

Теплотехника. Основные понятия

Зачем ?

- *Узнать основные требования, предъявляемые при строительстве и реконструкции к зданиям и сооружениям*
- *Познакомиться с методами теплового расчета ограждающих конструкций*
- *Понять суть тепловых процессов, происходящих в строительных конструкциях*
- *Сделать выводы об используемых материалах (применяемости материалов)*

*Энергия движения
и взаимодействия
частиц, из
которых
состоит тело*

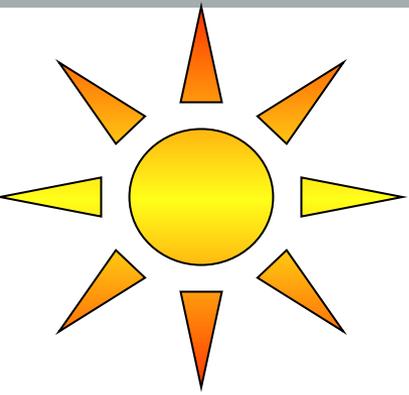
Зависит от:

- температуры тела
- агрегатного состояния
- химических, атомных, ядерных реакций

Не зависит от:

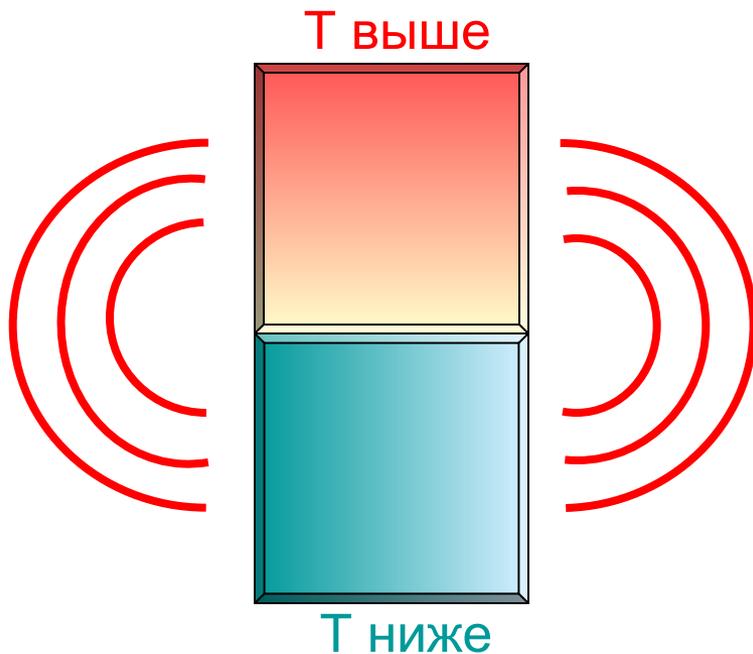
- положения относительно других тел
- механического движения тела





Теплопередача

-- это процесс изменения внутренней энергии тела без совершения работы над телом или самим телом (перенос теплоты внутри тела или от одного тела к другому, обусловленный разностью температур)



- Тепло всегда передается от более горячего тела к более холодному и всегда идет по самому короткому пути.
- Теплопередача сопровождает процессы в природе, в технике и в быту

Остановимся подробнее на видах передачи тепла:



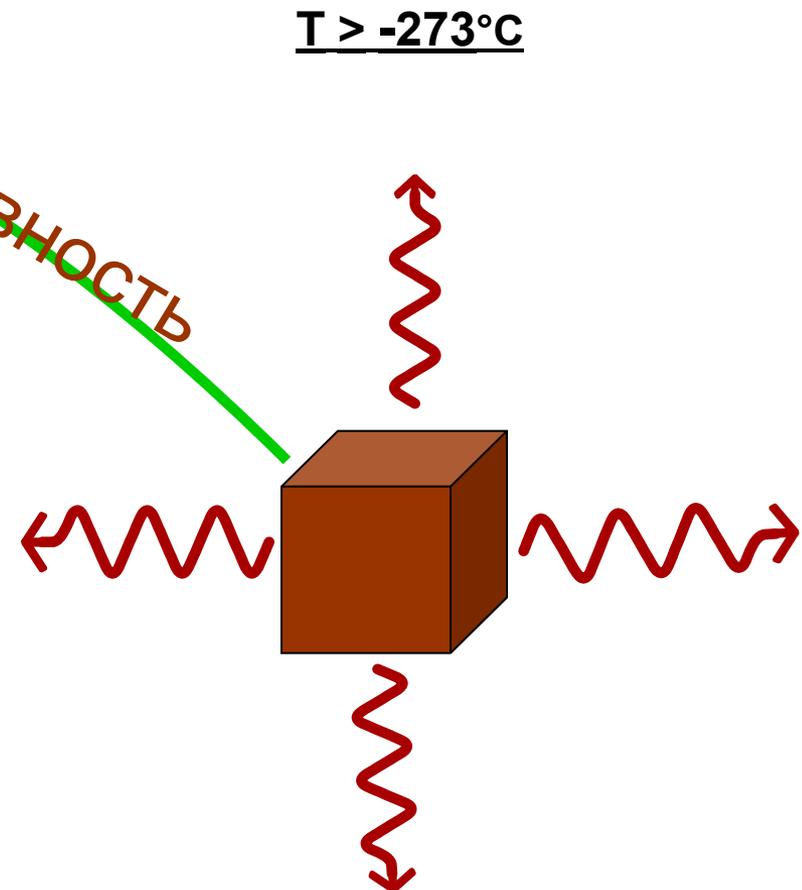
1. Тепловое излучение

Абсолютно все тела излучают электромагнитные волны.
В зависимости от T тела, физико-химических свойств его поверхности, длина излучаемых волн может колебаться в очень широких пределах.

