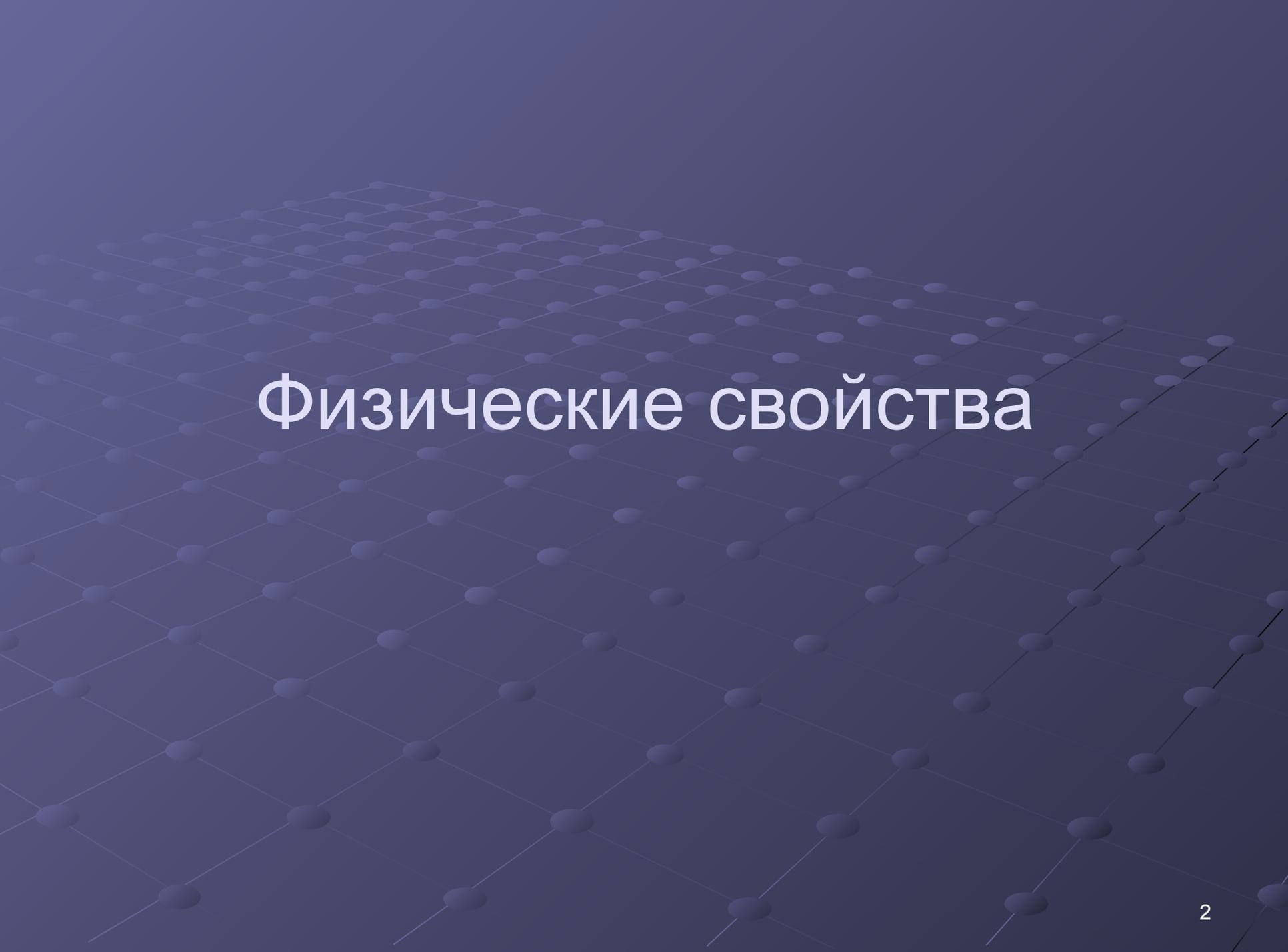


Свойства строительных материалов

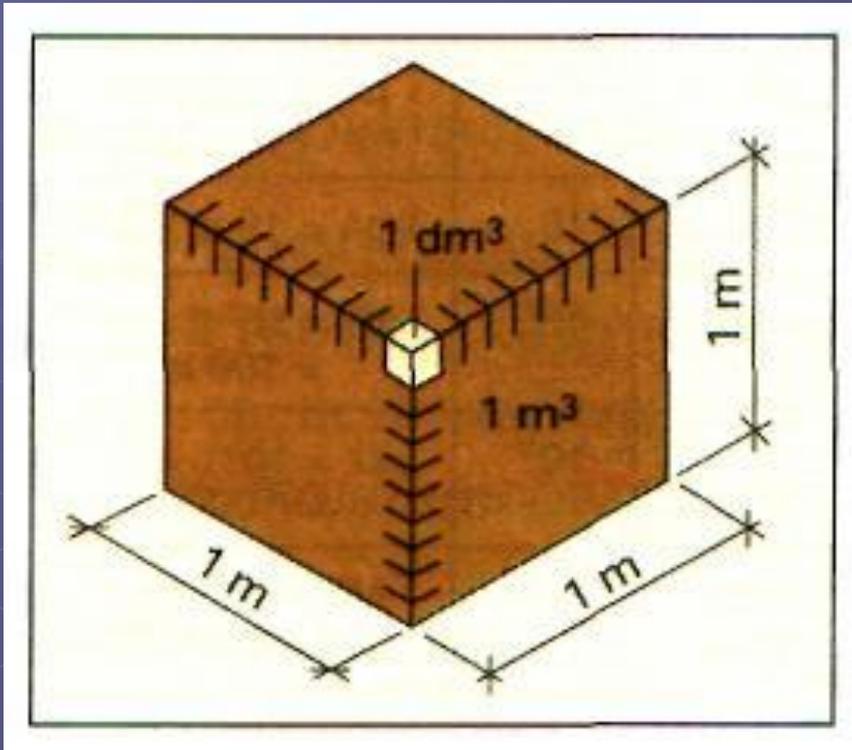
Материаловедение





Физические свойства

Физические величины

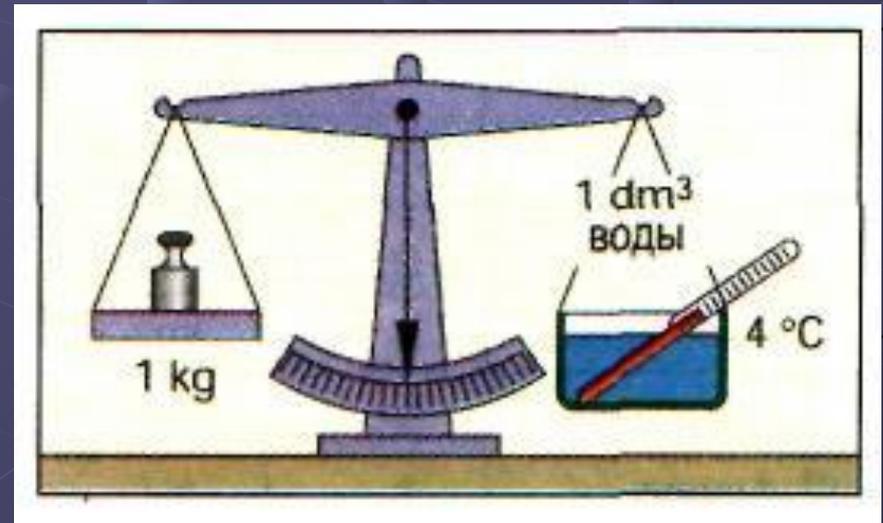


$$1 \text{ м}^3 = 1000 \text{ дм}^3$$

$$1 \text{ дм}^3 = 1000 \text{ см}^3$$

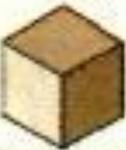
$$1 \text{ дм}^3 = 1 \text{ литр}$$

Физическая величина =
численное значение ×
единица измерения



$$1 \text{ т} = 1000 \text{ кг}; 1 \text{ кг} = 1000 \text{ г}$$

Плотность

Сталь	Вода	Сосновая древесина
1 kg  0,13 dm ³	1 kg  1,00 dm ³	1 kg  2,13 dm ³
1 dm ³  7,85 kg	1 dm ³  1,00 kg	1 dm ³  0,47 kg

Плотность = масса / объем:

$$\rho = m / V;$$

где m — масса в г, кг, т;
 V — объем в см³, дм³, м³;
 ρ — плотность в г/см³, кг/дм³, т/м³.

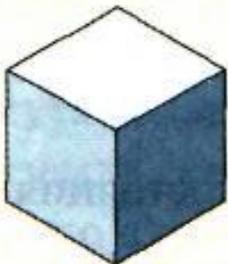
Материал	Плотность, кг/дм ³
Свинец	11,3
Медь	8,9
Сталь	7,85
Цинк	7,1
Алюминий	2,7
Стекло	2,6
Железобетон	2,5
Стеновой полнотелый кирпич	1,8
Вода	1,0
Газобетон	0,8
Дуб (в воздушно-сухом состоянии)	0,67
Сосна (в воздушно-сухом состоянии)	0,47
Пенополистирол	0,02

Свойства, зависящие от структуры материалов

Плотность – масса единицы объема

Абсолютная плотность

например у металлов, стекла



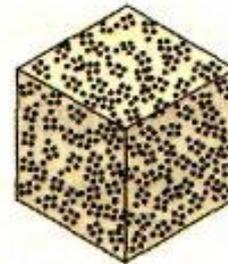
Объемная плотность

например у строительного кирпича, пористого бетона, дерева



Плотность насыпи

например у насыпного песка, гравия, земли



$$\rho_a = m / V_a$$

$$\rho_o = m / V_o$$

$$\rho_n = m / V_n$$

ρ_a , ρ_o , ρ_n - плотность материала:

абсолютная, объемная и насыпная (кг/ м³; т / м³)

m – масса материала (кг)

V_a , V_o , V_n – объем единицы материала (см³; м³; л)

Свойства, зависящие от структуры материалов

Материалы	Структурные характеристики		
	Абсолютная плотность, кг/м ³	Плотность, кг/м ³	Пористость истинная P_o , %
Кварц	2650	-	-
Гранит	2700-2800	2600-2700	0,5-1,0
Бетон тяжелый	2600-2700	2200-2500	8-12
Кирпич керамич.	2500-2600	1400-1800	25-45
Древесина	1500-1550	400-800	45-70
Пенополистирол	1100-1200	15-80	92-99
Сталь	7800	-	-

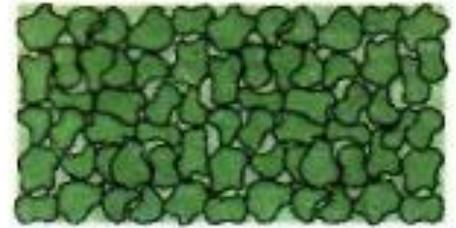
$$P_o = \left((\rho_a - \rho_o) / \rho_a \right) \times 100\%$$

Пористость насыпных материалов

Различают:

- пористость насыпи = пространства между гранулами материала;
- собственная пористость зерен = пустоты в гранулах материала;
- пористость насыпи и собственная пористость зерен = этот материал содержит пустоты в гранулах и между гранулами

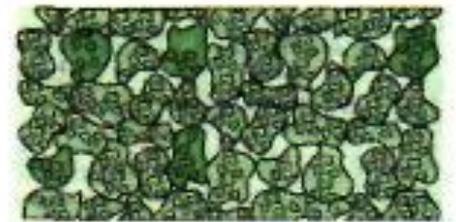
Пористость
насыпи



Собственная
пористость
гранул



Пористость
гранул и
пористость
насыпи



Поры возникают:

- ✓ при образовании природных камней, например пемзы.

