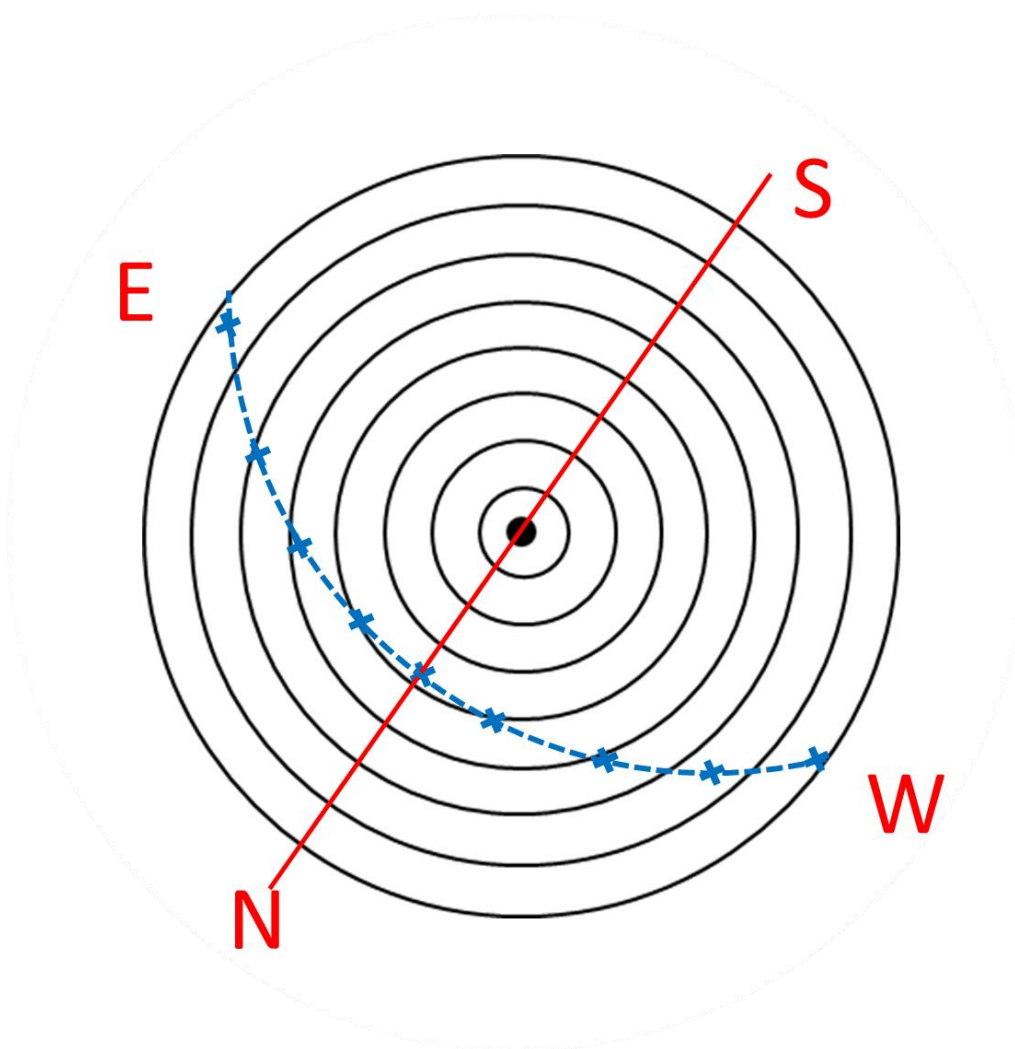
Rycina 1: Ruch i zmiana kierunku pochylenia osi Ziemi w trakcie obrotu dookoła Słońca



Rycina 2: Schematyczna prezentacja wysokości Słońca w zależności od daty.

Doświadczenie 2. Analiza ruchu Słońca przy użyciu gnomonu

1. Ustaw gnomon w miejscu, w którym będzie on wystawiony bezpośrednio na światło słoneczne przez cały czas trwania doświadczenia. Jeśli doświadczenie planowane jest w godzinach 10.00 – 14.00 to przez cały ten czas tarcza słoneczna powinna być widoczna z punktu, w którym jest ustawiony gnomon.
2. Gnomon powinien być ustawiony na stoliku, tak aby jego obserwacja oraz zaznaczanie kolejnych punktów na tarczy było wygodne.
3. Doświadczenie polega na oznaczaniu na papierowej tarczy, w stałych odstępach czasu (np. co 15 minut), punktów maksymalnego zasięgu cienia rzucanego przez gnomon, co schematycznie ilustruje rysunek poniżej.



Rycina 3: Wzorcowy obraz ruchu Słońca oznaczony na papierowej tarczy w ciągu bezchmurnego dnia.

4. Jest oczywiste, że im wyżej nad horyzontem znajduje się Słońce, tym krótszy jest cień rzucony na ziemię przez oświetlane obiekty. Najkrótszy cień rzucony przez gnomon będzie więc dokładnie w momencie górowania. Moment ten wyznacza południe według lokalnego czasu słonecznego. Na wysokości równoleżnikowej Polski czas ten zmienia się o minutę przy każdym przesunięciu się miejsca obserwacji o około 19 kilometrów na wschód albo zachód. Na równiku takie przesunięcie następuje co około 28 kilometrów. Obecnie powszechnie stosuje się czas strefowy, który nie będzie się w pokrywał dokładnie z czasem słonecznym. [link](#)
5. Aby dokładniej określić minimalną długość cienia, można zastosować możliwie duży gnomon, którego cień mieści się jeszcze na przygotowanej tarczy oraz w ciągu pół godziny przed i po spodziewanym minimum zwiększyć ilość pomiarów i prowadzić je wówczas np. co 5 minut.
6. W okresie zwiększonej ilości pomiarów, przy jego dokonywaniu (tzn. zaznaczaniu kropką lub krzyżykiem miejsca do którego sięga cień) należy zapisywać aktualny czas strefowy. W ten sposób możemy też w przybliżeniu określić różnicę między czasem strefowym a czasem słonecznym, jaka występuje w miejscu pomiaru.
7. Gdy określimy, który punkt wyznacza najkrótszą długość cienia – przez ten punkt oraz punkt w który wbity jest w tarczę pomiarową gnomon przeprowadzamy linię prostą. Linia ta wyznacza oś północ – południe. Południe znajduje się po stronie z której pada światło Słońca, północ natomiast po stronie po której znajdował się cień gnomonu.