Зависит от:

- температуры тела
- качества поверхности

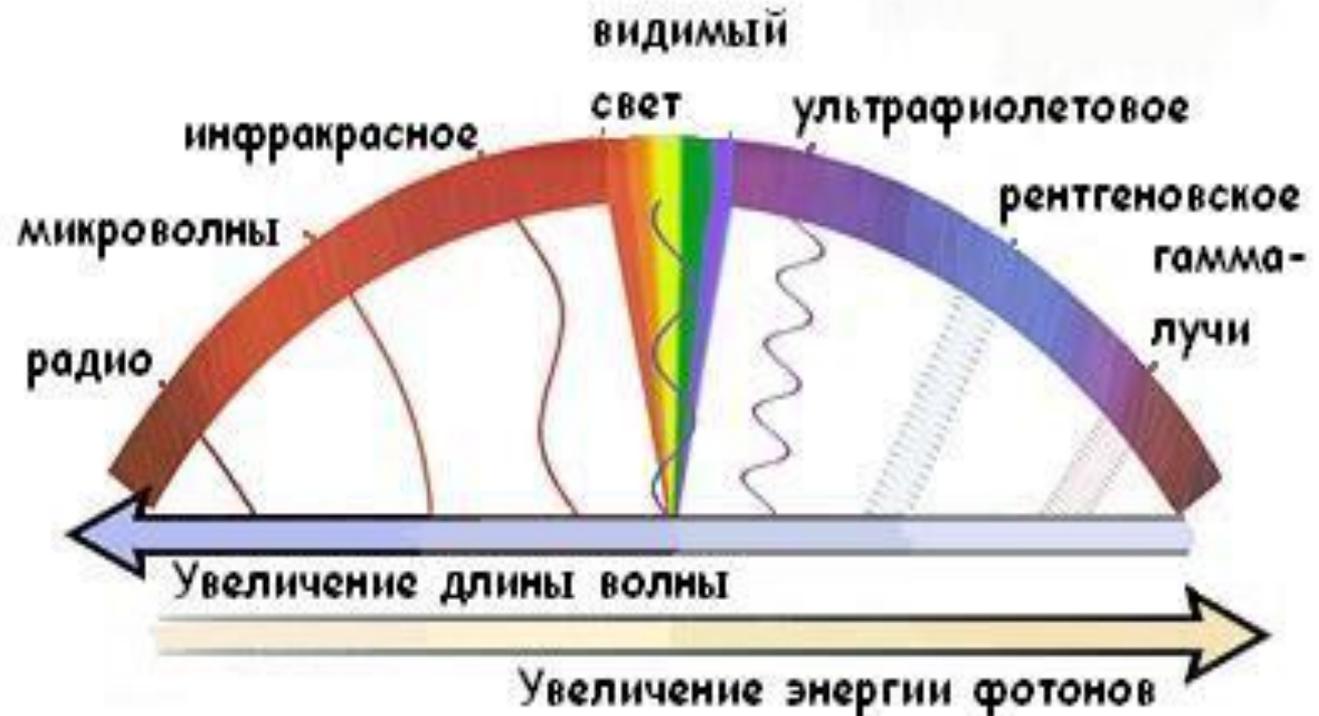
□ излучение распространяется во всех направлениях



1. Тепловое излучение

Спектр - распределение лучистой энергии по длинам волн

Спектр электромагнитных излучений



1. Солнечная радиация



Цвета спектра	Длина волны, нм	Солнечный свет		
Инфракрасный	> 760	5000 нм диапазон 200 нм	44%	
Красный	760 – 620		47%	
Оранжевый	620 – 590			
Желтый	590 – 560			
Зеленый	560 – 500			
Голубой	500 – 480			
Синий	480 – 450			
Фиолетовый	450 – 380			
Ультрафиолетовый	< 380			9%

1. Тепловое излучение

С повышением T тела растет доля энергии теплового (инфракрасного) излучения.

Тела могут излучать, пропускать и поглощать инфракрасное излучение. Разные материалы имеют разную излучающую и поглощающую способность.



1. Тепловое излучение

Излучение (радиация) - способ передачи энергии посредством электромагнитных волн, идущих через пространство со скоростью света. Переноса тепла в этом случае не происходит.

Лучи несут только энергию.

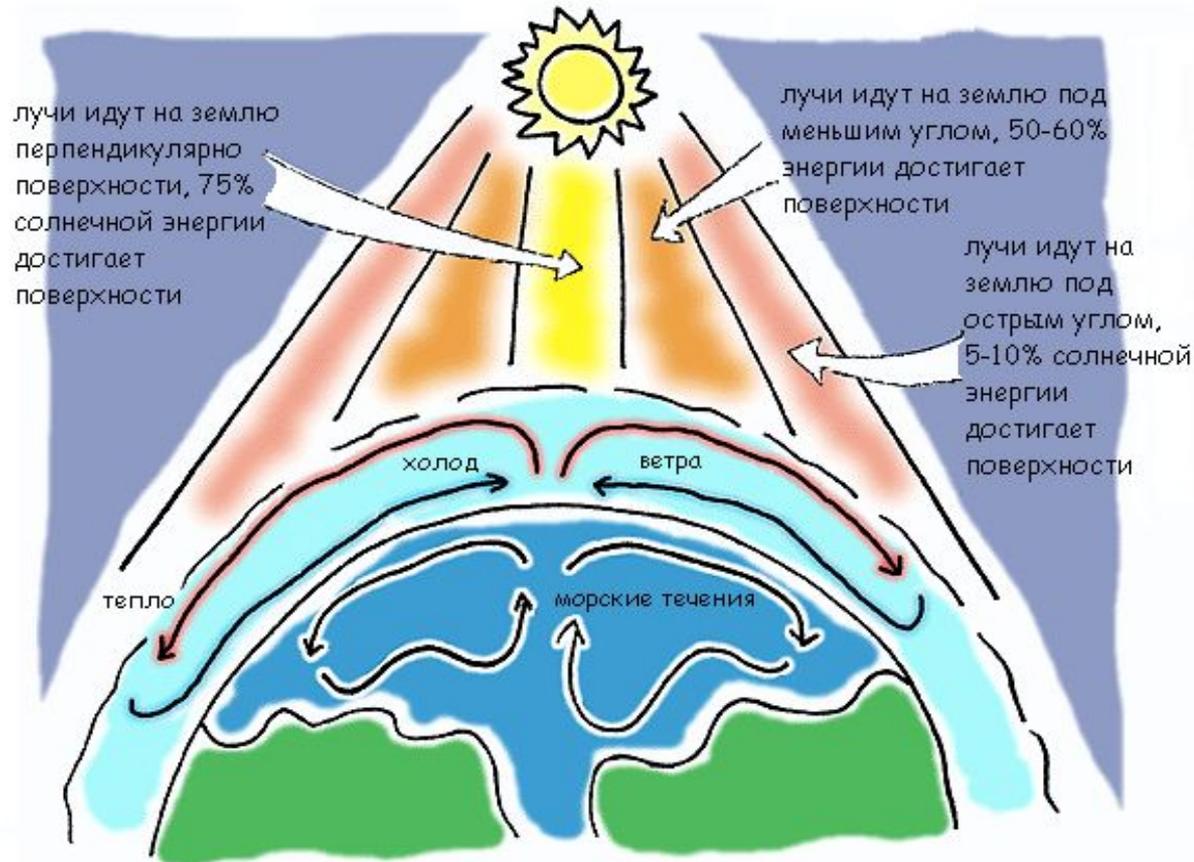
Инфракрасное излучение – разновидность электромагнитного излучения в диапазоне от **0,76** мкм до **340** мкм.



