III. Atmosfera

1. Skład i budowa atmosfery

Definicja atmosfery

- ***Atmosfera*** **– to gazowa i zewnętrzna powłoka Ziemi.**
  - **Złożona jest ona z mieszaniny gazów.**

Atmosfera ziemska

- **Atmosfera ziemska** to powłoka gazowa otaczająca ze wszystkich stron kulę ziemską i nie mająca ściśle określonego kształtu.
  - Krąży ona wraz z Ziemią w przestrzeni kosmicznej i podlega działaniu siły przyciągania ziemskiego.
  - Atmosfera jest układem dynamicznym.
    - W jej dolnej części, zwanej **troposferą**, zachodzi ciągłe przemieszczanie mas powietrza.
      - Źródłem energii tych procesów jest promieniowanie słoneczne.
    - Atmosfera wraz z magnetosferą chroni nas przed **promieniowaniem ultrafioletowym**, które jest szkodliwe dla organizmów żywych, a także przed nadmiernym wypromieniowaniem ciepła z Ziemi.
    - Przelatujące przez atmosferę **meteory** i inne ciała kosmiczne najczęściej spalają się lub rozpadają na drobny pył.
      - Atmosfera zabezpiecza więc nas przed meteorami.
- Powszechnie przyjmuje się, że atmosfera sięga na dole do litosfery i hydrosfery.
  - Powietrze przenika jednak znacznie głębiej, wypełnia pory i próżnie skalne w litosferze nawet na głębokości kilku tysięcy metrów.
  - **Górna granica atmosfery ziemskiej** znajduje się w przybliżeniu na wysokości **2000 km** nad powierzchnią Ziemi.

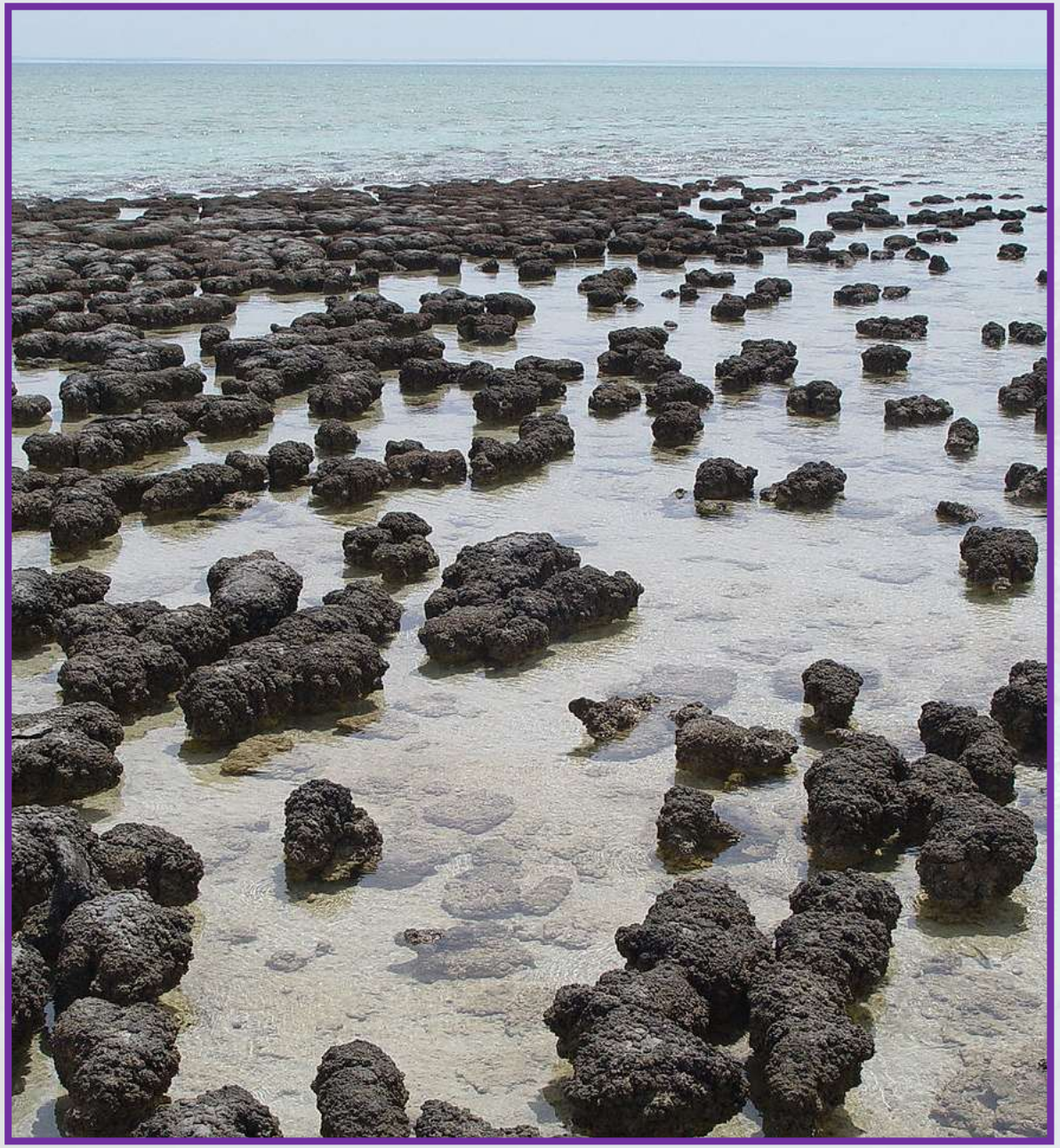
Powstanie atmosfery

- Badania geologów umożliwiają spojrzenie w przeszłość, kiedy Ziemia rodziła się z pyłów i gazów kosmicznych około 4,6 mld lat temu.
  - Półpłynna gorąca materia młodej Ziemi powoli stygła do około 100°C.
  - Ciężkie pierwiastki i ich związki gromadziły się wewnątrz Ziemi.
  - Lekkie substancje, które wydobywały się z milionów czynnych wówczas wulkanów, tworzyły pierwotną atmosferę, która nie zawierała tlenu.
    - Były to głównie:
      - wodór (H_2),
      - hel (He),
      - azot (N_2),
      - para wodna (H_2O),
      - tlenek i dwutlenek węgla (CO i CO_2),
      - związki siarki,
      - metan (CH_4).
    - Najlżejsze z nich w początkowych etapach tworzenia atmosfery – wodór i hel – uciekły w przestrzeń kosmiczną.

Formowanie się atmosfery

- Powierzchnia młodej Ziemi – lądy i oceany, jak i jej atmosfera, nie zawierały materii organicznej i wolnego tlenu.
  - Pierwszymi formami życia były **bakterie**, które do procesów życiowych nie potrzebowały ani tlenu ani związków organicznych.
    - Żyły one w środowiskach silnie zasolonych, zakwaszonych lub alkalicznych oraz w temperaturach nawet powyżej 55°C.
      - Ten rodzaj bakterii żyje współcześnie w złożach węgla kamiennego, ropy naftowej, w rozlewiskach Parku Yellowstone, gejzerach Nowej Zelandii, w gorących wodach wulkanicznych na Sachalinie i na Sycylii.
    - W wyniku procesów biochemicznych powstaje siarkowodór, złoża siarki i rudy żelaza.

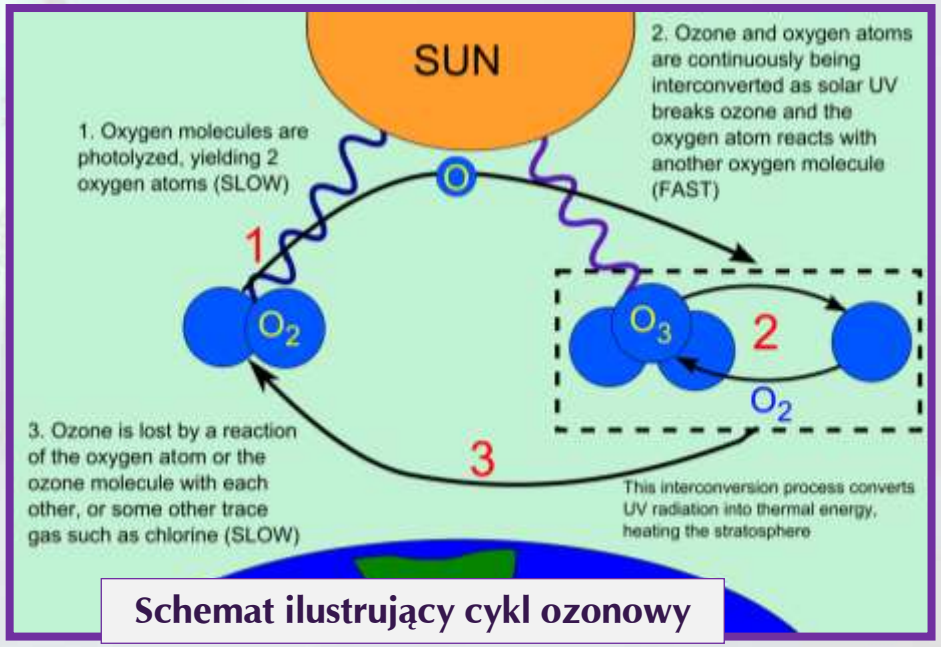
Formowanie się atmosfery



- Jednak do rozwoju wyższych form życia konieczne było powstawanie nowych układów enzymatycznych, wykorzystujących tlen, a tlenu w atmosferze nie było.
  - Stopniowo, bakterie beztlenowe wytworzyły mechanizmy wykorzystujące energię słoneczną – ukształtowały się procesy fotosyntezy.
    - W komórkach bakterii wytworzył się pigment podobny do chlorofilu, który zawiera kompleks enzymatyczny zdolny do wykorzystania energii słonecznej.
      - W wyniku fotosyntezy do atmosfery uwalnia się tlen.
    - Bakterie te stopniowo, w ciągu milionów lat, opanowywały środowiska wodne i lądowe.
    - W tym czasie pojawiły się inne fotosyntetyzujące organizmy jednokomórkowe – sinice, które oprócz fotosyntezy mają zdolność do fotolizy wody, w czasie której również wyzwala się tlen.
      - Sinice wraz z bakteriami tworzyły kolonie na powierzchni wód; następowała impregnacja krzemionką (SiO_2).
        - Powstawały z nich najstarsze (około 2,5 mld lat) skały – zawierające stromatolity.
      - W skałach tych znaleziono skamieniałe bakterie i sinice nie różniące się od współczesnych.