Doświadczenie 3: Użycie prostego teleskopu lub lornetki do obserwacji Słońca

1. W bezpośrednich obserwacjach Słońca najważniejsza jest ochrona wzroku. Jest to szczególnie ważne gdy używamy urządzeń które koncentrują światło, takich jak luneta.
2. Proponujemy użycie prostej z filtrem słonecznym do samodzielnego montażu [link](#). Dodatkową wartość edukacyjną daje samodzielny montaż lunety.
3. Zamiennie można użyć lunetki z dedykowanymi filtrami przeciwsłonecznymi. Są dostępne takie filtry na przykład do lornetek Nikon Action oraz Nikon Aculon o średnicy szkła 50 mm.
4. Celem bezpośredniej obserwacji tarczy Słońca jest poszukiwanie plam słonecznych. Należy pamiętać, że liczba i wielkość plam słonecznych, jakie możemy zaobserwować zależy od momentu, w jakim znajduje się Słońce w ramach swojego stałego 11-letniego cyklu aktywności.
5. Im większa ilość plam słonecznych, tym większe ryzyko wystąpienia burz elektromagnetycznych.
6. Doświadczenie to ma charakter uzupełniający w stosunku do dwóch poprzednich. Wychodzi ono ponad zakres podstawy programowej. Nie wszyscy uczniowie jednocześnie mogą jednak używać gnomonu i warto dać im możliwość prowadzenia zróżnicowanych obserwacji. Warto też w pełni wykorzystać możliwość, jaką stwarza wyprowadzenie uczniów poza budynek szkoły przy dobrej pogodzie (co jest warunkiem dwóch wcześniej opisanych doświadczeń).

Materiały wsparcia dla nauczycieli

19

P

Pozorny ruch Słońca oraz ruchy Ziemi

1. Skąd wiemy, że Ziemia jest kulista i krąży dookoła Słońca?
2. Dlaczego teoria geocentryczna tak długo była uważana za poprawną?
3. Czas astronomiczny (słoneczny) a strefy czasowe.
4. Dlaczego oś obrotu Ziemi jest pochylona?
5. Czym jest zjawisko „białych nocy”?
6. Jakie byłyby zmiany w klimacie Ziemi, gdyby oś obrotu Ziemi była pionowa?

Zagadnienia powiązane i uzupełniające

Skąd wiemy, że Ziemia jest kulista i krąży dookoła Słońca?

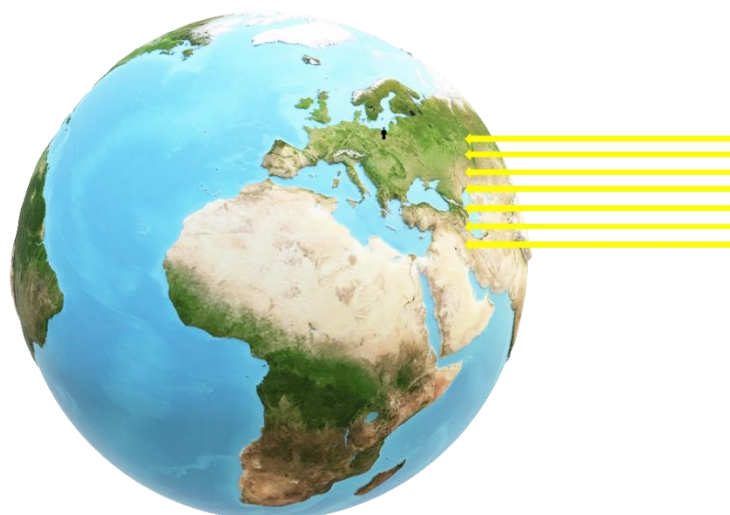
Gdy w ciągu dnia wyjdziemy poza budynek, na nieboskłonie zobaczymy Słońce. Nawet, gdy jest ono zakryte chmurami, można je zlokalizować – jego blask zawsze jest się w stanie przebić. Odnosimy w takiej sytuacji nieodparte wrażenie, że to Słońce porusza się po nieboskłonie, a my razem z Ziemią tkwimy w miejscu.

To złudzenie bierze się z faktu, że wszystkie obiekty, które widzimy w takim momencie wokół siebie poruszają się w jednakowym tempie razem z nami oraz całą Ziemią. Cała nasza planeta stanowi w takiej sytuacji nasz **układ odniesienia**. Ponieważ obserwator widzi, że nic wokół niego się nie rusza, z wyjątkiem Słońca, umysł obserwatora natychmiast podświadomie zakłada, że to Słońce jest w ruchu a obserwator pozostaje nieruchomy.

Już w starożytności uczeni odkryli, że Ziemia jest kulą. Około roku 230 p.n.e. grecki uczoney Eratostenes dokonał pomiaru obwodu Ziemi. Obecnie takie eksperymenty są wykonywane przez współpracujące szkoły w różnych krajach [link](#).

Jak przebiegał oryginalnie ten eksperyment?

Eratostenes porównał długość cieni rzucanych w południe, w czasie letniego przesilenia, pomiędzy Syene (dzisiejszy Asuan w Egipcie nad Nilem) i Aleksandrią. Założył przy tym, że Słońce jest tak odległe, że promienie światła w obu miejscach są praktycznie równoległe (patrz rysunek poniżej).



Rycina 4: W południe światło słoneczne pada prostopadle na równiku, w innych punktach tego samego południka kąt padania jest mniejszy. Najmniejszy jest na biegunach



Rycina 5: Położenie miast Aleksandria oraz Syene (obecnie Asuan) w Egipcie. Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem serwisu "Moje Mapy Google"

W tym okresie promienie słoneczne w Syene oświetlały dno głębokiej studni, padały więc pionowo (Słońce było w zenicie), podczas gdy w tym samym czasie w Aleksandrii, leżącej według Eratostenesa na tym samym południku (co nie jest prawdą, ale popełniany błąd jest niewielki), padały one pod kątem 7,2 stopnia (co stanowi $7,2/360$ czyli $1/50$ część kąta pełnego).

Wiedząc, jaka jest odległość między miastami oraz wiedząc, jaka jest różnica w kącie padania światła w południe, można obliczyć pełen obwód koła. Oczywiście, dokonujemy przy tym założenia, że oba miasta znajdują się na tym samym południku. Dziś wiemy, że było to założenie obarczone niewielkim błędem. Od podróżników karawan wiedziano także, że odległość pomiędzy tymi miastami wynosi ok. 5000 stadionów (1 stadion to ok. 185 m), co w obecnie używanych miarach odległości daje dystans ok. 800 km. Obwód Ziemi powinien być więc 50 razy większy, czyli wynosić ok. 40 000 km. Faktyczny obwód Ziemi wynosi 40 075,014 km. Eratostenes uzyskał wynik zaskakująco bliski poprawnemu.