2. Конвекция

Это явление возникновения потоков в неравномерно нагреваемых жидкостях или газах.

конвекция в природе



Морские течения, ветра, образование облаков – примеры природной конвекции

2. Конвекция

С точки зрения термодинамики конвекция – способ теплопередачи при котором энергия переносится потоками (струями) неравномерно нагретых жидкостей или газов.

различаем

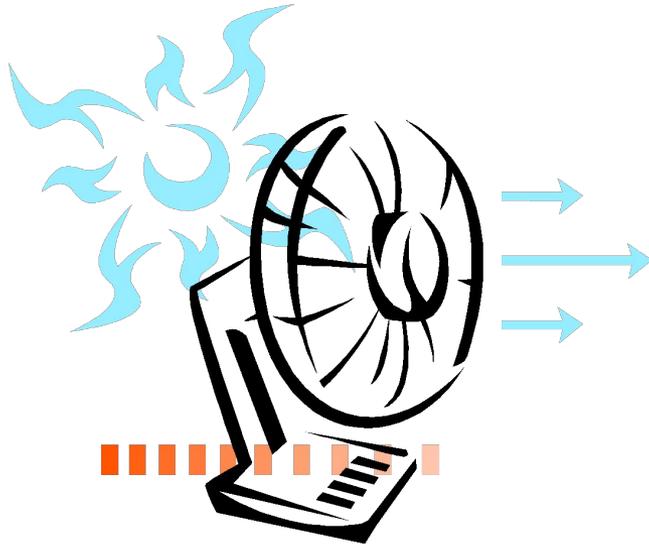
- конвекцию естественную и вынужденную
- распространяется преимущественно вверх



2. Конвекция

Естественная

- ветер
- конвективное отопление
- фен
- вентилятор
- перемешивание жидкости ложкой



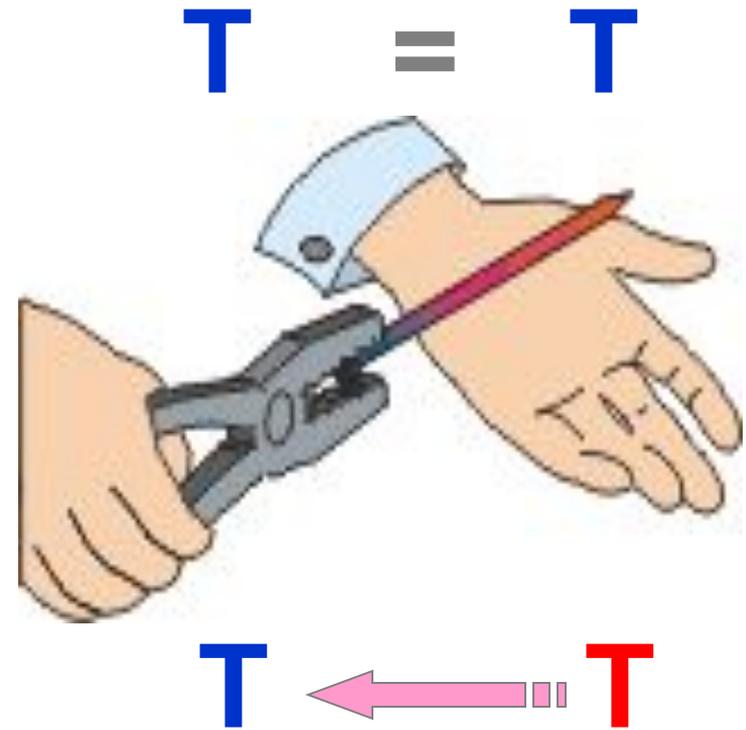
Принудительная



3. Теплопроводность

В состоянии равновесия температура вещества во всех частях занимаемого им объема одинакова. Это значит, что энергия частиц повсюду в веществе одна и та же.

Если мы нагреем одну часть вещества, равновесие нарушится и начнется процесс выравнивания температуры



3. Теплопроводность

Это свойство материала передавать теплоту через свою толщину от одной поверхности к другой, если эти поверхности имеют разную температуру.

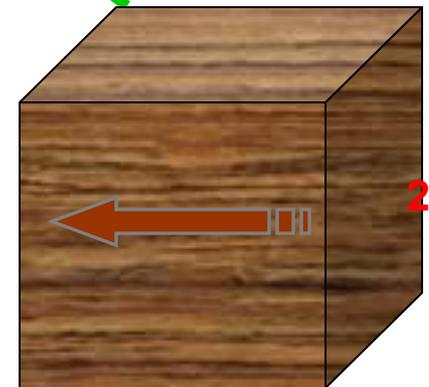
Зависит от:

- пористости
 - влажности
 - объемного веса (плотности)
- теплопроводность, как и излучение, происходит во всех направлениях

