

# ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА-

---

- ЭТО СТЕПЕНЬ  
НАГРЕТОСТИ ВОЗДУХА

# температура

- Характеризует тепловое состояние,
- среднюю кинетическую энергию движений воздуха



- Влияние температуры на летно-технические характеристики ВС;
- Изменение температуры во времени и пространстве;
- Связь температуры воздуха с метеорологическими явлениями и величинами, влияющие на деятельность авиации



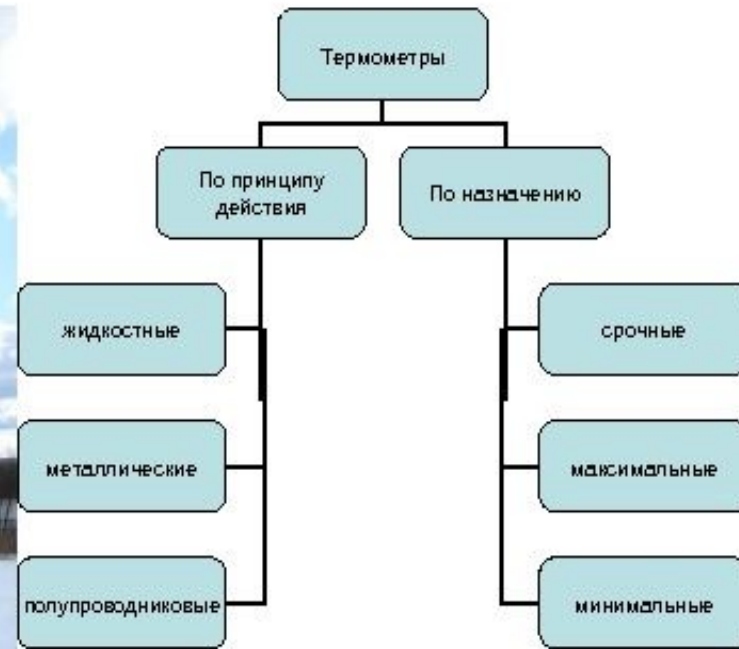
# Физические характеристики атмосферы

Состояние атмосферы определяется рядом физических характеристик (параметров). Основными из них являются температура, влажность, давление, плотность воздуха.

**Температура воздуха** – характеристика теплового состояния равная средней кинетической энергии движения молекул и атомов, составляющих воздух [ $^{\circ}\text{C}$ ,  $^{\circ}\text{K}$ ].

Для измерения температуры применяются термометры.

Для непрерывной записи температуры воздуха используются суточные и недельные термографы.



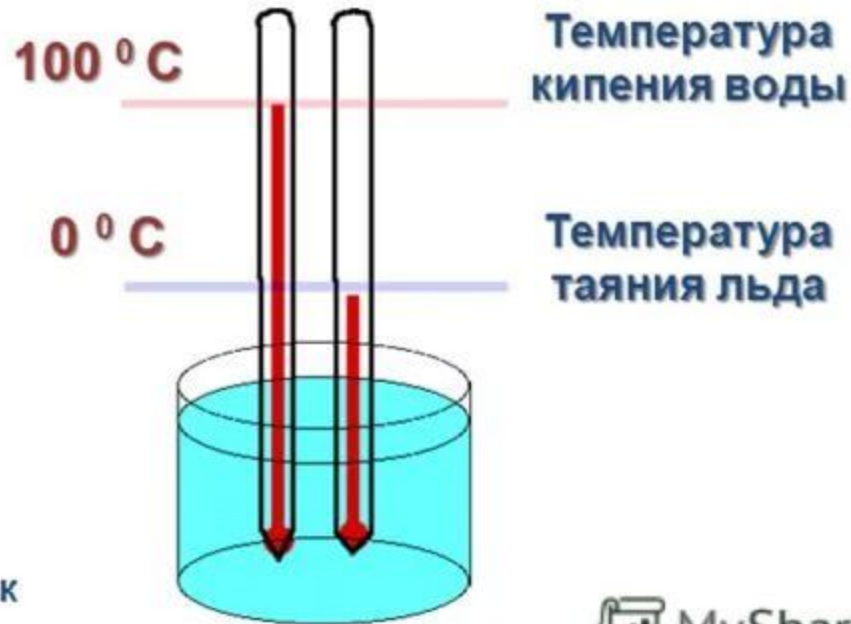


## Шкала Цельсия

1742 год – шведский физик и астроном шведский физик-астроном Цельсий изготавливает свой термометр, в котором 0 градусов - температура таяния льда, а 100 градусов - температура кипения воды при нормальном давлении. В настоящее время температурная шкала Цельсия является наиболее употребительной.



Андерс Цельсий  
шведский астроном, физик  
(1701-1744)



# Современные термометры

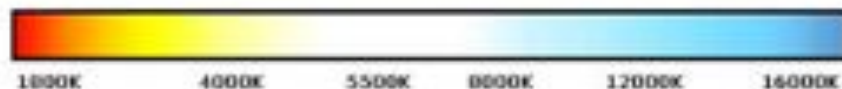
Термопары – приборы для измерения температуры



Большой температурный диапазон измерения: от  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $2500\text{ }^{\circ}\text{C}$



Инфракрасный термометр



Температура стали	
550	
630	
680	
740	
770	
800	
860	
900	
960	
1000	
1100	
1200	
1300	