Поры образуются :

- ✓ при нагревании и вспучивании, например, глины: водяной пар образует поры в гранулах керамзита;
- ✓ при обжиге кирпича, отформованного из смеси глины и выгорающих добавок;
- ✓ при химических реакциях газообразующих материалов, которые добавляют, например, при производстве газобетона

Свойства пористых материалов: (сравнение с плотными)

- вес меньше;
- прочность меньше;
- чем больше пор, тем
 - меньше тепло- и звукопроводность
 - больше тепло- и звукоизоляция;
- если поры закрытые, то материал:
 - не впитывает влагу;
 - не снижает прочность;
 - не теряет тепло- и звукоизолирующих свойств

Когезия. Формы состояния. Адгезия

Под когезией понимают силу, с которой молекулы внутри тела притягиваются друг к другу.

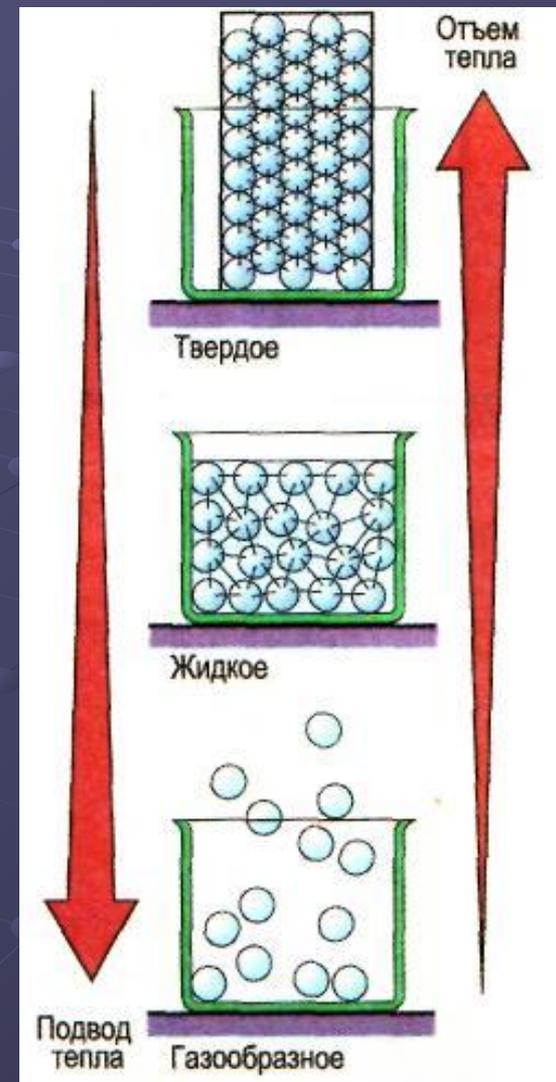
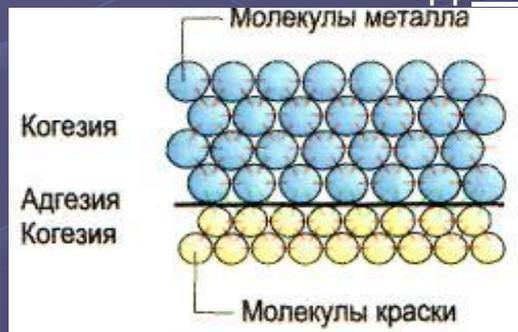
Из-за различной когезии возможны 3 формы агрегатного состояния вещества:

- ❖ твердое (когезия большая);
- ❖ жидкое молекулы могут менять свое место (когезия мала);
- ❖ газообразное (когезия отсутствует).

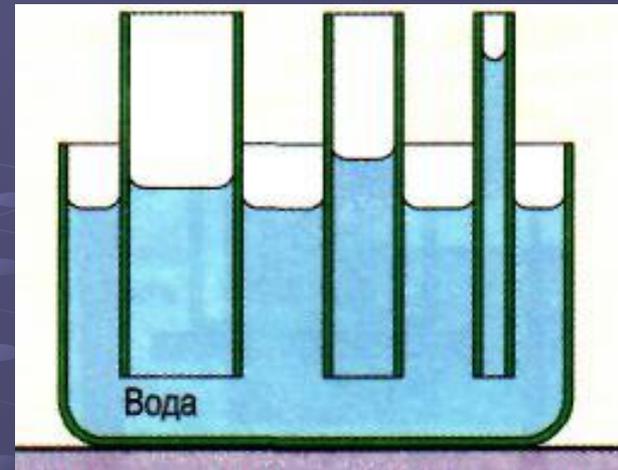
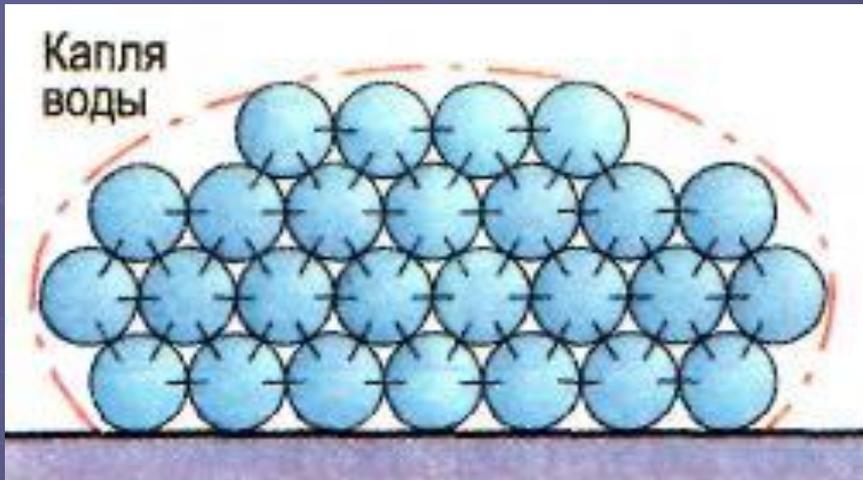


Под адгезией

сцепления
различных

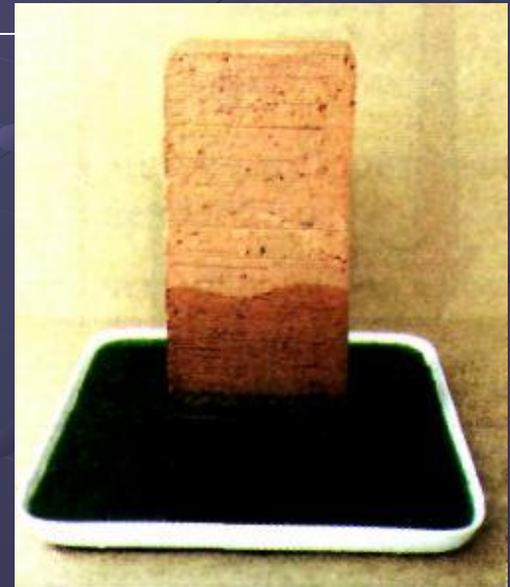


Поверхностное натяжение. Капиллярность



Силы когезии обуславливают сцепление молекул на поверхности жидкости. Эти силы – силы поверхностного натяжения.

Под капиллярностью понимают подъем жидкостей в капиллярах (волосяных трубочках). Чем тоньше капилляры, тем выше поднимается жидкость кверху.



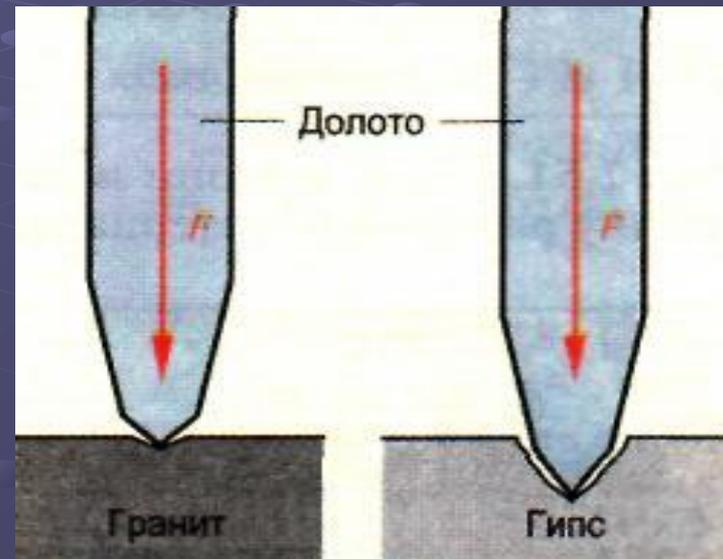
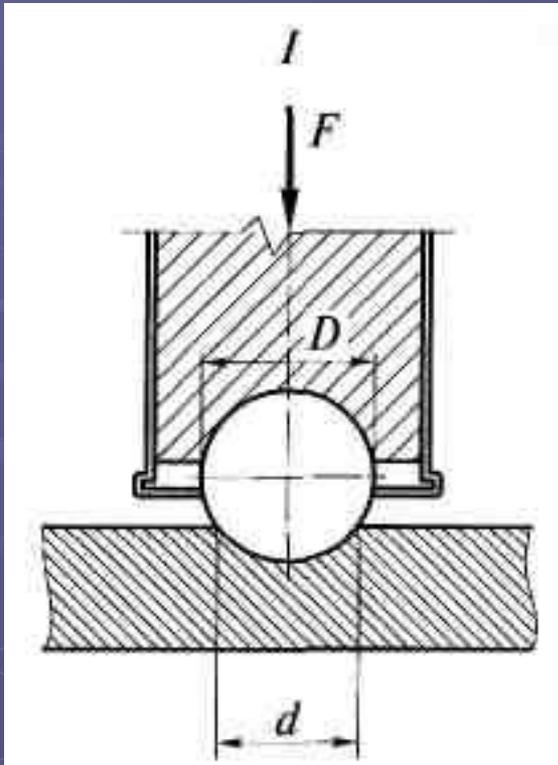
- **Водопроницаемость** - способность материала пропускать воду под давлением. Водопроницаемость характеризуется количеством воды, прошедшей в течении 1 часа через образец площадью 1 м и толщиной 1 м при постоянном давлении.
- **Водостойкость** - способность материала сохранять свои эксплуатационные свойства при длительном воздействии воды. Важный показатель, особенно для материалов, которые эксплуатируются в постоянном контакте с водой (опоры мостов, плотины, трубы, облицовка реакторов и др.).
- В некоторых случаях при воздействии воды прочность материала может увеличиваться, например цементного бетона при твердении, что обусловлено хим. взаимодействием компонентов цемента с водой с образованием прочного цементного камня.
- **Гидрофобизаторы** – жидкие пропитки, повышающие водоотталкивающий эффект и влагостойкость материалов. После обработки материала, прочность его увеличивается почти на четверть, а его морозоустойчивость — в разы.