Obecnie eksperyment Eratostenesa jest uważany za jeden z 10 najpiękniejszych eksperymentów z fizyki. [link](#)

Dlaczego teoria geocentryczna tak długo była uważana za poprawną?

Teoria geocentryczna zakładała, że Ziemia jest w centrum Świata.

Starożytni łatwo zauważyli, że prawie wszystkie obiekty „sfery niebieskiej” nie poruszają się względem siebie, ale poruszają się jako całość, zarówno w cyklu dobowym, jak też rocznym. Jedynymi wyjątkami o tej zasady były: Słońce, Księżyc oraz pięć „gwiazd błędzących” czyli planet.²

Ruch planet był dla nich zagadkowy, ponieważ planety w regularnych odstępach czasu „cofają się” w ruchu na niebie. Obecnie wiemy, że wynika to z wzajemnego wyprzedzania się planet w ruchu na orbitach dookoła Słońca, ale wówczas nie było to oczywiste.

Takie „wyprzedzanie” widać na poniższy zdjęciu poklatkowym, ukazującym ruch Marsa, który co dwa lata „robi wsteczna pętlę” na niebie. W rzeczywistości Ziemia wyprzedza w tym momencie Mars w ruchu po orbicie.



Rycina 6: Mars na niebie w fotografii poklatkowej (jedno zdjęcie każdej nocy) ukazującej jego ruch wsteczny, jaki dokonuje się co dwa lata na skutek wyprzedzania marsa przez Ziemię w ruchu na orbicie. Dzięki zbiegowi okoliczności, przerywana linia na prawo od środka to tak naprawdę Uran wykonujący ten sam manewr.
Źródło: <http://apod.pl/apod/ap031216.html>

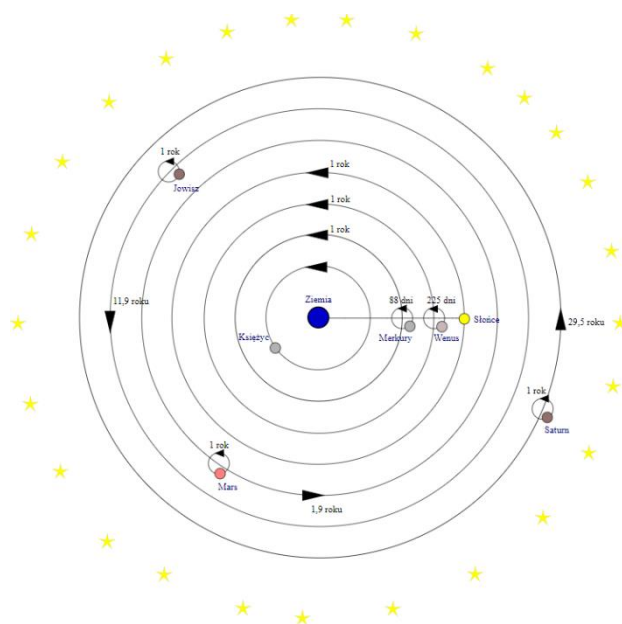
Możliwe było (przy stanie wiedzy starożytnych uczonych) także inne wytłumaczenie: według tej teorii, Mars krążąc wokół Ziemi co dwa lata wykonuje małą pętlę na własnej orbicie, nazywana **epicyklem**.

Bardziej precyzyjnie Ptolemeusz zdefiniował to tak: *po kołowej orbicie ekscentrycznej – **deferencie** – porusza się ruchem jednostajnym nie sama planeta, ale środek innej,*

² Łacińskie słowo „planeta” pochodzi od greckiego czasownika „planao”, które oznacza „błądzą”. Trzeba pamiętać, że starożytni uczeni nie posiadali żadnych optycznych urządzeń powiększających. Wszystkie planety były dla nich obiektami punktowymi, przypominającymi gwiazdy.

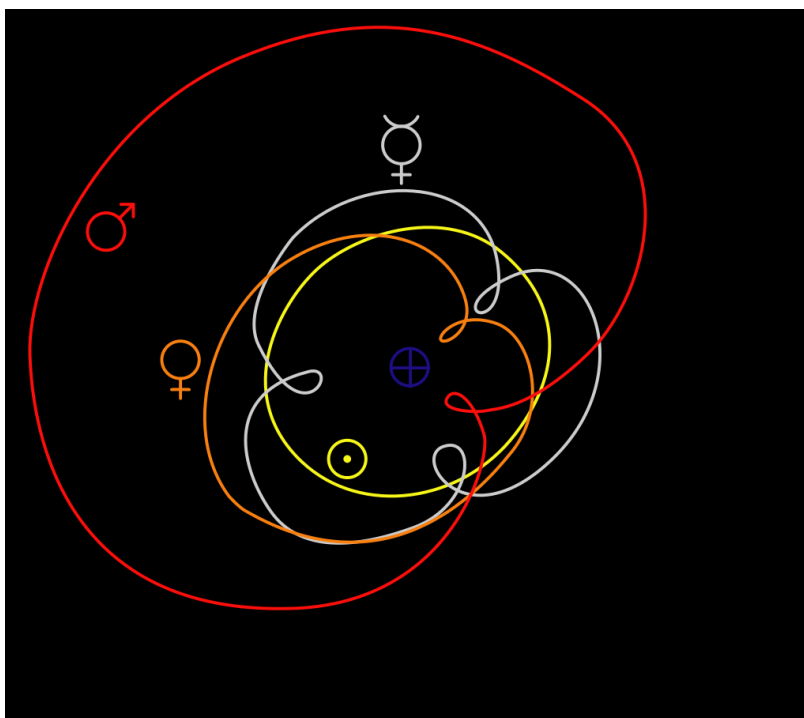
mniejszego koła zwanego **epicyklem**, a dopiero po obwodzie epicyklu porusza się ruchem jednostajnym planeta.

Tą teorie przedstawia poniższy rysunek.



Rycina 7: Ruch planet wokół Ziemi według teorii geocentrycznej Ptolemeusza. Źródło: Wikipedia

Według tego modelu ruch Słońca oraz planet wyglądałby jak na poniższym schemacie



Rycina 8: Przebiegi ruchu planet (wyliczony efekt jednoczesnego ruchu po dyferencjalach oraz epicyklach) wokół Ziemi, według teorii geocentrycznej Ptolemeusza. Źródło: Wikipedia

Mikołaj Kopernik w pracy opublikowanej w 1543 roku (14 wieków później! Nie był to szybki postęp) zaproponował inny układ, w którym Słońce jest w centrum. Układ ten nazwano heliocentrycznym.