Термометр на терморезисторе

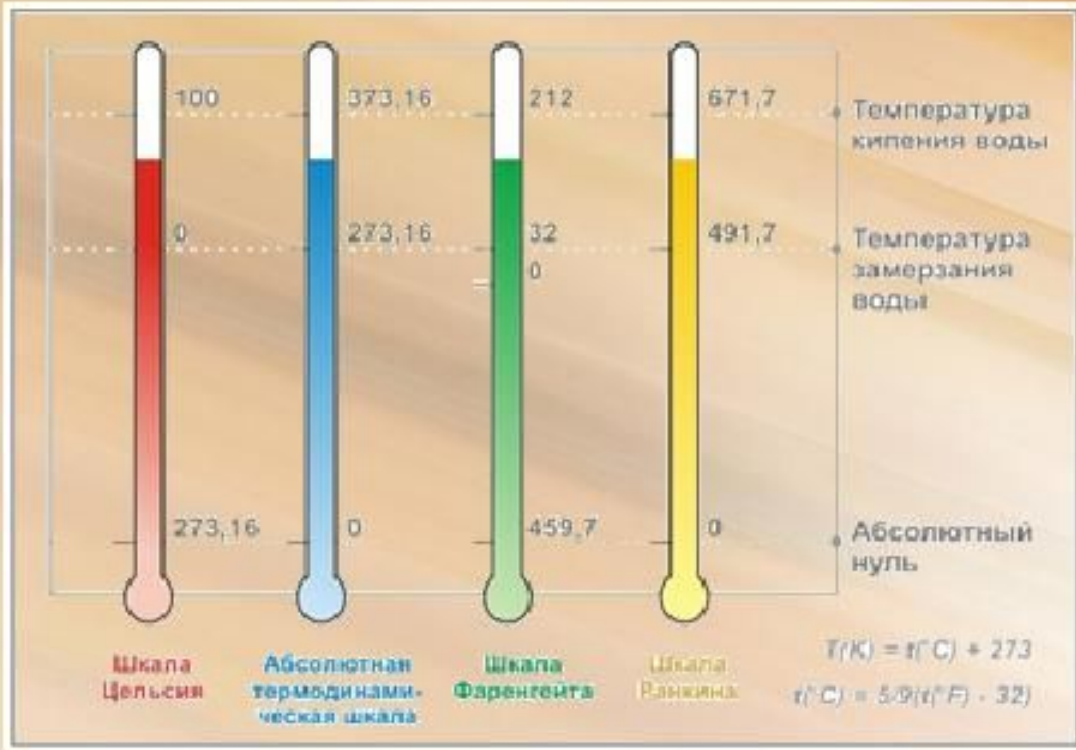


Биметаллический термометр



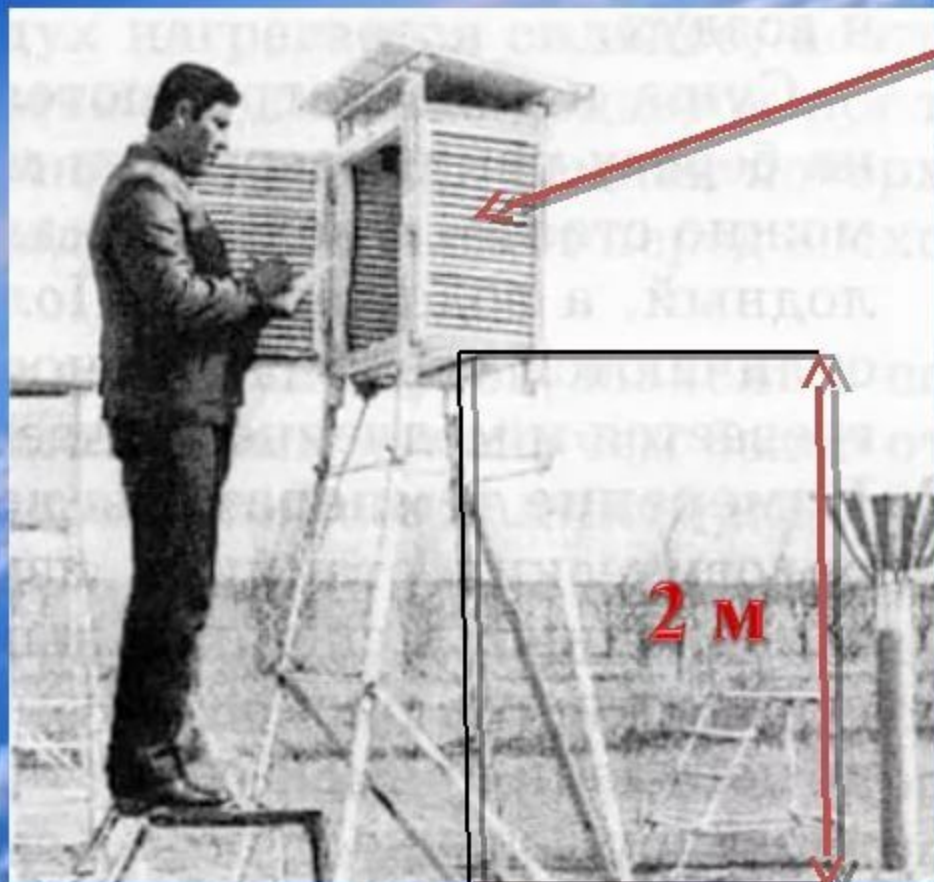
Прибор для измерения температуры создан давно и его назвали термометром

Существует много температурных шкал





# Измерение температуры воздуха



➤ термометр помещают в специальную будку

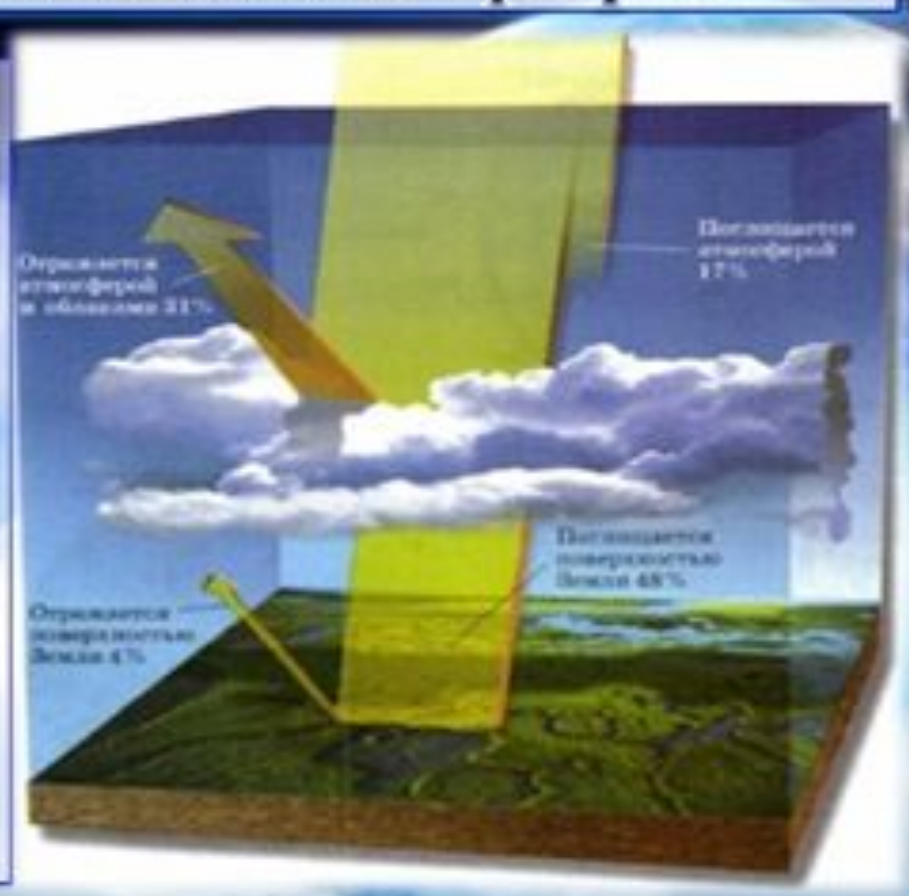
➤ будка с термометром находится на высоте 2 м от поверхности земли

➤ будка нужна для того, чтобы на термометр не попадали прямые солнечные лучи



# Как нагревается земная поверхность и атмосфера

☀ Солнце излучает огромное количество энергии. Однако атмосфера пропускает к земной поверхности только половину солнечных лучей. Часть их отражается, часть поглощается облаками, газами и частицами пыли.





# Конвекция

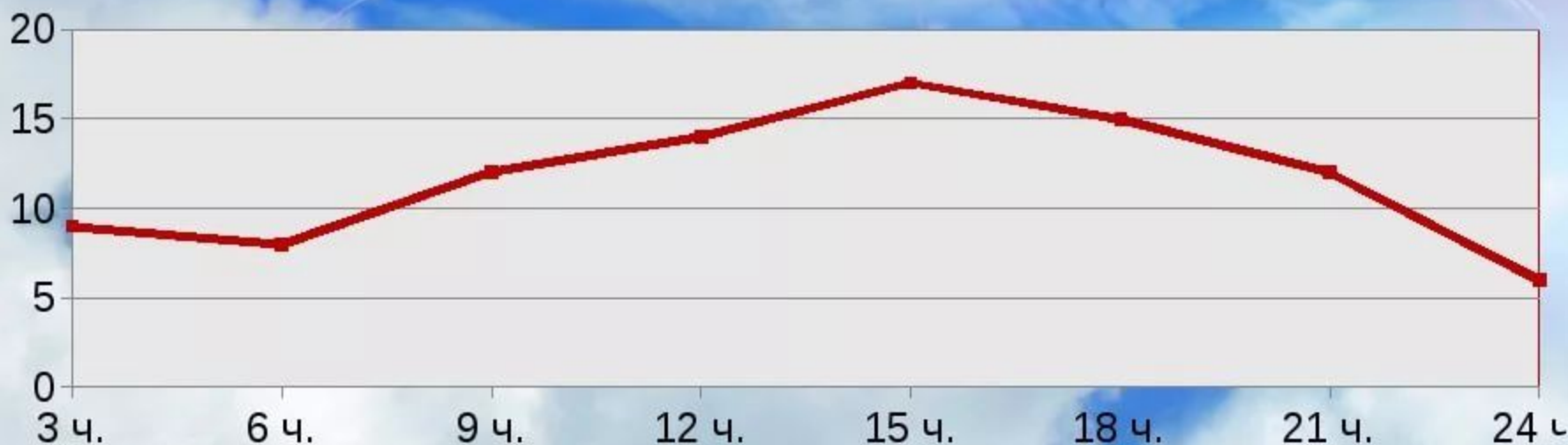
- Конвекция - это естественный перенос тепла от нагретых поверхностей, за счет движения воздуха, создаваемого архимедовой силой



- Периодические изменения погоды — это изменения, обусловленные суточным и годовым **Периодические изменения погоды — это** изменения, обусловленные суточным и годовым ходом метеорологических величин, т. е. изменения, зависящие от суточного и годового вращения Земли.
- **Непериодические изменения погоды** — это изменения, обусловленные переносом воздушных масс. Они нарушают нормальный суточный и годовой ход метеорологических величин, т. е. уменьшают или даже перекрывают периодические изменения погоды.

# Изменение температуры во времени

В течении суток самая высокая температура воздуха в 14 часов дня, а самая низкая температура воздуха за 1 час до восхода Солнца.



# Изменение температуры воздуха

- в течение суток (среднесуточная)

