

Структура атмосфере

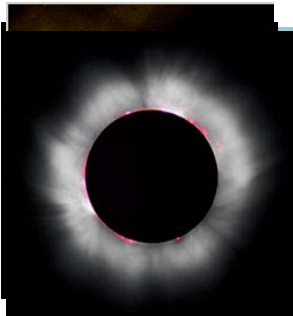
Атмосфера

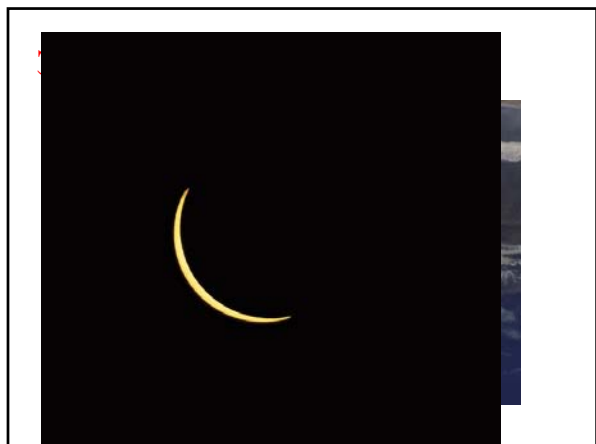
- реч атмосфера?
 - ατμοσ(=пара)+σφαιρα(=лопта)
- гасовити омотач око небеских тела (и Земље)
 - атмосфера планете
 - атмосфера звезде
- Танки омотач ваздуха око (наше) планете који гравитација држи уз Земљу.



Звездана атмосфера

- спољња област звезде која лежи изнад њеног језгра, радијационе и конвективне зоне
- Дели се на
 - фотосферу (најнижи и најхладнији део атмосфере који ми видимо). $T_c=5780\text{ K}$ – интензивно емитује у видљивом и невидљивим деловима спектра.
 - хромосфера (највиши слојеви су око 10x топлији од фотосфере)
 - прелазна област у којој опет рапидно расте T (видљива у УВ области)
 - Корона (милиони К, плазма). Није потпуно познат механизам њеног загревања





- **Атмосфера**
 - **Настанак атмосфере**
 - **Структура**
 - **Састав**
 - **Време**

- 99% атмосфере је у првих 50 км
- живи свет се налази у слоју дебљине око 9 км
 - неколико км испод и изнад нивоа мора
- биосфера је део Земље у којој егзистирају сва позната жива бића.
 - представља релативно танак слој који се налази у хидросфери, атмосфери и литосфери



Настанак атмосфере

- првобитна атмосфера која се налазила око Земље је вероватно била састављена из Н и Не
- након тога је дошло до мешања првобитне атмосфере и гасова из растопљене Земље (пре око 4 милијарде година) + утицај судара са кометама, метеоритима, ...
 - H_2O , CO_2 , SO_2 , CO , S_2 , Cl_2 , N_2 , H_2 , NH_3 , и CH_4
 - омогућила је формирање океана и раних форми живота
 - није садржала слободан кисеоник!
- садашња атмосфера
 - настала након што су *Cyanobacteria* отпочеле процес фотосинтезе
 - кисеник је на садашњем нивоу од пре око 400 милиона година

Атмосфера

- Смеша гасова различитих физичких карактеристика чија густина опада са вишином
 - 90% масе у првих 20 км,
 - 99,9% у првих 50 км
 - изнад 1000 км је толико разређена да гасова практично нема – међу(звездани-планетарни) простор
- температура опада у почетку $6K/км$ (у првих 15-ак километара) – по висини.
- По хоризонталу највећа промена износи $0,05K/км$ (топли и хладни фронтови).



Атмосфера

- Изнад површине имамо појаву *изоплета* – линије или површи на којим је вредност неке физичке величине иста – нпр. *изобаре* – на њима је једнак притисак, *изотерме* – на њима је иста температура
- изоплете су приближно хоризонталне па се атмосфера састоји из хоризонталних слојева унутар којих се разликује температура
- Сваки слој се зове *сфера* а границе између слојева се зову *паузе*. Границе носе називе по слоју који се налази са доње стране



Земљина атмосфера

- у поређењу са димензијама Земље (10^4 km), атмосфера је танка “љуска” око ње (0,8% радијуса Земље)

- Откуд јој плава боја?
- Рејлијев закон расејања светлости $I \sim 1/\lambda^4$

Тропосфера



- висина горњег слоја је на 6 до 20 km
- око 7 km на половима и 17 km на екватору
- тропосфера – промена
- најнижи слој атмосфере
- најгушћа – 80% масе атмосфере у њој
- температура опада скоро линеарно од око 17 до -52 степена Целзијуса
- у њој се дешавају скоро све метеоролошке промене – облаци су у њој
- ваздушне масе се у њој мешају услед соларног загревања

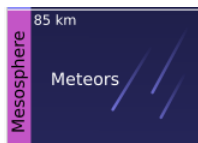
Стратосфера



- до 50 km висине
- сува и мање густа
- температура расте постепено до +10 степена Целзијуса, услед апсорбовања УВ зрачења
- у њој је у горњим слојевима озон (озонски омотач) апсорбује и расејава соларно УВ зрачење
- 99 % “ваздуха” се налази у прва два слоја атмосфере
- на сваких 1000 m висине ваздушни притисак опада за око 11%

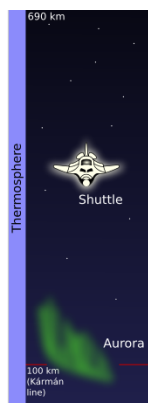
Мезосфера

- до висине од 85 km
- температура опет пада али сада на -80 степена Целзијуса – најхладнија област у атмосфери
- често се зове средња атмосфера



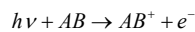
Термосфера

- 200 до 500 km
- температура расте рапидно са висином услед загревања од стране Сунца али и варира доста у зависности од доба дана, степена соларне активности и географске ширине
- варира од 400 до 2000 степени Целзијуса – минимална када Сунце излази, а максимална око 14.00
- притисак веома мали (10^{-8} mb на 500km) и веома слабо проводи топлоту – јер је ретка
- позната као горња атмосфера



Јоносфера – део термосфере

- од 100-200 км,
- када соларну енергију апсорбују директно молекули ваздуха, (неутрални) атоми добијају или губе електроне и постају наелектрисане честице -јони
- већина молекула гасова на висини од 80 - 400 km (мезосфера и термосфера) је наелектрисано
- температура расте рапидно
- УВ зрачење са Сунца јонизује молекуле у атмосфери



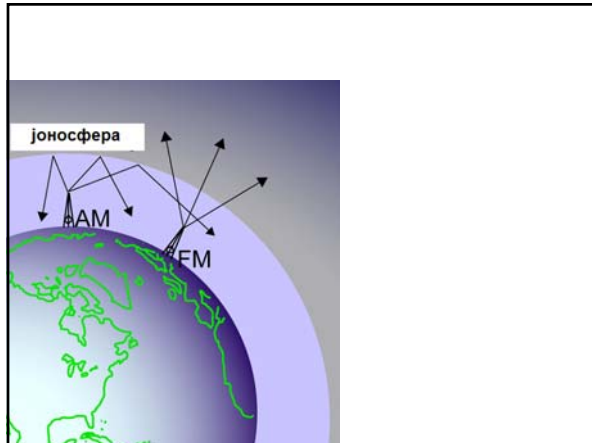
- AB – молекул кисеоника или азота

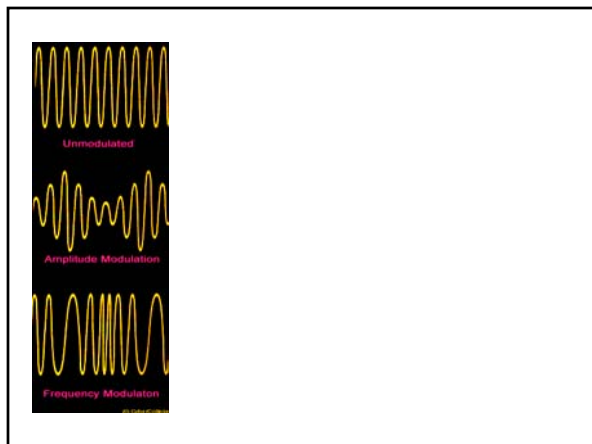


Јоносфера

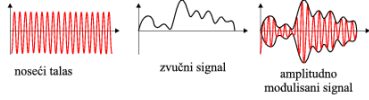
- рефлектује већину радио таласа и враћа их назад ка земљи – омогућује радио комуникацију
- у њој се ствара поларна светлост – аурога – види се у вишим географским ширинама
 - у северној - auroga borealis
 - и јужној хемисфери - auroga australis
- Интензивно видљиво и УВ зрачење је изазвано расејањем електрона (или протона) на молекуларном кисеонику или азоту
- e^- (енергије E_i) + $AB \rightarrow AB^* + e^-$ (енергије E_f)
- разлика $\Delta E = E_i - E_f$ у енергијама одлази на побуђење молекула
- он се након тога ослобађа вишка енергије емитујући фотон фреквенције $h\nu = \Delta E$



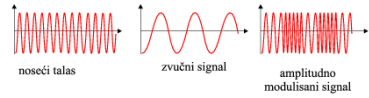




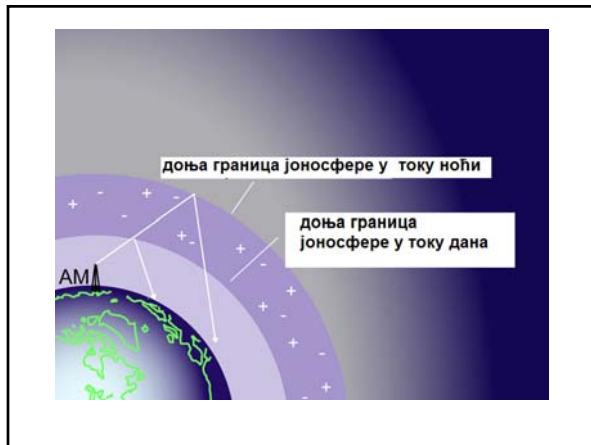
- модулација – поступак за уметање информације (звучне или видео) у ЕМ талас
- носећи талас има фреквенцију радио станице



Slika 11.32: Noseći, zvučni i amplitudno modulisani signal.



Slika 11.33: Noseći, zvučni i frekventno modulisani signal.



Егзосфера

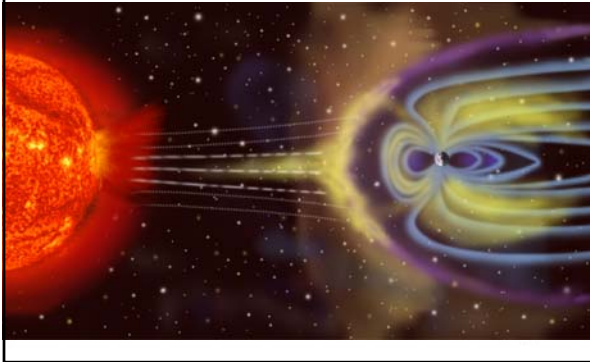
- од врха термосфере у космос (500 до 1.000 километара)
- атоми и молекули су веома ретки и могу да се ослободе земљине гравитације и оду у космос,
- водоник и хелијум су примарне компоненте али са веома малом густином



Магнетосфера

- изнад 1000 км,
- област у којој магнетно поље доминантно утиче на кретање наелектрисаних честица
- у њој Земљино магнетно поље интерагује са соларним ветром и заробљава наелектрисане честице (електроне и протоне) у Ван Аленовом појасу
- откривена 1958. Експлорер 1
- 1959. добила име
- полупречник око 10 полупречника Земље
- Имају је и (неке) друге планете
 - Меркур, Јупитер, Сатурн, Уран, Нептун
 - Марс има фрагментарно намагнетисану површину

Магнетосфера



Састав атмосфере

- Механичка смеша сталних гасова, хемијских једињења и разних гасовитих, течних и чврстих додатака.
- Гравитација их држи уз тело.



Састав атмосфере

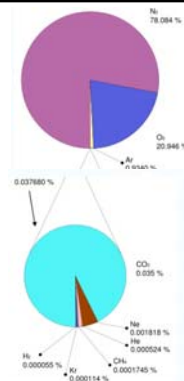
- **гасови** – који су постојани у одређеним међусобним размерама
- **аеросоли** – чврсте и течне честице настале природним или индустријским процесима (честице прашине, морске соли, дима, кондензована водена пара), чији удео у саставу атмосфере је променљив,
- **водена пара**

Састав атмосфере

- Сув ваздух?
 - ваздух без аеросола и водене паре
 - има сталан састав
 - како је концентрација аеросола мала, атмосферски ваздух се обично сматра смешом сувог ваздуха и водене паре
- Основне компоненте сувог ваздуха (постојане су до висине од око 35 км) – у јединици запремине:
 - 78,1 % азота
 - 20,9 % кисеоника
 - 0,9 % аргона
 - 0,03 % угљен диоксида
 - 0,002 % неона
 - 0,0005 % хелијума
 - 0,0001 % метана
 - мање од тога има: криптоне, водоника, азот диоксида, озона и ксенона

Састав атмосфере

гас	симбол	Процент у атмосфери	
Nitrogen	N ₂	78.084%	99.998%
Oxygen	O ₂	20.947%	
Argon	Ar	0.934%	
Carbon Dioxide	CO ₂	0.033%	
Neon	Ne	18.2 parts per million	
Helium	He	5.2 parts per million	
Krypton	Kr	1.1 parts per million	
Sulfur dioxide	SO ₂	1.0 parts per million	
Methane	CH ₄	2.0 parts per million	
Hydrogen	H ₂	0.5 parts per million	
Nitrous Oxide	N ₂ O	0.5 parts per million	
Xenon	Xe	0.09 parts per million	
Ozone	O ₃	0.07 parts per million	
Nitrogen dioxide	NO ₂	0.02 parts per million	
Iodine	I ₂	0.01 parts per million	
Carbon monoxide	CO	trace	
Ammonia	NH ₃	trace	



parts per million – ppm - делова у милион честица – колико честица дате врсте има у милион честица (ваздуха)

“Прозрачност атмосфере”

- Атмосфера – наш прозор у космос – у прошлост – “будућност”
- Електромагнетни таласи

- Астрономи (20.2.2012.)
 - слој кроз који “виримо” у космос
- Метеоролози, климатолози и географи
 - најнижи слојеви атмосфере
 - временска прогноза
 - истраживање климатских промена
 - испитивање утицаја климе и метеоролошких услова на људско друштво

Физичке карактеристике атмосфере Земље

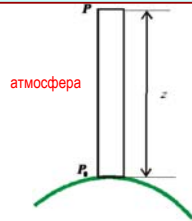
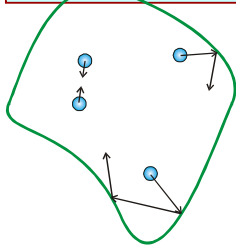
- Горња граница није јасно изражена
- $M_a = 5,2 \times 10^{18}$ кг (милионити део масе Земље, $M_z = 6 \times 10^{24}$ кг)
- У односу на полупречник Земље $R_z = 6378$ км, дебљина атмосфере је практично занемарљива

Физичке карактеристике атмосфере Земље

- Атмосферски притисак
- густина
- температура, ...

Притисак гаса

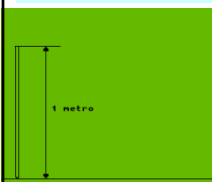
Гасови немају слободну површину као течности. Притисак у гаса у неком суду потиче од удара молекула у његове зидове и зависи од броја тих удара у јединици времена. Притисак атмосфере на Земљу је пак изазван тежином атмосфере.



$$P(z) = P_0 e^{-const \cdot z}$$

Атмосферски притисак

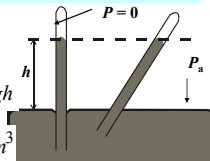
Атмосферски притисак – због тежине ваздуха, измерен 1643. Торичели Евангелиста. ($M_a=5,2 \times 10^{18}$ кг, $M_z=6 \times 10^{24}$ кг, Милионити део масе Земље)



$$h = 0,76m$$

$$P_a = \rho gh + P = \rho gh$$

$$\rho = 13,595 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

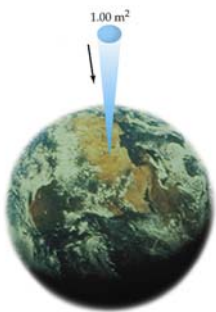


$$P_a = 13,595 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,80665 \text{ m/s}^2 \cdot 0,76 \text{ m} = 101325 \text{ Pa}$$

Колика је сила којом атмосфера делује на јединицу површине Земље? (на нивоу мора) $F = P_a S \approx 10^5 \text{ N}$

То је еквивалентно маси од 10 000 кг која се налази изнад сваког квадратног метра!!! Зашто не осећамо тај терет?

Притисак атмосфере



- Притисак је сила на јединицу нормалне површине ($P=F/S$).
- Гравитација на земљи изазива атмосферски притисак – последица тежине атмосфере.
- Из измереног притиска следи да је маса стуба ваздуха изнад сваког $m^2 \sim 10,000\text{kg}$.

Атмосферски притисак - Магдебург

- 1657. година, 40 цм, 12150 Н \sim 1215 кг.



Јединице у којима се изражава притисак

- Паскал= N/m^2
- мм живиног стуба, тор, атмосфера, пси, бар, ...
- нормални атмосферски притисак
 - 1 atm = 101.325 kPa
 - 1 atm = 760 mmHg
 - 1 atm = 760 torr
 - 1 bar = 10^5 Pa (1 bar \sim 1 atm), 1 mb је приближно 100 atm
 - =14.7 psi

Атмосфера-идеални гас

- молекули немају димензије (тачкасти су) и интерагују само у еластичним сударима
- атмосфера је смеша гасова. претпоставка да су идеални,
- за сваки важи једначина стања – $PV = n_m RT$
 - (P-притисак, V-запремина, n_m -број молекула, R-универзална гасна константа, T-термодинамичка температура)
- $n_m = m/M$
 - m-маса гаса, M-моларна маса
- ако се уведе густина $\rho = m/V$
- $P = \rho RT/M$

Атмосфера-идеални гас

- атмосфера је смеша гасова важи Далтонов закон парцијалних притисака (притисак смеше гасова који се налазе у неком суду је једнака збиру њихових парцијалних притисака – тј. притисака које би стварао сваки гас за себе када би сам био у суду) – разлог је што нема интеракције – гас је идеалан,
- $P = P_1 + P_2 + \dots = RTm_1/(M_1V) + RTm_2/(M_2V) + \dots = RT\rho_1/M_1 + RT\rho_2/M_2 + \dots$
- Сви гасови су у истом “суду” па је збир парцијалних густина једнак укупној густини атмосфере: $\rho_1 + \rho_2 + \dots = \rho$

$$P = RT\rho \sum_i \frac{\rho_i}{\rho M_i} = RT\rho \sum_i \frac{x_i}{M_i} \quad x_i = \frac{\rho_i}{\rho} = \frac{V}{m} = \frac{m_i}{m}$$

- x_i – специфична маса/масени удео (однос масе датог гаса према укупној маси атмосфере).

Атмосфера-идеални гас

- Згодно је увести средњу моларну масу атмосфере

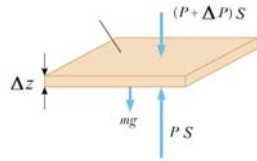
$$\frac{1}{M_{sr}} = \sum_i \frac{x_i}{M_i}$$

- једначина стања је сада

$$P = \frac{\rho RT}{M_{sr}}$$

Атмосферски притисак на површини Земље потиче од тежине атмосфере којом она делује на доле. Густина атмосфере рапидно опада са висином. То ћемо записати као $\rho(z)$, где је z -висина изнад нивоа мора. Препоставићемо да се убрзање Земљине теже не мења рапидно са висином (оно се мења, али то је много спорија промена него што је промена густине) Посматрајмо слој ваздуха дебљине Δz , и површине попречног пресека S , као што је приказано на слици са десне стране..

Промена притиска са висином



Сређивање ове једначине даје

$$\Delta P = -\rho g \Delta z$$

Нека атмосферски притисак на датој висини z има вредност P . Уколико посматрамо ваздух који је у статичкој равнотежи следи да мора да важи ($m = \rho V = \rho S \Delta z$)

$$PS = \rho g S \Delta z + (P + \Delta P) S$$

$$\Delta P = -\rho g \Delta z$$

Како је за идеални гас

$$P = \frac{\rho RT}{M_{sr}}$$

$$\Delta P = -\frac{P}{RT} M_{sr} g \Delta z$$

За мале промене висине dz важи

$$dp = -\frac{PM_{sr}}{RT} g dz$$

односно

$$\frac{dp}{P} = -\frac{M_{sr} g}{RT} dz$$

$$\int_{P_0}^P \frac{dP}{P} = -\frac{M_{sr} g}{RT} \int_0^z dz \quad \text{или} \quad \ln \frac{P}{P_0} = -\frac{M_{sr} g}{RT} z$$

Односно

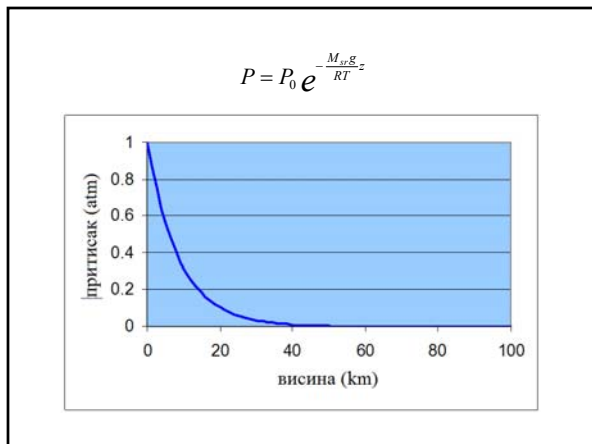
$$P = P_0 e^{-\frac{M_{sr} g}{RT} z}$$

• Претпоставке:

- Т смо сматрали да је константна (то није тачно али уз ту претпоставку се може доћи до неких, иако грубих, довољно тачних процена за вредности притиска)
- M_{sr} је претпостављено да је константно – средња моларна маса – то подразумева да је састав атмосфере углавном константан – услед мешања делова
- P_0 - атмосферски притисак на нивоу мора, тј. за $z=0$,
- $h = RT/gM_{sr}$ – има димензије дужине – висинска скала

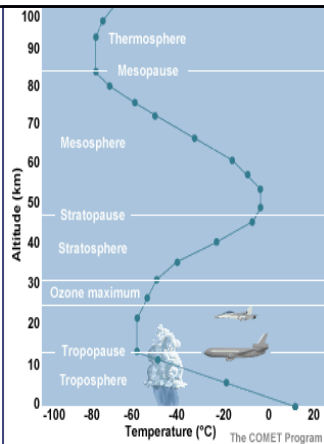
- састав атмосфере:
 - азот око 80%, око 20% кисеоник.
 - Моларне масе азота и кисеоника су 28 и 32
- специфичне масе / масени удели су: 0,755 и 0,231
- средња моларна маса атмосфере је 28,96
- Просечна температура тропосфере је око 288 К (15°C).
- На основу овога је $h = RT/gM_{av} = 8,4$ км што је ред величине Монт Евереста.
- h је висина на којој притисак опада на $1/e$ ($\approx 0,37$) његове почетне вредности.
- то значи да се око $2/3$ атмосфере (гледано по маси јер она утиче на притисак) налази "испод врха" Монт Евереста.
- ова вредност зависи од температуре!
 - када је хладно – висинска скала је мања, тј. притисак опада рапидније-брже са висином

Планета	Главни састојак атмосфере	M_{av} (g/mol)	g (N/m ²)	T (K)	h (km)
Земља	N ₂ ,O ₂	29	9,81	288	8,4
Марс	CO ₂	44	3,73	210	10,6
Венера	CO ₂	44	8,88	700	14,9
Јупитер	H ₂ (мало He)	2	26,20	160	25,3



Слојеви атмосфере и њена температура

- магнетосфера
- екзосфера
- термосфера (јоносфера)
- мезосфера
- стратосфера
- тропосфера



Састав атмосфере

- У тропосфери, стратосфери и мезосфери, механизми мешања обезбеђују приближно исти хемијски састав са односом N_2/O_2 око 4:1
- зато се ова три региона зову *хомосфера*
- Изнад 100 км (мезопауза), однос се мења и зависи од висине. Тај горњи слој атмосфере се због тога зове *хетеросфера*.
- у атмосфери имамо и гасове у траговима чија се концентрација мења са висином. Најважнији су
 - озон – налази се у стратосфери (она се некада назива и озонсфера) на висини од 20-30 км
 - вода – концентрација јој је веома променљива у хомосфери
 - угљен диоксид – важан гас стаклене баште у горњем слоју тропосфере (у количини од 0,03%)

Промена температуре са висином – у нижим слојевима атмосфере

- Опада на правилан начин
- Атмосфера се загрева одоздо-са површине Земље – зато температура опада са висином
- Уочимо малу запремину сувог гаса који се конвективно креће навише
- Шири се и хлади (јер је ређа атмосфера на већој висини)
- Процеси у тој запремини су адијабатски!
 - Због брзог кретања и слабог провођења топлоте у ваздуху

48

Промена температуре са висином – у нижим слојевима атмосфере

- Први закон термодинамике:

$$\Delta U = mc_V \Delta T,$$

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A.$$

$$\Delta A = P \Delta V$$

$$\Delta Q = 0,$$

$$mc_V \Delta T = -P \Delta V.$$

$$\gamma = c_P / c_V,$$

$$PV^\gamma = \text{const}$$

$$P \Delta V = -\dot{V} dP / \gamma.$$

Промена температуре са висином – у нижим слојевима атмосфере

- Први закон термодинамике:

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A.$$

$$mc_V \Delta T = \frac{1}{\gamma} V \Delta P,$$

$$mc_V \Delta T = -P \Delta V.$$

$$mc_V \Delta T = -\frac{c_V}{c_P} V \rho g \Delta z.$$

50

Промена температуре са висином – у нижим слојевима атмосфере

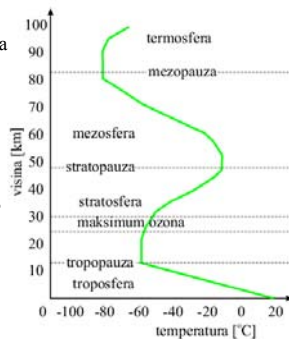
- Адијабатска промена температуре сувог ваздуха

$$\frac{\Delta T}{\Delta z} = \Gamma = -\frac{g}{c_P}$$

$$c_P = 1005 \text{ J/(kg K)}$$

$$\Delta T / \Delta z = -0,01 \text{ K/m.}$$

- На 10 км висине, промена T износи 100K
- Мерења дају око 65K
- – разлог – занемарено је постојање водене паре!



Брзина потребна за напуштања земљине атмосфере



- ако је почетна брзина довољно велика пројектил неће пасти на Земљу
- постаје њен сателит

Брзина потребна за напуштања Земљине атмосфере

- Земља задржава гасове делујући на њих гравитацијом
- Лансирање ракете масе m са површине планете – колика је најмања брзина потребна да ракета изађе из земљиног гравитационог поља.
- услов
- извршени рад = маса \times разлика потенцијала између површине земље и “бесконачности” = $m (\gamma M_z / R_z)$ (разлика потенцијалних енергија) ($A = -\Delta E_p$)
- γ – гравитациона константа
- M_z , R_z – маса и полупречник Земље
- рад врши ракета на основу своје кинетичке енергије – уколико је v њена почетна брзина, онда важи

$$\frac{mv^2}{2} = \gamma \frac{mM_z}{R_z}$$

Брзина потребна за напуштања Земљине атмосфере

- почетна брзина је према томе
- како је убрзање Земљине теже

$$v = \sqrt{2\gamma \frac{M_z}{R_z}}$$

$$mg = \gamma \frac{mM_z}{R_z^2} \quad \Rightarrow \quad g = \gamma \frac{M_z}{R_z^2} \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{2gR_z}$$

- замена: $g=9,81\text{m/s}^2$, $R_z=6400\text{ km}$ $v = 11\,200\text{ m/s}$

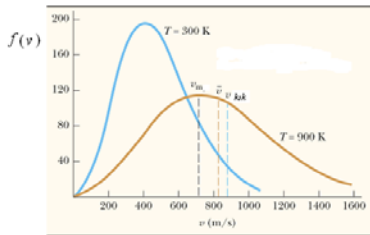
- резултат (2. космичка брзина) не зависи од масе ракете – тела!
- применљив и за молекуле!
- Има ли таквих молекула који могу да напусте Земљу и колико их је ако их има?

Максвелова расподела молекула по брзинама

Брзина молекула варира $(0, \infty)$. Постоји расподела молекула по брзинама, тј. неки имају једну брзину, неки други неку другу, итд... James Clerk Maxwell (1831-1879) је добио израз за расподелу молекула по брзинама:

$$\frac{\Delta N(v)}{N} = f(v)\Delta v = \text{const.} \cdot v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} \Delta v$$

У овој једначини $\Delta N(v)$ је број молекула који имају брзину између v и $v + \Delta v$, N је укупан број молекула у гасу.



$$v = 11200 \text{ m/s}$$

- Расподела молекула у атмосфери-Максвелова
- Највероватнија брзина – одговара максимуму расподеле

$$v_m = \sqrt{\frac{2kT}{m}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$$

- Ова брзина зависи од врсте гаса!
- На 288 K, за кисеоник и азот се добија
- за водоник и хелијум

$$v_m(O_2) = 387 \text{ m/s} \quad v_m(N_2) = 414 \text{ m/s}$$

$$v_m(He) = 1094 \text{ m/s} \quad v_m(H_2) = 1550 \text{ m/s}$$

$$v_m = \sqrt{\frac{2kT}{m}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$$

- Ми смо рачунали брзине за тропосферу!
- У горњим слојевима атмосфере температуре су веће па је више молекула који имају довољне брзине да напусте Земљу
- У току 10^9 година, водоник и хелијум су у великој мери напустили Земљу – зато их има толико мало у односу на остале молекуле

Време живота молекула у атмосфери

- Време живота, τ , је средње време трајања молекула гаса у атмосфери
- значајна је као и (тренутна) концентрација молекула – када разматрамо полутанте (загађиваче) – то је најзначајнији параметар
- дато је изразом

$$\tau = m_{sr} / F_{sr}$$

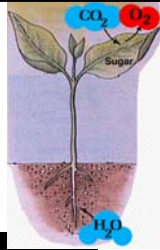
- m_{sr} - је средња маса гаса у атмосфери,
- F_{sr} - средњи улазни / или одлазни флуks гаса (у kg/s)

Време живота молекула у атмосфери

- Ако је τ мала вредност – молекул (атом) егзистира у атмосфери јако кратко
 - разлози
 - реактиван је па неће бити хомогено распоређен по атмосфери (киселе кише нпр.)
 - друга могућност-учествује у неком *циклусу* (нпр. хидролошки циклус-циркулација воде: море-облаци-киша-море – време боравка молекула у атмосфери је око 10 дана)
- на основу времена боравка молекула у атмосфери, њене конститутенте делимо на три категорије
 - перманентни – τ је веома велико (ред величине чак и милион година) – азот, кисеоник, разређени гасови (угљен диоксид)
 - семиперманентни- τ је реда месеца до година (CH_4 , N_2O , CO , CFC)
 - варијабилни- τ је реда дана и недеља (O_3 -циклус у стратосфери, H_2O (циклус у тропосфери), SO_2 и H_2S (киселе кише) и NH_3 – издувни гасови аутомобила, али је такође и део азотног циклуса)

Фотосинтеза

- вегетација је есенцијални део атмосфере
- 1772. Џозеф Присли – оглед: миш и нана у затвореним посудама – у првој обоје, у другој и трећој само миш и само нана.

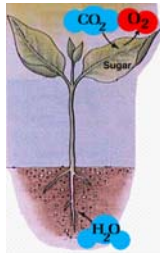


- преживели су једино када су заједно
- миш је у процесу дисања апсорбовао O_2 ослобађао CO_2
- биљка је у процесу фотосинтезе апсорбовала CO_2 а ослобађала O_2
 - у биљкама постоје ћелије хлоропласти у којима апсорбовани CO_2 и вода реагују и формирају угљене хидрате (највише глукозу) и кисеоник уз присуство хлорофила. Реакција је ендотермна (иде уз утршак енергије) – потребна је сунчева енергија да би се одвијала.

Фотосинтеза



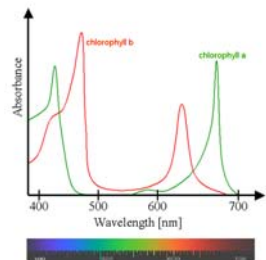
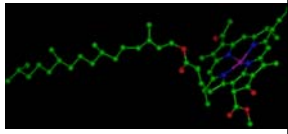
- не може свако зрачење да изазове ове реакције – нека се рефлектују па лишће има зелену боју
 - најефикаснија је црвена боја, али и плава, наранџаста и жута могу да учествују у процесу.
- Када молекул апсорбује квант зрачења (фотон) прелази у побуђено стање
 - Или се враћа у основно или пређе на неко друго једињење
 - 100% ефикасност због брзине процеса!
Нема топлотних губитака



Фотосинтеза

- Енергија да један молекул CO_2 реагује износи $E=2,34 \times 10^{-18} J = 14,6 \text{ eV}$.
- максимална апсорпција у зеленим листовима биљака је за
 - хлорофил "а", $\lambda_a = 680 \text{ nm}$
 - хлорофил "б", $\lambda_b = 644 \text{ nm}$
 - иначе оба спадају у црвени део спектра- зато листови изгледају зелени јер су зелена и црвена комплементарне боје!
- енергије које имају фотони тих таласних дужина
 - $E_a = h\nu_a = hc/\lambda_a = (6,625 \times 10^{-34} \text{ Js})(3 \times 10^8 \text{ m/s}) / (680 \times 10^{-9} \text{ m}) = 2,92 \times 10^{-19} \text{ J}$
 - $E_b = hc/\lambda_b = (6,625 \times 10^{-34} \text{ Js})(3 \times 10^8 \text{ m/s}) / (644 \times 10^{-9} \text{ m}) = 3,09 \times 10^{-19} \text{ J}$
- Број фотона који се мора апсорбовати у хлорофилу (хлорофилима) износи (по једној реакцији)
 - $n_a = E_0 / E_a = 8$
 - $n_b = E_0 / E_b = 7,60$

- хлорофил “а” (главни пигмент фотосинтезе – садрже га све зелене биљке) цијанобактерије, ...)
- хлорофил “б”, у вишим биљкама и зеленим алгама



Циклуси и количина главних елемената у атмосфери

- Молекули – сумпор, угљеник, азот
- циклуси
- ИЗВОР→ ХЕМИЈСКЕ ТРАНСФОРМАЦИЈЕ→ИЗДВАЈАЊЕ
- Азотни циклус(и)
 - амонијачни циклус
 - извор – биолошки распад материјала
 - издвајање – влажна депозиција – раствара се у киши и сува депозиција
 - NO_x - азот-оксидни циклус
 - извор – бактериолошка депозиција нитрата, уз значајан допринос индустрије
 - издвајање– влажна депозиција (киша), сува депозиција
- сумпорни циклус
 - главни извор – H_2S
 - од распада органске материје
 - вулкани
 - индустрија
 - ерозија
 - издвајање– сува депозиција и влажна депозиција (киселе кише)
- угљенични циклус
 - три циклуса –
 - метан, биолошки извори
 - угљен моноксид, биолошки извори
 - угљен диоксид- комбинација природних и вештачких извора

Атмосферске аеросоли

- чврсте или течне честице које лебде у ваздуху – честице прашине
- настанак
 - сагоревање-шуме или у индустрији
 - услед реаговања гасова (сулфати и нитрати)
 - растурање и расејавање чврстих тела (ветар и вода еродирају стене)
 - расејавање соли из мора (“морски спреј”)
 - вулкани
- типична концентрација-
 - 10^2cm^{-3} изнад океана
 - 10^4cm^{-3} изнад тла – ван градова
 - 10^5cm^{-3} изнад градова

Киселе кише

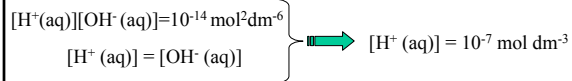
- сагоревање угља и нафте производи топлоту али и пуно загађивача
 - сумпор диоксид
 - азотни оксиди
 - угљен моноксид (и диоксид)
- Европа – извори загађења
 - 61% електране
 - 28% рафинерије и индустрија
 - 5% домаћинства
 - 4% јавни саобраћај и трговина
 - 2% транспорт

Дефиниција рН

- рН (potential of hydrogen) мери концентрацију водоникових јона у воденим растворима

$$\text{pH} = -\log_{10}([\text{H}^+(\text{aq})])$$

- пример вода – неутрална је:



Незагађене кише

- незагађена киша је по природи кисела
- атмосфера садржи у себи кисели оксид угљен-диоксид (CO_2) који се раствара у води (капима кише) и даје као производ угљену киселину
- последица-киселост (рН) кишнице око 5,6.
- ова вредност је гранична вредност, све што је киселије од ове вредности ($\text{pH} < 5,6$) сматра се киселом кишом.
- када се загађење комбинује са чистом кишницом рН кише се понекад драстично мења.

Киселе кише

- природни извори
 - вулканске ерупције
- вештачки извори
 - индустрија – сагоревање фосилних горива (ствара се сумпор диоксид и азотни оксиди – конвертују се у сумпорну и азотну киселину)