Podsumowując: Teoria Ptolemeusza okazała się całkowicie nieprawdziwa, ale w czasie gdy powstawała wyjaśniała wystarczająco dokładnie wszystkie obserwacje astronomiczne, jakie można było wykonać „nieuzbrojonym okiem”. Kopernik wyjaśnił te same fakty lepiej, z większą dokładnością, a jednocześnie w prostszy sposób (dyferenty okazały się orbitami, natomiast epicykle okazały się złudzeniem).

Współcześnie także nowe teorie często zastępują wcześniejsze. Często przy tym jest tak, że stare teorie pozostają słuszne, ale w określonych uproszczonych warunkach, natomiast nowe teorie mają szerszy obszar stosowalności.

Niezależnie jednak od tego czy stare teorie są całkowicie porzucane, czy „ograniczane co do obszaru stosowalności” - zawsze nauka opiera się na obserwacjach rzeczywistego świata i szuka sposobów na jego jak najlepsze zrozumienie i opisanie.

Czas astronomiczny (słoneczny) a strefy czasowe

Moment maksymalnego górowania Słońca nad linią horyzontu wyznacza południe (godzinę 12.00) **w czasie słonecznym**. Każdy punkt, który leży na zachód bądź na wschód od danego południka, ma inny czas słoneczny niż ten południk. Postępowanie się czasem słonecznym jest niewygodne, gdyż z każdym 1° długości geograficznej czas zmienia się o 4 minuty, co wynika to z prostego obliczenia:

$360^\circ \sim 24 \text{ h}$,

$15^\circ \sim 1 \text{ h}$,

$1^\circ \sim 4 \text{ minuty}$

Zatem co 4 minuty moment górowania następuje nad innym kolejnym południkiem.

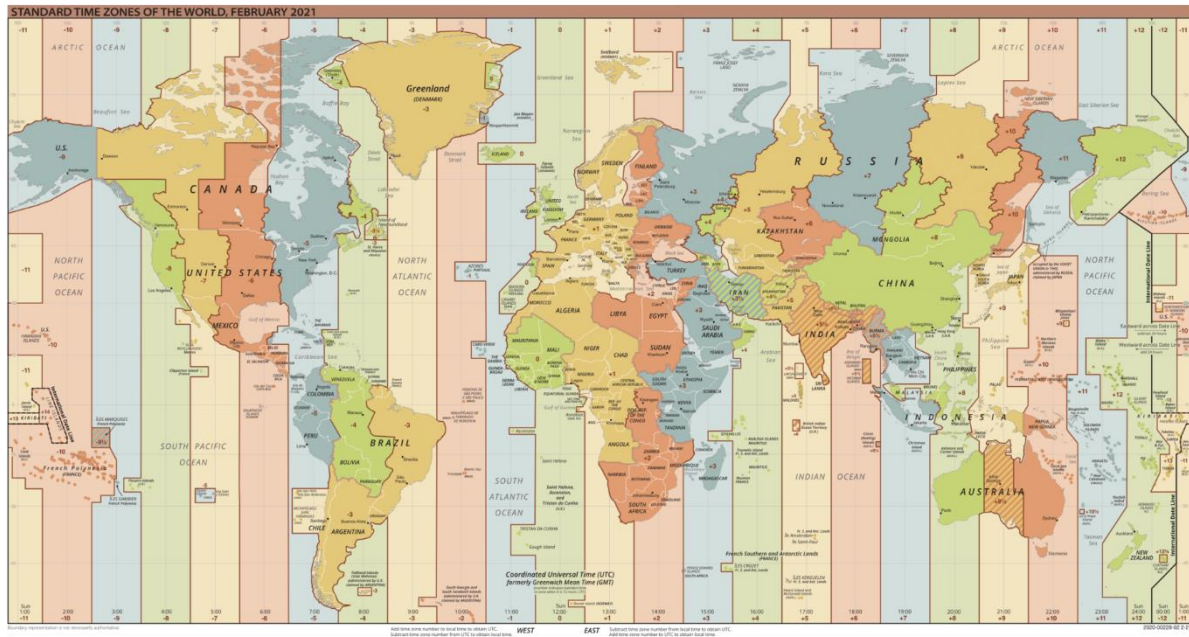
Rekomendowane filmy edukacyjne na YouTube pozwalające lepiej zrozumieć omawiane zjawiska:

- "Pory roku - animacja edukacyjna z elementami infografiki" (czas 4:21) [link](#)
- SciFun: „Popularne błędy myślowe – wyjaśnienie mechanizmu ruchu Ziemi i efektu pochyleń osi Ziemi” (czas: 3:43) [link](#)
- Gnomon - ruch cienia w ciągu dnia [link](#)

Gdyby ludzie posługiwali się czasem słonecznym, w każdym mieście byłaby inna godzina, a to bardzo utrudniałoby np. ustalanie czasu wspólnego spotkania czy też tworzenie rozkładów jazdy autobusów, pociągów i samolotów.

Z tego też powodu dokonano podziału powierzchni Ziemi na **strefy czasowe**. Są to fragmenty sfery o średniej szerokości 15° ($360^\circ/24$) długości geograficznej. Rozciągają się one południkowo między biegunami, w których urzędowo obowiązuje jednakowy czas. Jest to **czas strefowy**. Przeważnie jest on średnim czasem słonecznym środkowego południka tej strefy, różni się o całkowitą liczbę godzin od czasu uniwersalnego³.

³ Są jednak wprowadzone urzędowo strefy, w których czas różni się od czasu uniwersalnego o niecałkowitą liczbę godzin. Jest to oczywiście możliwe, gdyż przyjęcie określonej wartości czasu strefowego w odróżnieniu od czasu astronomicznego jest rodzajem „umowy społecznej”, a ludzie mogą się umawiać, „tak jak jest im (z różnych przyczyn) najwygodniej”.