теплопроводность

10°C

20°C



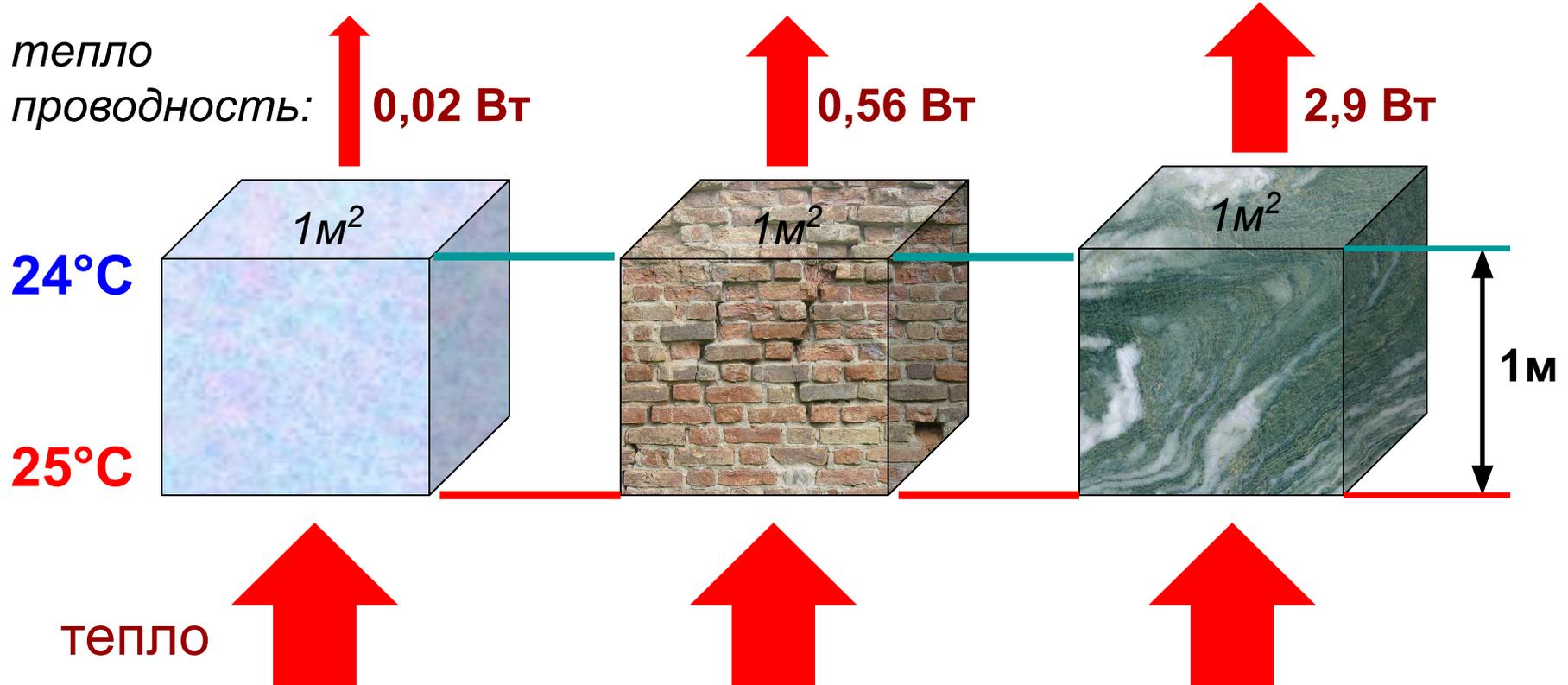
3. Теплопроводность

Чем выше плотность, тем
лучше теплопроводность

Теплопроводность материала характеризуется:

- коэффициентом теплопроводности λ , Вт/(м С°)

это количество теплоты, проходящее через материал толщиной **1м** и площадью **1м²** за **1час** при разности температур на противоположных поверхностях в **1°С**



Еще раз вернемся к нашей картинке



Все ли понятно?

Тогда вопрос:

- ✓ *Петя хочет передать часть своей энергии Маше. Что может сделать Петя?*

- ✓ *К каким видам теплопередачи можно отнести следующие:*
 - *Из печной трубы идет дым*

 - *Кошка греется на солнышке*

 - *Остывает жидкий металл*

 - *Начинает жечь руку проволока которой мешают угли*

Все ли понятно?

Перейдем к строительной части

СНиП 23-02-2003 "Тепловая защита зданий"

ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»



Наружные ограждающие конструкции зданий должны удовлетворять условиям:

1. Сопротивление теплопередаче конструкции

$$R_0 \geq R_0^{\text{reg}}$$

где R_0^{reg} – требуемое сопротивление теплопередаче конструкций наружного ограждения



2. Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции

$$T_{\text{int}} \geq T_p$$

где T_p – температура точки росы (**10,7°C** для жилых зданий в г. Москва)



3. Удельный расход тепловой энергии на отопление

1. Сопrotивление теплопередаче (R_0)
для многослойной конструкции определяется как:

$$R_0 = R_{si} + R_k + R_{se}$$

R_k – сумма термических сопротивлений слоев конструкции, Вт/м₂°C

$R_{si} = 1/a_i$, a_i – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции Вт/м₂°C

$R_{se} = 1/a_e$, a_e – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающих конструкций для условий холодного периода, Вт/м₂°C

✓ Термическое сопротивление (R_k)

$R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ – термические сопротивления слоев конструкции, Вт/м²°С

$R_n = d / \lambda$ (м²С°/Вт)

- толщина d
- теплопроводность λ

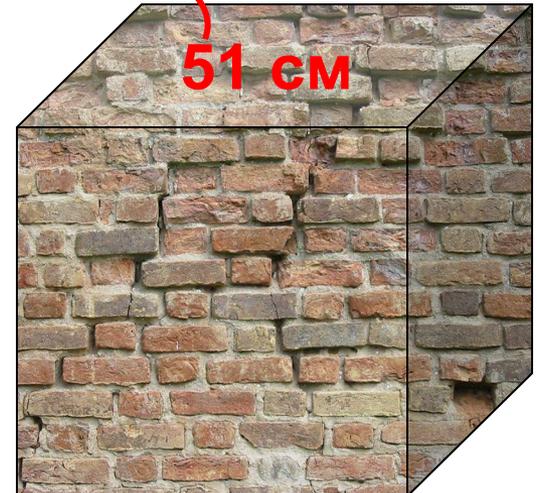
$R_1 = 0,51 / 0,55 = \underline{0,93}$ (м²С°/Вт)

$d = 0,93 \cdot 0,037 = \underline{0,035}$ м

3,5 см



51 см



Рассчитаем требуемое сопротивление теплопередаче стены

г. Москва

- расчетная температура внутреннего воздуха для жилых зданий: 20°C
- средняя температура наружного воздуха: -3,6°C
- продолжительность отопительного периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$: 213 суток

ГОСТ 30494-96

СНиП 23.01-99

1. Градусо-сутки отопительного периода $D_d = (20 - (-3,6))213 = \underline{5027}$

2. $R_0^{\text{рег}} = aD_d + b = 0,00035 \cdot 5027 + 1,4 = \underline{3,16}$ ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$)

СНиП 23.02-2003

Рассчитаем требуемую толщину теплоизоляции деревянного брусового дома

г. Москва - **3,16** (м²°C/Вт)