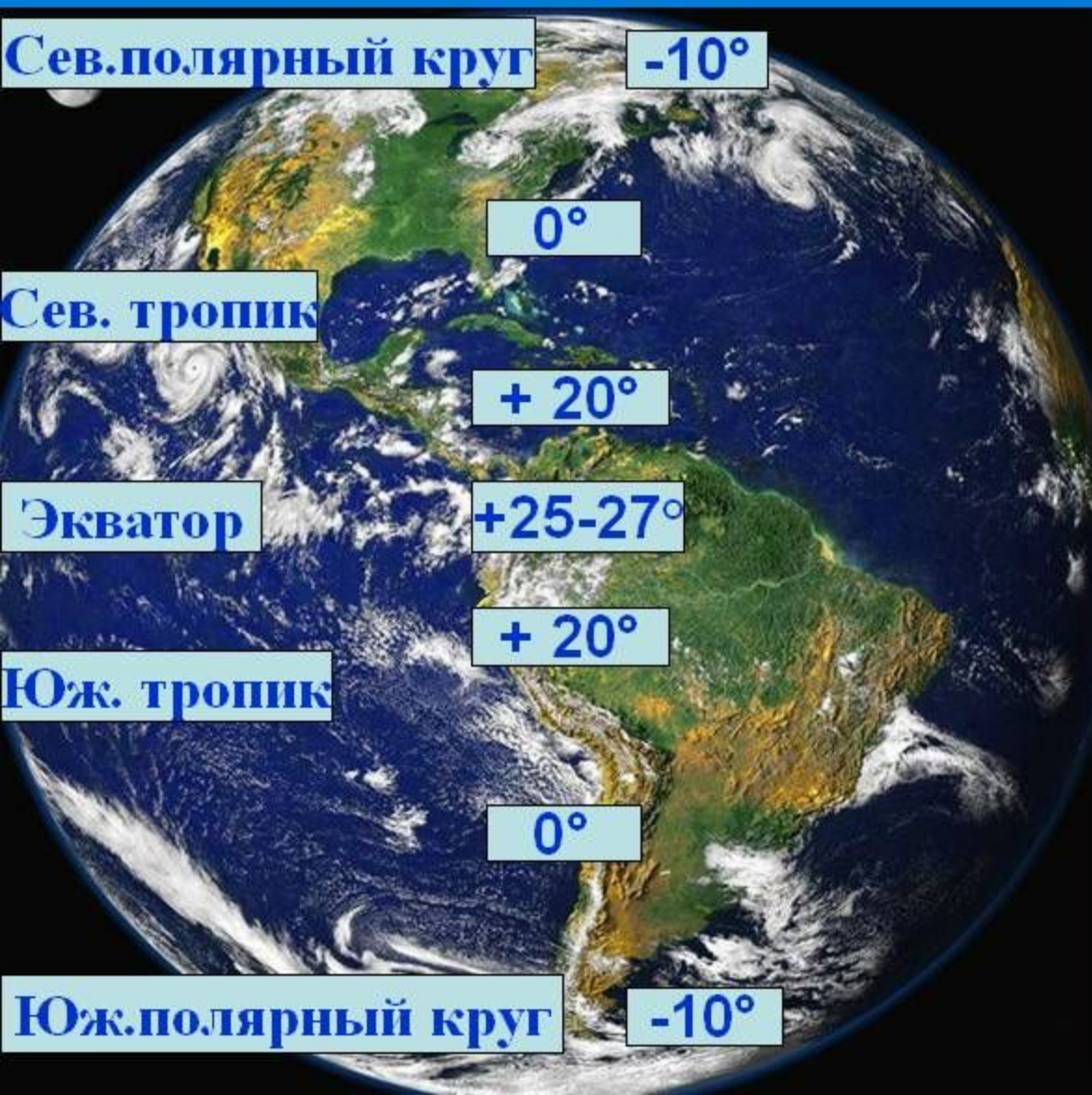
- в течение месяца (среднемесячная)

- в течение года (среднегодовая)





# Средние годовые температуры воздуха на Земле

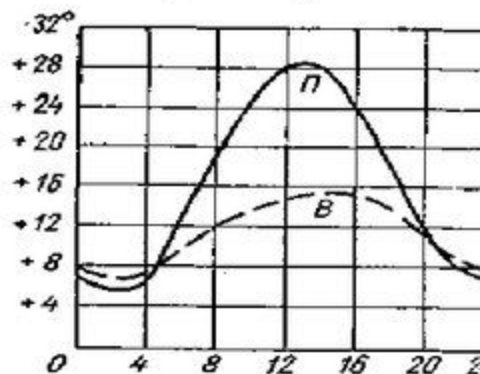


**Зависимость температуры воздуха от географической широты**

# Суточный и годовой ход температуры на поверхности почвы

## Суточный ход

- **Максимум** – 13<sup>00</sup> – 14<sup>00</sup> (в умеренных широтах летом в ясную погоду может достигать +50 ... +60°C, в тропиках – до +80°C);
- **Минимум** – через 0,5 часа после восхода Солнца (в умеренных широтах даже летом в ясную погоду может опускаться до 0°C);
- **Амплитуда:** суточная амплитуда температуры на поверхности почвы примерно в 2 раза больше, чем на высоте метеорологической будки (2 м), **зависит от следующих факторов:**
  - Географическая широта (уменьшается от тропиков к полярным широтам);
  - Сезон года (летом больше, чем зимой);
  - Облачность (в ясную погоду больше, чем в пасмурную);
  - Экспозиция склона (на южных больше, чем на северных);
  - Растительный покров (снижает амплитуду);
  - Тепловые свойства почвы (над темными и каменистыми почвами амплитуда увеличивается).

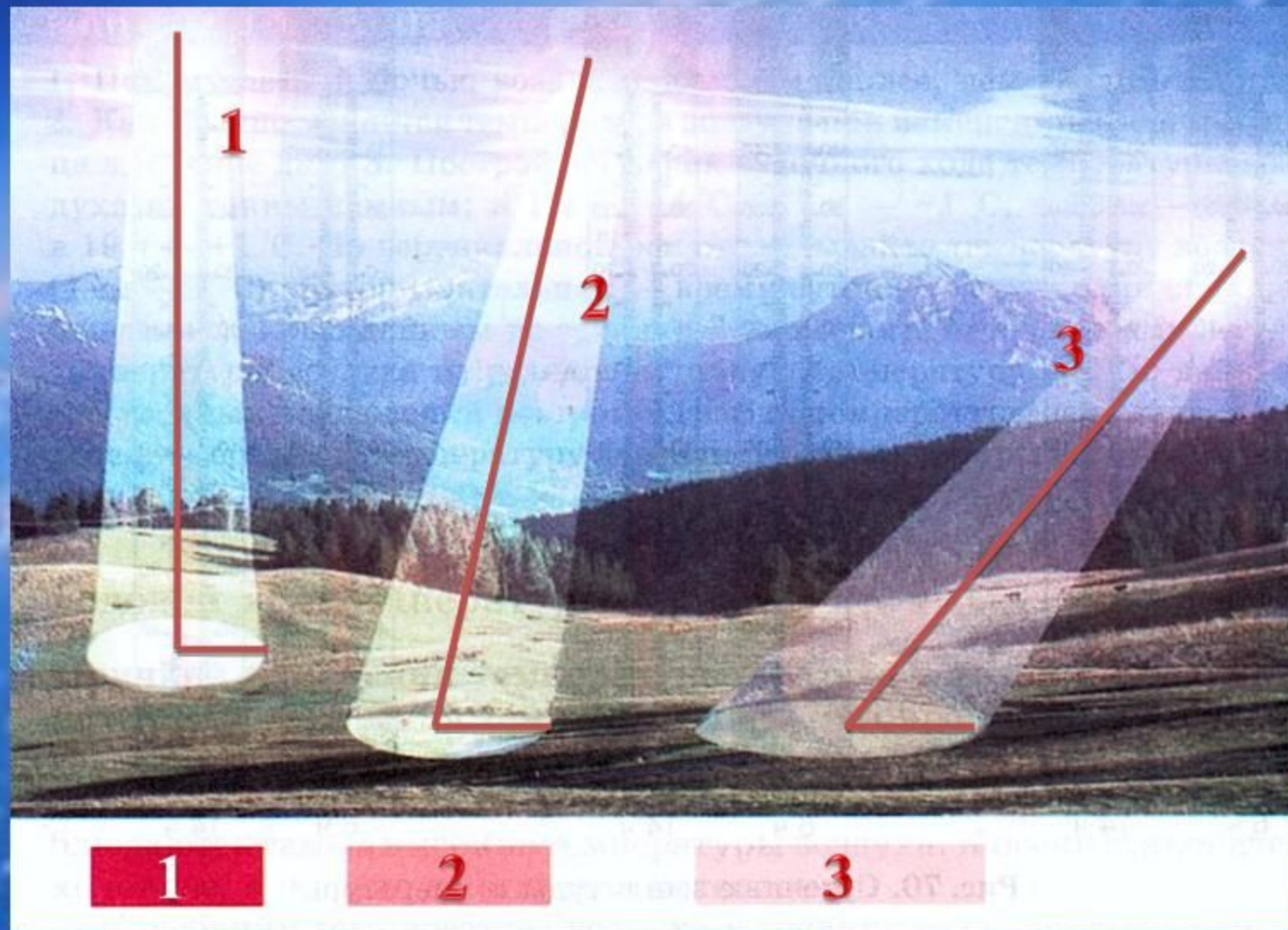


## Годовой ход

- **Максимум** – в июле (в северном полушарии, исключение – экваториальные субэкваториальные широты);
- **Минимум** – в январе (для северного полушария, исключение – полярные широты);
- **Амплитуда:** годовая амплитуда температуры зависит от тех же факторов, что и суточная, за тем исключением, что от экватора к полюсам она увеличивается (2 –