Formowanie się atmosfery

- Z czasem powstały glony, organizmy wyżej zorganizowane od bakterii i sinic, które drogą fotosyntezy wytwarzają tlen ze znacznie większą intensywnością.
  - Tlen powstaje również w wyższych warstwach atmosfery w wyniku fotodysocjacji pary wodnej pod wpływem promieniowania ultrafioletowego.
    - Uwolniony w tym procesie wodór jako najlżejszy uciekał w przestrzeń kosmiczną.
  - Stopniowo pojawiały się inne organizmy fotosyntetyzujące: fitoplankton w morzach oraz rośliny wyższe na lądzie.
    - Organizmy te wytwarzały około 40 % tlenu.
  - W ciągu mln lat z molekuł tlenu (O_2) tworzyła się, pod wpływem promieniowania słonecznego, warstwa ozonu (O_3).
    - Ozon pochłania ultrafioletowe promienie słoneczne i w ten sposób chroni organizmy przed ich zabójczymi skutkami.
      - Z tego wynika, że niektóre gatunki bakterii i sinic wytwarzające tlen były (i nadal są) odporne na działanie ultrafioletu.



Schemat ilustrujący cykl ozonowy

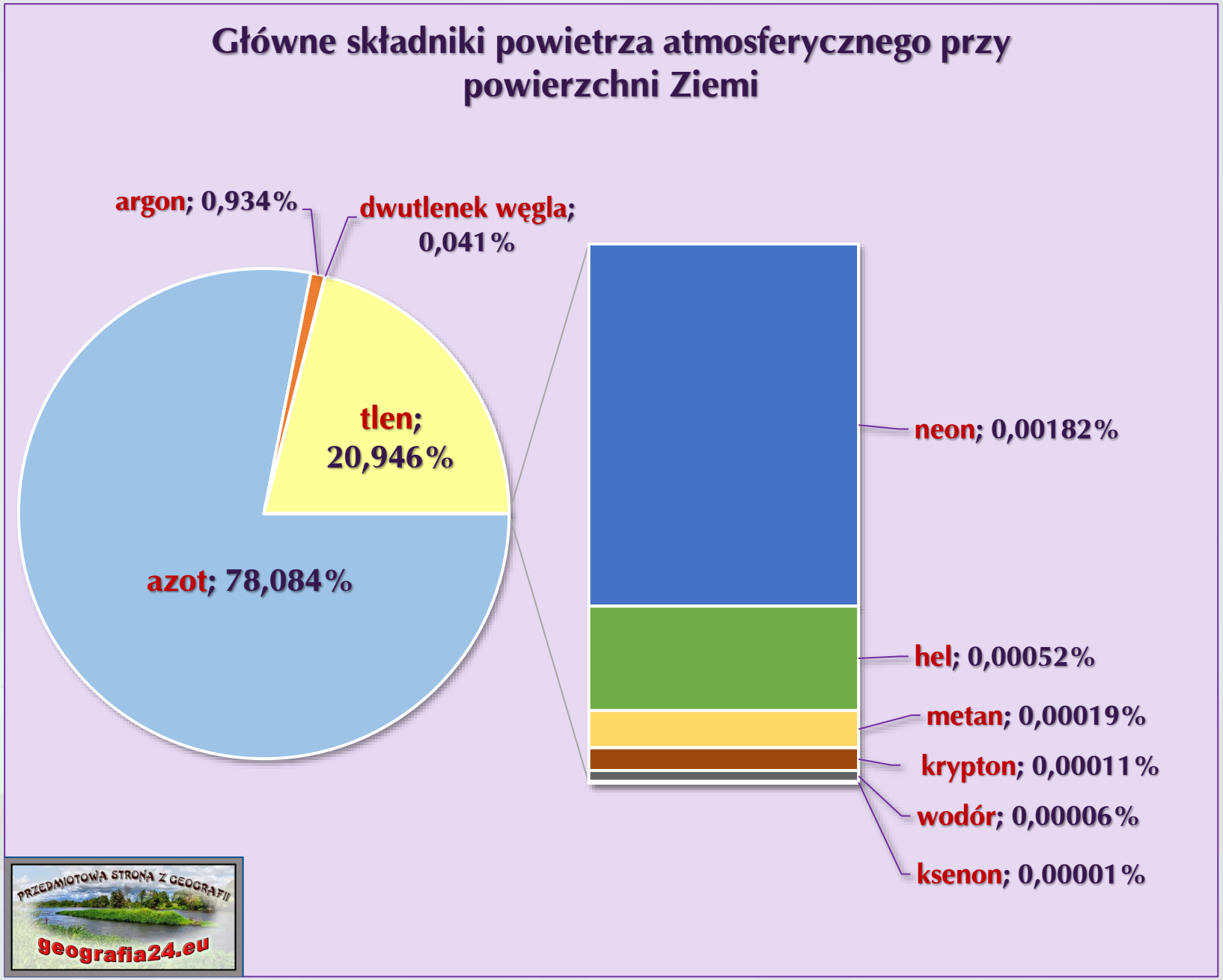
Formowanie się atmosfery

- **Atmosfera ziemska** składa się z mieszaniny gazów zwanej **powietrzem**.
  - Grawitacyjne oddziaływanie Ziemi powoduje, że najwięcej powietrza znajduje się w dolnej, przypowierzchniowej warstwie atmosfery.
  - Żyjemy jakby na dnie wielkiego "***powietrznego oceanu***".
    - Prawie połowa ogólnej masy powietrza znajduje się w przyziemnej warstwie o grubości 5 km, zaś prawie cała masa (99,99%) w warstwie sięgającej do 100 km wysokości.

Główne składniki suchego i czystego powietrza przy powierzchni Ziemi

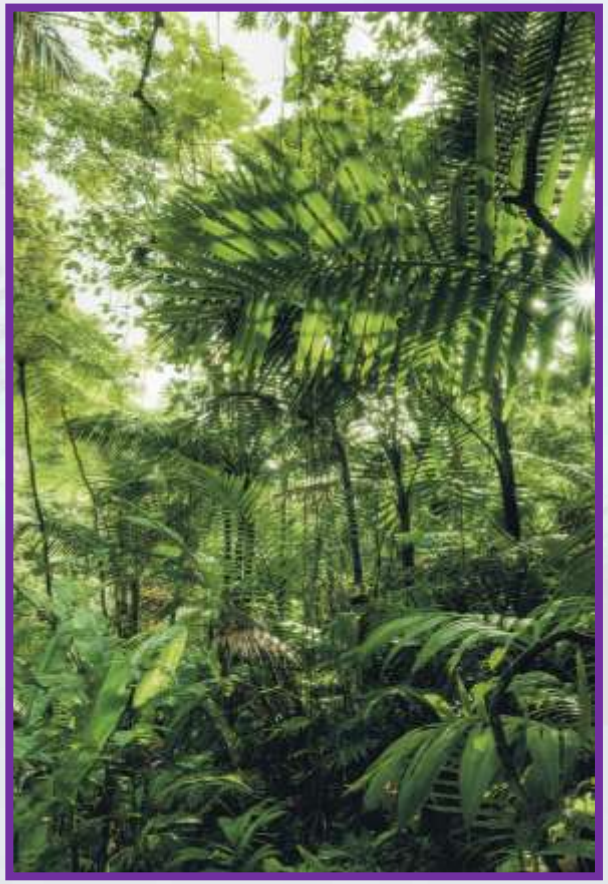
Skład atmosfery przy powierzchni Ziemi:

- azot (78,08% ogólnej objętości);
- tlen (20,95% ogólnej objętości);
- argon (0,93%);
- dwutlenek węgla (około 0,041%; udział wzrasta);
- inne rzadkie gazy (0,01%):
  - neon,
  - wodór,
  - hel,
  - metan,
  - ozon,
  - ksenon,
  - krypton.