Механические свойства ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Твердость



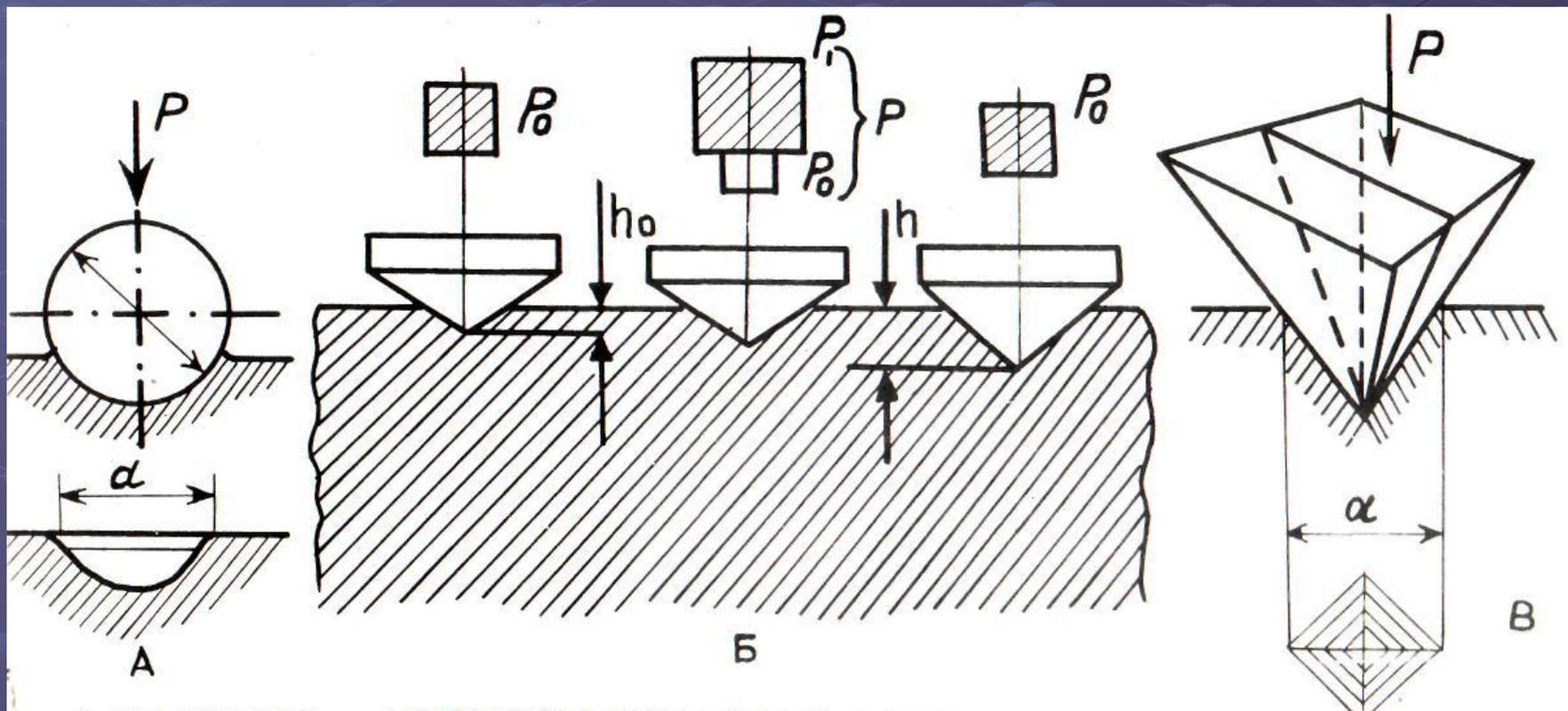
Твердость – способность материалов сопротивляться царапающему действию или внедрению других тел.

Твердость. Шкала Мооса

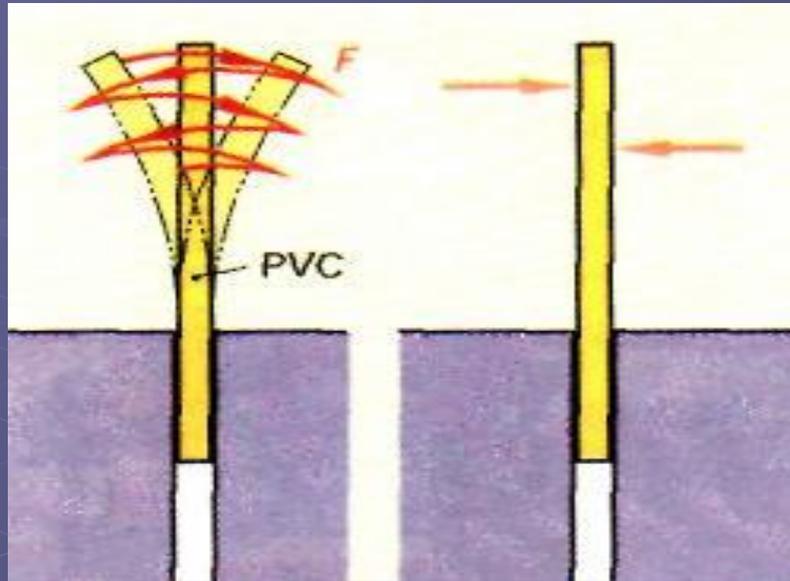
№ минерала	Минерал	Твердость МПа	Оставляет царапину на минерале
1	Тальк	20	Мягкий карандаш
2	Гипс	360	Ноготь
3	Кальцит	1090	Медная монета
4	Флюорит	1890	Железный гвоздь
5	Апатит	5360	Острие ножа
6	Ортоклаз	7950	Стекло
7	Кварц	11200	Острие напильника
8	Топаз	14270	Наждачный круг
9	Корунд	20600	Алмаз
10	Алмаз	100600	Не царапается ничем

Измерение твердости

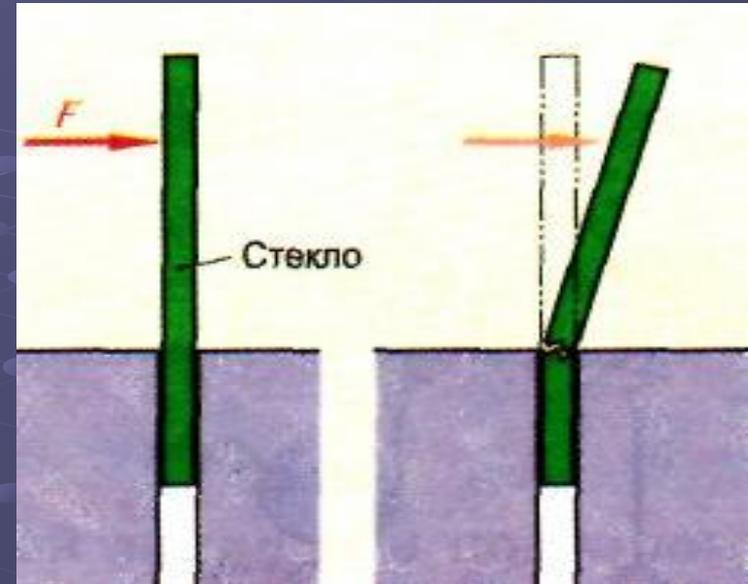
По Бринеллю	(А)- вдавливанием стального шарика	HB
По Роквеллу	(Б)- вдавливанием алмазного конуса	HRC и HRB
По Виккерсу	(В) - вдавливанием алмазной пирамиды	HV



Механические свойства строительных материалов



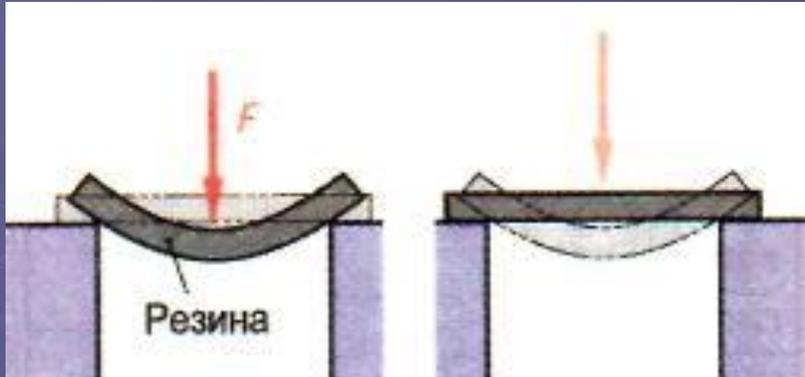
Вязкость



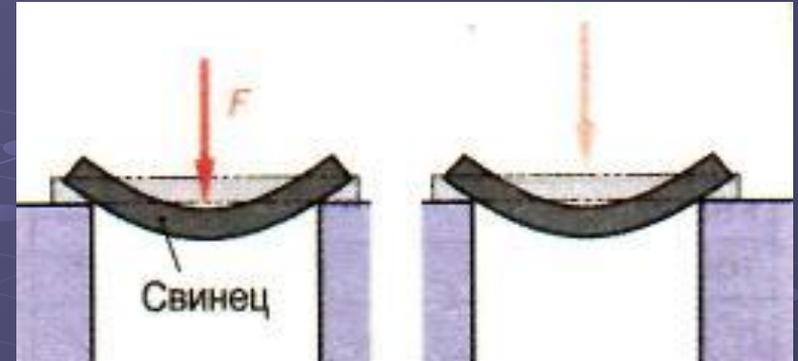
Хрупкость

- **Вязкость (тягучесть)** – способность материалов деформироваться под действием различных нагрузок, но не разрушаться.
- **Хрупкость** – свойство материалов под воздействием внешних нагрузок не изменять свою форму, а сразу разрушаться.

Механические свойства строительных материалов



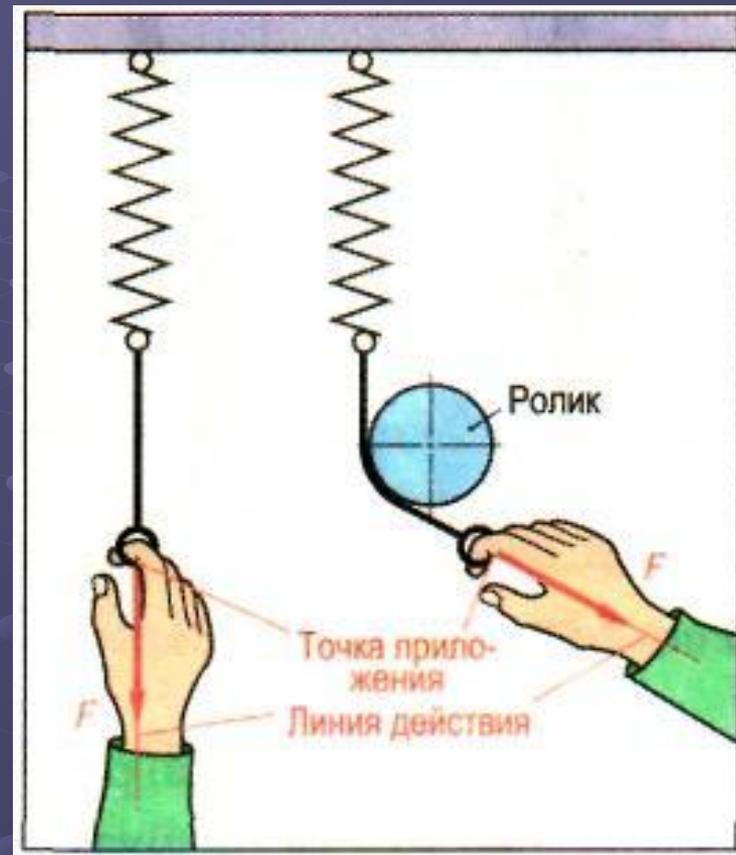
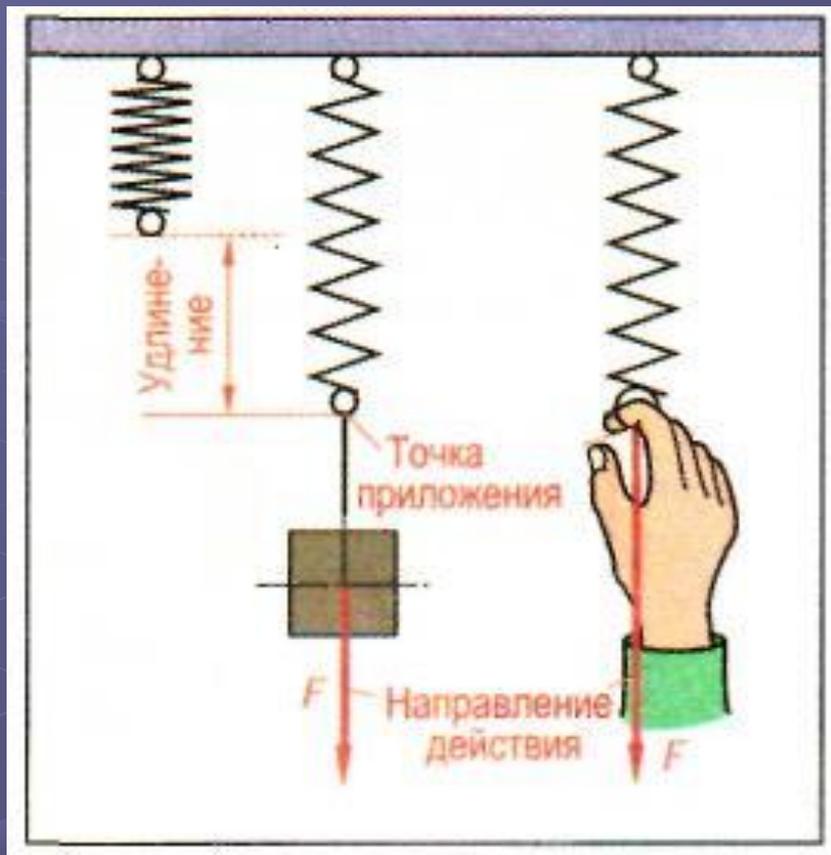
Упругость



Пластичность

- **Упругость** – свойство материала изменять свою форму под воздействием нагрузки, а после снятия нагрузки – восстанавливать форму.
- **Пластичность** - свойство материала изменять свою форму под воздействием нагрузки и сохранять ее после снятия нагрузки.