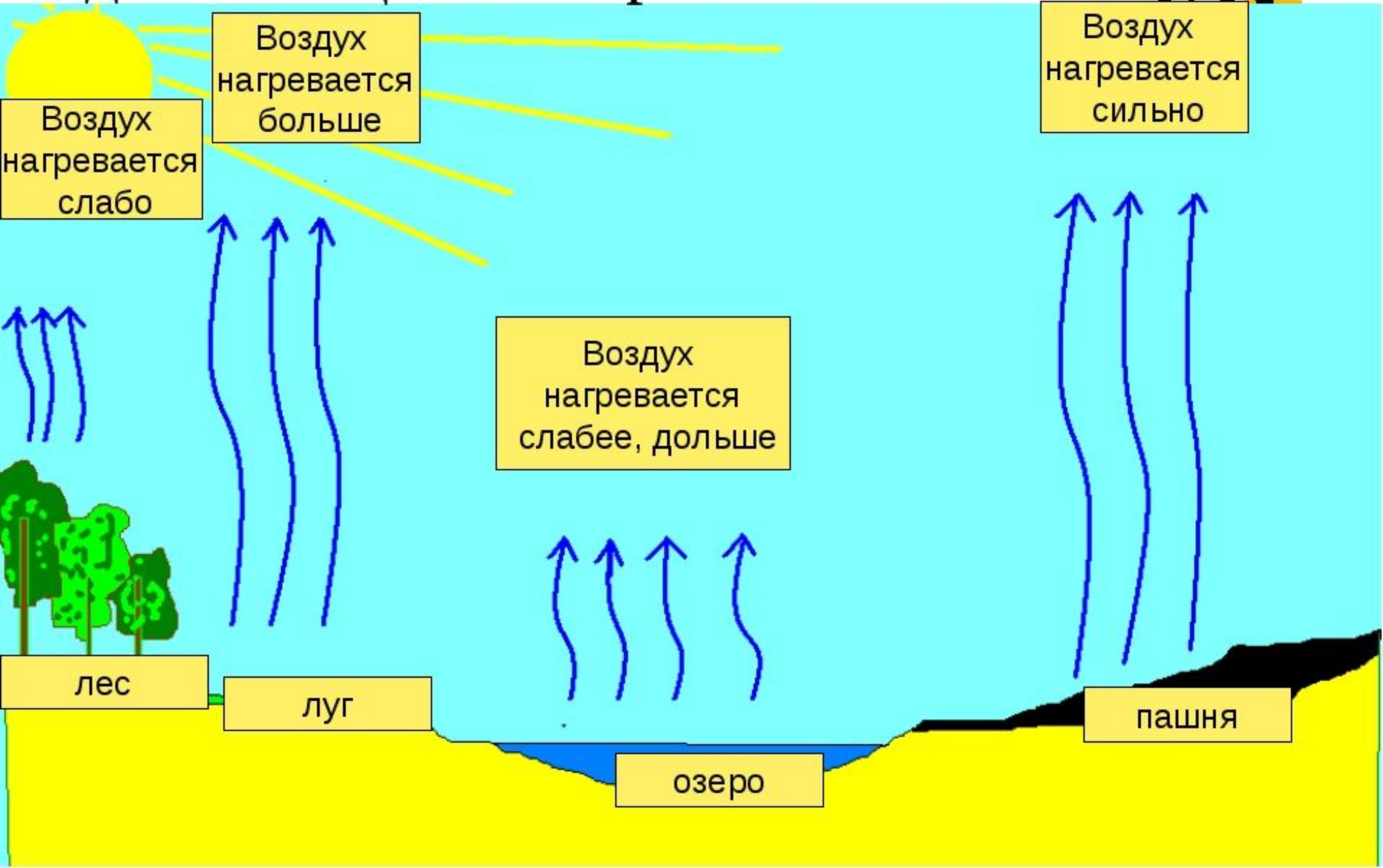
**Колебания температуры воздуха в течение суток зависят от угла падения солнечных лучей.**



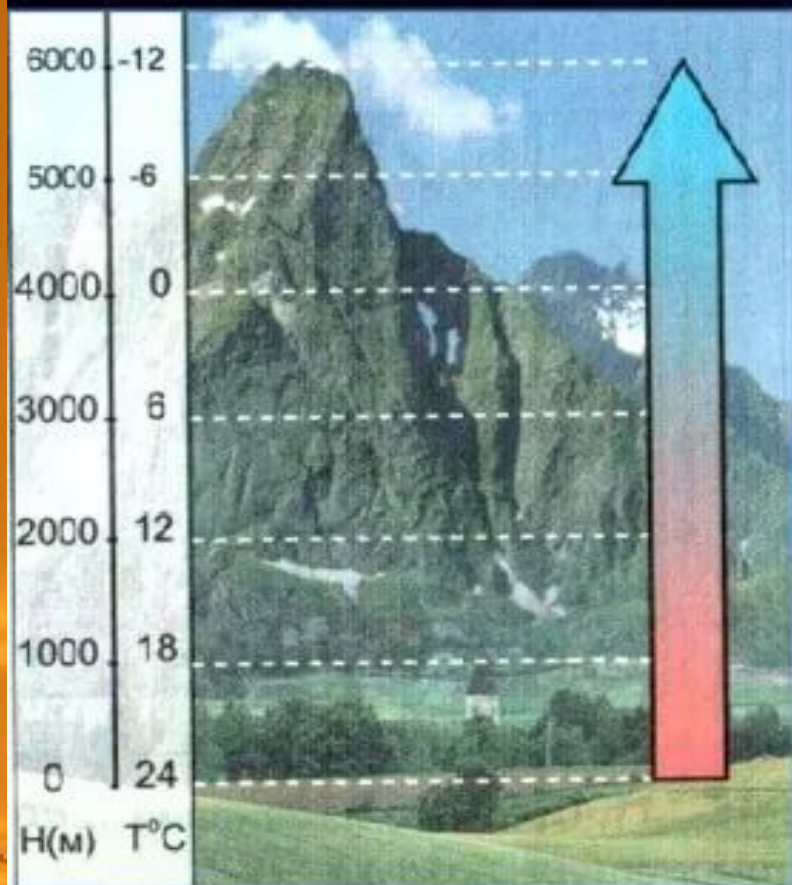
**Чем более отвесно падают лучи, тем сильнее нагревается земная поверхность.**



# Температура воздуха зависит от типа подстилающей поверхности



# Изменение температуры с высотой



## Правило №2:

- при подъеме над поверхностью Земли температура воздуха в тропосфере понижается на  $6^{\circ}\text{C}$  на каждом километре подъема.