$$R = d / \lambda \text{ (м}_2\text{°C/Вт)}$$

Вагонка

$$0,015 / 0,09 = 0,16$$

Деревянный брус 100x100

$$0,1 / 0,09 = 1,11$$

Thermo Slab 037

$$X / 0,037 = 3,16 - 1,48$$

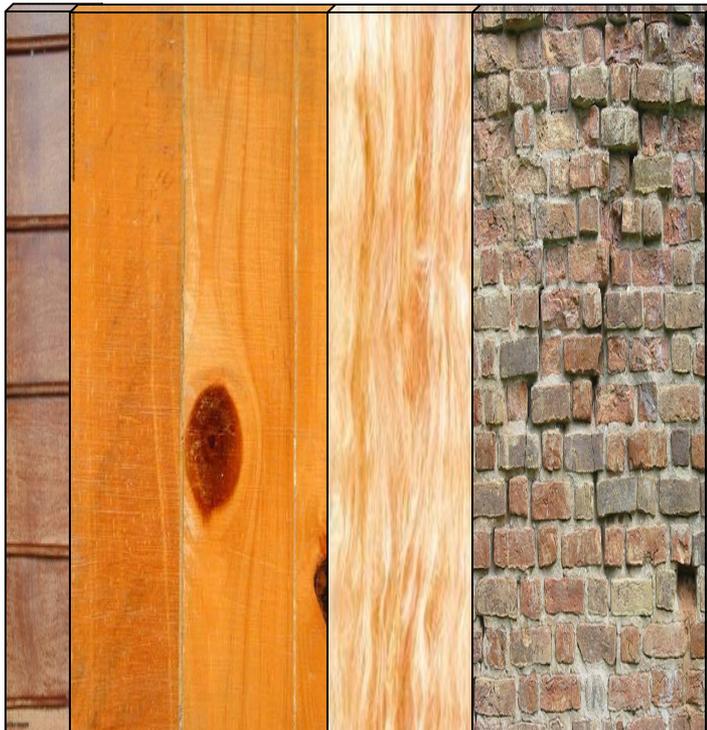
Наружная облицовка (кирпич)

$$0,12 / 0,56 = 0,21$$

$$X = (3,16 - 1,48) \cdot \underline{0,037} = 0,06\text{м}$$

НО

При реальных расчетах используются коэффициенты λ_a и λ_b , поэтому толщина необходимого слоя – **90мм -- 110мм**



Рассчитаем требуемое сопротивление теплопередаче стены

г. Санкт Петербург

- расчетная температура внутреннего воздуха для жилых зданий: 20°C
- средняя температура наружного воздуха: -1,8°C
- продолжительность отопительного периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$: 220 суток

ГОСТ 30494-96

СНиП 23.01-99

1. Градусо-сутки отопительного периода $D_d = (20 - (-1,8))220 = \underline{4796}$

2. $R_0^{\text{req}} = aD_d + b = 0,00035 \cdot 5027 + 1,4 = \underline{3,08}$ (м²•°C/Вт)

СНиП 23.02-2003

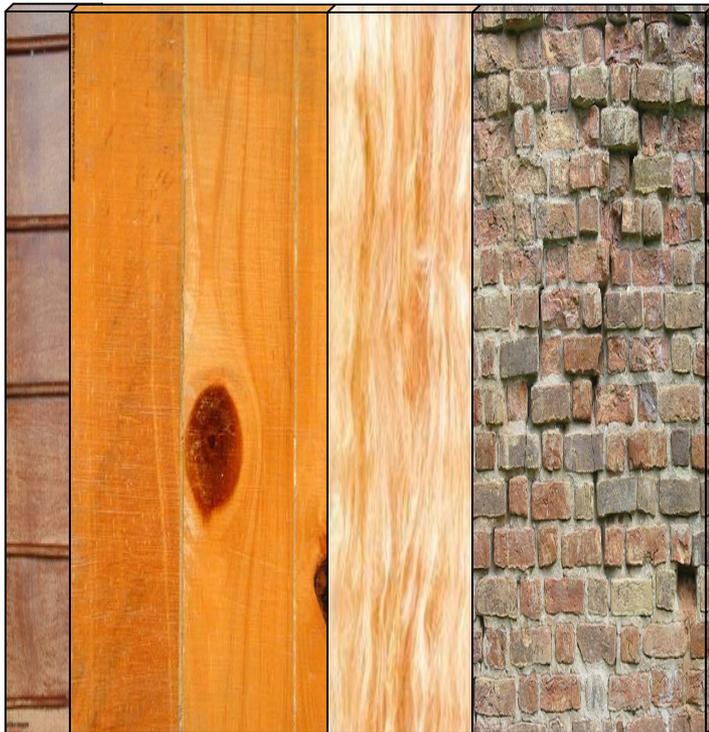
Рассчитаем требуемую толщину теплоизоляции деревянного брусового дома

г. Санкт Петербург - 3,08 (м ² °C/Вт)	$R = d / \lambda$ (м ₂ °C/Вт)
Вагонка	0,015 / 0,09 = 0,16
Деревянный брус 100x100	0,1 / 0,09 = 1,11
Thermo Slab 037	$X / 0,037 = 3,08 - 1,48$
Наружная облицовка (кирпич)	0,12 / 0,56 = 0,21

$$X = (3,08 - 1,48) \cdot 0,037 = 0,06\text{м}$$

НО

При реальных расчетах используются коэффициенты λ_a и λ_b , поэтому толщина необходимого слоя – **90мм -- 110мм**



Рассчитаем требуемое сопротивление теплопередаче стены

г. Пермь

- расчетная температура внутреннего воздуха для жилых зданий: 20°C
- средняя температура наружного воздуха: -5,9°C
- продолжительность отопительного периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$: 229 суток

ГОСТ 30494-96

СНиП 23.01-99

1. Градусо-сутки отопительного периода $D_d = (20 - (-5,9))229 = \underline{5931}$

2. $R_0^{\text{req}} = aD_d + b = 0,00035 \cdot 5027 + 1,4 = \underline{3,48}$ (м²•°C/Вт)

СНиП 23.02-2003

Рассчитаем требуемую толщину теплоизоляции деревянного брусового дома

г. Пермь - **3,48** ($\text{м}^2\text{°C/Вт}$)

$R = d / \lambda$ ($\text{м}_2\text{°C/Вт}$)

Вагонка

$0,015 / 0,09 = 0,16$

Деревянный брус 100x100

$0,1 / 0,09 = 1,11$

Thermo Slab 037

$X / 0,037 = 3,48 - 1,48$

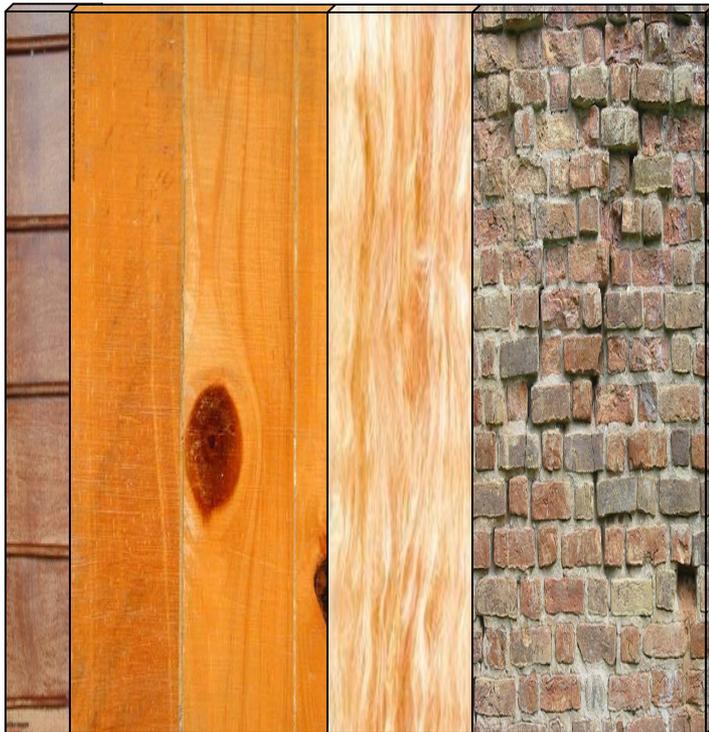
Наружная облицовка (кирпич)