Składniki powietrza: stałe i zmienne

- Do wysokości około 100 km nad powierzchnią Ziemi zawartość poszczególnych składników w powietrzu, poza dwutlenkiem węgla i ozonem, nie zmienia się.
  - Gazy, których zawartość nie zmienia się, nazywamy *stałymi składnikami powietrza*,
    - m.in.: azot, tlen, argon, neon, hel, krypton, wodór.
  - Stężenie niektórych gazów w powietrzu często ulega zmianie – te nazywamy *zmiennymi składnikami powietrza*,
    - m.in.: para wodna, ozon, CO_2, dwutlenek i trójtlenek siarki, tlenki azotu.



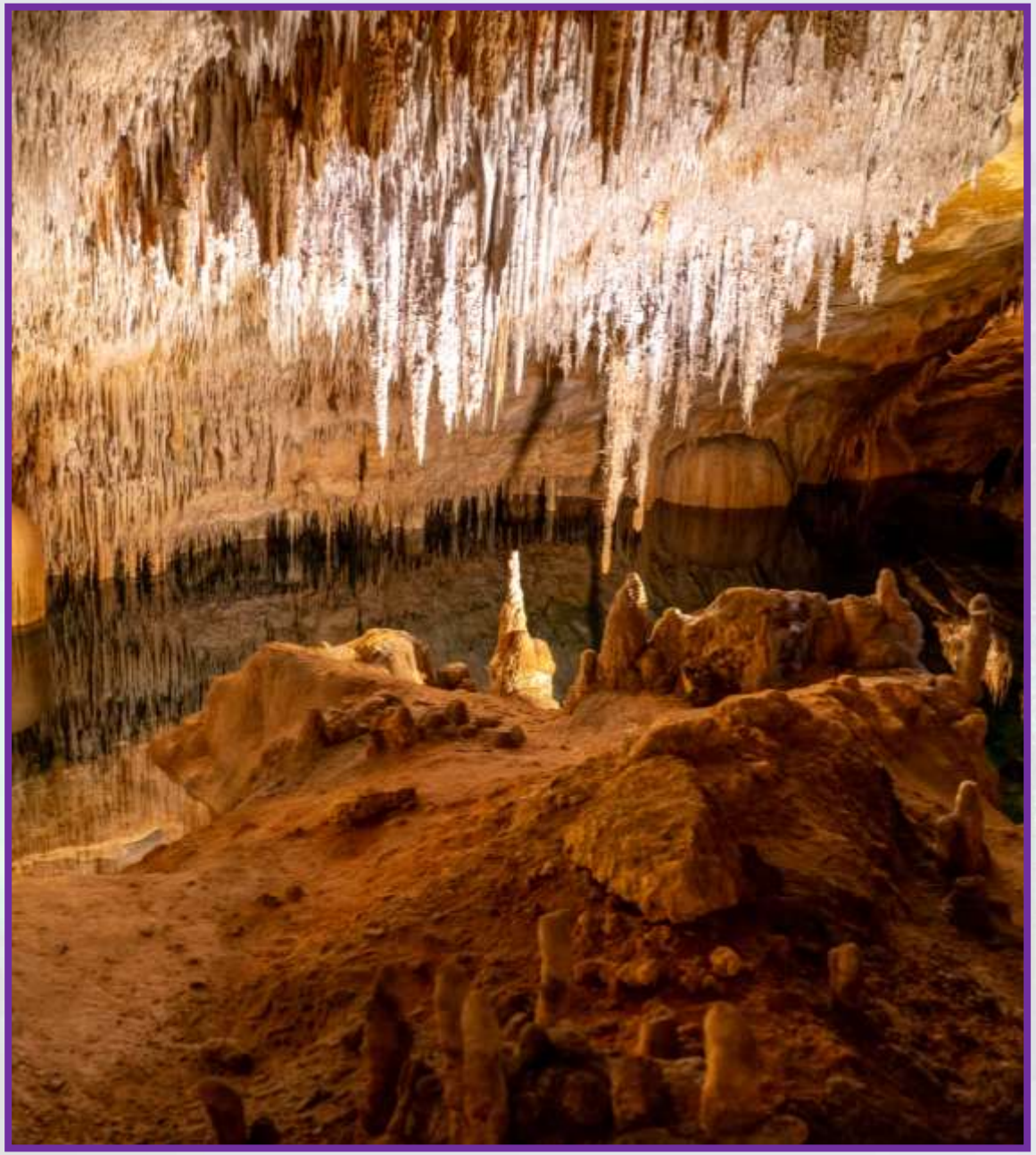
Składniki powietrza

- Skład chemiczny atmosfery jest zróżnicowany w zależności od wysokości.
  - Przy powierzchni Ziemi dominują gazy cięższe (azot, tlen),
    - natomiast na wysokościach powyżej 1000 km – gazy lżejsze, głównie hel i wodór.

Składniki powietrza

- Wskutek różnych procesów zachodzących na Ziemi do atmosfery dostają się zanieczyszczenia naturalne oraz sztuczne, powstałe w wyniku działalności gospodarczej.
  - Dlatego powietrze w przypowierzchniowej warstwie atmosfery zawiera:
    - domieszki ciekłe i stałe, zwane aerozolami, którymi są:
      - pyłki roślin, bakterie, drobne cząsteczki dymu, popioły wulkaniczne i przemysłowe, cząsteczki soli oraz pyły glebowe;
    - parę wodną, która występuje w atmosferze w zmiennych ilościach:
      - od 0,00001% objętości suchego powietrza w strefach okołobiegunowych do 4% w strefie równikowej,
        - zwykle zawartość pary wodnej w powietrzu waha się od 0,2 do 2,5%.

Składniki powietrza



- Rola różnych składników atmosfery jest odmienna.
  - Obecny w atmosferze azot obniża stężenie tlenu, co wpływa na spowolnienie procesów spalania i przemiany materii.
    - Bierze on udział w procesie wytwarzania białka w roślinach,
      - np. rośliny motylkowe mają zdolność pobierania azotu bezpośrednio z atmosfery (przy pomocy bakterii symbiotycznych).
  - Tlen jest gazem niezbędnym dla przebiegu wielu procesów,
    - m.in.: oddychania, spalania oraz butwienia.
  - Zmienne składniki atmosfery pełnią także bardzo ważną rolę w procesach zachodzących w atmosferze, np. w powstawaniu opadów atmosferycznych, powstawaniu efektu cieplarnianego.
  - Większa zawartość określonych gazów (czy aerozoli) może wpływać m.in. na kształtowanie i tempo procesów geomorfologicznych, np.:
    - większa zawartość CO_2, zwiększa intensywność procesów krasowych,
    - większy udział tlenków siarki i azotu warunkuje rozwój wietrzenia i procesów glebotwórczych.