www.airline

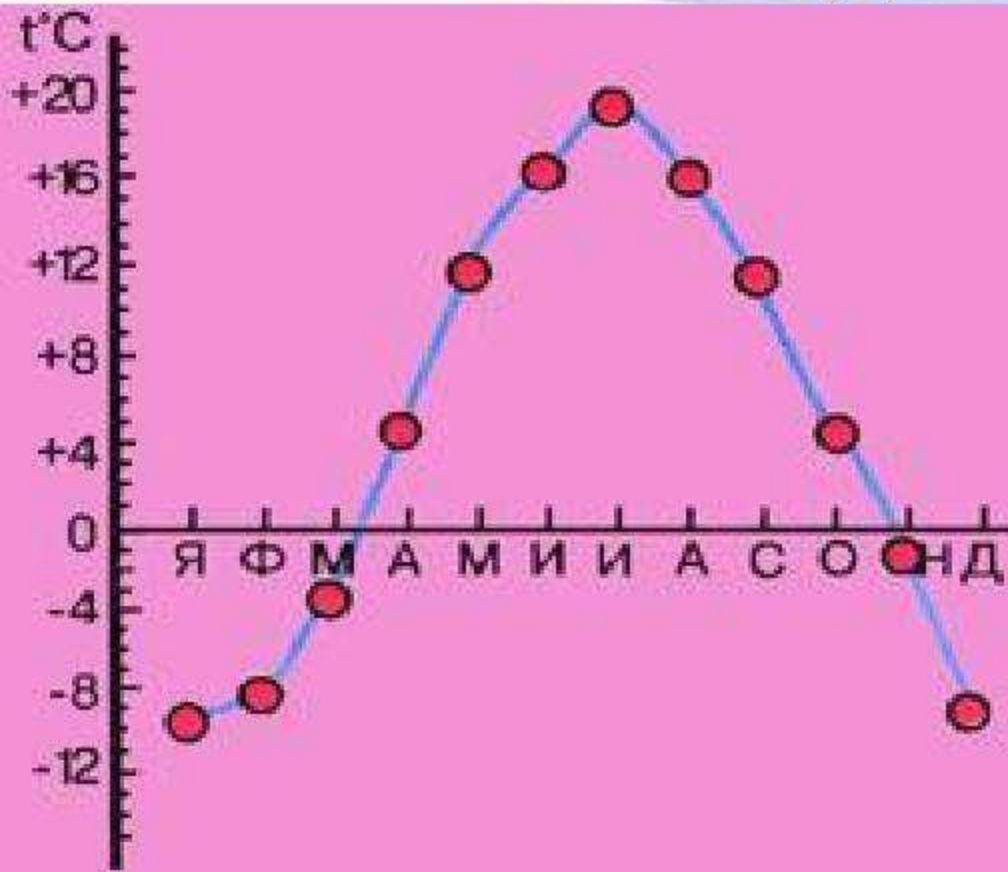
web



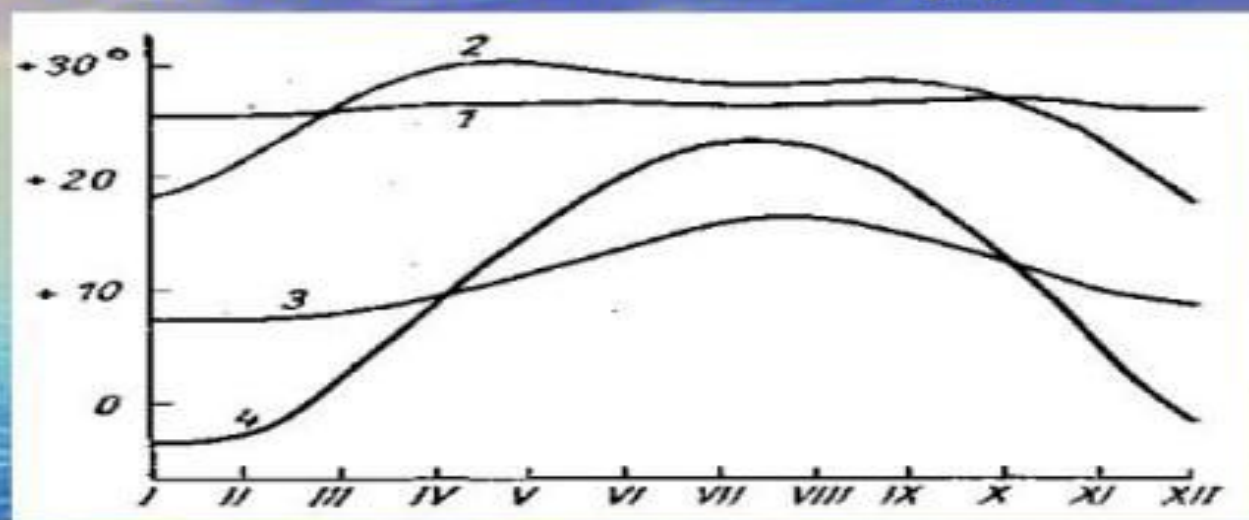




# ГОДОВОЙ ХОД ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА



# ТИПЫ ГОДОВОГО ХОДА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА



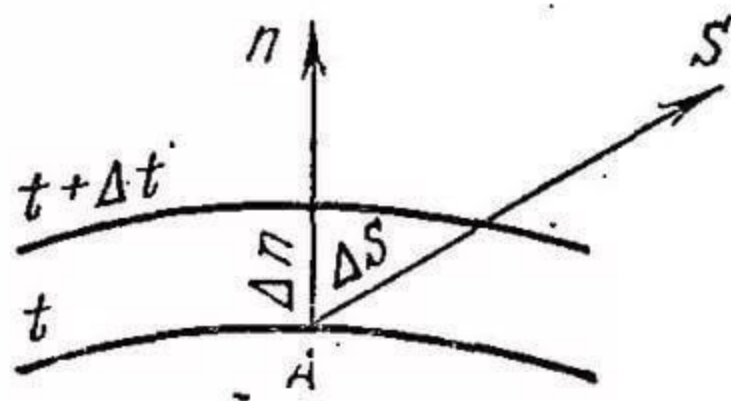
- 1 — экваториальный (Джакарта),
- 2 — тропический в области муссонов (Калькутта),
- 3 — морской в умеренном поясе (Силли, Шотландия),
- 4 — континентальный в умеренном поясе (Чикаго).

Ppt4WEB.ru

web

# Градиент температуры

- Градиент температуры - это вектор, нормальный к изотермической поверхности и направленный в сторону возрастания температуры. Численно градиент температуры равен производной от температуры по нормали к поверхности:



$$\text{grad}t = \lim\left(\frac{\Delta t}{\Delta n}\right) = \frac{dt}{dn}$$



В зависимости от причин образования различают:  
радиационные  
адвективные  
сжатия или оседания  
фронтальные



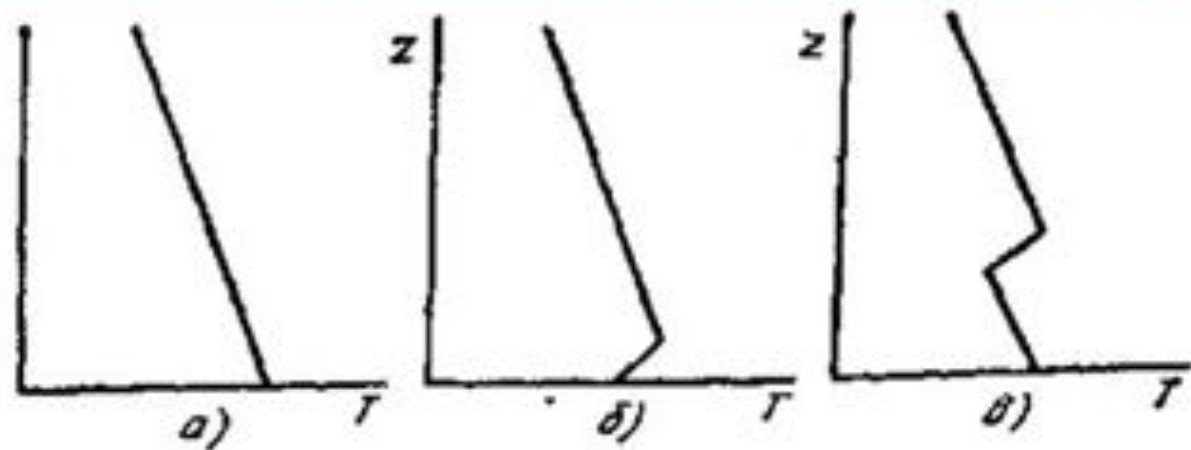
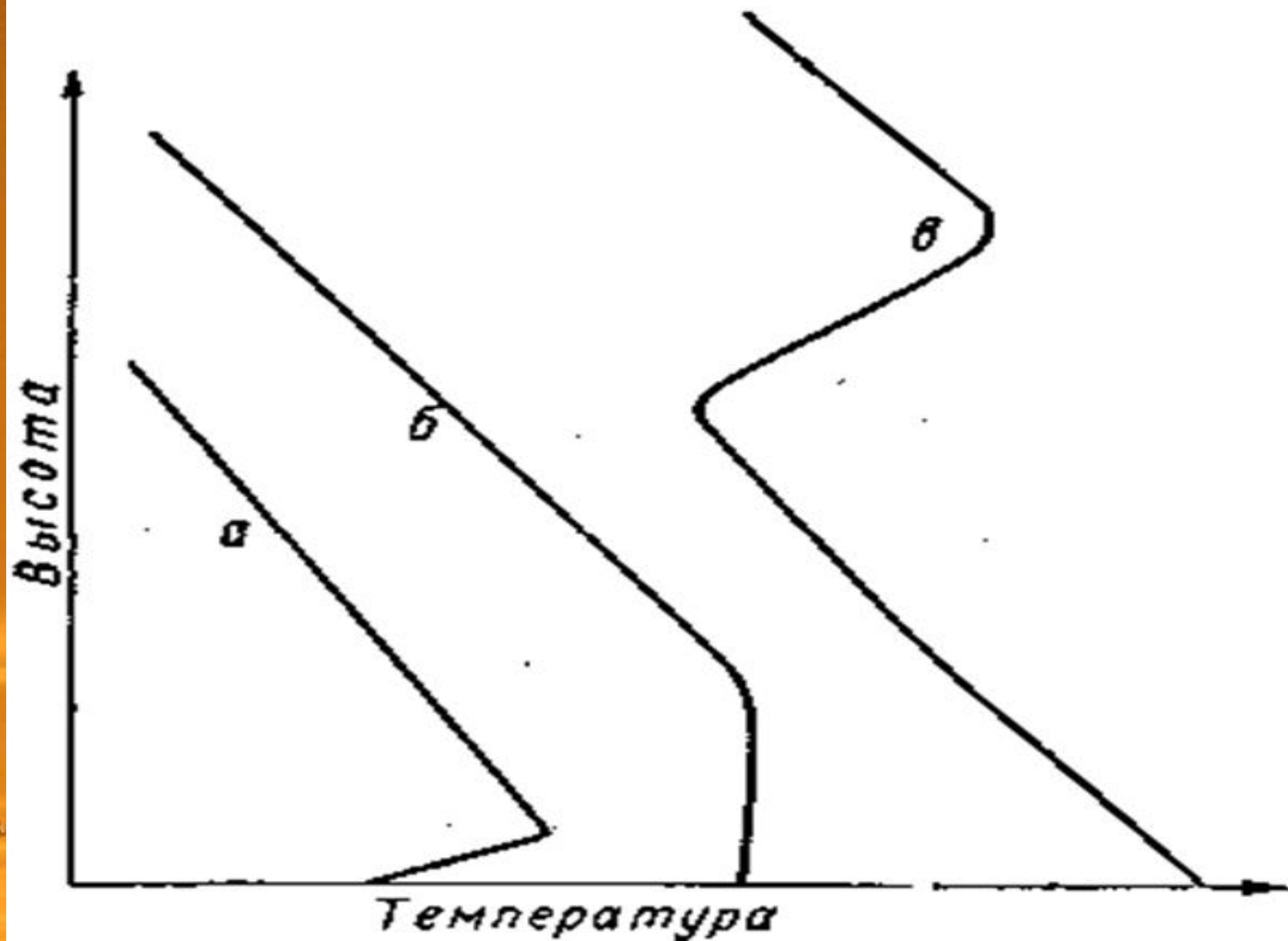