$0,12 / 0,56 = 0,21$

$$X = (3,48 - 1,48) \cdot 0,037 = 0,074\text{м}$$

НО

При реальных расчетах используются коэффициенты λ_a и λ_b , поэтому толщина необходимого слоя – **90мм -- 110мм**

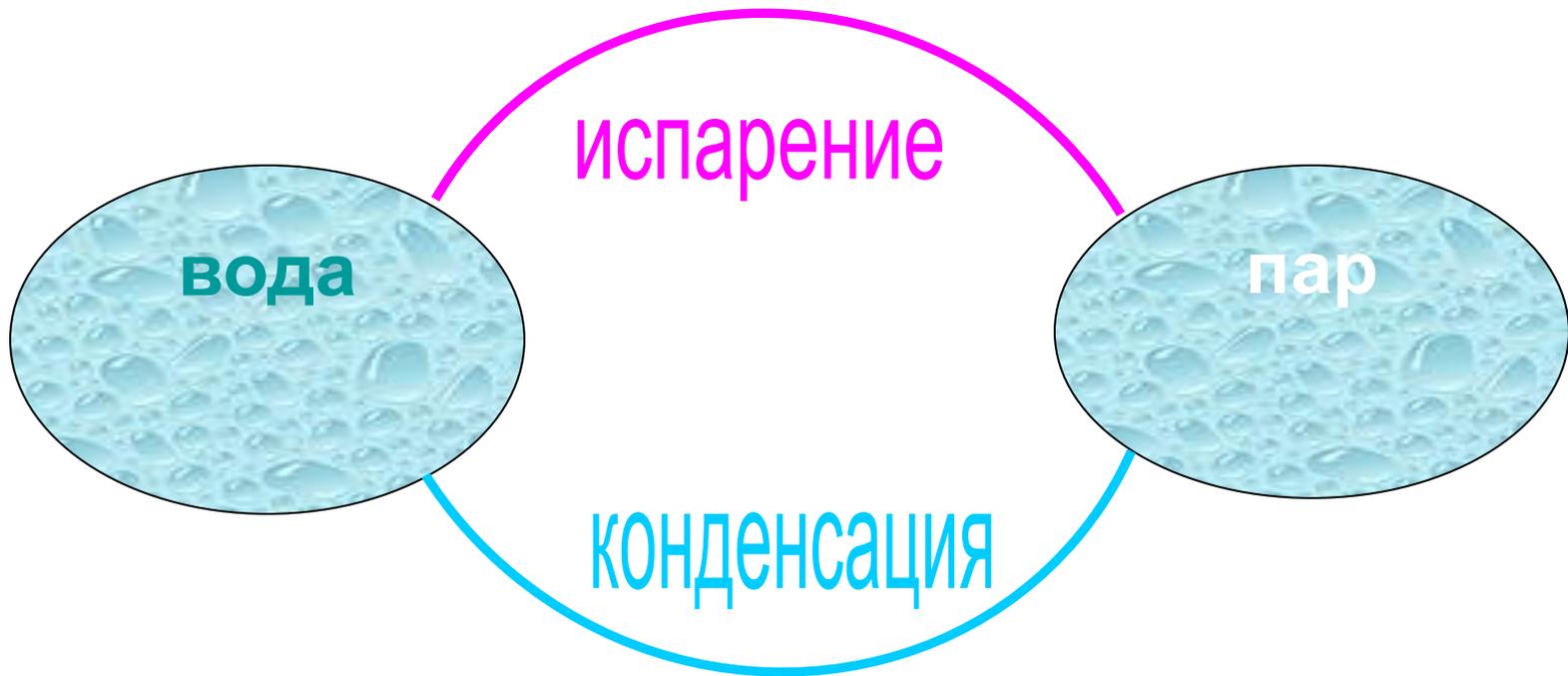


Виды коэффициентов λ

- λ_{10} – характеризует теплопроводность материала при **10°C**
- λ_{25} – характеризует теплопроводность материала при **25°C**
- λ_a – характеризует теплопроводность материала при условиях эксплуатации **A (2% увлажнение ТИМ, 15% - древесины, 1% - кирпича)**
- λ_b – характеризует теплопроводность материала при условиях эксплуатации **Б (5% увлажнение ТИМ, 20% - древесины, 2% - кирпича)**

2. Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции

Три основных состояния: *твёрдое* (лед), *жидкое* (вода) и *газообразное* (пар)