Понятие силы



Единицей измерения в системе СИ является ньютон (Н).

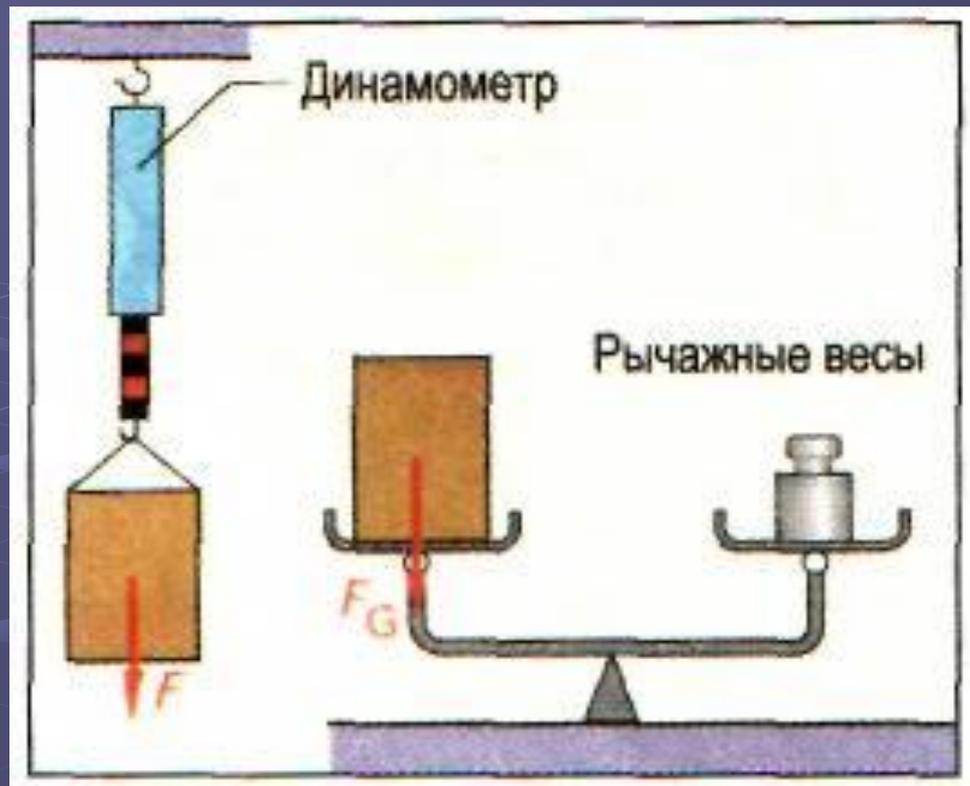
$1000 \text{ Н} = 1 \text{ кН}$

Килоньютон (кН)

$1000 \text{ кН} = 1 \text{ МН}$

Меганьютон (МН)

Определение силы тяжести и массы

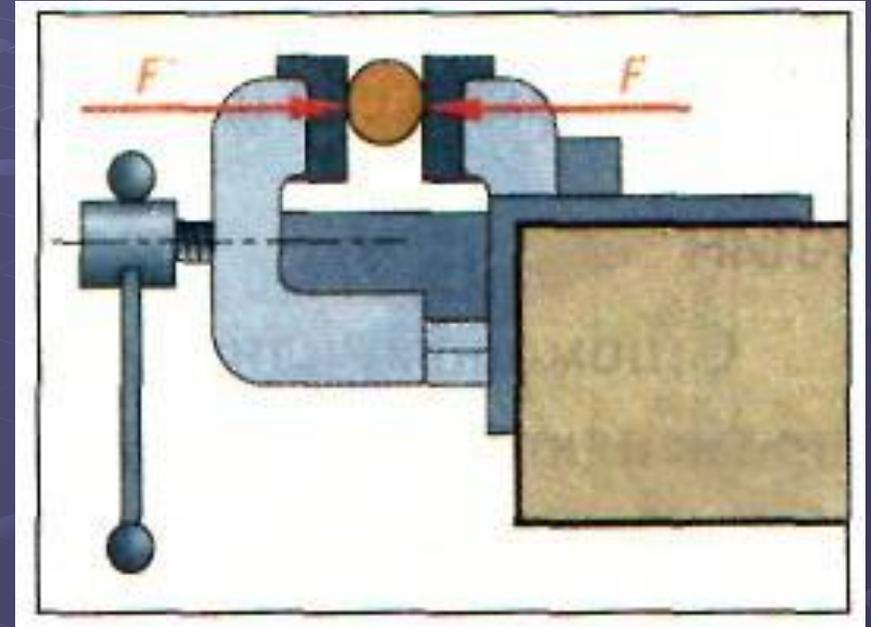
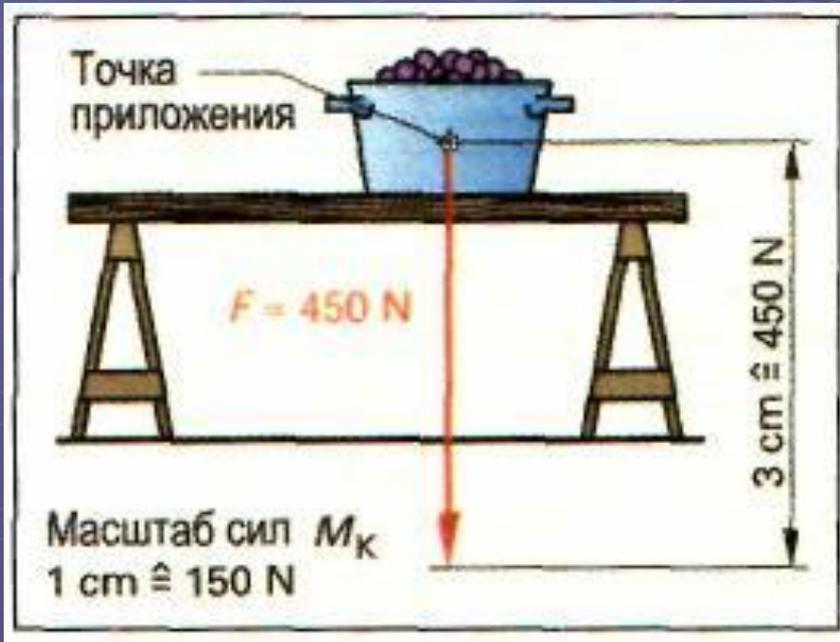


На массу тела воздействует масса Земли, создающая силу тяжести (притяжения). Сила тяжести тем больше, чем больше масса тела и чем меньше расстояние до центра Земли.

Сила тяжести или вес тела в 1 кг составляет:

$$F_G = 9,81 \text{ Н} = 10 \text{ Н}$$

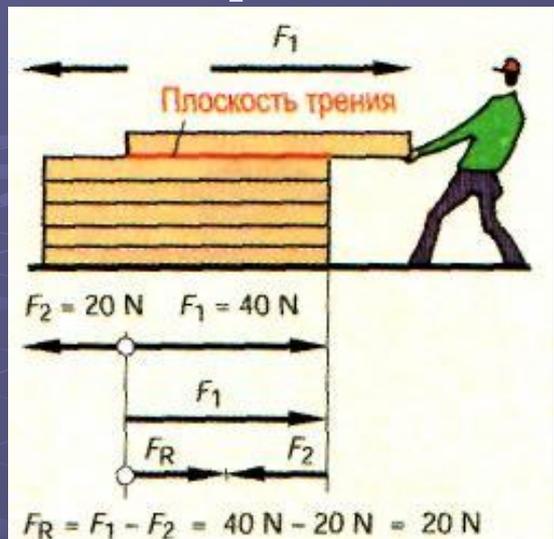
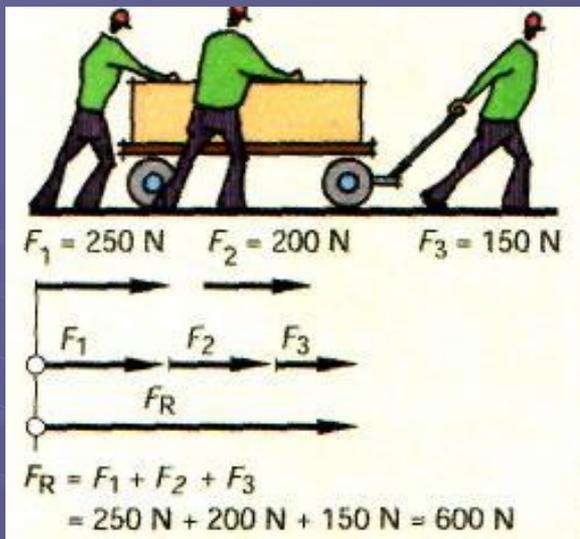
Действие и изображение сил



Силы изображают в виде стрелок. Длина стрелки показывает величину силы с помощью масштаба

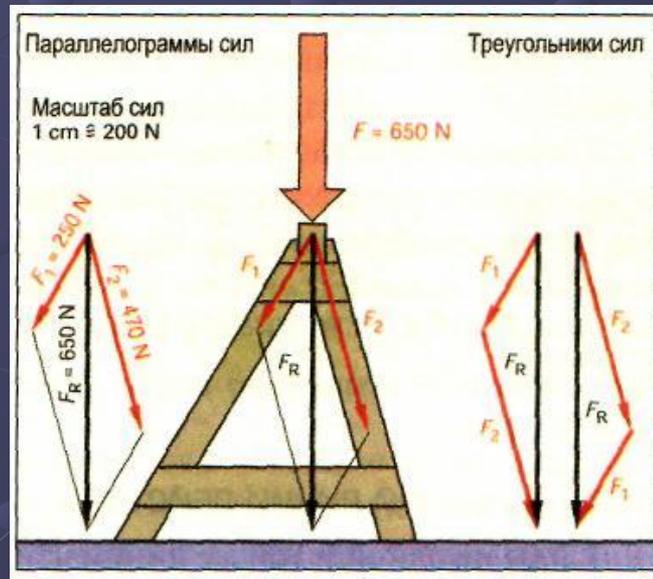
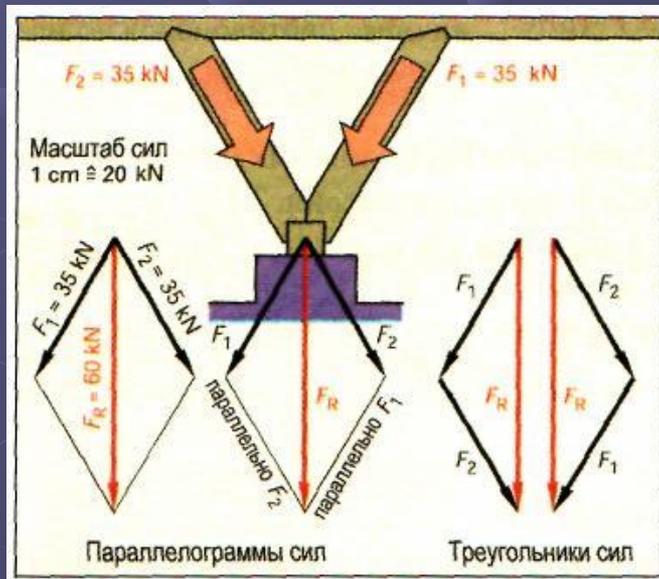
Одинаковые по величине, противоположно направленные силы