Rycina 9: Podział świata na strefy czasowe. Źródło: wikipedia

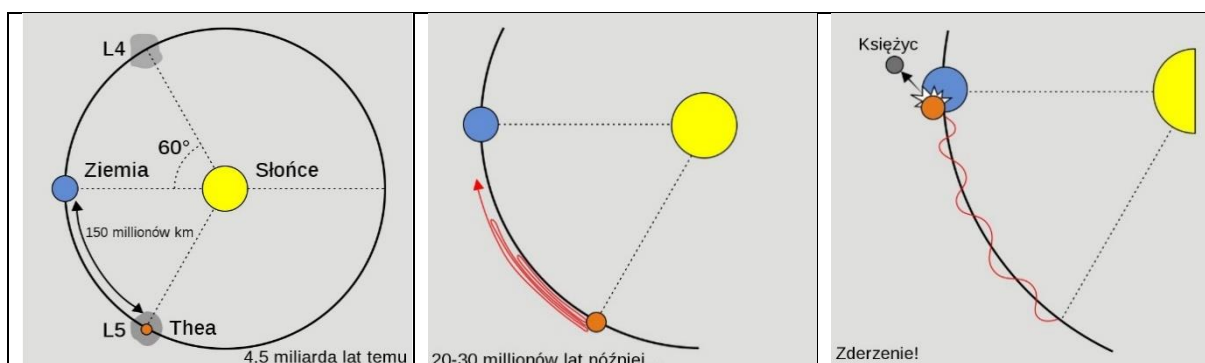
Dlaczego oś obrotu Ziemi jest pochylona?

Obecnie mamy osiem planet w Układzie Słonecznym, jednak w okresie jego formowania się takich obiektów musiało powstawać wielokrotnie więcej. Wiele z nich jednak (w tym także bardzo młoda Ziemia) nie spełniało obecnej definicji planety. Każdemu takiemu obiektowi stawia się bowiem trzy warunki:

1. Znajduje się na orbicie wokół Słońca.
2. Posiada wystarczającą masę, by własną grawitacją pokonać siły ciała sztywnego tak, aby wytworzyć kształt odpowiadający równowadze hydrostatycznej (prawie kulisty).
3. Oczyszcziło sąsiedztwo swojej orbity z innych względnie dużych obiektów.

Niemożliwym wówczas do spełnienia był trzeci z podanych warunków. Często na tej samej orbicie powstawało po 2-3 młode proto-planety. W miarę jak rosła ich masa, orbity proto-planet mniejszych stawały się coraz mniej stabilne. Taki właśnie los spotkał proto-planetę Theię, która ostatecznie uderzyła w proto-Ziemię.

Dopiero po tym wydarzeniu, gdy proto-Ziemia ocalała po zdarzeniu, można mówić, że spełnia trzeci warunek. Zdarzyło się to 4,533 miliarda lat temu, czyli tylko 34 miliony lat po uformowaniu się Ziemi.



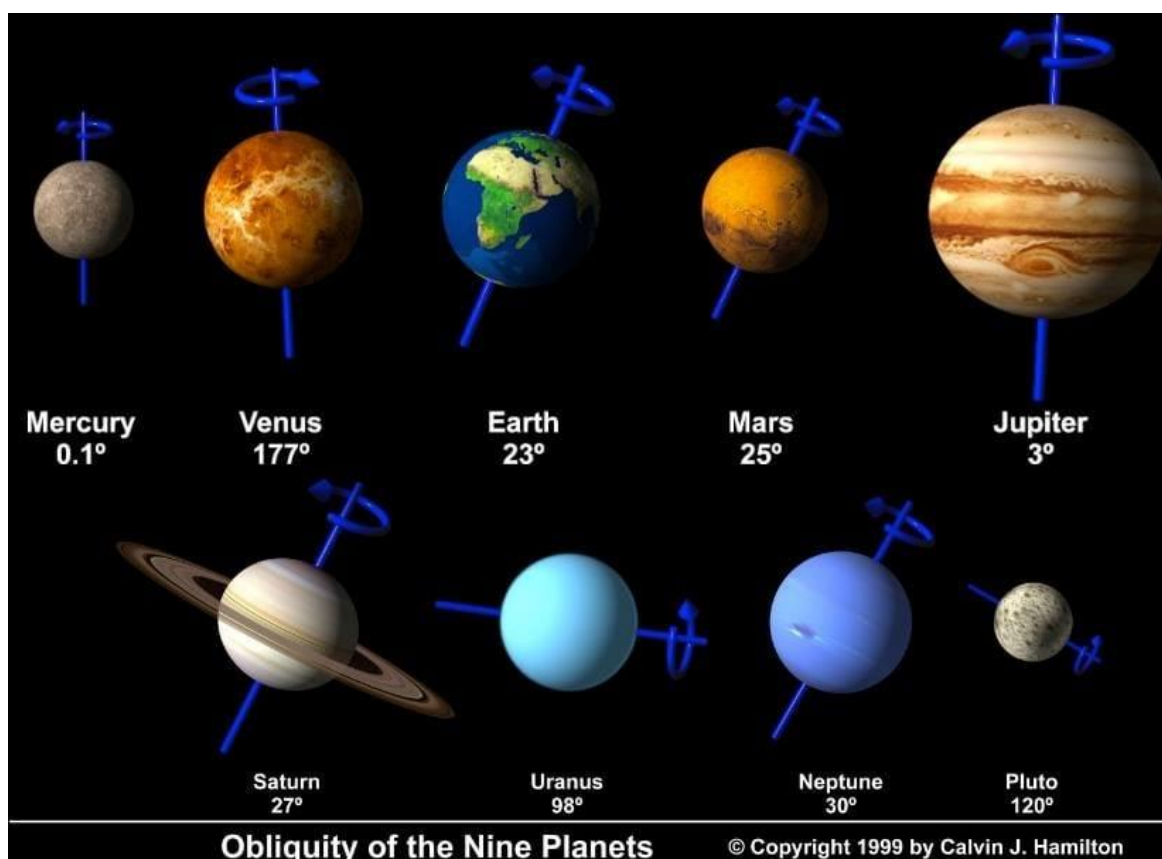
Rycina 10: Proto-planety Układu Słonecznego: Ziemia i Theia na tej samej orbicie. Theia, gdy osiągnęła masę Marsa wpadła w oscylacje w kierunku proto-Ziemi i ostatecznie uderzyła w nią pod ostrym kątem.