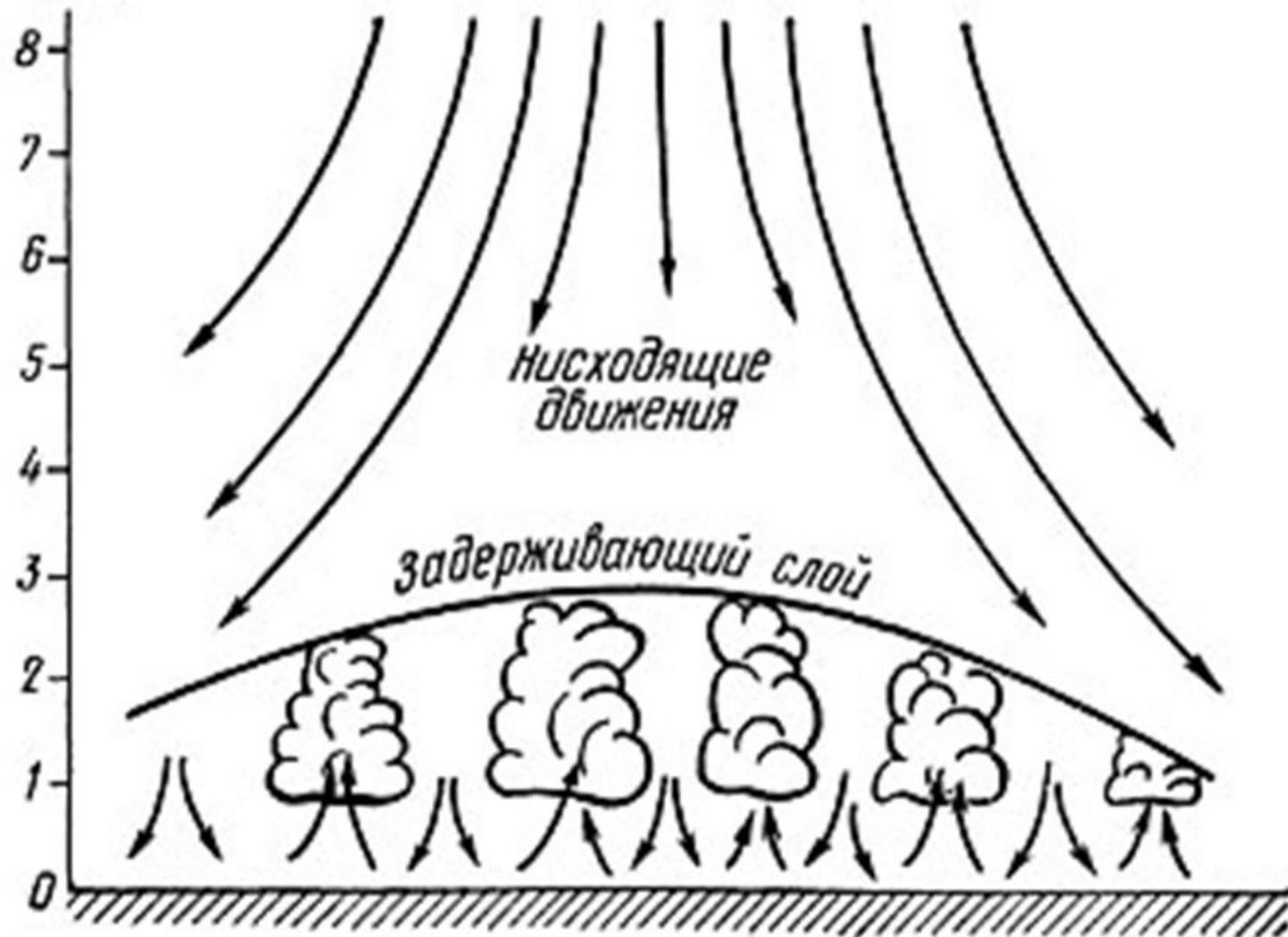
Рис. 13.13. Образование радиационной инверсии:  
 а — ночью; б — в 10 ч утра; в — в полдень

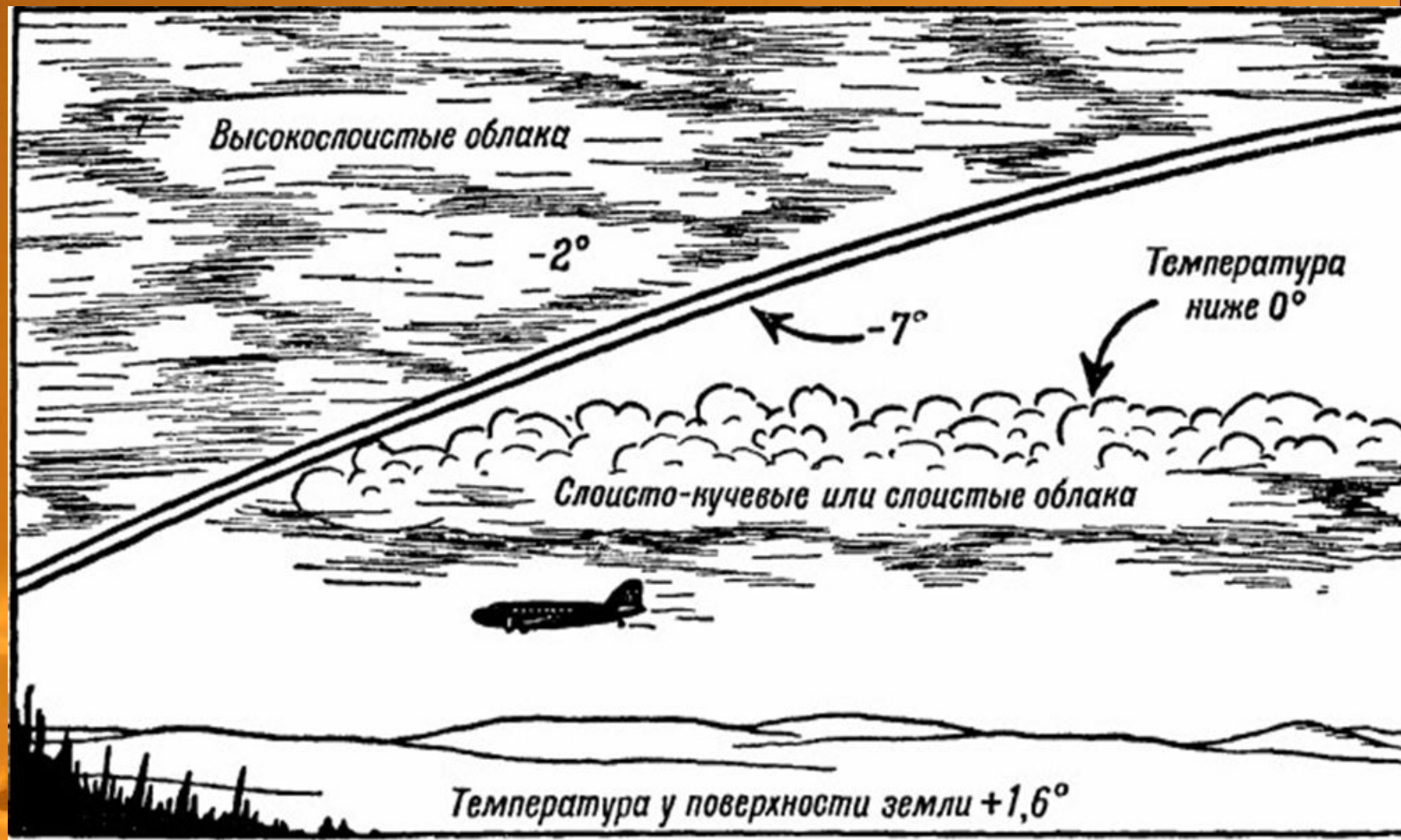






Высота  
в км

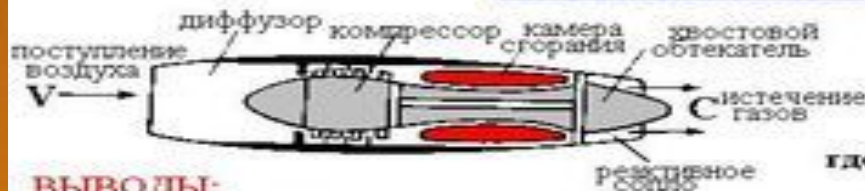






# ЗАВИСИМОСТЬ АВИАЦИИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА

## 1. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА И СИЛА ТЯГИ ДВИГАТЕЛЕЙ



$$P = k \cdot G \cdot (C - V);$$

$P$  - располагаемая сила тяги;  $k$  - коэффициент;  
 $G$  - расход топлива;  $C$  - масса истекающих из сопла газов;  
 $V$  - масса поступающего воздуха;  $V = f(\rho)$ ;  $\rho = f(t, P)$ .

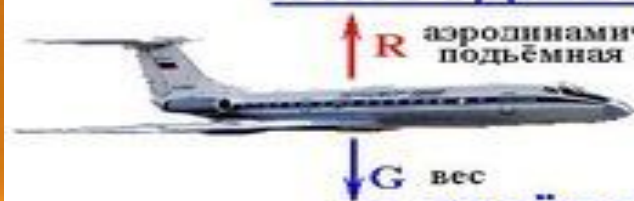
где:  $\rho, t, P$  - соответственно: плотность, температура и давление окружающего воздуха.