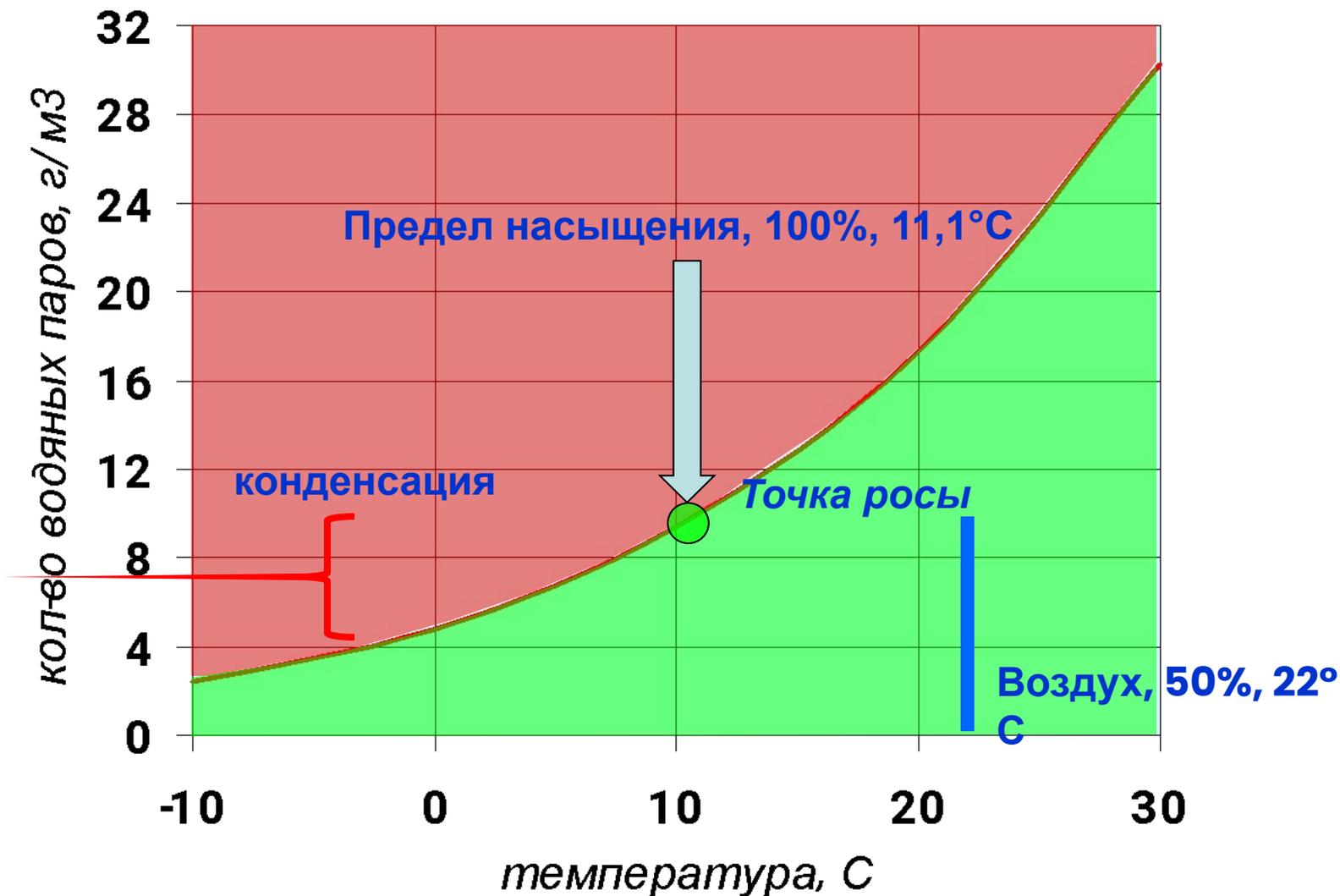
Относительная влажность

- Воздух в состоянии принимать молекулы воды до тех пор, пока не достигнет предела насыщения
 - Этот предел зависит от температуры воздуха. Чем она выше, тем выше предел насыщения
 - Относительная влажность такого воздуха равна **100%**
- ✓ Относительная влажность - отношение массовой доли водяного пара в воздухе к максимально возможной