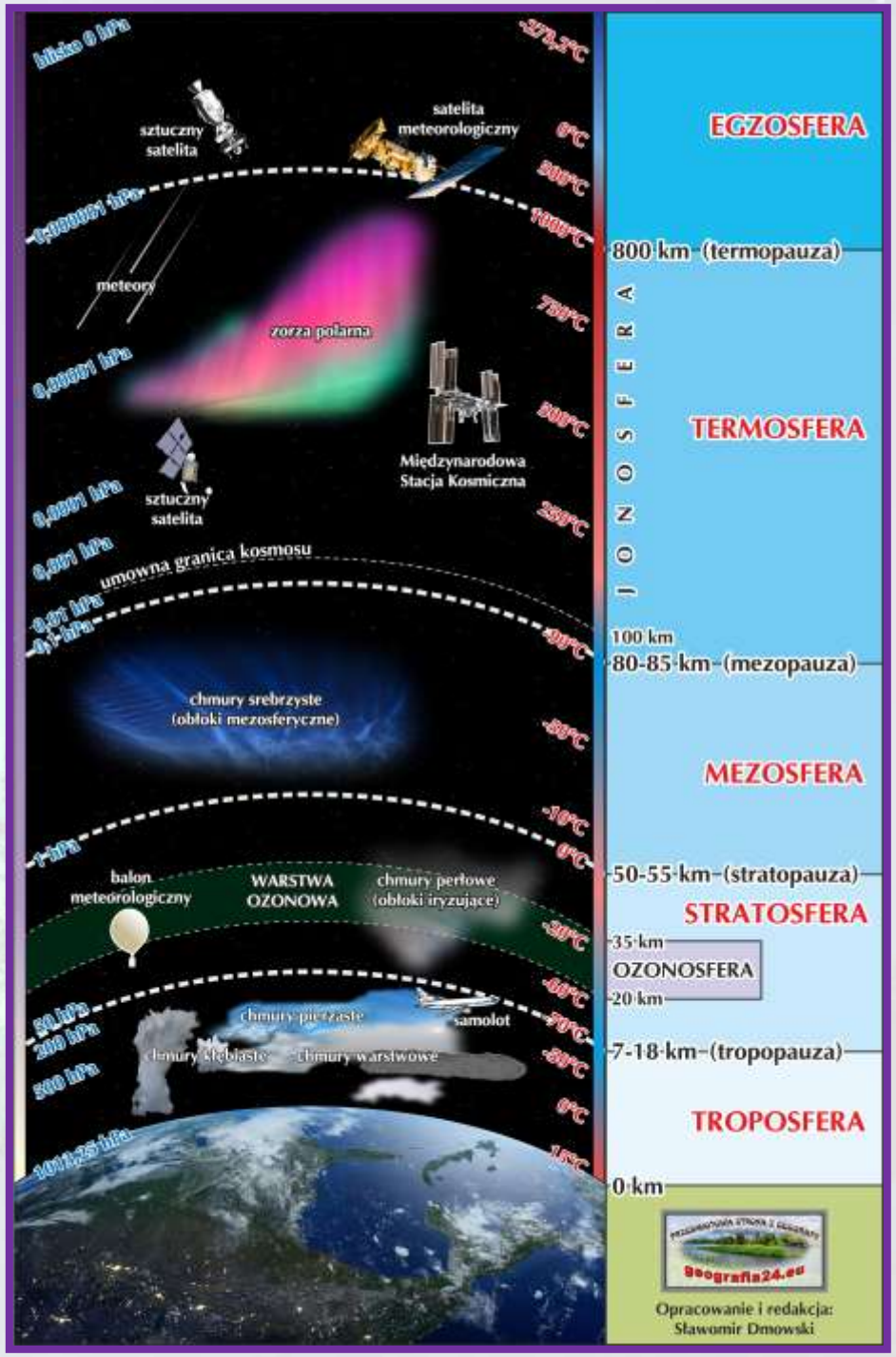
Składniki powietrza: CO_2

- Zawartość zmiennych składników atmosfery kształtowana jest przez procesy naturalne i antropogeniczne.
  - Źródłem CO_2 w atmosferze są wybuchy wulkanów, spalanie paliw, takich jak węgiel, ropa naftowa, gaz ziemny, a także oddychanie i gnicie.
    - Zawartość CO_2 w atmosferze waha się od 0,02 do 0,04%, a w wielkich aglomeracjach może dochodzić nawet do 0,08%.
    - Od rewolucji przemysłowej, kiedy rozpoczęło się powszechne wykorzystywanie węgla, a następnie ropy naftowej, zawartość tego gazu w dolnej warstwie atmosfery systematycznie, acz bardzo powoli, rośnie.
      - Na szczęście CO_2 pobierany jest z powietrza przez rośliny zielone do procesu fotosyntezy oraz magazynowany przez wody oceanów.
    - Stała kontrola zawartości CO_2 jest bardzo ważna, gdyż gaz ten zaliczany jest do grupy gazów szklarniowych.
      - Gazy te odpowiedzialne są za efekt cieplarniany, prowadzący do ocieplania klimatu Ziemi.
        - Efekt cieplarniany polega na pochłanianiu długofalowego, podczerwonego promieniowania Ziemi przez gazy i aerozole występujące w atmosferze (CO_2, metan, ozon, a także parę wodną i chmury).

Budowa atmosfery

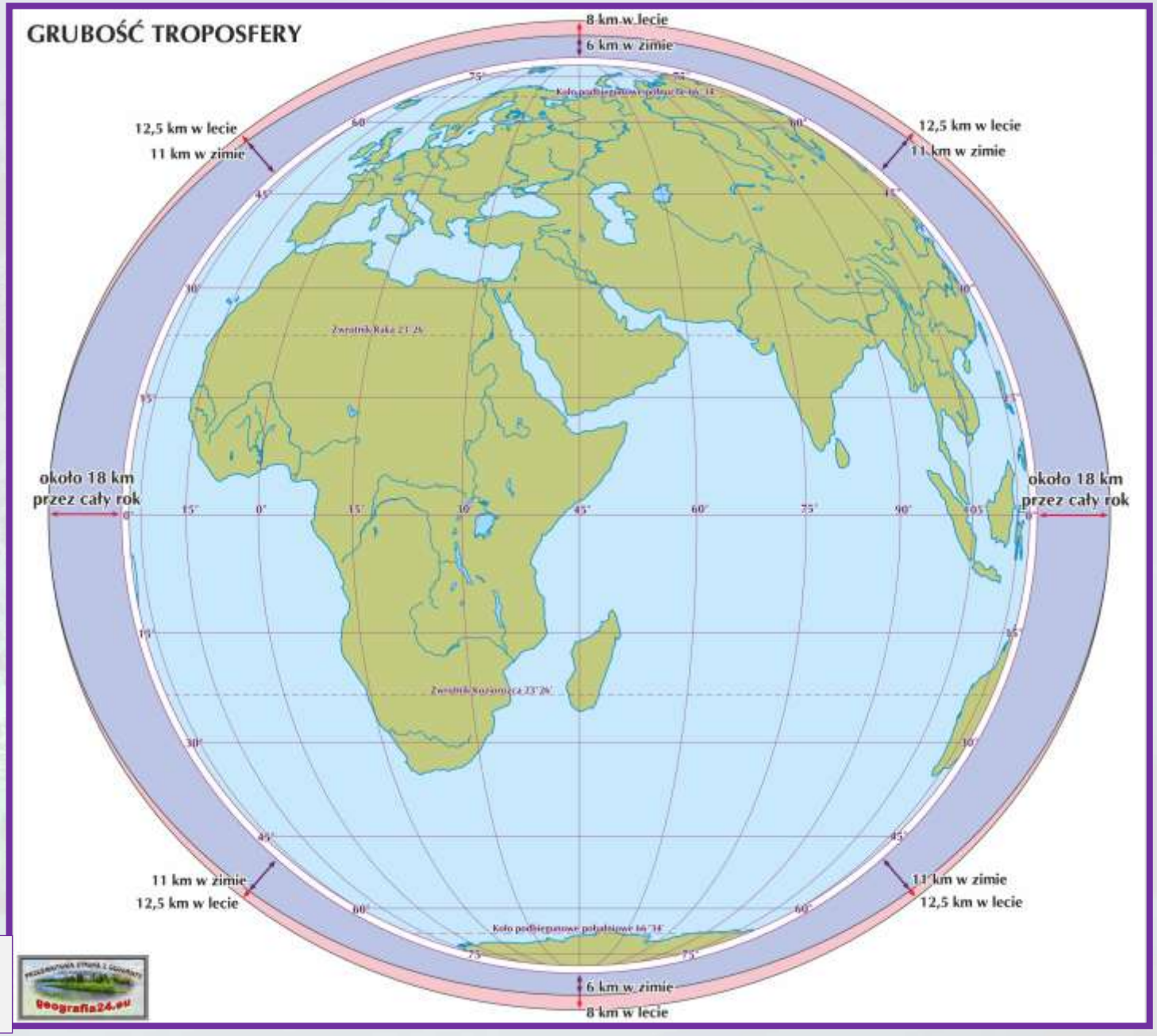
Budowa atmosfery

- Atmosfera ziemska ma **budowę warstwową**.
  - Podstawą jej podziału na warstwy zwane sferami, są panujące w niej warunki termiczne.
    - Każda z warstw cechuje się specyficznym dla siebie przebiegiem temperatury.
  - Ponadto poszczególne sfery różnią się między sobą składem chemicznym, panującym tam ciśnieniem oraz zachodzącymi zjawiskami fizycznymi.
- Atmosferę ziemską podzielono na:
  - **troposferę**,
  - **stratosferę**,
  - **mezosferę**,
  - **termosferę**,
  - **egzosferę**.
- Poszczególne warstwy atmosfery rozdzielają strefy przejściowe:
  - **tropopauza**, **stratopauza** i **mezopauza**.