### ВЫВОДЫ:

- \* при **УВЕЛИЧЕНИИ** температуры воздуха: сила тяги **УМЕНЬШАЕТСЯ!**  
(требуется большая длина ВПП для разгона и торможения)
- \* при **УМЕНЬШЕНИИ** температуры воздуха: сила тяги **УВЕЛИЧИВАЕТСЯ!**  
(требуется меньшая длина ВПП для разгона и торможения)

Для  $\Delta t_{сут}$ : до  $\pm 2\%$  от длины ВПП  
 Для  $\Delta t_{год}$ : до  $\pm 11\%$

## 2. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА И АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ ПОДЪЁМНАЯ СИЛА



$$\Delta V = 0,5 V \frac{\Delta t}{t};$$

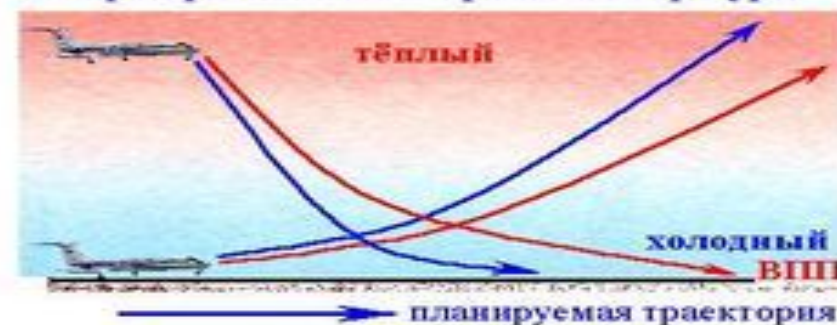
Изменчивость  $\Delta V$  в зависимости от  $t$ :

$V$  - потребная воздушная скорость для сохранения равновесия  
 $R = G$  в полёте

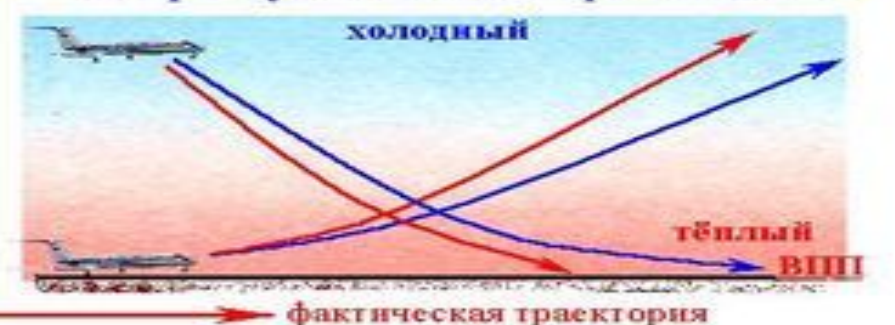
На шельоне: до  $\pm 50$  км/час  
 На ВПП: Для  $\Delta t_{сут}$ : до  $\pm 2\%$  от длины ВПП  
 Для  $\Delta t_{год}$ : до  $\pm 11\%$

## 3. ВЗЛЁТ И ПОСАДКА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СТРАТИФИКАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ

3.1 При приземной инверсии температуры



3.2 При неустойчивости в приземном слое





## Влияние физических параметров атмосферы на дозвуковые ЛА

Длина разбега реактивного самолета с учетом изменения плотности воздуха выражается следующей приближенной формулой:

$$L_{разб} = \frac{L_{проб.ст.}}{\Delta^3}$$

$L_{проб.ст.}$  - длина разбега в стандартных условиях;  
 $\Delta$  - относительная плотность воздуха, равная отношению фактической плотности воздуха к стандартной.

Посадка самолёта также зависит от атмосферных условий. Посадочная скорость выражается формулой:

$$g_{пос} = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot R \cdot T}{C_{y_{пос}} \cdot S \cdot \rho}}$$

Из выражения видно, что чем выше температура воздуха, тем больше должна быть посадочная скорость самолёта. Изменение длины пробега по сравнению со стандартной выражается следующим образом:

$$L_{проб} = L_{проб.ст.} \cdot \frac{T}{T_{ст}} \cdot \frac{\rho_{ст}}{\rho}$$

При превышении фактической температуры над стандартной на 10°C длина пробега увеличивается примерно на 3,5%.



**Влажность воздуха** - содержание водяного пара в атмосферном воздухе. Для её количественной оценки используются следующие характеристики:

**Парциальное давление (упругость) водяного пара ( $e$  [гПа или мм рт.ст.])** - это та часть атмосферного давления, которая создается водяным паром. Различают фактическую упругость водяного пара  $e$  и максимально возможную при данной температуре  $E$ .

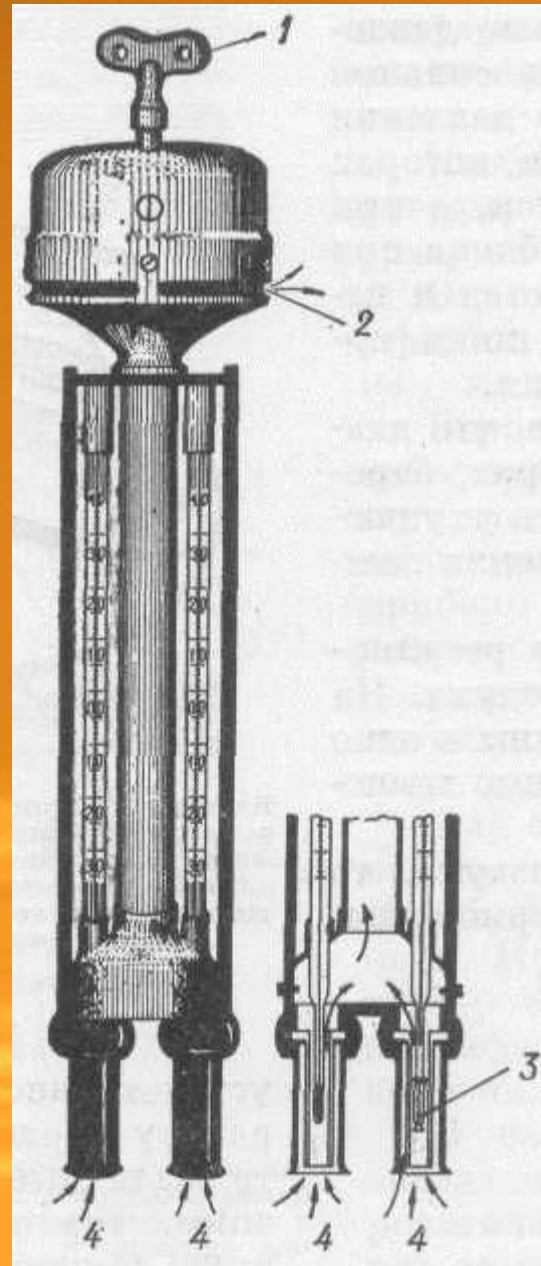
**Абсолютная влажность  $a$**  - масса водяного пара в граммах в  $1 \text{ м}^3$  влажного воздуха [г/м<sup>3</sup>].

**Относительная влажность  $f$**  - отношение фактического давления водяного пара  $e$  к давлению насыщения  $E$  над плоской поверхностью чистой воды, выраженное в процентах [%].

**Массовая доля водяного пара (удельная влажность)  $s$**  - количество водяного пара в граммах в 1 кг влажного воздуха [г/кг].

**Точка росы  $t_d$**  - температура, при которой содержащийся в воздухе водяной пар при постоянных общем атмосферном давлении и массовой доле водяного пара становится насыщенным по отношению к плоской поверхности воды [°C].

**Дефицит точки росы  $\Delta t_d$**  - разность между температурой воздуха  $t$  и точкой росы  $t_d$

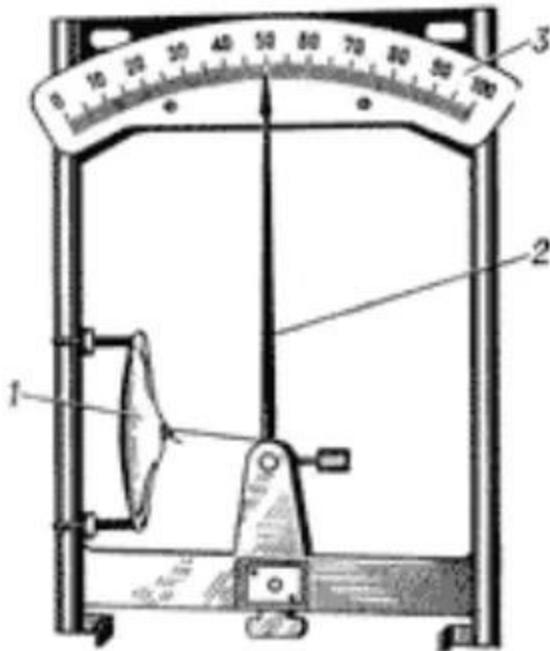


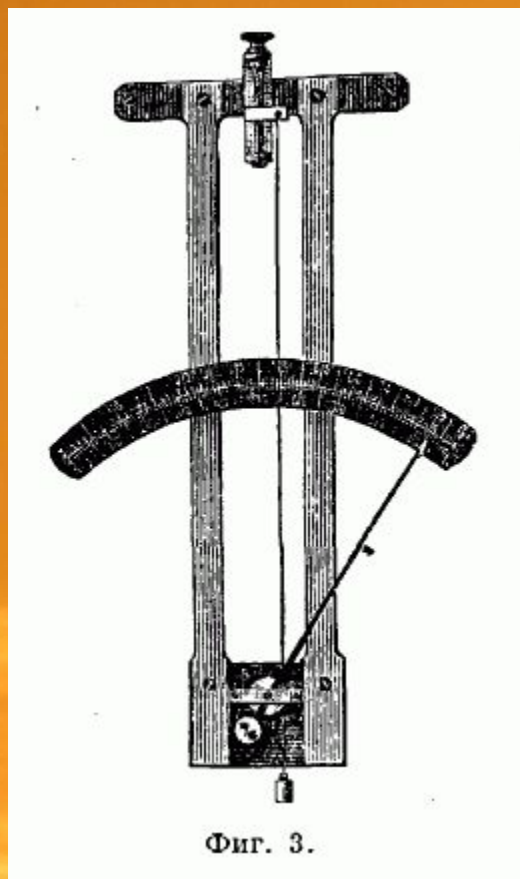


# Плёночный гигрометр

Плёночный Г. имеет чувствительный элемент из органической плёнки, которая растягивается при повышении влажности и сжимается при понижении. Изменение положения центра плёночной мембраны 1 (рис. 2) передаётся стрелке 2. Волосной и плёночный Г. в зимнее время являются основными приборами для измерения влажности воздуха.