Сложение и разложение сил

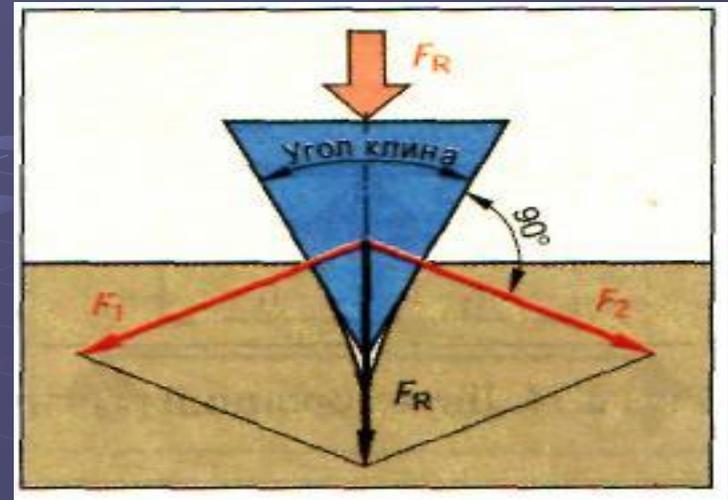
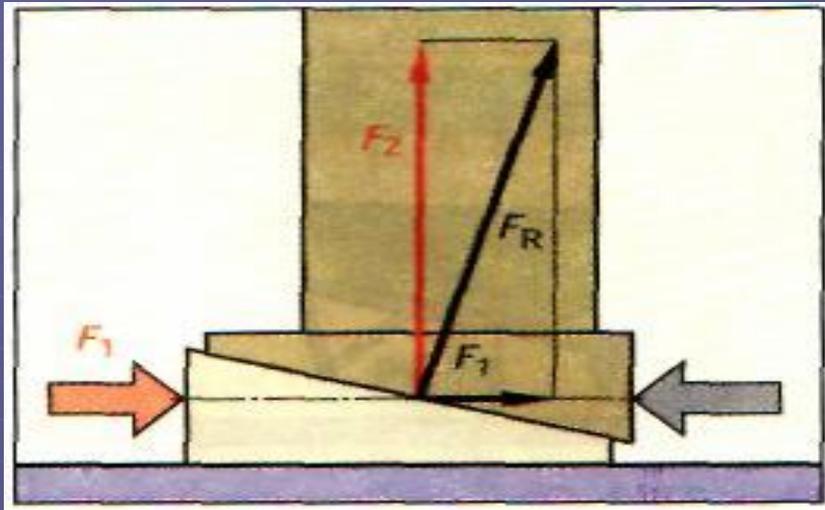


Силы на одной
линии действия

Силы,
действующие
под углом
друг к другу

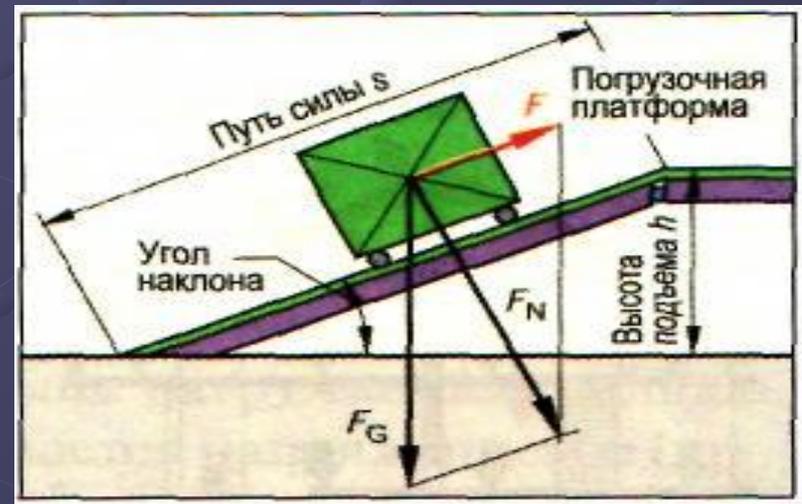


Разложение сил. Применение на практике.

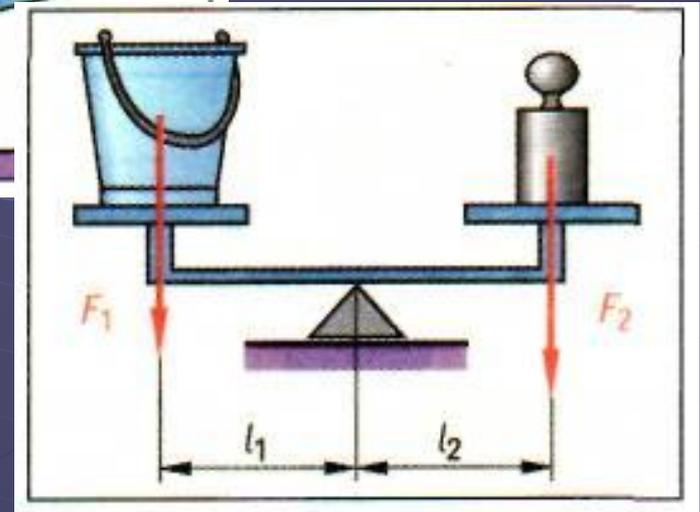
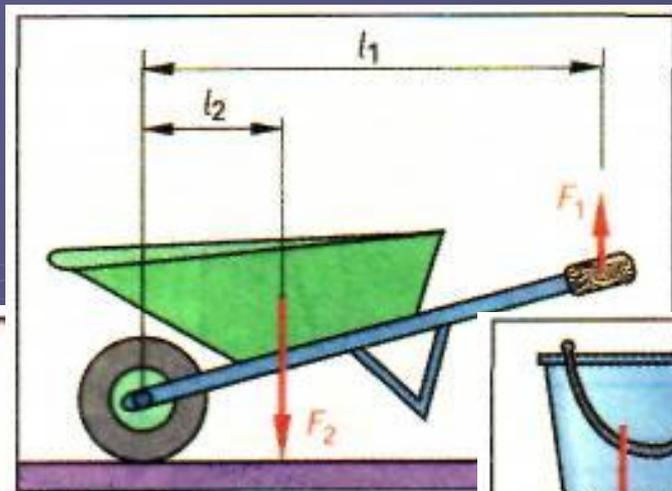
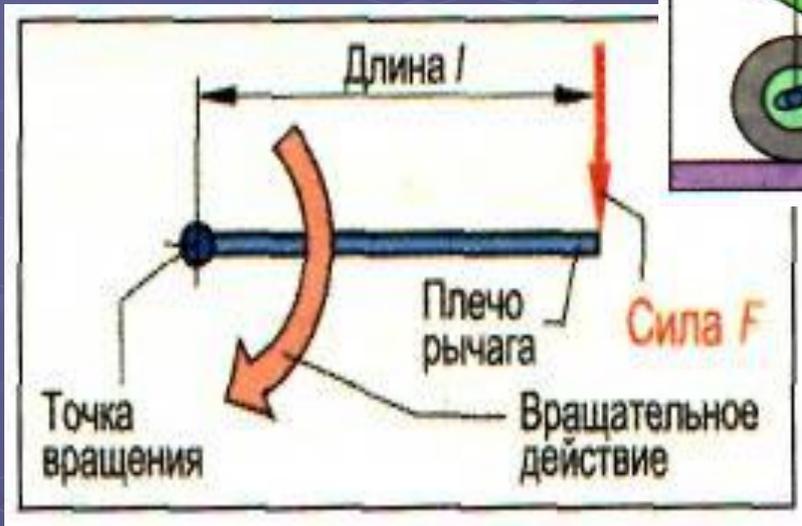


С помощью клина можно увеличить действие ударной силы

По наклонной плоскости можно перемещать вверх с относительно небольшим усилием большой груз



Рычаг. Момент.



Рычаг – это жесткое тело, вращающееся вокруг оси (точки вращения).
Вращательное действие рычага называется моментом.

Момент = сила \times длина рычага l

$$M_1 = M_2$$

$$M = F \times l \quad (\text{Н} \times \text{м} \text{ или } \text{Н} \times \text{см})$$

$$F_1 \times l_1 = F_2 \times l_2$$

Нагрузки на здание



Постоянные нагрузки – длительно действующие и неизменяющиеся нагрузки:

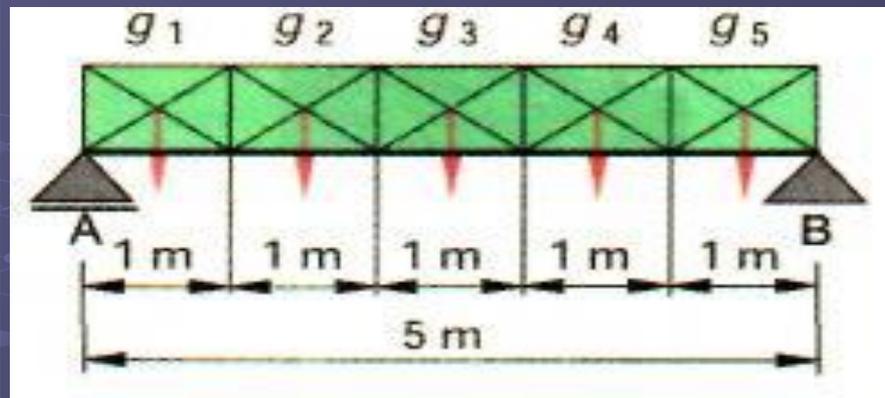
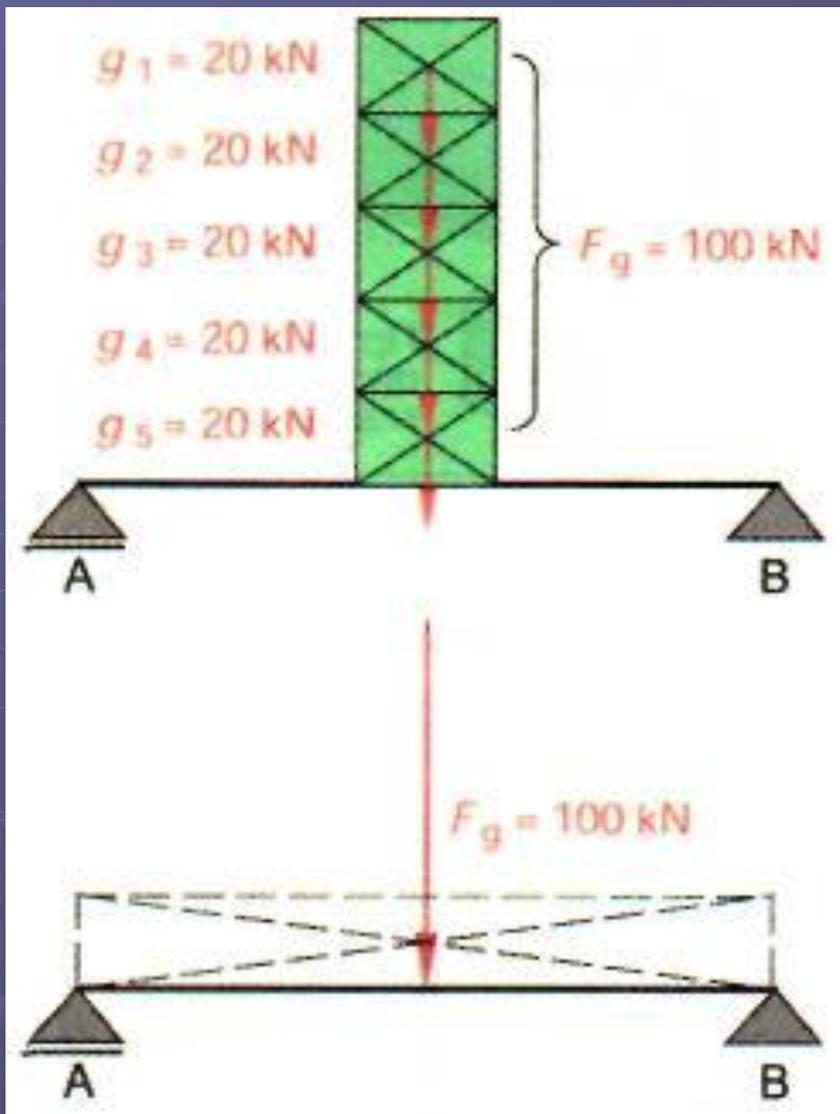
- ❖ собственный вес строительных элементов;
- ❖ собственные веса других конструкций, которые действуют сверху;
- ❖ давление грунта, например, на стены подвала, или давление воды, например, на стены бассейна.