1. Troposfera

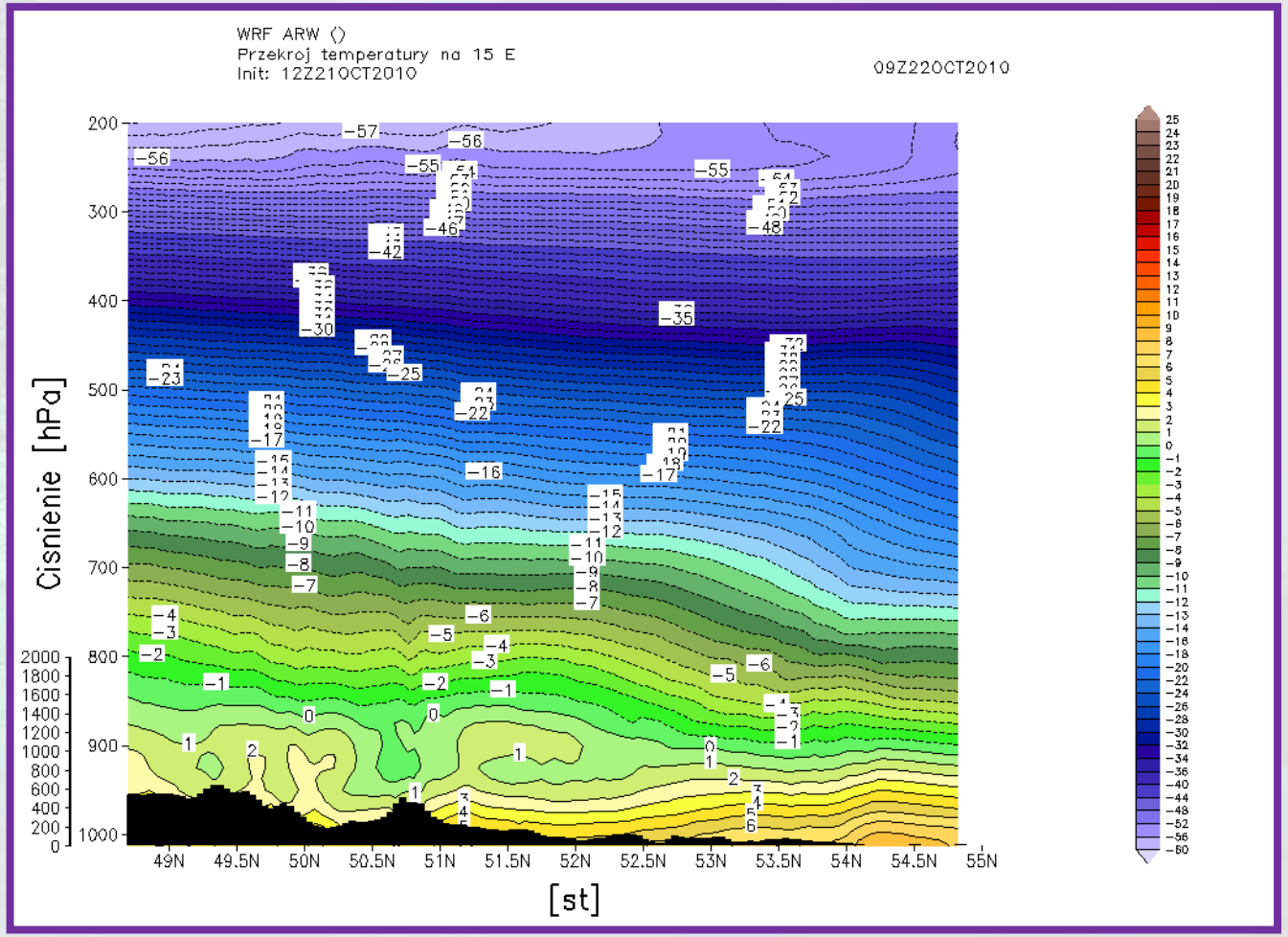
- **Troposfera** – jest najniższą i najcieńszą warstwą atmosfery.
  - Górna jej granica zmienia się w zależności od szerokości geograficznej i pory roku.
    - Nad biegunami sięga ona do około 6 km w zimie i do 8 km w lecie.
    - W umiarkowanych szerokościach geograficznych od 11 km w zimie do 12,5 km w lecie.
    - Nad równikiem zasięg troposfery wynosi około 18 km w ciągu całego roku.
  - Zróżnicowana grubość troposfery wynika z niejednakowego nagrzewania się obszarów leżących na różnych szerokościach geograficznych oraz różnej wartości siły odśrodkowej, działającej na cząsteczki powietrza.



Zróżnicowanie zasięgu troposfery w zależności od szerokości geograficznej i pory roku

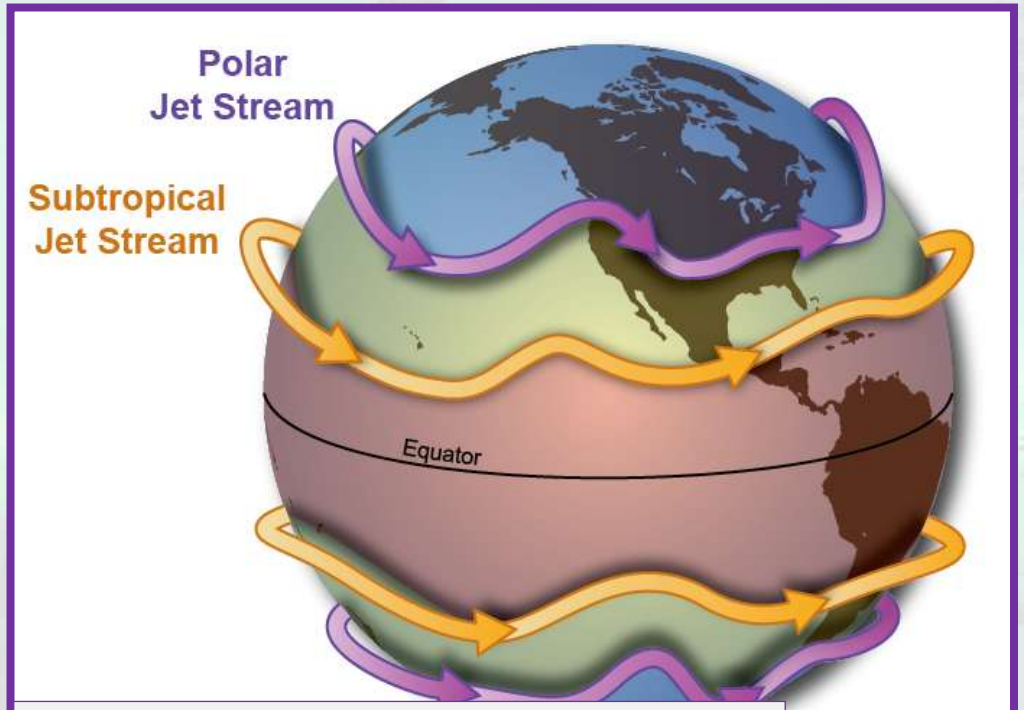
Troposfera

- Charakterystyczną cechą troposfery jest ciągły spadek temperatury powietrza wraz ze wzrostem wysokości n.p.m., przeciętnie 0,65˚ na 100 m (średnia temperatura Ziemi to około 15˚C).
  - na granicy z tropopauzą temperatura nad zwrotnikami waha się od -70 do -80˚C,
  - natomiast nad biegunami od -70˚C zimą do -45˚C latem.
- Ciśnienie atmosferyczne maleje wraz ze wzrostem wysokości (przeciętnie 11,5 hPa/100 m):
  - od średnio 1013,25 hPa na poziomie morza,
  - do około 200 hPa na granicy z tropopauzą.

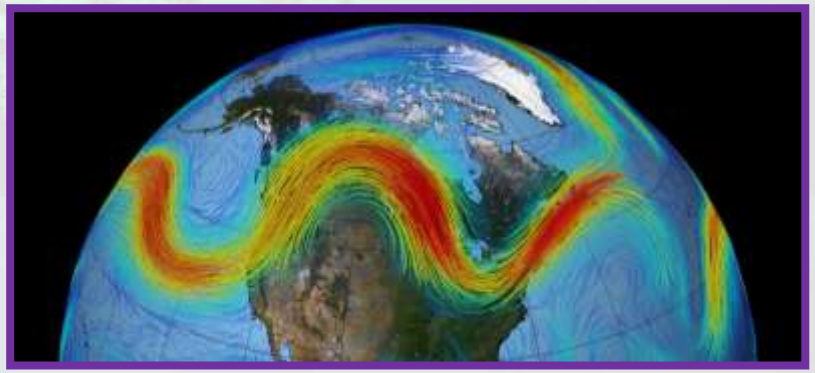


Troposfera

- W troposferze zachodzą:
  - częste turbulencje powietrza – burzliwy ruch powietrza w warstwie przygruntowej wywołany tarciem wiatru o podłoże,
  - najważniejsze procesy kształtujące pogodę i klimat na Ziemi.
- W górnej troposferze – między 35˚ a 65˚ szerokości geograficznej na obu półkulach formują się prądy strumieniowe.
  - Są to silne prądy powietrza na granicy troposfery i stratosfery, przekraczające 300 km/h (wykorzystują je samoloty odrzutowe).
- Strefa ta gromadzi 80% ogólnej masy powietrza oraz prawie całą parę wodną i zanieczyszczenia.
- W troposferze prowadzi się badania meteorologiczne i klimatologiczne.