Źródło: Wikipedia

Dzięki temu, że Thea uderzyła Ziemię pod ostrym kątem (nie centralnie i pod kątem prostym w płaszczyźnie równika), nie zniszczyła proto-Ziemi (którą jednak zamieniła w ocean lawy), ale wyrzuciła większość swojej masy i znaczną część masy płaszcza Ziemi na ziemską orbitę. Jednocześnie pierwotny okres obrotu i nachylenie osi proto-Ziemi uległy po uderzeniu zmianie. **Dzięki powstałemu nachyleniu osi obrotu występują pory roku.**

Symulacje komputerowe wskazują, że około 2% masy Thei po wyrzuceniu w kosmos utworzyło orbitujący wokół Ziemi pierścień materii. W ciągu stu lat po uderzeniu około połowa masy pierścienia skumulowała się. **Tak powstał Księżyc**⁴. Wizualizacja zdarzenia: [link](#)

Takie zderzenia proto-planet we wczesnym okresie istnienia Układu Słonecznego musiały być częste. Poza Jowiszem (który ma ogromną w stosunku do innych planet masę), wszystkie planety mają zmienioną oś obrotu. Ciekawy jest przypadek Wenus, która kręci się w kierunku przeciwnym niż pozostałe planety.



Rycina 11: Różne pochylenie osi obrotu planet w Układzie Słonecznym <https://solarviews.com/cap/misc/obliquity.htm>

⁴ Być może nie cały materiał pierścienia połączył się od razu. Grubsza skorupa niewidocznej strony Księżyca sugeruje, że drugi księżyc o średnicy około tysiąca kilometrów powstał w punkcie libracyjnym Księżyca. Po kilkudziesięciu milionach lat, kiedy dwa księżycy oddaliłyby się od Ziemi, słoneczne efekty pływowo uczyniłyby orbitę mniejszego niestabilną, prowadząc do kolejnego zderzenia z małą prędkością, które rozplaszczyłoby mniejszy księżyc na tym, co jest teraz niewidoczną stroną. Biorąc jeszcze pod uwagę, że orbita Księżyca była wówczas około 15 razy bliżej Ziemi (a więc był on też na niebie 15 razy większy) – cóż to musiało być za widowisko!

Podobnych zdarzeń w Układzie Słonecznym musiało być wiele. Ich skutkiem jest zmiana osi obrotu wszystkich planet, z wyjątkiem Jowisza, który prawdopodobnie tak szybko nabrał masy, że żadne zderzające się z nim ciało nie było w stanie wpłynąć na cechy jego orbity.

Czym jest zjawisko „białych nocy”?

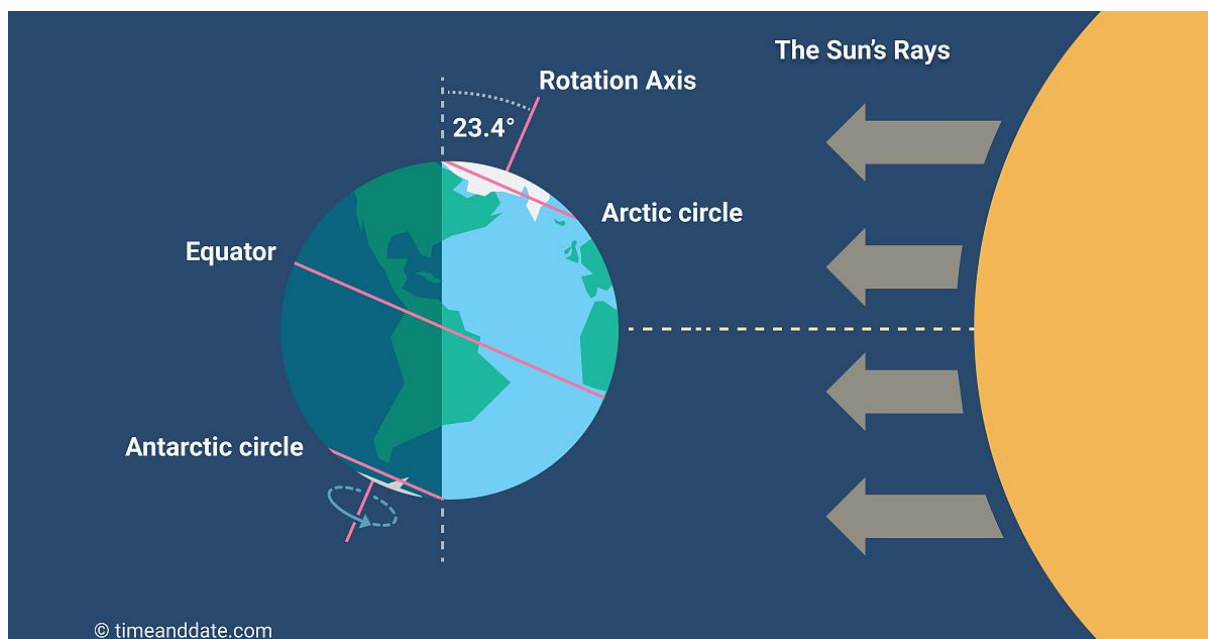
Skutkiem przechylenia osi Ziemi jest zmiana długości dnia i nocy. Zjawisko to nie następuje na równiku, gdzie zawsze dzień i noc trwają po 12 godzin, a następuje w skrajnym nasileniu na biegunach.

Koło Podbiegunowe, nazywane też Kręgiem Polarnym ([link](#)), to strefa objęta równoleżnikiem ziemskim o szerokości geograficznej $66^{\circ}33'39''\text{N}$ (na półkuli północnej) lub $66^{\circ}33'39''\text{S}$ (na półkuli południowej), wewnątrz której Słońce w ciągu doby nie chowa się za linią horyzontu chociaż w ciągu jednego dnia w roku.



Rycina 12: Sklejona sekwencja zdjęć słońca za Kołem Podbiegunowym, które nie chowa się za linią horyzontu podczas „białych nocy” Źródło: National Geographic „Dzień Polarny w Norwegii” 2013-05-23 <https://www.national-geographic.pl/arttykul/dzien-polarny-w-norwegii>

Odwrotnością „białych nocy” jest noc polarna, która w tym samym czasie występuje na przeciwległym biegunie. Ilustruje to poniższy rysunek.