Временные нагрузки – это нагрузки, которые могут меняться и быть подвижными и неподвижными:

- ❖ нагрузки от людей, оборудования, складированных материалов, автомобилей;
- ❖ ветер, создающий и силы давления, и силы отсоса;
- ❖ снеговые нагрузки на крышах, балконах...

Суммарная нагрузка = постоянная нагрузка + временная нагрузка

Нагрузки сосредоточенные и равномерно распределенные



Сосредоточенная сила
прикладывается к одной точке,
обозначается буквой F и дается в кН.

Равномерно распределенные
нагрузки относятся к 1 м длины
и даются в кН/м

Прочность и напряжение

- Под прочностью понимают силу тела, которая противодействует изменению формы и разрушению этого тела внешней силой.
- Под напряжением понимают силу внутреннего сопротивления тела, отнесенную к площади его сечения.

Напряжение = сила / площадь поперечного сечения

$$\sigma = F / A \quad (\text{Н} / \text{мм}^2 \text{ или } \text{МН} / \text{м}^2)$$

Требования безопасности:

Существующее напряжение \leq допустимому напряжению

$$\sigma_{\text{сущ.}} \leq \sigma_{\text{доп.}}$$

По виду нагрузки различают напряжения:

сжатия, растяжения, изгиба, среза, сдвига и кручения

Прочность материала

Прочность материала принято оценивать по среднему арифметическому значению результатов испытания образцов на сжатие.

$$R_{сж} = P_{разр} / F,$$

$R_{сж}$ – предел прочности материала, кг/ см²

$P_{разр}$ – разрушающая сила, кг

F – площадь поперечного сечения образца, см²

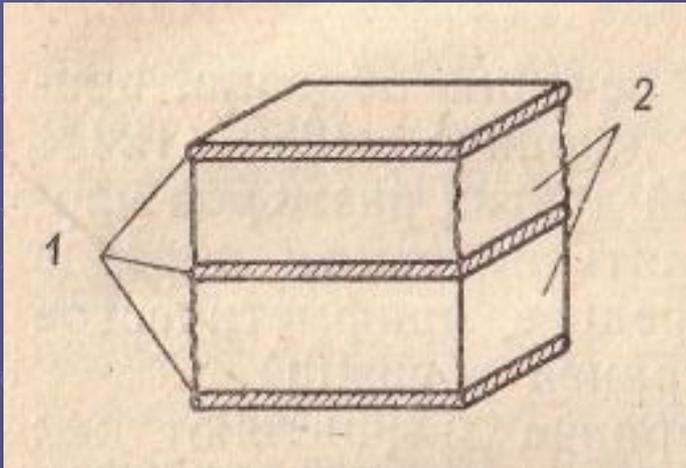
По среднему арифметическому значению прочности устанавливают марку.



Определение прочности бетона на гидравлическом прессе

Прочность кирпича

- Для испытания на сжатие образец готовят следующим образом. Кирпич распиливают (или раскалывают) строго пополам, а затем из этих половинок на быстротвердеющем растворе (марки не ниже 100 кг/см^2) изготавливают как бы модель стены



1 — быстротвердеющий раствор,
2 — половинки кирпича,

• От чего зависит прочность материала?



Определение прочности стали на разрывной машине

Прочность материала

От чего зависит прочность материала?

- От показателя его плотности,
- Пористости и характера пор,
- Влажности.

Увлажнение многих материалов снижает их прочность. Степень понижения прочности материала, насыщенного водой, характеризуется *коэффициентом размягчения*:

$$K_{разм} = R_{нас} / R_{сух}, \text{ где}$$

$R_{нас}$ — прочность материала в насыщенном водой состоянии, МПа;

$R_{сух}$ — прочность материала в сухом состоянии, МПа.

Значение *коэффициента размягчения* для разных материалов колеблется от 0 (необожженная глина) до 1 (стекло, сталь, битум).

Материал считается водостойким, если $K_{разм} \geq 0,8$

Морозостойкость материала

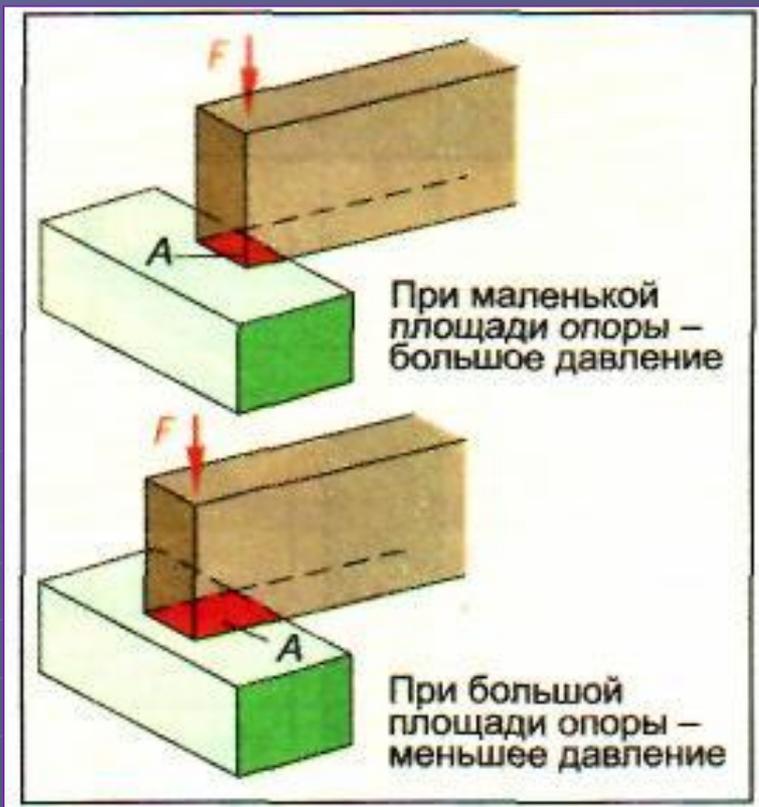
- **МОРОЗОСТОЙКОСТЬ** способность материала в насыщенном водой состоянии выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без признаков разрушения.
- Материалы с открытой пористостью обладают, как правило, невысокой морозостойкостью, и требуются обязательные лабораторные испытания для ее оценки.
- Морозостойкость материала характеризуется числом циклов замораживания (при температуре не выше $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$) и оттаивания (в воде), которое он выдерживает без снижения прочности и потери массы до значений, указанных в ГОСТе на соответствующий материал. Так, для кирпича допускается потеря массы более 5 % или снижение прочности не более 25 % от первоначальных значений этих величин.

После испытания (многократного замораживания и оттаивания) образцы взвешивают и подвергают испытанию на гидравлическом прессе. Полученные результаты сравнивают с результатами контрольных образцов, не подвергавшихся замораживанию.

Напряжение сжатия и растяжения

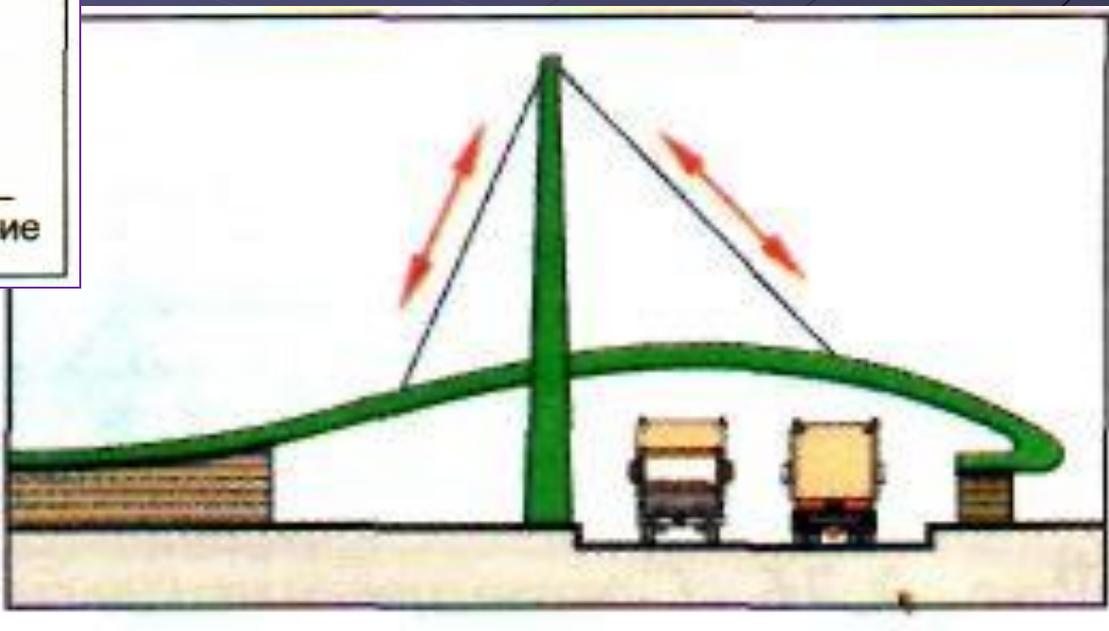
Какие строительные материалы и изделия лучше работают

- на сжатие?
- на растяжение?..