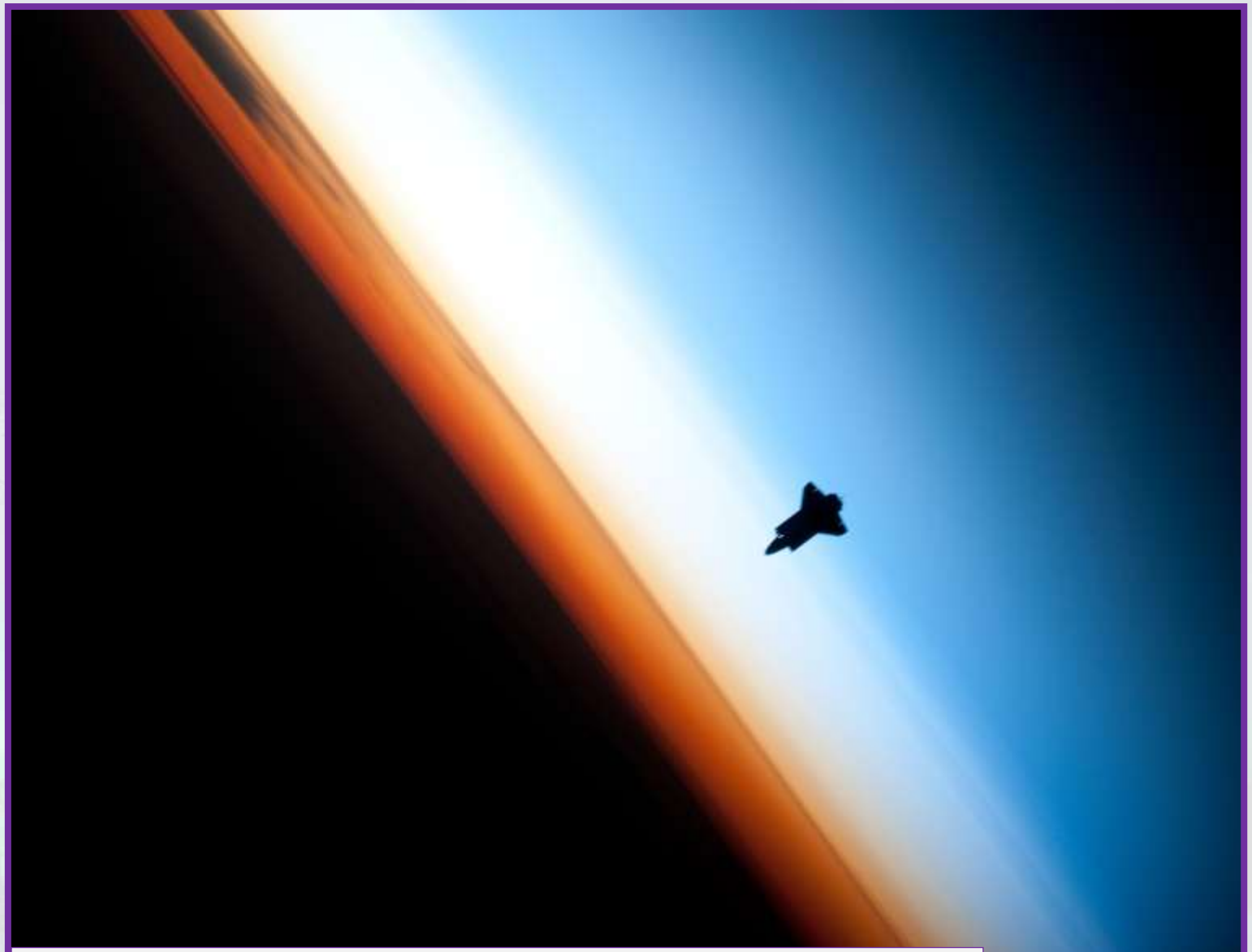


Prądy strumieniowe (Jet Stream) nad Ziemią



Tropopauza

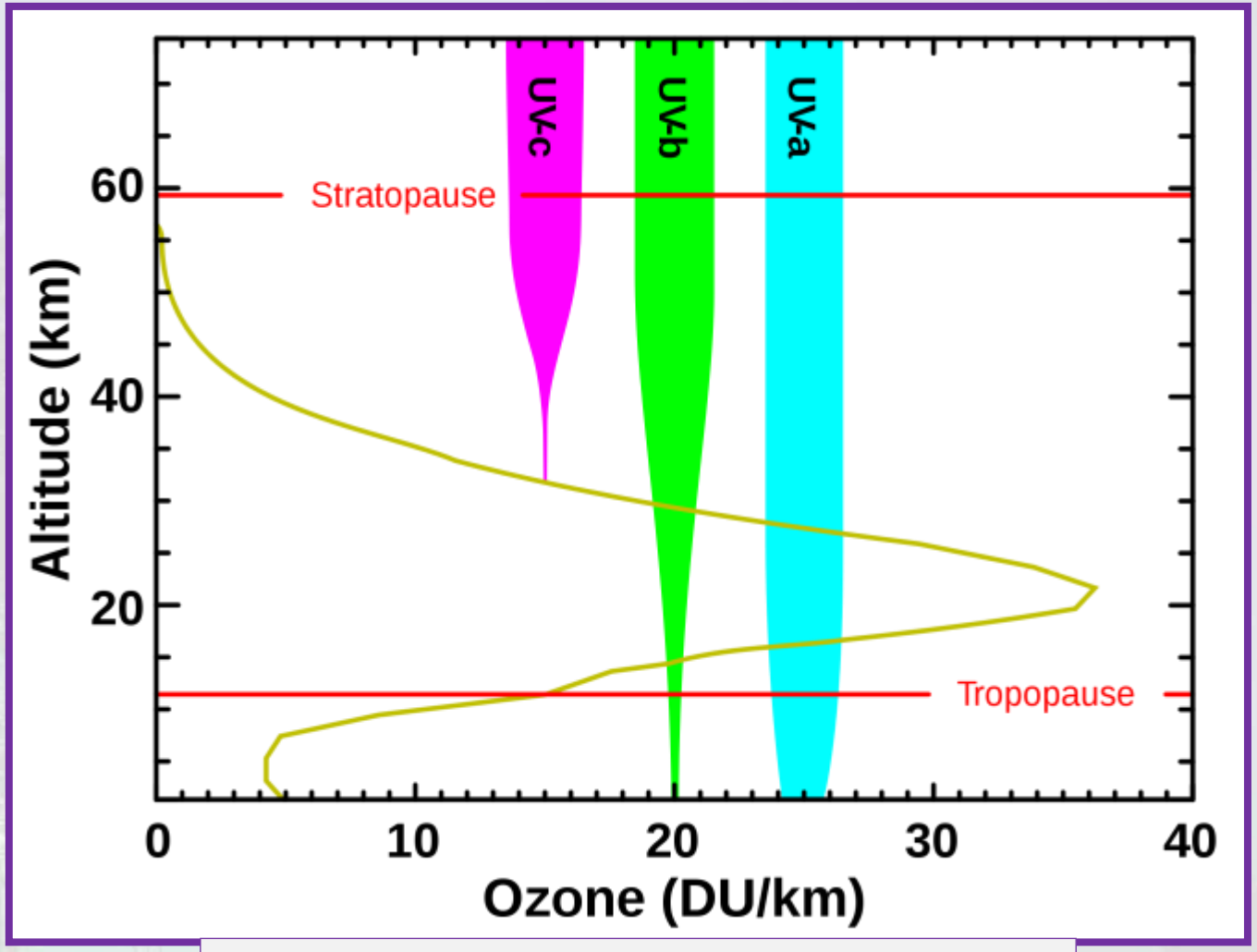
- **Tropopauza** – jest strefą przejściową **między troposferą a stratosferą** o grubości od 0,5 km do 2 km.
  - Tropopauza leży na wysokości około 18 km nad równikiem i około 7 km nad biegunami.
    - W ciągu roku wysokość strefy nieznacznie się zmienia.
- Warstwa ta cechuje się **jednakową temperaturą w przekroju pionowym**.
  - W strefie międzyzwrotnikowej wynosi ona -80˚C,
    - nad biegunami zaś waha się od -45˚C do -70˚C.
  - Różnice temperatury uzależnione są od pory roku.
  - Ciśnienie atmosferyczne, w zależności od szerokości geograficznej i pory roku, waha się od 100 do 200 hPa.



Kolor czerwono-pomarańczowy – troposfera (zamyka ją tropopauza), biała – stratosfera, zaś blado niebieska - mezosfera

2. Stratosfera

- **Stratosfera** – rozciąga się między **tropopauzą a stratopauzą** i sięga do około 50-55 km od powierzchni Ziemi.
  - W dolnej części tej warstwy do wysokości około 25 km utrzymuje się stała temperatura -60˚C.
    - W wyższych warstwach tej sfery zachodzi wzrost temperatury wraz z wysokością i 50 km nad Ziemią wynosi ona około 0˚C.
  - **Ciśnienie atmosferyczne maleje** ze wzrostem wysokości od kilkudziesięciu hPa do około 1 hPa.
  - **Szybki wzrost temperatury** jest wynikiem pochłaniania promieniowania słonecznego (głównie nadfioletowego i rentgenowskiego) przez ozon.
    - W stratosferze występuje prawie cały **ozon atmosferyczny** a jego największa koncentracja znajduje się na wysokościach od 20 do 35 km nad Ziemią.
    - Warstwa z ozonem zwana **ozonosferą**, pochłania prawie całe promieniowanie nadfioletowe Słońca, chroniąc nas przed jego szkodliwym działaniem.



Poziomy ozonu na różnych wysokościach (DU / km) i związane z tym blokowanie kilku rodzajów promieniowania ultrafioletowego .