Rycina 13: Mechanizm „Białych nocy” oraz Nocy polarnej powstających w okresach maksymalnego pochylania się osi Ziemi względem Słońca. Źródło: blog „geoturtyka na Islandii” <https://naszmalyswiat.pl/jak-wygladaja-biale-noce-i-dlaczego-sa-biale-islandia-w-polnocnym-slonecu/>

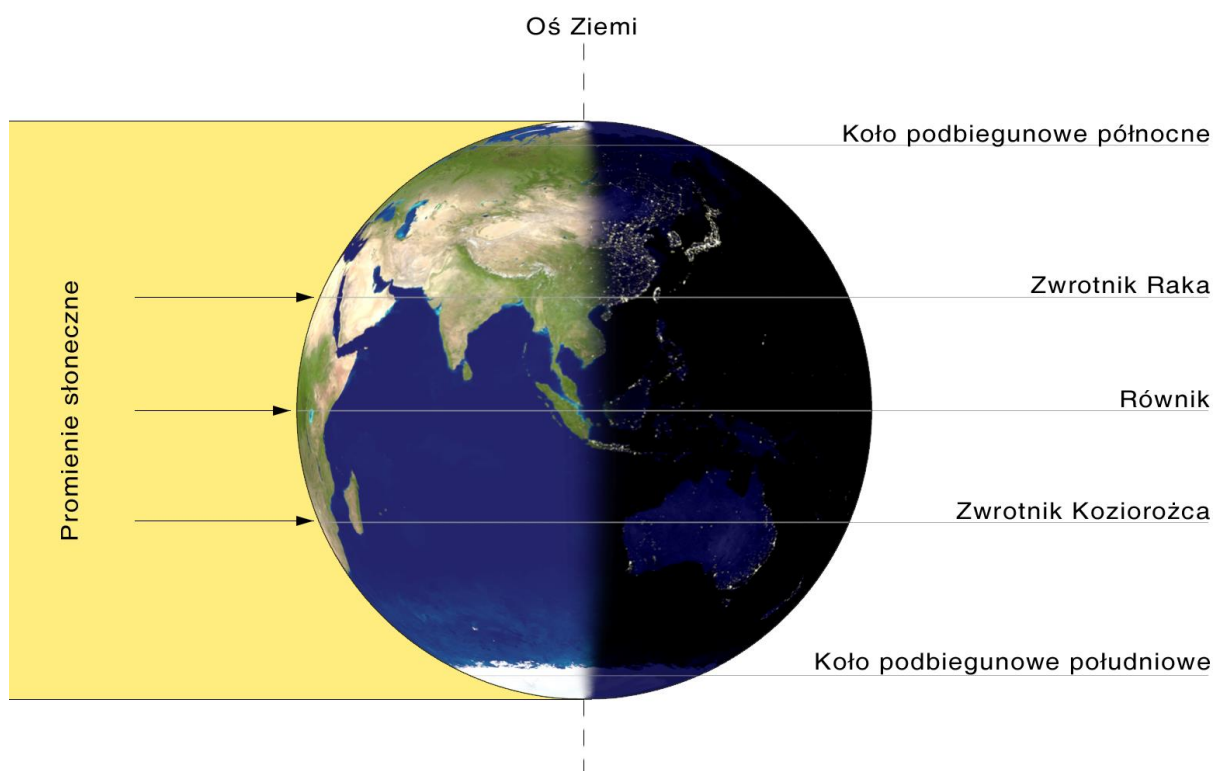
Autor bloga „Geoturtyka na Islandii” tak opisuje wpływ białych nocy na człowieka:

Jasne noce pojawiają się w maju, a w zasadzie już od drugiej połowy kwietnia, kiedy robią się na tyle jasne, że już nie ma szans na zobaczenie zorzy polarnej. Ponownie, ciemne noce zaczynają się w połowie sierpnia, kiedy znów możemy podziwiać zielone smugi na niebie. Tak więc okres maj-lipiec jest najjaśniejszy i moim zdaniem najpiękniejszy na Islandii. Jeżeli planowałabym podróż do tego kraju, to wybrałabym przełom czerwca i lipca!

Białe noce są piękne, dodają mnóstwa energii i poczucie, że ma się więcej czasu – dla zwiedzających stan idealny! Nam one w ogóle nie przeszkadzają, nie musieliśmy się do nich przyzwyczajać i rzadko zastaniamy okna – no chyba że naprawdę Słońce razi nas po oczach. Czasem się zapominam i tracę poczucie czasu (np. dzwonię późną nocą do mamy albo garnę się do pracy, a powinnam iść spać), ale nie mam większych problemów z tą jasnością. Natomiast są osoby, które nie tak dobrze sobie z nią radzą, podobnie jak z krótkimi i ciemnymi dniami podczas zimy. Przeprowadzając się do Islandii po prostu trzeba o tym pamiętać, bo dla nas (osób, które pochodzą z państw znajdujących się daleko od bieguna), jest to zjawisko nietypowe.

Jakie byłyby zmiany klimacie Ziemi, gdyby oś obrotu Ziemi była pionowa?

W sytuacji gdyby oś obrotu Ziemi była pionowa, nie występowałaby zmienność pór roku, a ilość energii trafiającej na każdy równoleżnik w ciągu roku byłaby taka sama przez cały rok. Obecnie taka sytuacja zachodzi tylko podczas równonocy.



Rycina 14: Światło słoneczne padające na ziemię w czasie równonocy. Źródło: Wikipedia

W takiej sytuacji więcej energii niż obecnie trafiałoby w strefy podzwrotnikowe, a mniej w strefy umiarkowane. W tej sytuacji Ziemia byłaby mniej dogodnym miejscem do rozwoju życia, chociaż nadal mogłoby ono powstać i się rozwijać.

Karta pracy ucznia

33

P

Pozorny ruch Słońca oraz ruchy Ziemi

Zadanie 1. Podaj daty przesileni Słonecznych oraz równonocy

1. Data przesilenia zimowego _____
2. Data przesilenia letniego _____
3. Data równonocy wiosennej _____
4. Data równonocy jesiennej _____

Zadanie 2. Kąt padania światła na równik oraz zwrotniki podczas przesileni

Zaznacz, które zdania są prawdziwe:

1. Równonoc jest w momencie, gdy Słońce oświetla równik pod kątem prostym
TAK / NIE
2. Przesilenia są w momencie, gdy Słońce oświetla zwrotniki pod kątem prostym
TAK / NIE
3. Słońce jest w ciągu roku widoczne najwyższej pod linią horyzontu 23 marca w południe
TAK / NIE
4. Słońce jest w ciągu roku widoczne najwyższej pod linią horyzontu 21 czerwca

Odpowiedzi do karty pracy ucznia

zadanie 1

1. Data przesilenia zimowego 22 grudnia
2. Data przesilenia letniego 22 czerwca
3. Data równonocy wiosennej 21 marca
4. Data równonocy jesiennej 23 września

zadanie 2

- 1- TAK
- 2- TAK
- 3- NIE
- 4- TAK

Ogólna instrukcja BHP

Praca doświadczalna wymaga korzystania z urządzeń i substancji, które potencjalnie mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia oraz życia ludzkiego. Celem zapewnienia ich bezpieczeństwa użytkownika zobowiązuje się wszystkie osoby wykonujące, jak i nadzorujące korzystanie z urządzeń i substancji do ścisłego przestrzegania niżej podanych zasad.