Температура, С°	Предел насыщения, г/м ³
-10	2,14
0	4,8
10	9,4
20	17,3
30	30,3

100%

Зависимость предела насыщения от температуры

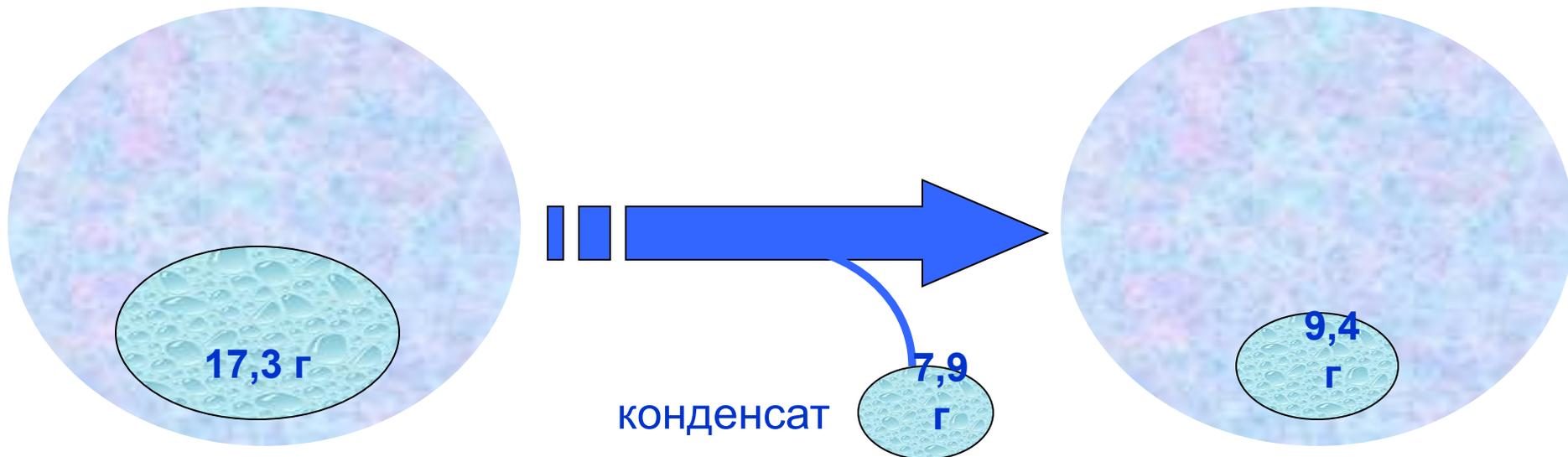


Образование конденсата в результате охлаждения воздуха

20° C

1 м³ воздуха

10° C



□ “Расстреливание” дождевых облаков

ТОЧКА РОСЫ - температура,

°C	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
30	10,5	12,9	14,9	16,8	18,4	20,0	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2	27,2	28,2	29,1
29	9,7	12,0	14,0	15,9	17,5	19,0	20,4	21,7	23,0	24,1	25,2	26,2	27,2	28,1
28	8,8	11,1	13,1	15,0	16,6	18,1	19,5	20,8	22,0	23,2	24,2	25,2	26,2	27,1
27	8,0	10,2	12,2	14,1	15,7	17,2	18,6	19,9	21,1	22,2	23,3	24,3	25,2	26,1
26	7,1	9,4	11,4	13,2	14,8	16,3	17,6	18,9	20,1	21,2	22,3	23,3	24,2	25,1
25	6,2	8,5	10,5	12,2	13,9	15,3	16,7	18,0	19,1	20,3	21,3	22,3	23,2	24,1
24	5,4	7,6	9,6	11,3	12,9	14,4	15,8	17,0	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3	23,1
23	4,5	6,7	8,7	10,4	12,0	13,5	14,8	16,1	17,2	18,3	19,4	20,3	21,3	22,2
22	3,6	5,9	7,8	9,5	11,1	12,5	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3	21,1
21	2,8	5,0	6,9	8,6	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3	20,2
20	1,9	4,1	6,0	7,7	9,3	10,7	12,0	13,2	14,4	15,4	16,4	17,4	18,3	19,2
19	1,0	3,2	5,1	6,8	8,3	9,8	11,1	12,3	13,4	14,5	15,5	16,4	17,3	18,2
18	0,2	2,3	4,2	5,9	7,4	8,8	10,1	11,3	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3	17,2
17	-0,6	1,4	3,3	5,0	6,5	7,9	9,2	10,4	11,5	12,5	13,5	14,5	15,3	16,2
16	-1,4	0,5	2,4	4,1	5,6	7,0	8,2	9,4	10,5	11,6	12,6	13,5	14,4	15,2
15	-2,2	-0,3	1,5	3,2	4,7	6,1	7,3	8,5	9,6	10,6	11,6	12,5	13,4	14,2
14	-2,9	-1,0	0,6	2,3	3,7	5,1	6,4	7,5	8,6	9,6	10,6	11,5	12,4	13,2
13	-3,7	-1,9	-0,1	1,3	2,8	4,2	5,5	6,6	7,7	8,7	9,6	10,5	11,4	12,2
12	-4,5	-2,6	-1,0	0,4	1,9	3,2	4,5	5,7	6,7	7,7	8,7	9,6	10,4	11,2
11	-5,2	-3,4	-1,8	-0,4	1,0	2,3	3,5	4,7	5,8	6,7	7,7	8,6	9,4	10,2
10	-6,0	-4,2	-2,6	-1,2	0,1	1,4	2,6	3,7	4,8	5,8	6,7	7,6	8,4	9,2

Почему же важна точка росы?

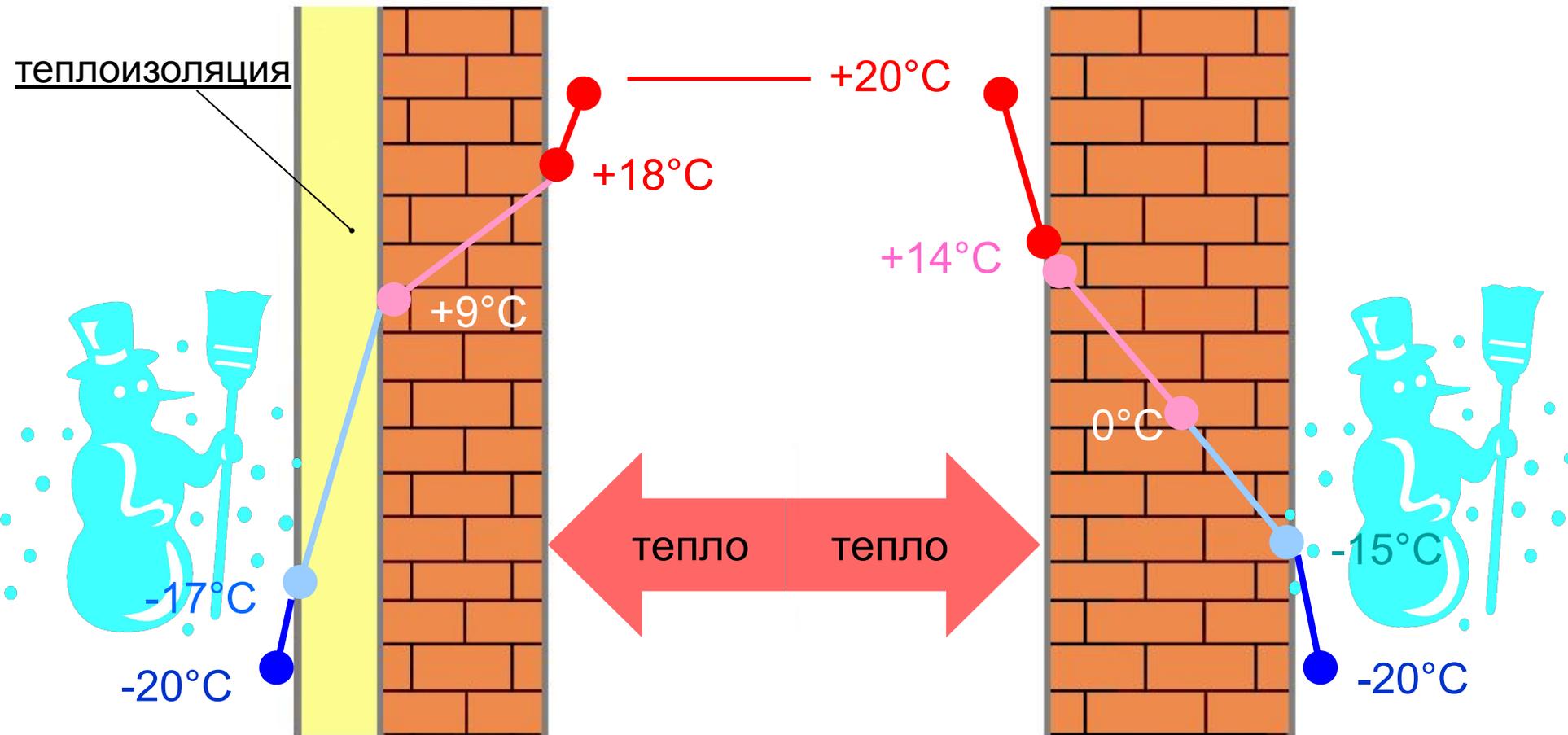
На поверхностях, имеющих температуру ниже точки росы, наступает поверхностная конденсация влаги

- 
- *Повышение температуры поверхности стен (утепление)*
 - *Уменьшение влажности (проветривание)*

Рассмотрим ограждающую конструкцию

Утепленная

Кирпичная



Выводы:

Использование теплоизоляционных материалов позволяет решить несколько задач сразу:



- ✓ *Увеличить сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций*
- ✓ *Повысить температуру внутренней поверхности этих конструкций*
- ✓ *Увеличить срок службы строительных конструкций (при утеплении снаружи)*

Мы с Вами узнали:

- ✓ *Способы изменения внутренней энергии тела*
- ✓ *Виды теплопередачи*
- ✓ *Чем характеризуется теплопроводность*
- ✓ *Поняли что такое точка росы и чем вредна поверхностная конденсация*
- ✓ *Как увеличить термическое сопротивление конструкции и температуру её внутренней поверхности*
- ✓ *Для чего применяются ТИМ*

До встречи!