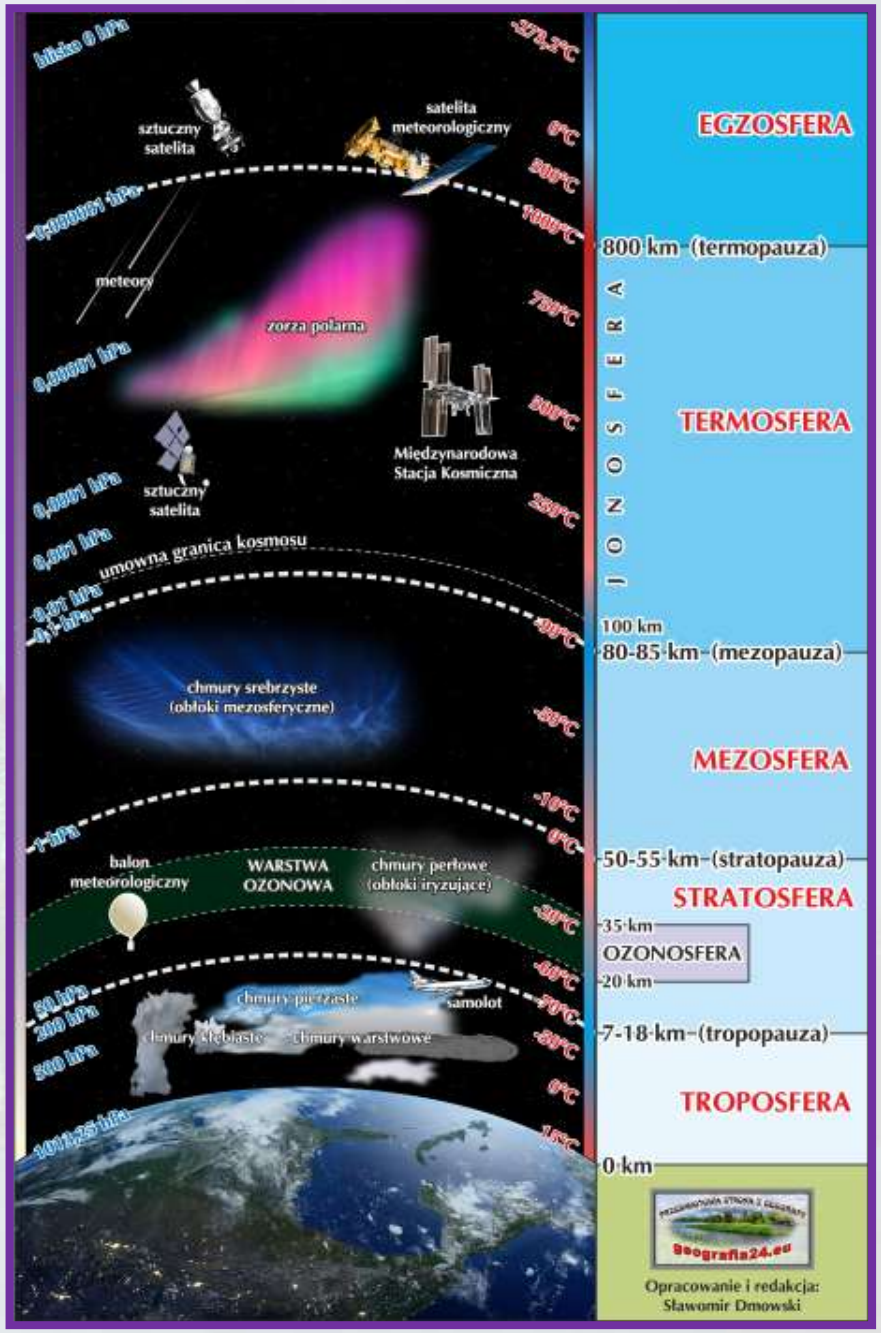
2. Stratosfera

- W zimie w stratosferze powstają chmury perłowe (obłoki iryzujące) – zbudowane z bardzo drobnych kryształków lodu – oświetla je światło słoneczne dobrze po zachodzie lub długo przed wschodem Słońca, gdy niżej leżące chmury ogarnia jeszcze ciemność.
  - Kolor obłoków jest taki jak barwa nieba podczas zachodu Słońca, którego natężenie zmienia się od pasma do pasma.
    - Barwy obłoków powstają w wyniku dyfrakcji światła słonecznego na cząsteczkach lodu.
  - Najczystsze występują wtedy, gdy wszystkie cząsteczki mają tę samą wielkość.
  - Kolorowe obłoki perłowe powstają w wyniku ruchów powietrza prowadzących do nagłego zamarzania pary wodnej.

Chmury perłowe

Stratopauza

- Stratopauza jest cienką strefą przejściową między **stratosferą a mezosferą:**
  - **o stałej temperaturze** około 0°C,
  - **bardzo niskim ciśnieniu atmosferycznym** około 1 hPa.
- Zawiera ona między innymi ozon.



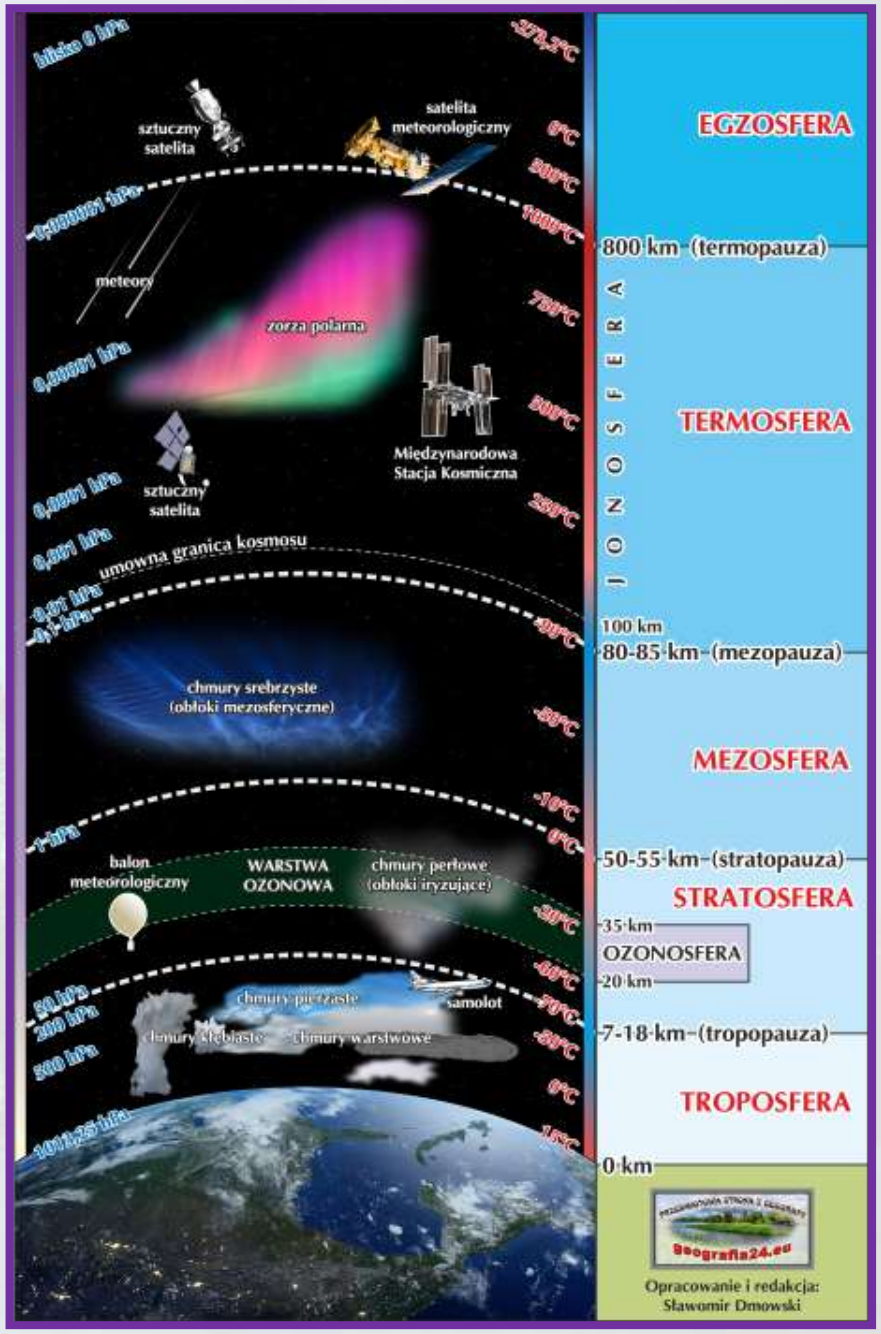
3. Mezosfera

- **Mezosfera** – rozciąga się między **stratopauzą a mezopauzą** i sięga do wysokości 80-85 km od powierzchni Ziemi.
  - Jej przeciętna miąższość to 35 km.
- W warstwie tej występuje **gwałtowny spadek temperatury** wraz z wysokością od około 0°C do -90°C (czasem nawet do -120°C).
- Ciśnienie atmosferyczne wynosi tu około 1 hPa.
- W strefie tej występuje **silna turbulencja powietrza**.
- W jej górnej części tworzą się **chmury srebrzyste** (**obłoki mezosferyczne**).
  - Obłoki te mają srebrzystobiały lub lekko żółtawy kolor i są najlepiej widoczne o północy, gdy wznoszą się nad zorzą wieczorną, rozciągając się ku biegunowi.
  - Przypominają leżące niżej cirrusy, ale podobnie jak obłoki perłowe powstają jako efekt ruchów w najwyższych warstwach atmosfery.