Какие элементы зданий и сооружений работают

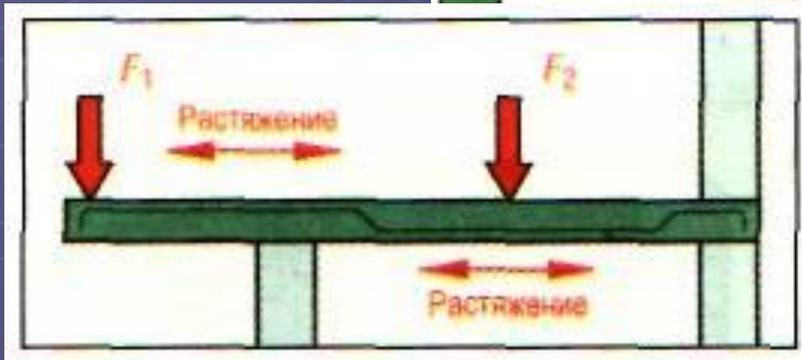
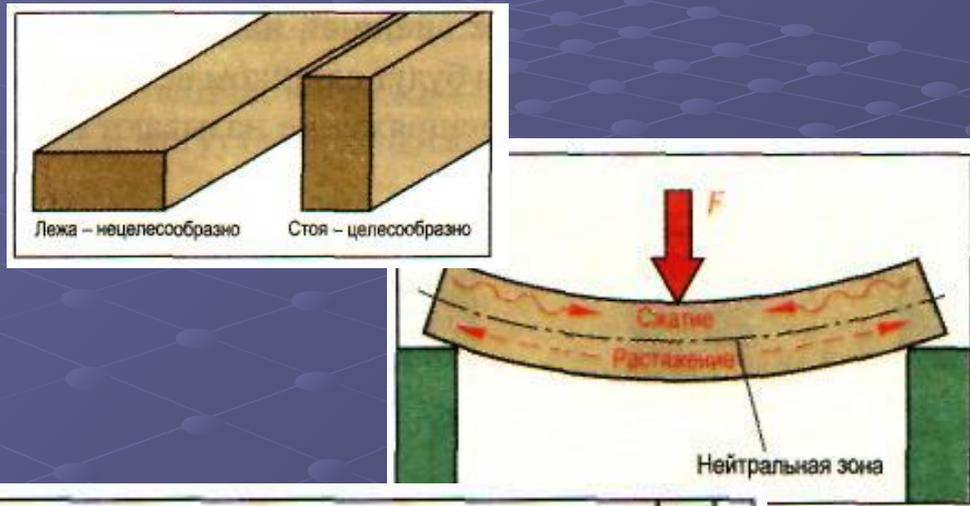
- на сжатие?..
- на растяжение?..



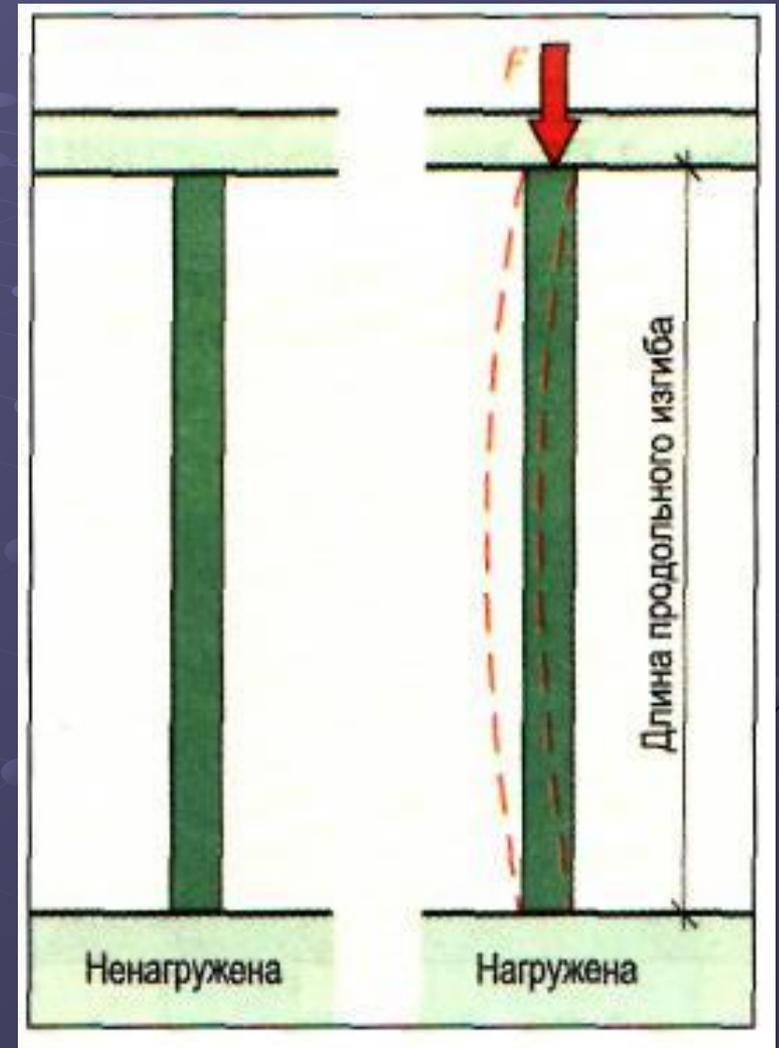
Напряжения изгиба

Поперечного:

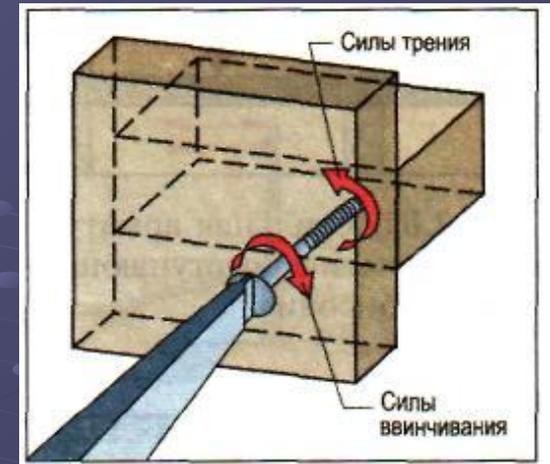
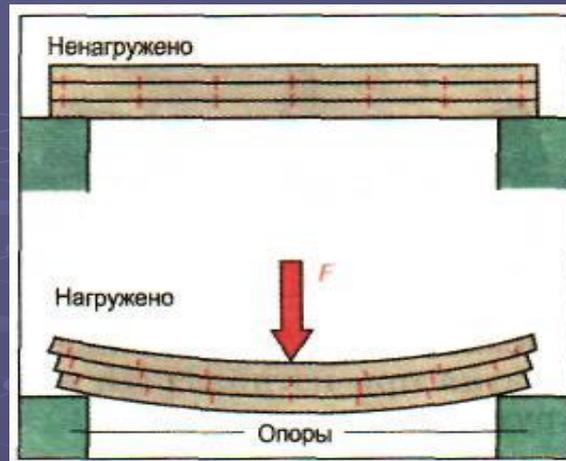
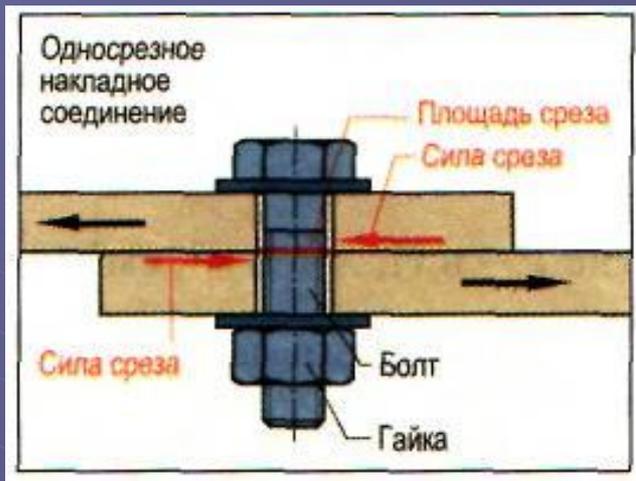
Продольного:



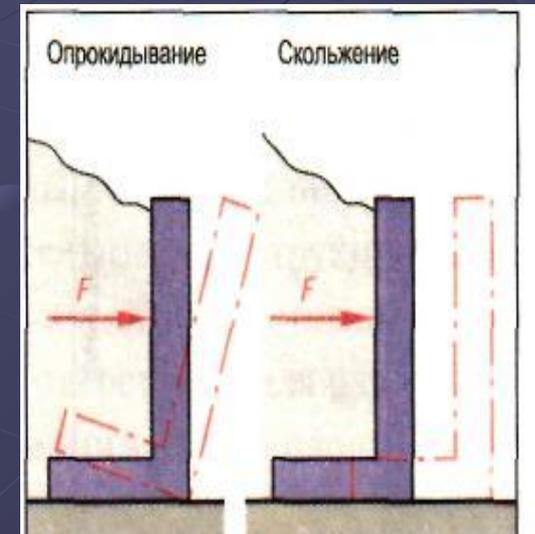
Стальная арматура в перекрытии устанавливается в растянутую зону ЖБ конструкции т.к. бетон плохо работает на растяжение, а сталь имеет высокую прочность при растяжении.

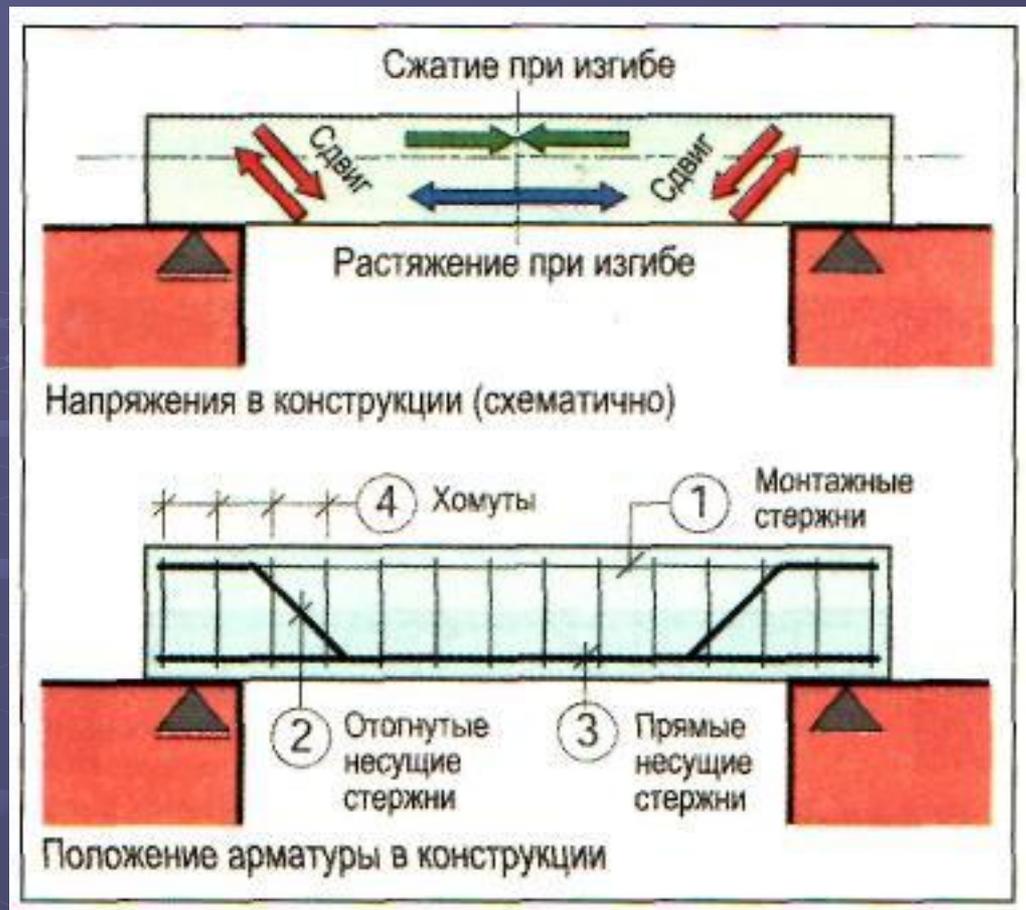
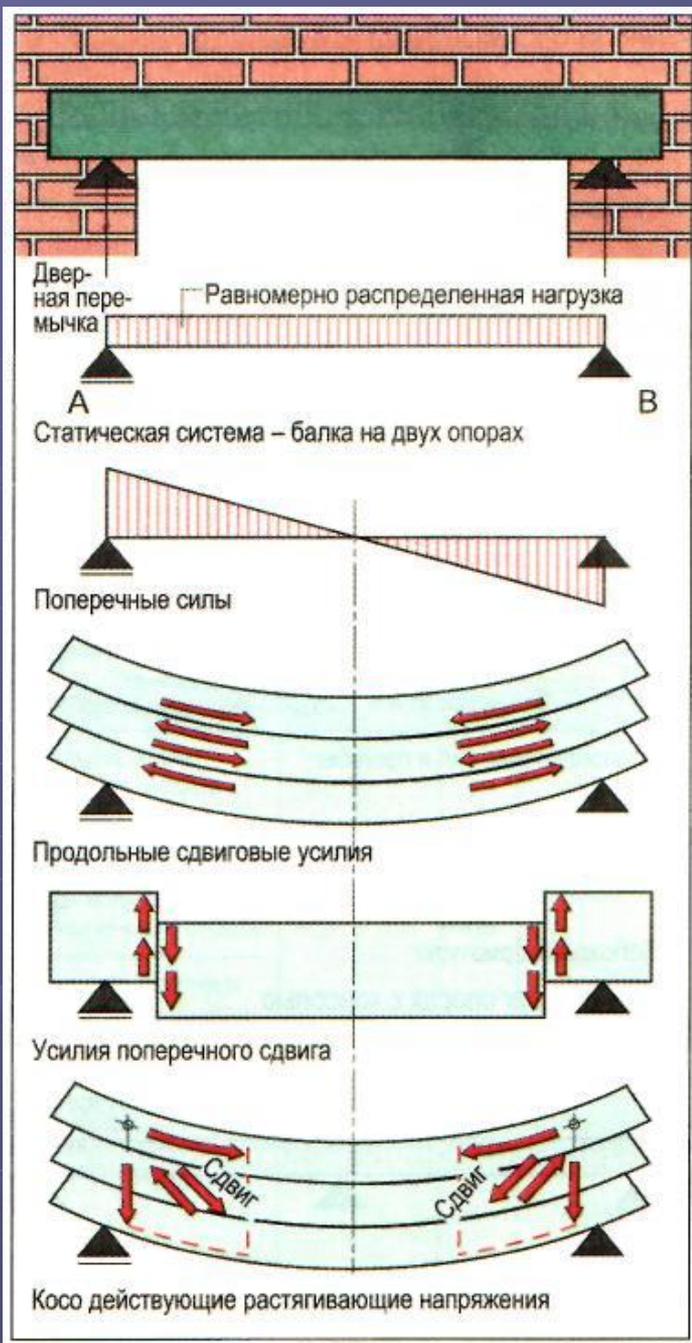