PRZEPISY OGÓLNE

1. Zabrania się wykonywania doświadczeń bez nadzoru Nauczyciela. Przy wykonywaniu doświadczeń należy ściśle stosować się do poleceń w zakresie BHP.
2. Uczniowie w trakcie zajęć bezwzględnie zobowiązani są do stosowania się do poleceń i wskazówek Nauczyciela.
3. Przed rozpoczęciem zajęć należy sprawdzić wizualnie stan urządzeń i elementów. W przypadku stwierdzenia uszkodzeń, urządzenia i elementy wadliwe należy wyłączyć z eksploatacji. W przypadku budowy zestawów eksperymentalnych z podzespołów, Nauczyciel zobowiązany jest sprawować nadzór nad łączeniem poszczególnych elementów oraz dokonać sprawdzenia, czy przyrządy i elementy podłączone są zgodnie z ich instrukcją użycia.
4. Zabrania się:
 - samowolnego regulowania, naprawy i wprowadzania zmian w konstrukcji przyrządów,
 - używania ich do innych celów niż to przewidziano w instrukcjach.
5. W wypadku zaistnienia awarii lub uszkodzenia urządzeń należy natychmiast zaprzestać ich użytkowania, odłączyć je od źródła zasilania, a o zaistniałym fakcie powiadomić Nauczyciela.
6. Należy ściśle przestrzegać instrukcji przeciwpożarowej obowiązującej w szkole lub innej placówce. W razie wybuchu pożaru należy odłączyć źródło energii od urządzenia powodującego go, ostrzec osoby znajdujące się w najbliższym sąsiedztwie, a następnie przystąpić do gaszenia. W wypadku gdy nie można stłumić ognia we własnym zakresie, należy –nie przerywając akcji, wezwać Straż Pożarną.
7. Szczególną ostrożność należy zachować przy posługiwaniu się elementami szklanymi (np. soczewki, szkiełka mikroskopowe, menzurki, termometry).
8. Wszelkie skaleczenia, oparzenia lub inne nieszczęśliwe wypadki należy natychmiast zgłaszać Nauczycielowi.
9. Zabrania się dekompletowania zestawów.
10. W trakcie pracy z doświadczeniami nie wolno spożywać pokarmów i napojów.

OBSŁUGA URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH

1. Urządzenia elektryczne wykorzystywane do zajęć mogą być włączane do sieci elektroenergetycznej wyłącznie za zgodą nadzorującego Nauczyciela. Po zakończeniu zajęć należy układ elektryczny odłączyć od sieci elektroenergetycznej.
2. Do montażu elektrycznych układów pomiarowych wolno używać tylko przewodów izolowanych, zakończonych odpowiednimi końcówkami. Montowanie układów elektrycznych może odbywać się tylko przy odłączonym źródle prądu.

PRACA Z SUBSTANCJAMI TOKSYCZNYMI I SZKODLIWYMI

1. Należy bezwzględnie przestrzegać zasad postępowania z niebezpiecznymi substancjami chemicznymi zamieszczonymi w ich kartach charakterystyk.
2. Substancje mogące stanowić potencjalne zagrożenie dla zdrowia lub powodować inne szkody mogą być stosowane przy wykonywaniu doświadczeń wyłącznie pod stałą kontrolą Nauczyciela nadzorującego zajęcia.
3. Podczas pracy z substancjami szkodliwymi i niebezpiecznymi należy zachować ostrożność, a w szczególności starać się niczego nie stłuc ani nie rozlać, nie pipetować ustami, nie wdychać par bezpośrednio. Nie wolno dopuścić do dostania się cieczy do wnętrza urządzeń elektrycznych. W przypadku zaistnienia takiej sytuacji należy natychmiast odłączyć urządzenie od sieci elektroenergetycznej.
4. W przypadku rozlania lub rozsypania substancji toksycznej lub szkodliwej należy o zaistniałym wydarzeniu zawiadomić Nauczyciela oraz ostrzec osoby znajdujące się w pobliżu.
5. Zabrania się używania substancji chemicznych nie przewidzianych instrukcją. Zabrania się używania substancji chemicznych do innych celów niż przewidziane programem zajęć.

PRACA ZE ŹRÓDŁAMI CIEPŁA

1. Źródła ciepła mogą być uruchamiane wyłącznie za zgodą nadzorującego Nauczyciela i tylko na czas niezbędny do wykonania pomiaru.
2. Podczas pracy ze źródłami ciepła, w tym otwartymi źródłami ognia, należy zachować szczególne środki ostrożności: nie dotykać części gorących oraz nie dopuszczać do rozlania gorących cieczy.
3. Zabrania się nadmiernego nagrzewania do temperatur przekraczających wartości określone w instrukcjach użytkowania urządzeń i narzędzi.

PRACA ZE ŹRÓDŁAMI ŚWIATŁA

1. Źródła światła mogą być uruchamiane wyłącznie za zgodą nadzorującego Nauczyciela i tylko na czas niezbędny do wykonania pomiaru.
2. Podczas pracy ze źródłami światła, należy zachować szczególne środki ostrożności: należy unikać bezpośredniego kierowania wiązki światła na oczy, nie dotykać gorących części źródeł światła oraz ich nagrzanej obudowy, w szczególności zabrania się dotykania żarówek, których powierzchnia może osiągać bardzo wysoką temperaturę.
3. Kategoriecznie zabrania się nawet krótkotrwałego patrzenia bezpośrednio w wiązkę laserową emitowaną z otworu wyjściowego źródła światła lub odbitą od przedmiotów o gładkich powierzchniach oraz kierowania wiązki laserowej w kierunku innych użytkowników zwłaszcza w stronę twarzy i oczu.
4. W przypadku pracy ze źródłami światła wymagającymi manipulacji i demontażu należy zachować szczególną ostrożność i przed przystąpieniem do wykonywania jakichkolwiek dalszych czynności odczekać do wystygnięcia elementów nagrzanych.

UWAGI KOŃCOWE

Od Uczniów wymagane jest zapoznania się z ogólnymi przepisami oraz normami i zasadami BHP obowiązującymi w szkole lub innej placówce. Warunkiem bezpiecznej i efektywnej pracy przy realizacji doświadczeń jest zachowanie przez użytkowników ładu, czystości i porządku w trakcie przeprowadzania eksperymentów.

Bezpieczny Badacz



nie jedz



nie pij



nie smakuj



**zachowaj
ostrożność**



**zachowaj
porządek**



**trzymaj się
instrukcji**



współpracuj