Показания волосного и плёночного Г. периодически сравниваются с показаниями более точного прибора — психрометра, который также применяется для измерения влажности воздуха.





Фиг. 3.

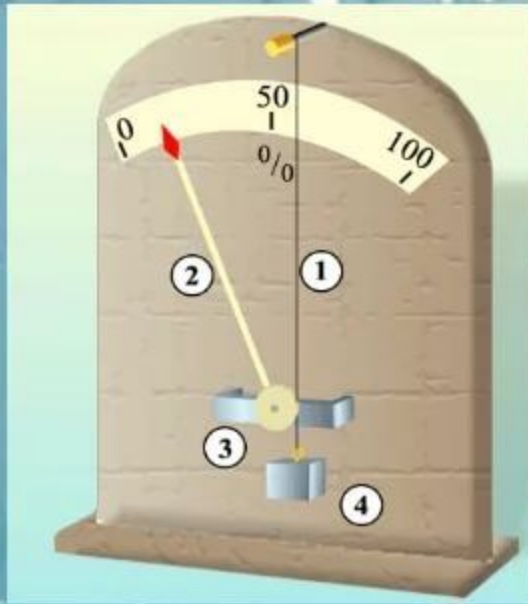




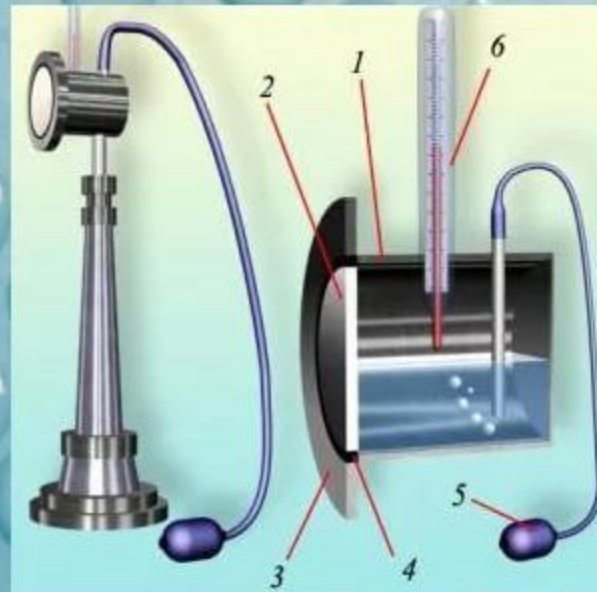
# Приборы для определения относительной влажности воздуха

Задание. Определите название прибора

Волосной  
гигрометр



Конденсационный  
гигрометр



Психрометр



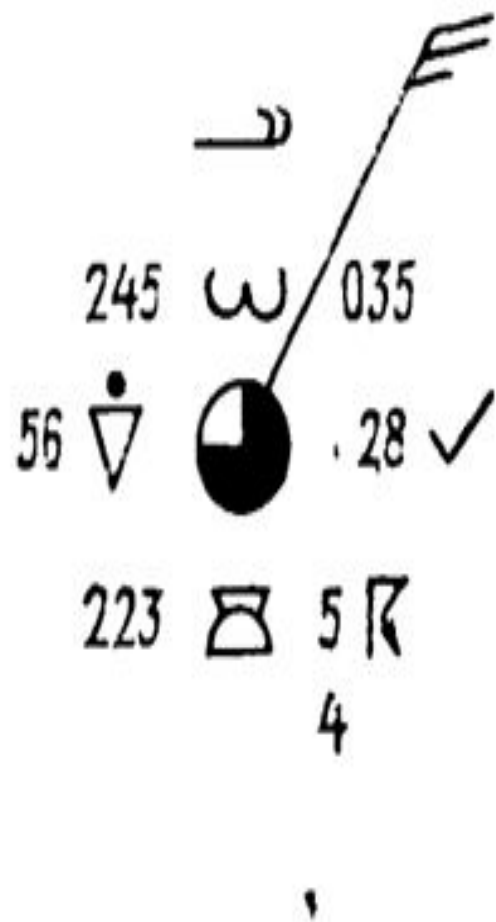
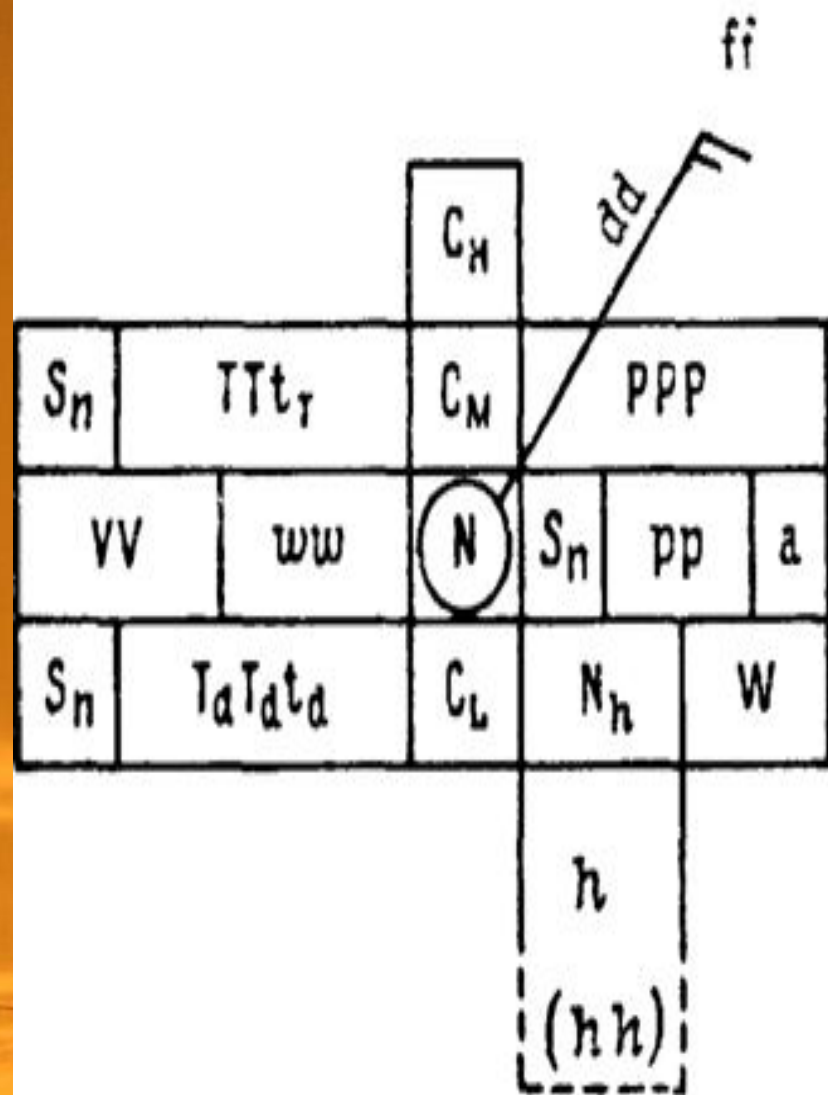


**Относительная влажность ( $r$ )** – отношение абсолютной влажности к максимальной, выраженное в процентах, или отношение фактической упругости водяного пара к упругости насыщения:

$$r = \frac{a}{A} 100\%$$

$$r = \frac{e}{E} 100\%$$

При повышении температуры относительная влажность понижается, так как с ростом температуры быстрее растет максимальная влажность.



**Плотность воздуха  $\rho$**  – отношение массы воздуха к его объему [г/м<sup>3</sup>].

Плотность воздуха тем больше, чем больше атмосферное давление и чем ниже температура воздуха.

Плотность воздуха зависит как от атмосферного давления и температуры так и от влажности. Водяной пар легче сухого воздуха, поэтому чем больше в воздухе водяного пара, тем меньше будет плотность воздуха.

Для вычисления плотности влажного воздуха пользуются формулой:

$$\rho_{\text{вл}} = \rho_{\text{сух}} \cdot \left[ 1 - 0,378 \cdot \frac{e}{p} \right]$$

где:

$\rho_{\text{вл}}$  - плотность влажного воздуха;

$\rho_{\text{сух}}$  - плотность сухого воздуха;

$e$  - парциальное давление водяного пара;

$p$  - атмосферное давление.