Chmury srebrzyste (obłoki mezosferyczne)

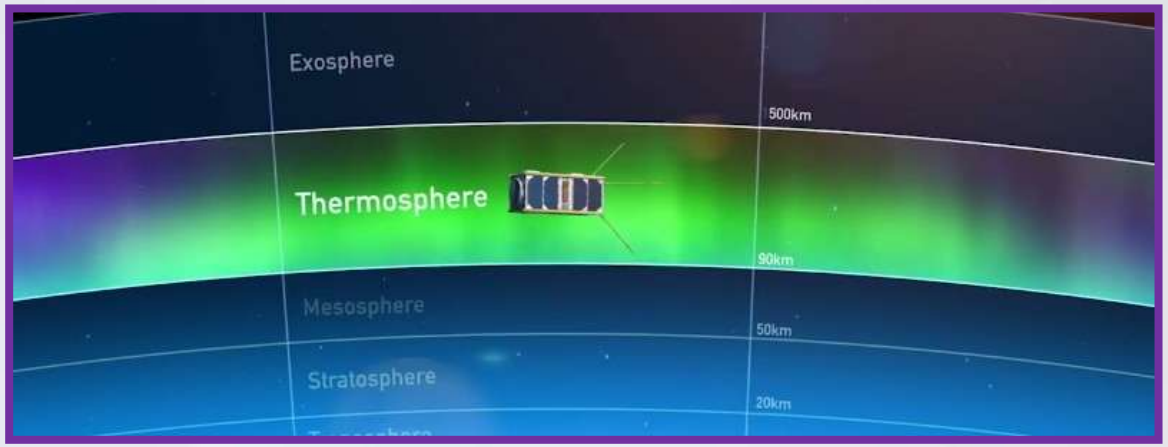
Mezopauza

- **Mezopauza** jest strefą przejściową między **mezosferą** a **termosferą:**
  - o stałej temperaturze około -90°C,
  - bardzo niskim ciśnieniu atmosferycznym około 0,1 hPa.
- Rozciąga się na wysokości około 85 km nad powierzchnią Ziemi.



4. Termosfera

- **Termosfera** – sięga do wysokości około 800 km od powierzchni Ziemi.
  - W warstwie tej **temperatura rośnie** wraz z wysokością,
    - w jej górnej części osiąga 1200˚C (czasem nawet 1500˚C).
  - **Ciśnienie atmosferyczne maleje:**
    - osiąga tu bardzo niskie wartości:
      - na wysokości 200 km 0,0001 hPa,
      - na wysokości 500 km 0,000001 hPa.
  - W termosferze zlokalizowane zostały liczne sztuczne satelity, poruszające się wraz z obracającą się Ziemią.
  - **W dolnej części** termosfery znajduje się **jonosfera**.
    - Powietrze jest w niej bardzo rozrzedzone i silnie naelektryzowane.
    - W jonosferze występują warstwy od których **odbijają się fale radiowe** o różnej długości.
      - Dzięki temu istnieje możliwość odbierania sygnałów radiowych nawet w odległości kilku tysięcy kilometrów od miejsca, skąd zostały nadane.
    - W warstwie tej powstają **zorze polarne**.



Termosfera: jonosfera

- **Zorze polarne** – zjawisko świetlne obserwowane na wysokich szerokościach geograficznych,
  - występuje głównie za kołem podbiegunowym, chociaż w sprzyjających warunkach bywa widoczna nawet w okolicach 50. równoleżnika (zdarza się, że obserwowane są one nawet w krajach śródziemnomorskich).

Zorza polarna – nazywana jest na półkuli północnej jako Aurora Borealis, zaś na południowej zwana jest Aurora Australis

Termosfera: jonosfera

- **Powstawanie zorzy polarnej** związane jest ze zjawiskami elektrycznymi zachodzącymi w **jonosferze**.
  - Słońce emituje wysokoenergetyczne, pędzące z dużą prędkością elektrony i protony wchodzące w skład wiatru słonecznego, które zostają odchylone przez ziemskie pole magnetyczne i poruszają się po liniach śrubowych niemalże wzdłuż linii pola magnetycznego.
    - Atmosfera na dużych wysokościach jest zjonizowana.
    - Oddziaływanie plazmy jonosfery i plazmy wiatru słonecznego w ziemskim polu magnetycznym indukuje napięcia, które wywołują przepływ prądu w rozrzedzonych obszarach atmosfery.
    - Wiatr słoneczny deformuje pole magnetyczne Ziemi, w okresach dużej aktywności Słońca szybkie zmiany pola magnetycznego mogą wywołać zorze nawet na średnich szerokościach geograficznych.

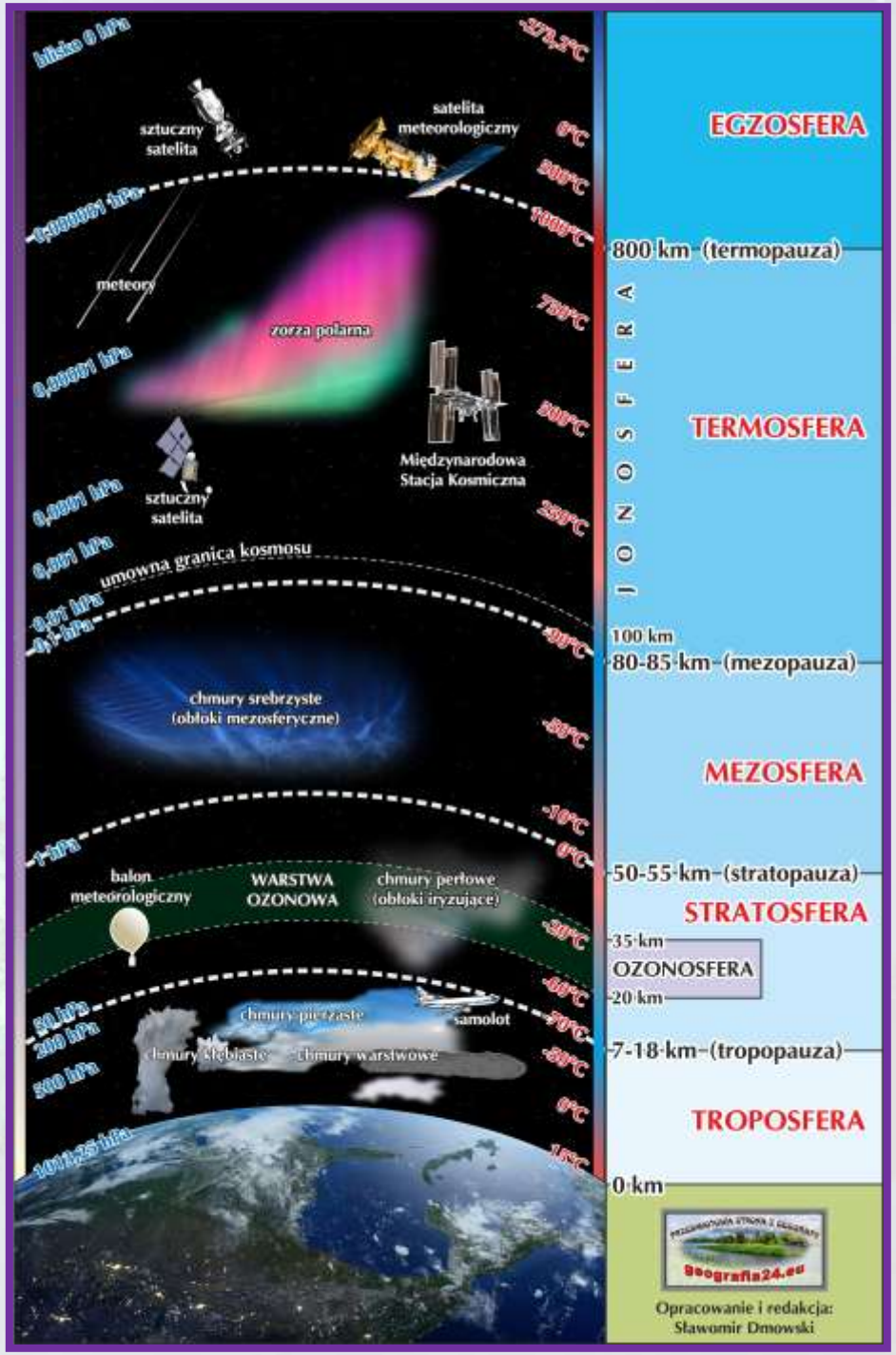
Zorza polarna – składa się ze smug o jasnobłękitnych, zielonych, fioletowych lub czerwonawych barwach. Kolor jest uzależniony od warstwy w atmosferze, w której ona powstaje.

5. Egzosfera

- **Egzosfera** stanowi zewnętrzną warstwę atmosfery ziemskiej powyżej 800 km od powierzchni Ziemi.
  - Powietrze jest tu bardzo silnie rozrzedzone.
    - Cząsteczki gazów poruszają się z dużą prędkością, dochodzącą do 11,2 km/s.
      - Czasem nawet opuszczają atmosferę i ulatują w przestrzeń kosmiczną – są to głównie wodór i hel.
  - **Temperatura** w egzosferze **gwałtownie spada**, osiągając w strefie przejściowej do przestrzeni kosmicznej -273,2°C.
  - Ciśnienie jest mniejsze niż 0,000001 hPa.

Budowa atmosfery – podsumowanie

- **Atmosfera ziemska** nie ma wyraźnej granicy zewnętrznej.
  - Na pewnej wysokości brak już jest praktycznie cząstek gazów i płynnie przechodzi w **przestrzeń kosmiczną**.
    - Zachodzi to na wysokości pomiędzy 1000 a 2000 km nad ziemią.



KONIEC

Materiały pomocnicze do nauki
Opracowane w celach edukacyjnych (niekomercyjnych)

Opracowanie i redakcja: *Sławomir Dmowski*
Kontakt: kontakt@geografia24.eu

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -