

Землетрясения

→ Землетрясения: ←

75,4%. ЕЕ_{одн} - Микхоокеанический пояс.
(зо кер. с 1901 г.)

Большая часть землетряс. - в коре;

Бывает сблиз и вздрас:

по гор. или верт. коств;
по 3х и по 6 и.

"По телу" кол-во баллов:

шкала Меркалльди (океанского).

В кей по степени разрушения судят о баллах.

Рихтер (1935 г.) - шкала магнитуд:

откопительная шкала, т.е. сравнимая с ЕЕ_{одн}:

$$M = \lg(A(\Delta)/A_0(\Delta)), \quad \Delta \leq 100 \text{ км},$$

где A - амплитуда на расстоянии 100 км от эпицентра.

$$\Delta \leq 1 \quad A_0 = 1 \text{ мкм}; \quad M_{\text{max}} = 6,8;$$

магнитуда по сб. и пов. волнам:

$$m_s = \lg(A/T) + Q(h, \Delta), \quad M_s = \lg a + 2 \cdot \lg \Delta + 1,3$$

$$\Delta < 600 \text{ км};$$

$$\Delta > 600 \text{ км};$$

При $\Delta > 600 \text{ км}$ - пов. в. уже сформирована;

$$a = A(T = 20 \text{ с}); \quad \alpha \text{ и } \beta - \text{лит. пояс};$$



8.2 Связь с ж. землетряс.:
 $\lambda = R \cos(\frac{2\pi t}{T})$, $E \sim \int_0^t U' dt + \sim (A|T|)^2$;

$\log E = 5,8 + 2,4 M$, $\log E = 11,8 + 1,5 M$;

т.о. $\log E \sim M$

| | | | |
|----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| M | 4 | 8 | 6 |
| $E_{\text{эп}} \text{ эр}$ | $6,3 \cdot 10^{12}$ | $6,3 \cdot 10^{23}$ | $6,3 \cdot 10^{20}$ |

$E_{\text{эп}} \cdot 6 \text{ эр} = 10^{21} \text{ эр}$

Модель очага землетрясения:

Рейд: теория упругой среды;

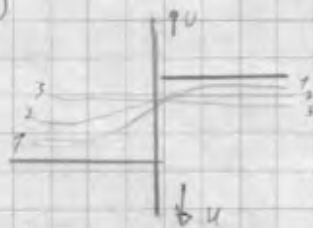
Жа - в степени свободы от. много, пост. детермин.

кур. подход не подходит;

По сложностям ко большим расстояниям можно
 иными преобразов. (циклами, квадратами...)

По Рейду: - как темнее $E_{\text{эп}}$;

- разрыв и смещ. блоков;

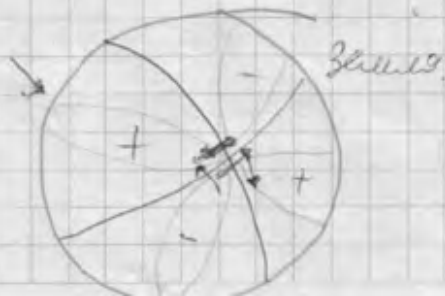


Это очень похоже на дефекты в кристалле:

Хорошо они диталем (еще лучше - парой диталем)

- отсутствие землетрясений;

Удаленные линии;



Ф модели дупалей: $\lambda \sim M_0$ - сейсмический момент, 8.3

$M_0 = \mu V S$; μ - модуль сдвига; v - подвижка, $v \sim S$

M_0 - из сейсмограмма стр-ия,

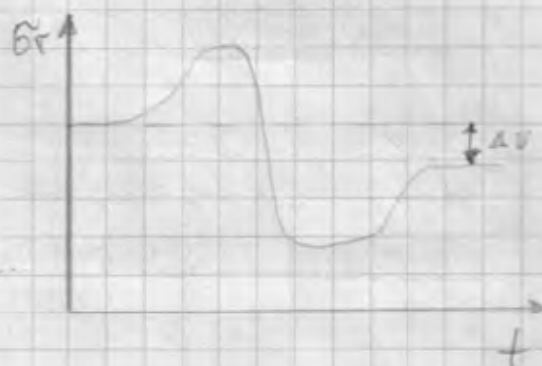
S - площ. разлома,

$M_0 = C \cdot \Delta \sigma \cdot F S^3$ - через

вел. "сброшенных напр."

$\Delta \sigma = 70 - 100$ бар;

$\Delta \sigma_{max} = 300$ бар - маленькая.



Прочность литосферы т.о. мала...

Резионы (до), в отличие от артериек (пале) ~~обычно~~ обычно малы. Δ артериек до 1000 м б.

Области сжатия - кн гр. материк-океан преобл., а обл-ч сжатия - гребни ср. ок.

→ Тесноткетизи: ←

Капшикает пале пологого малкита, над углем 11° к оси земли (вращ.) (1600г. Я. Фильберт)

$|\vec{H}| \approx 0,6 \text{ э(км)/Гс}; \tau_{\text{с}} = 10^4 \text{ П л};$

I - кн.келме; I - угол между пов. земли и \vec{H} ;

D - ок.келме; D - на пр.ка Северч гор. сест. И;

I, D, I \vec{H} - задрейт \vec{H} ;

8.4 Гаусс (1835 г.) разложил геол. поле по сфер. ор-ям

$$H_z = \frac{2M}{a^3} \cos\theta, \quad H_e = \frac{M}{a^3} \sin\theta; \quad M = \text{магн. мом.}$$

(считаем, что у нас маг. диполь)

$$M \sim 8 \cdot 10^{25} \text{ с рсн.}$$

M - магн. момент;

Медитальное поле (3%) $\sim 0,02 \text{ Гс}$; (в широтах)

оно имеет полярную структуру

Внешнее поле ионосферного происхождения $\sim 3 \cdot 10^{-4} \text{ Гс}$

(во вул бурь до $2 \cdot 10^{-3} \text{ Гс}$). Твар. ионосфер. поля: $T_a \in 560 \cdot 10^3$

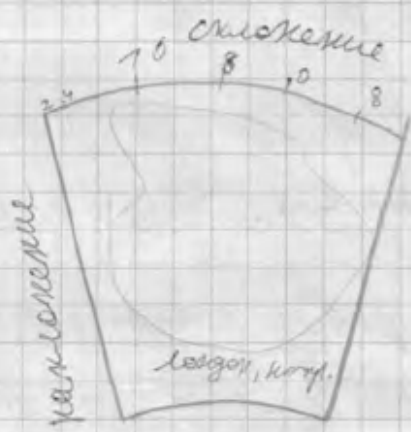
Вековые вариации внутр. геол. поля

($\sim 100 \text{ лет}$)

Норм. масштабах тысяч лет:

$T \sim 9000 \text{ лет}$; ак. гайтота;

$T_{up} \sim 100 \div 5000 \text{ лет}$ - тран. гайт.;



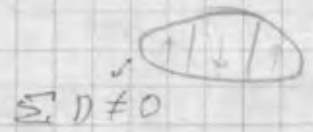
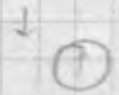
Обращение геоманнитного поля;

→ Палеомагнетизм:

Борн. породы в них же ферромагн. но, зерна Fe^2+ и Fe^{3+} могут в породах как. (от 0,1 до 10%!). Fe_2O_3, \dots - магнетит

Магнетит - мелкозернистый; (ферромагнетизм)

Гематит - однодоменное зерно;



Односторонние и двусторонние пороги уш.

Высота под барьера уш. при росте T .

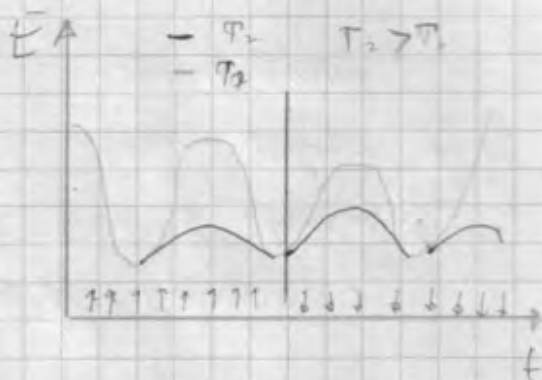
Площадь T уш. - для ферромагн. поле.

T_c (магнетит) $\sim 580^\circ C$.

Кам. уш. пород - TRM.

- термостабильная;

(запу. при $T_0 = T_c - \delta$)



Слаб. пороги при кожамидации зам. халлаж.

CRM

TRM $\sim 10^{3\frac{1}{2}} - 10^2$ CRM; CRM $\sim 10^6 - 10^5$ CRM;

7906 г. - Фрэнкелс обн. обратную от кам. пород

с возр. $\sim 10^6$ лет;

Цитации полярности: Фрэнкелс, Маттузиль, Гаули,

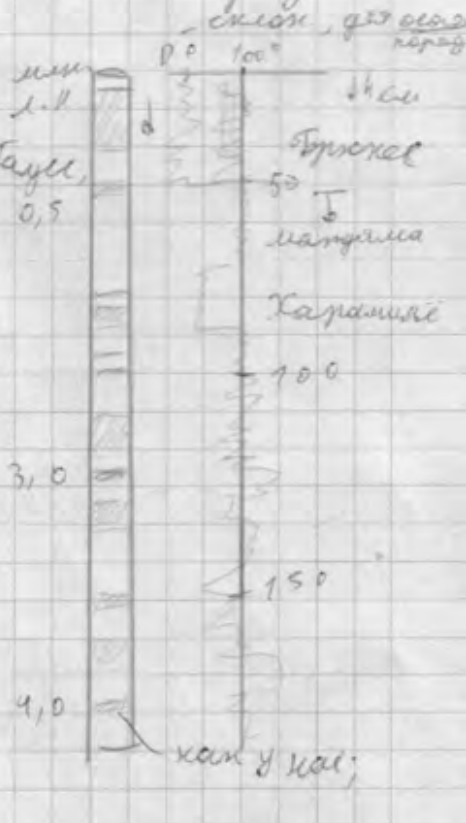
Тилдбергт (от 0,5 до 40 млн. л. н.)

В период до ихверсии коэф. сильне скачки малх. породы.

За $\pm \leq 4000$ лет - поле переключивает;

Возр. пол: трудно подлин или уст. теч. магнитопр. жидкости в ядре.

Есть конвекция тепла в мол. чаше.



86.

Состав ядра:

$$1) \rho_{\text{вещ. ядра}} = 9,9 \text{ г/см}^3 \div 12,2 \text{ г/моль};$$

$$\rho_{\text{вещ. ядра}} = 12,6 \div 13,0 \text{ г/см}^3;$$

2) ударные волны ($\rho_{\text{ж}} 3,6 \text{ Мбар}$). плотность чистого Fe

$$\rho_{\text{жр. ядра}} \sim 10,6 \text{ г/см}^3; > \rho_{\text{вещ. ядра}};$$

$$\text{а во вк ядре } \rho_{\text{Fe}} < \rho_{\text{вещ. ядра}} (!)$$

т.е. Fe почти "подходит" для объяснения явл-ий;

$$\text{вкеш. ядро} : 86\% (\text{Fe}) + 12\% (\text{S}) + 2\% (\text{Ni})$$

или 8-10-10

$$\text{внутр. ядро} : 80\% (\text{Fe}) + 20\% (\text{Ni})$$

→ Самые древние ком. породы: $\sim 3,7 \div 3,8$ (до 7) млрд. лет
т.е. было вкешнее и внутр. ядро, т.е. оно быстро обр. об...

Термодинамика:

10.1

Лекция № 10

→ Закон Кирхгофа: ←

185

Отражающее или поглощающее тело к нему посылает энергию, и она равна для всех тел и для всех длин волн λ и абс. темп. T .

Абсолютно черное тело - посылает посылает энергию, АЧТ не забывает T .

У АЧТ 1) поглощение = 1

2) Плотность энергии и спектральный состав излучения зависят от T ;

3) Излучение может быть в равновесии с веществом при равновесии излучения и вещества... при $опт T$;

Модель АЧТ

Формула Планка:



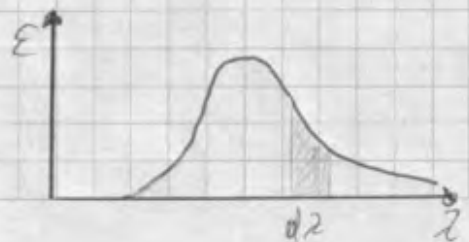
$$u(\lambda, T) = \frac{8\pi h c^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda T}} - 1} \left[\frac{Дж \cdot м^{-3}}{m^3 \cdot c} \cdot \frac{1}{\lambda} \right];$$

c - скорость света;

$h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ - постоянная Планка;

$k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ - постоянная Больцмана;

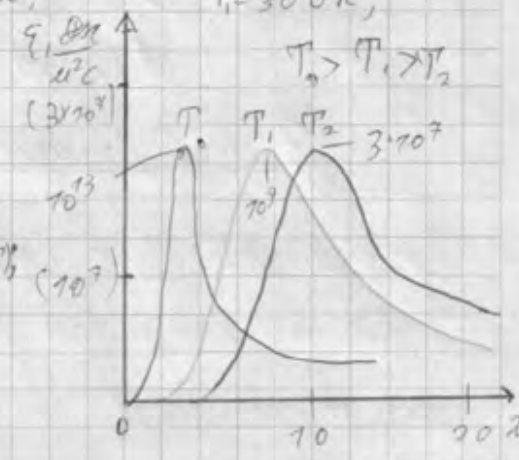
$$dE = u(\lambda, T) \cdot d\lambda \left[\frac{Дж}{m^3} \right]$$



102 Ф. на планка и еї график;

при $T = 6000 \text{ K}$ - максимум на-
падат в обл. видимого спектра.

$T_0 = 6000 \text{ K};$
 $T_1 = 1000 \text{ K};$
 $T_2 = 300 \text{ K};$



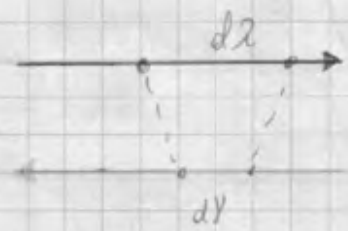
~~$\epsilon(\lambda, T) \Rightarrow \left\{ \lambda = \frac{c}{\nu} \right\} \Rightarrow \left(\frac{c}{\nu}, T \right) \Rightarrow \epsilon^*(\nu, T)$~~

т.к. $\epsilon(\lambda, T) \cup \epsilon^*(\nu, T)$ - уг. вел.

Когого через $d\lambda$!

$\frac{\epsilon(\lambda, T) d\lambda}{dE} \Rightarrow \left\{ \lambda = \frac{c}{\nu} \right\} \Rightarrow \frac{\epsilon^*(\nu, T) d\nu}{dE^*}$

$dE = dE^* \left[\frac{d\nu}{\nu^2 c} \right]$



т.к. $\lambda = \frac{c}{\nu}$, то $d\lambda = -\frac{c}{\nu^2} d\nu$;

$\epsilon(\lambda, T) d\lambda = \epsilon^*(\nu, T) \frac{c}{\nu} \cdot (-d\nu)$

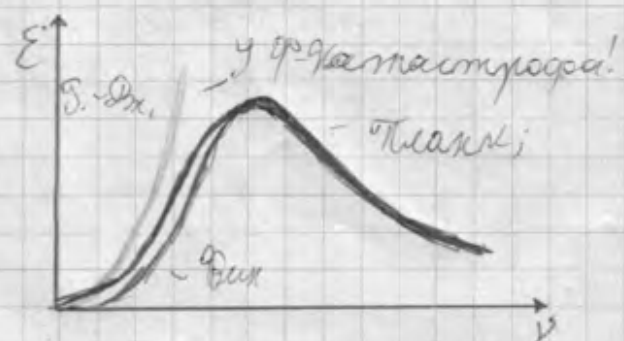
$\epsilon(\nu, T) = \frac{2\pi h \nu^3}{c^2} \cdot \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1} \left[\frac{d\nu}{\nu^2 c} \cdot c \right]$

под экв. - сравн. м.
орбиты и мен. функ.

Пределные случаи Ф-лы Планка:

$h\nu \ll kT$; $\epsilon = \frac{2\pi \nu^2}{c^2} kT$ - зм. Релея - Джинса

$h\nu \gg kT$; $\epsilon = \frac{2\pi h \nu^3}{c^2} e^{-h\nu/kT}$ - зм. Вина;



$$u(\lambda, T) = \frac{4}{c} \varepsilon(\lambda, T) = \frac{8\pi h c}{\lambda^5} (e^{\frac{hc}{\lambda T}} - 1)^{-1} \left[\frac{hc}{\lambda^3} \cdot \frac{1}{\lambda} \right]$$

- Закон смещения Вина; (макс. смещ. влево при ↑ T)
- Закон Стефана - Больцмана (изм. кол-во изл. по dλ)

Закон смещения Вина:

1893

$$\varepsilon(\lambda, T) d\lambda = \frac{2\pi h c^2}{\lambda^5} (e^{\frac{hc}{\lambda T}} - 1)^{-1} d\lambda; \quad \text{трансцендентное уравнение}$$

$$\varepsilon(\lambda, T) d\lambda = \left\{ \lambda = \lambda T \right\} = \frac{F(\lambda)}{\lambda^5} d\lambda; \quad \frac{\partial}{\partial \lambda} \left(\frac{F(\lambda)}{\lambda^5} \right) = 0 \Rightarrow \lambda_{\max};$$

$$\lambda_{\max} = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ [м} \cdot \text{К]} - \text{кол-во Вина; } \lambda_{\max} T = \lambda_{\max}$$

Закон Стефана - Больцмана:

$$E = \int_0^{\infty} \varepsilon(\lambda, T) d\lambda = \sigma T^4, \quad \sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15 c^2 h^3} = 5,67 \cdot 10^{-8} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4} \right]$$

З-к. С-Б. E - энергия для всего част. диапазона при T.

Серое тело - тело, которое пом. кол < 1 и не з. от T.

С.т - источник серого излучения, кол. по спектр. составу одит. с ч.ч., но слабее по яркости.

Угол: β = 0,8; сажма β = 0,94 ÷ 0,96

$$E = \sigma \varepsilon T^4 - \text{з-к. С-Б. для серого тела;}$$

Для селективной - тело серо-красно-коричневое...

10.4 Окна прозрачности атмосферы Земли:

- 1) Голубое окно: $0,3 \div 1,3 \text{ мкм}$ (вид. диапазон)
- 2) $7,5 \div 1,8 \text{ мкм}$ ИК-диап.
- 3) $2,0 \div 2,6 \text{ мкм}$
- 4) $7,0 \div 15,0 \text{ мкм}$ - тепл. ИК д.
- 5) $0,5 \text{ мкм}$ и более 10 мкм (микров. и радиод. - кабель-тр.)

Альбедо - доля солнечной энергии, отраж. от планеты

$$A = \Phi / \Phi_0, \text{ где } \Phi - \text{ пот. радиат. пл. во все ст.};$$

$\Phi_0 - \text{ падающий поток};$

$$A_{\text{земл.}} = 0,3 \div 0,36;$$

В спектре планет - два макс.: отгр. солн. изл. и тепл.

Солнечная постоянная (S_0) - сумм. поток солн. изл. прех. через ед. площ., перпен. к напр. лучей и как-внез. отпл. на расст. $r = 1 \text{ а. е.} (149,6 \cdot 10^9 \text{ м})$ от С.

$$\underline{S_0 \approx 1370 \text{ Вт/м}^2}; \quad \frac{\Delta S_0}{S_0} < 0,01$$

$$\text{Светимость солнца: } L_{\odot} = S_0 \cdot 4\pi r^2 \approx 3,84 \cdot 10^{26} \text{ Вт};$$

$$\text{Земль изл. } L'_{\oplus} = S_0 \pi R_{\oplus}^2 = 1,75 \cdot 10^{17} \text{ Вт};$$

$$\frac{L'_{\oplus}}{L_{\odot}} = \pi R_{\oplus}^2 / 4\pi r^2 \approx 4,4 \cdot 10^{-10};$$

$$u(\lambda, T) = \frac{4}{c} \varepsilon(\lambda, T) = \frac{8\pi h c}{\lambda^5} (e^{\frac{hc}{\lambda k T}} - 1)^{-1} \left[\frac{hc}{\lambda^3} \cdot \frac{1}{\lambda} \right]$$

- Закон смещения Вина; (макс. спектральной плотности λT)
- Закон Стефана - Больцмана (сум. кол-во изл. по λ)

Закон смещения Вина:

1893

$$\varepsilon(\lambda, T) d\lambda = \frac{2\pi h c^2}{\lambda^5} (e^{\frac{hc}{\lambda k T}} - 1)^{-1} d\lambda; \quad \text{трансцендентное уравнение}$$

$$\varepsilon(\lambda, T) d\lambda = \left\{ \lambda = \lambda T \right\} = \frac{F(\lambda)}{\lambda^5} d\lambda; \quad \frac{\partial}{\partial \lambda} \left(\frac{F(\lambda)}{\lambda^5} \right) = 0 \Rightarrow \lambda_{\text{ макс.}}$$

$$\lambda_{\text{ макс.}} = 2,898 \cdot 10^{-3} [\text{м} \cdot \text{К}] - \text{конст. Вина}; \quad \lambda_{\text{ макс.}} T = \lambda_{\text{ макс.}}$$

Закон Стефана - Больцмана:

$$E = \int_0^{\infty} \varepsilon(\lambda, T) d\lambda = \sigma T^4, \quad \sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15 c^2 h^3} = 5,67 \cdot 10^{-8} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4} \right]$$

З-к. С-Б. E - энергия для всего част. диапазона при T.

Серое тело - тело, которое макс. кол-во изл. < 1 и не з-от T.

С.т. - источник серого излучения, кол-во по спектр. составу одинак. с А ЧТ, но слабее по яркости.

Угол: $\beta = 0,8$; самая $\beta = 0,94 \div 0,96$

$$E = \beta \sigma T^4 - \text{з-к. С-Б. для серого тела};$$

Для солнечной энергии - тело серого тела...

Создаем вариации саяк. радиации:

10.5

(как нечет!) .

$$\phi \sim \frac{1}{43^2} \Rightarrow \frac{q_{пер}}{q_{доп}} = \left(\frac{r_{доп}}{r_{пер}} \right)^2. \quad \epsilon_3 = \frac{c}{a} = 0,0167;$$

$$\frac{T_g}{T_n} = 1,017; \quad \frac{Q_p}{Q_a} = 1,034 \text{ т.о. поток кельево варьируется.}$$

Земля более диактан диатерике изл.

$$S_{нобс} = 4\pi R_c^2, \quad S_{сая} = \pi R_3^2, \quad S_{ноб} = 4\pi R_3^2;$$

$$E = \sigma T^4 - c.u3 - \alpha \epsilon T.$$

$$T_3 = const;$$



$$L_c = \sigma T_c^4 S_{нобс} = 4\pi \sigma T_c^4 R_c^2;$$

$$Q_c = L_c \frac{\pi R_3^2}{4\pi R_3^2} = \pi \sigma T_c^4 R_c^2 \frac{R_3^2}{R_3^2};$$

$$\underline{T_3 = -18^\circ C};$$

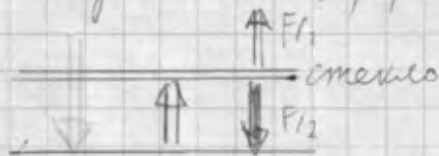
$$Q_3 = \sigma T_3 S_{н.3} = 4\pi \sigma T_3^4 R_3^2;$$

$$T_3 = T_c \sqrt[4]{\frac{R_c}{2R_3}} (1-A)^{1/4} \approx 255 K \approx -18^\circ C;$$

$$A \approx 0,3; \quad T_c = 5780^\circ K; \quad R_c = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}; \quad r_3 = 149,6 \cdot 10^9 \text{ м};$$

$T_{ср.Т} \text{ Земли} = 288^\circ K;$

Не учтемо влиение парникового эффекта.



Но ка самым деле мы стеклом ваяк. конвекцию рудили, аке радиач. изл. е.

10.6 $\varphi_3 \neq \varphi_c (1-A)$ к.с.г. $\varphi_c (1-A) = B\varphi_3$, $B < 1$;

$B = 0,6$, $T_c = 5750^\circ \text{K}$, $A = 0,3$;

$$\underline{T = 288 \text{ K} = 15^\circ \text{C}!}$$

Дликовасково изл. пов-и $\rightarrow (!) \rightarrow$ прих. изл. - парн. зр.

Законир - е пов-и удобно вести дз $\lambda = 10 + 7z$ мкм, σ
кво у Тламка - максимум при $T = 300^\circ \text{K}$ там;

Вода пом. вл. изл. ко $z \sim 10^6 \text{ м}$! т.о. и изл. ет с
этой пов-и!

Еще круто делать скички ко разным дном, о за-
тем объединять.

$I(z) = I_0 e^{-z/\lambda}$, где $z = z_0(z)$, т.о. и ко разным злу-
бикам можно изл.

Лекция № 11

Цвет океанов, морей и вод суши:

- $L = +$
- 1) отраж. от воды;
 - 2) рассеянный в толще воды;

R - коэффициент отражения; $R \neq R(\lambda)$, но: $R = R(\lambda)$;

Релей λ^{-4}

ли: $I \sim \cos^2(\alpha)$

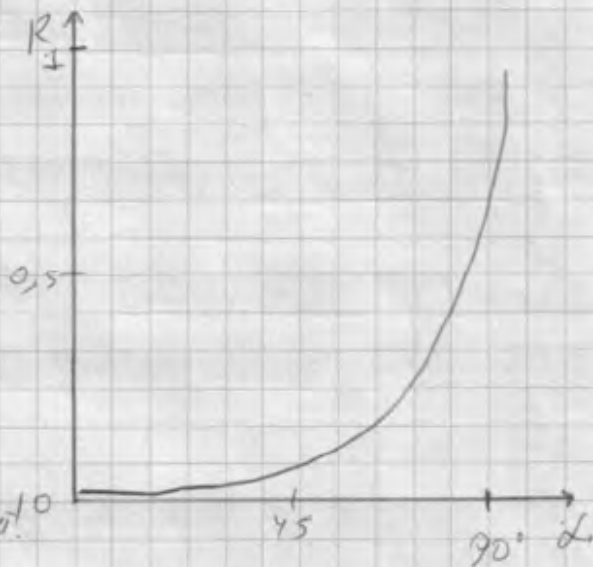
т.о. $I \sim \frac{1}{\lambda^4}$

Еще: $I \sim \text{диаметр}$

Спектральный состав изм.

$I(x) = I_0 e^{-\sigma x}$, где $\sigma = \sigma(\lambda)$

лучше проходит - голубее!



Космическая погода:

Солнечная активность - совокупность процессов, происходящих на Солнце (пятна, протуберанцы, УФ, рентген, вспышки и т.д.)

11 лет - магнитный цикл; 27 сут. - период (солнечный)

При смене цикла - меняется полярность облучения магн. поля Солнца.

Пятна на 7000 ÷ 15000 K меньше от. Вел. Вел.

1.2 Возможно в местах пятен суу. сильное магн. поле, поэтому нагрев плазмы затруднен.

Влияние С. акт. на природу:

1) На земле видны более темные пятна каждые 11 лет.

2) - Великие кабри. вблизи пятен;

- Вспышка: $\sim 10^4 \text{ K}$; $I \rightarrow 10^{4.5}$;

- От 1 до 15 мин разлив. вспышка;

- До 10^{13} K выбрасывается веу-во;

Солнечный ветер - истечение заряженной плазмы из внешних областей солнечной короны.

- До 200 а. е. пр-во зап-ет;

- Состоит из р и п.

- $v \in [300; 700] \text{ км/с}$;

- $n \sim 10^4 \text{ см}^3$ ($n = 1 \text{ а. е.}$)

- $n \sim r^{-2}$;

- Число Маха ($n = 10 \text{ а. е.}$) ~ 4 ; (сверхзв. поток)

\square - ск. частицы;
 \square - упр. балка;

СВ взаимодей. с магн. полем Меркурия, З, Ю. С., а также соносферами Марса и Венеры.

Геомангнитная ловушка:

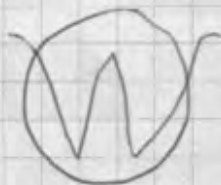
113

При влетах под ост. углом θ в радиационный пояс - возникает "навивание" по широту частицы.

$$\frac{m v^2 \sin^2 \theta}{H} = \text{const} - \text{адиабатич. инвариант};$$

θ - питч. угол, $T_{s-n} \approx 10^3 \div 10^4$ с; $t = 1 \div 3$ сут; как в поле;

Радиотный дрейф: 1 мкм \div 1 сут;



Полярные сияния - излучение

атомов атмосферы, возбужд. врез. столкновения с част. "вылетающими" из рад. пояса.

Атомы O_2 - зел. и красное свечение;

В приполярных зонах они надб., т.к. там линии поля спускаются и приближ. к Земле.

Атмосферное электричество:

- Все облака, туманы, павиль - заряжены;
- В чистой атм. есть эл. поле;
- $Q_{3.} = -3 \cdot 10^5$ Кл;

Зоны



"Хорошей погоды"

"Паруси-й погоды"

нет атмосфер. ... медр-ры; грозы, ... лок - в 90. урн

1.4 у пов-и З.: $E \approx 130 \text{ В/м}$; $E = E(h)$, $h \uparrow \rightarrow E \downarrow$ (у м. сн)

$U_{3-мол} = 200 \div 250 \text{ кВ}$; Это всё в зонах. хорошей и.

Изу. E от т: унитарные (по всей З.) и локальные;

Электропроводность атмосферы:

$$\lambda = \sum_{\text{все}} q_i \cdot n_i \cdot u_i,$$

q_i - заряд; n_i - конц.; u_i - подвижность!

у пов-и З.: $\lambda = (2 \div 3) \cdot 10^{-14} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$;

Выше возр. на порядок.

Источники ионизации атмосферы:

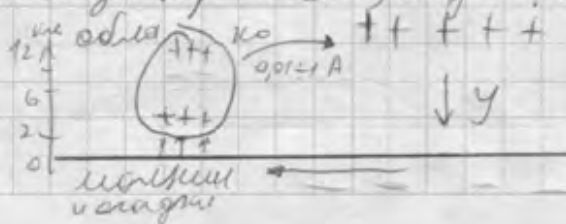
- 1) косм. лучи;
- 2) изучение радиоспект. волн - в на Земле;
- 3) УФ и корп. изл - в Солнца;

у пов-и З.: $n \sim 20 \text{ ионов/см}^3$, $h = 10 \text{ км}$, $n \sim 10 \text{ ионов/см}^3$;

$n \uparrow$ при $h \uparrow 10 \text{ км}$;

$j_{\text{тока на пов З}} \approx \sim 10^{-12} \text{ А/м}^2$; у м. ток $\approx 1800 \text{ А}$;

E: облака и осадки, пылевые бури, изв. вулканов, метели, разбрызгивание воды при дожде, догон...



Термодинамика:

Задача № 12

Вязкое течение:

$$\rho dV \frac{dU}{dt} = \eta \Delta$$

$$\frac{dU}{dt} = \frac{\eta}{\rho} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} \right) \equiv \nu \Delta U, \quad \nu - \text{кин. вязк.}$$

$$\vec{F}_{TP} = \nu \Delta \vec{v} \quad \Delta - \text{Лапласов оператор}$$

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = \vec{F}_{grad} + \vec{F}_{mass} + \vec{F}_{TP}, \quad \text{т.о.} \quad \frac{d\vec{v}}{dt} = -\frac{\vec{\nabla} p}{\rho} + \vec{g} + 2[\vec{v} \times \vec{\omega}] + \nu \Delta \vec{v}$$

Поток лагранжиана: паралл. траектории $\vec{v} = \vec{v}(x, y, z, t)$

Поток Эйлера: паралл. н.л.н. $\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v}, \vec{\nabla}) \vec{v}$

По Л.: $u = u(x(t), y(t), z(t), t), \text{ т.о.}$

$$\frac{du}{dt} = \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial t} + \dots + \frac{\partial u}{\partial z} \frac{\partial z}{\partial t}, \quad \text{где } \frac{\partial x}{\partial t} = u, \quad \frac{\partial y}{\partial t} = v, \quad \frac{\partial z}{\partial t} = w;$$

$$\text{т.о.} \quad \frac{du_i}{dt} = \frac{\partial u_i}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 \frac{\partial u_i}{\partial x_j} u_j;$$

т.о. полная система ур-н в \mathcal{R}^3 :

ур-е Навье-Стокса:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v}, \vec{\nabla}) \vec{v} = -\frac{\vec{\nabla} p}{\rho} + \vec{g} + 2[\vec{v} \times \vec{\omega}] + \nu \Delta \vec{v}$$

ур-е неразрывности:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{v}) = 0, \quad \rho = \rho(p)$$

т.о. Система ур-н замкнутой,

и нелиней.

ур-е переноса тепла: $\frac{\partial T}{\partial t} + (\vec{v}, \vec{\nabla}) T = \chi \Delta T, \quad \rho = \rho(p, T)$

12.2 Условие для соискателя: $\frac{\partial S}{\partial t} + (\vec{v}, \vec{\sigma}) S = g \Delta S;$

$g = g(p, \varphi, S)$

Упрощения в Физюг:

1) Идеальный газ (жидк.):

$g = g_0 = \text{const}; \frac{\partial g}{\partial t} = 0, \text{ и } g \neq g(p)!$

2) Стационарное течение:

$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = 0, \frac{\partial g}{\partial t} = 0;$ даже для вихрей годится,

3) Угловая кевляная жидк.:

$\nabla \cdot \Delta \vec{v} = 0,$

4) Илир. кривл. уг. кевляная жидк.:

$(\vec{v}, \vec{\sigma}) \vec{v} = 0,$

5) Трехмер. кривл.:

$\nabla \Delta \vec{v} = 0, \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = 0, (\vec{v}, \vec{\sigma}) \vec{v} = 0 \text{ и } g \text{ ур. в } \frac{\partial p}{\partial s}!$ $-\frac{\vec{\nabla} p}{\rho_0} + 2E\vec{v} \times \vec{\omega} = 0,$

$\text{div}(\vec{v}) = 0.$

Из пред. кривл.: $-\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} + 2\omega v \sin \varphi = 0, -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial y} - 2\omega v \cos \varphi = 0;$

Там же океан:

$\Delta p = \rho_0 g \xi(x), \frac{\partial p}{\partial x} = \rho_0 g \frac{\partial \xi}{\partial x},$

Но вода в изг. не помещает!

$\frac{\partial p}{\partial y} = 0, u = 0 \text{ т.о. } v = \frac{g \partial \xi}{2\omega \rho_0 \partial x} - \vec{v} \parallel \vec{i}(x) !$



Трехмер. кривл. ветер:

Из низкого давл. воздух не в од. низкого течения, а перт. град. давл. (из-за кривизны!)

7) Гидро. Бусинеска:

Предп.: $T = T_0 + T'$, $T' \ll T_0$, $\rho = \rho_0 + \rho'$, $\rho' \ll \rho_0$.

T_0, ρ_0 - нек. станд. T и ρ ; $\rho' = \left(\frac{\partial \rho}{\partial T}\right)_p T' = -\rho_0 \alpha T'$.

$\vec{\nabla} p_0 = \vec{g}$, ($p_0 = p_{\text{атм}} - \rho_0 g z$); α - тепл. коэфф. расшир. жид.
 $\alpha = \alpha(T, \rho, \dots)$ и т.д. и т.п.

III. $\vec{\nabla} p = \frac{\vec{\nabla}(p_0 + p')}{\rho_0 + \rho'} = \frac{1}{\rho_0} \cdot \frac{\vec{\nabla}(p_0 + p')}{1 + \rho'/\rho_0} \approx \frac{1 - \rho'/\rho_0}{\rho_0} \vec{\nabla}(p_0 + p') =$
 $= \frac{\vec{\nabla} p_0}{\rho_0} + \frac{\vec{\nabla} p'}{\rho_0} - \frac{\rho' \vec{\nabla} p_0}{\rho_0^2} - \frac{\rho' \vec{\nabla} p'}{\rho_0^2} + 2T' \vec{g}$
 $\frac{1}{1+x} \approx 1-x$

Подставляем в дин. ур-е: $\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \vec{\nabla}) \vec{v} = -\frac{\vec{\nabla} p'}{\rho_0} + \vec{g} + \nu \Delta \vec{v}$

$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \vec{\nabla}) \vec{v} = -\frac{\vec{\nabla} p'}{\rho_0} - 2T' \vec{g} + \nu \Delta \vec{v}$, p' - вариац. дав.
силы Архимеда!

$div \vec{v} = 0$, и вар-ии g пренебрегаем!

8) Циклографический:

В дин. с.к.: $\frac{v^2}{r} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} = 0$ (для вихревых штилей (малый r))

Дрейфовые течения:

Перекос вод \perp ветру (спираль Фуко).

Типы волн в океане: (по типу возр. силы)

- 1) Гравитационные (пов. и вх.) \div возвр. сила - $m\vec{g}$;
- 2) Капиллярные (ув.-кат.) \div сила пов.-нат.
- 3) Акустические \div сила упр.;
- 4) Термогравитационные или инерционные - сила Корiolиса;

12.2 (Полуприхоженные волны)

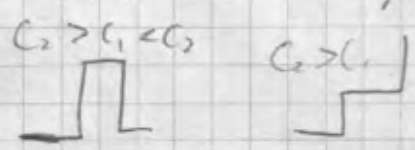
- 1) Ветровые;
- 2) Турбулентные;
- 3) Аномально-барические (вн. изобар... перемещение их);
- 4) Сейсмические;

Квадрат ≈ 10 м; система уравнений для этих волн в направлении ветра.

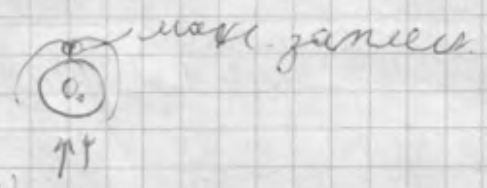
$\frac{\partial^2 S}{\partial t^2}$ Сл. волны $C = \sqrt{gH}$ с волн $1-2$;

$$\frac{\partial^2 S}{\partial t^2} = g \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right),$$

Внешние рельефы как волны:



орондуировано волн. (депр. масса)



Задача Фриша (3-й, 7-й) - уровень моря по мере приближения к берегу.

$$W_1 = W_p, W_2 = W_1 = g \int_{x_0}^{x+x} \xi^2 dx; W_2 = g \int_{t_0}^{t+t} \xi^2 \sqrt{gH} dt,$$

$$g \int \xi^2 \sqrt{gH} C_0 = const; \int_{x_0}^{x+x} \xi^2 dx = const,$$