Срез. Сдвиг. Кручение. Скольжение



- Накладные соединения под нагрузкой могут срезать болт поперек его длины.
- В неоднородных по структуре конструктивных элементах при изгибе происходит сдвиг. Это не произойдет, если их предварительно склеить или укрепить арматурой.
- Кручение возникает во всех телах, которые должны передавать крутящий момент поперек своей продольной оси.
- Стены, нагруженные силами, действующими сбоку, должны выдерживать их, сохраняя устойчивость, и не скользить.



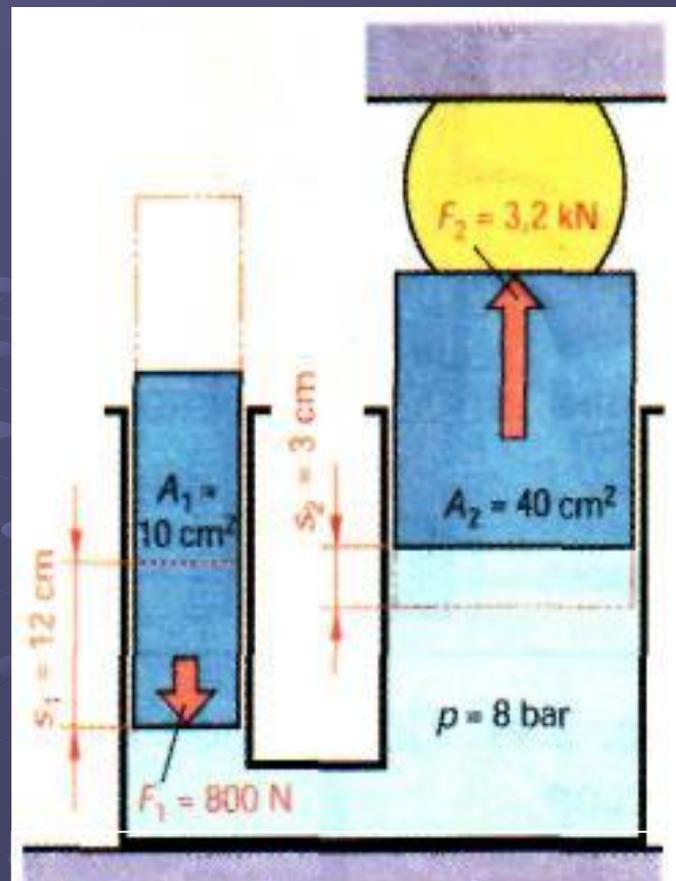
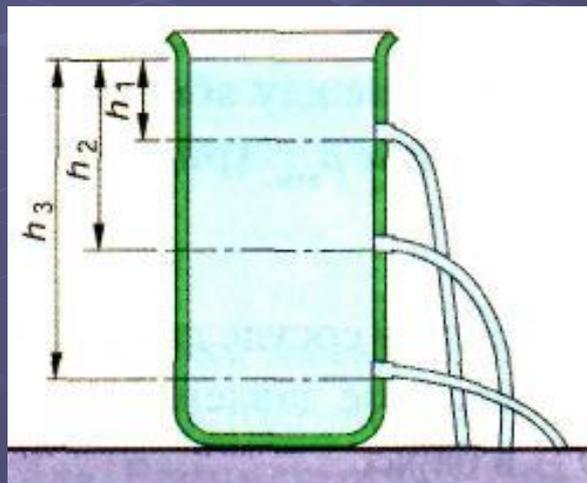
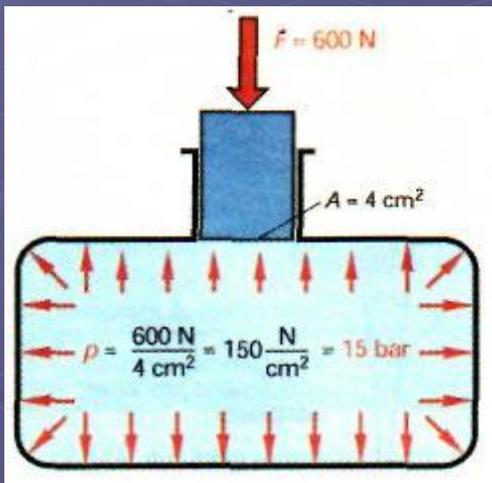


Схему армирования железобетонного ↑ изделия выбирают с учетом возникающих в нем напряжений и возможных деформаций

← Сдвиг вследствие изгиба

Гидростатическое давление

Под гидростатическим давлением понимают давление, создаваемое весом жидкости

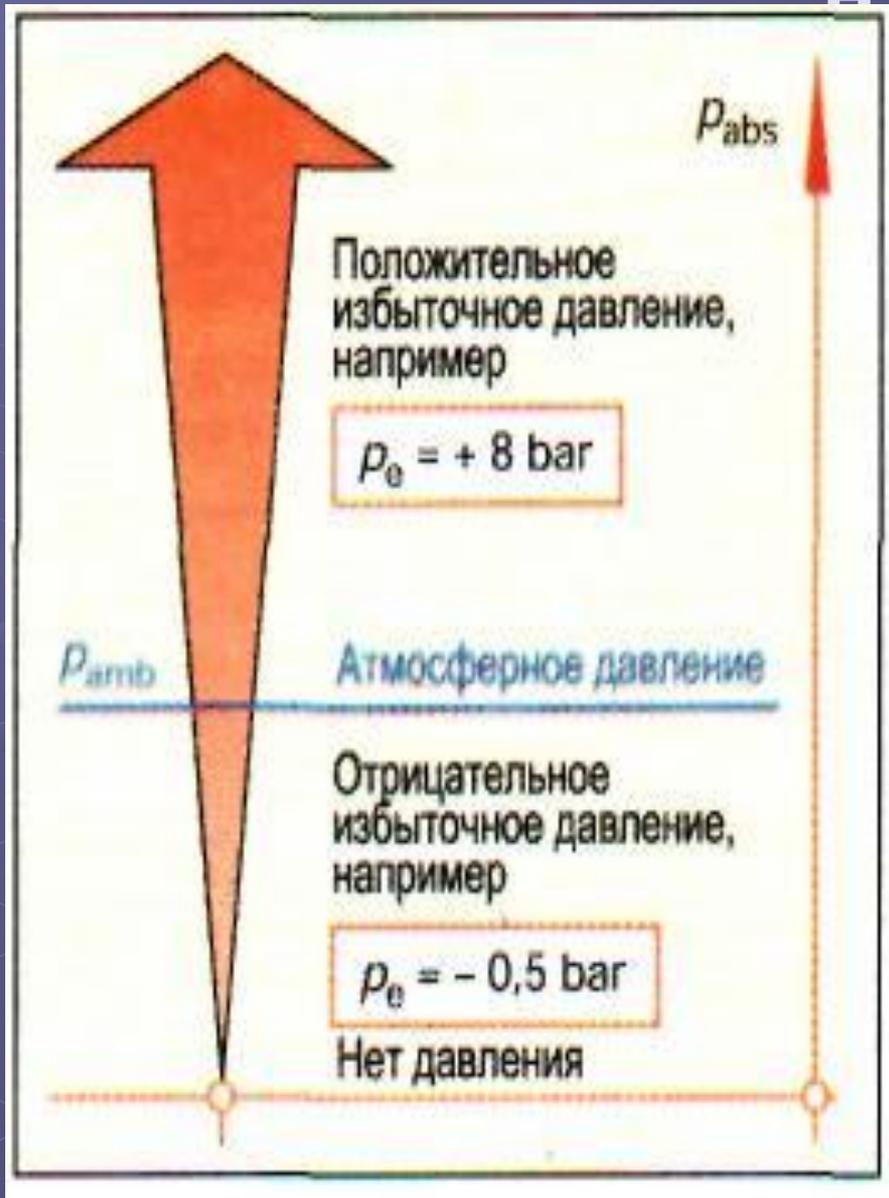


Свежеуложенная бетонная смесь оказывает гидростатическое давление на стенки опалубки.

Принцип работы гидравлического пресса
 $P = F_1/A_1$
 $P = F_2/A_2$
 $F_1/F_2 = A_1/A_2$

- **Водопоглощение** - способность материала впитывать и удерживать в своих порах влагу. Водопоглощение определяют по массе или объему и выражают в процентах. Водопоглощение по объему всегда меньше 100%, а по массе может быть более 100% (теплоизоляционные материалы с открытыми порами способны поглощать значительно больше воды, чем их масса).
- **Влагоотдача** - свойство материала терять находящуюся в его порах влагу. Влагоотдача характеризуется количеством воды в процентах (по массе или объему), теряемым стандартным образцом материала в сутки при относительной влажности окружающего воздуха 60% и температуре окружающей среды 20°C.
- **Гигроскопичность** - это свойство материалов поглощать влагу из воздуха. Гигроскопичные материалы могут поглощать большое количество воды, при этом увеличивается их масса, снижается прочность, изменяются размеры.

Давление газов.



Газы – это тоже тела и имеют вес.

1 м³ воздуха весит 1,29 кг.

Слой атмосферы 500 км

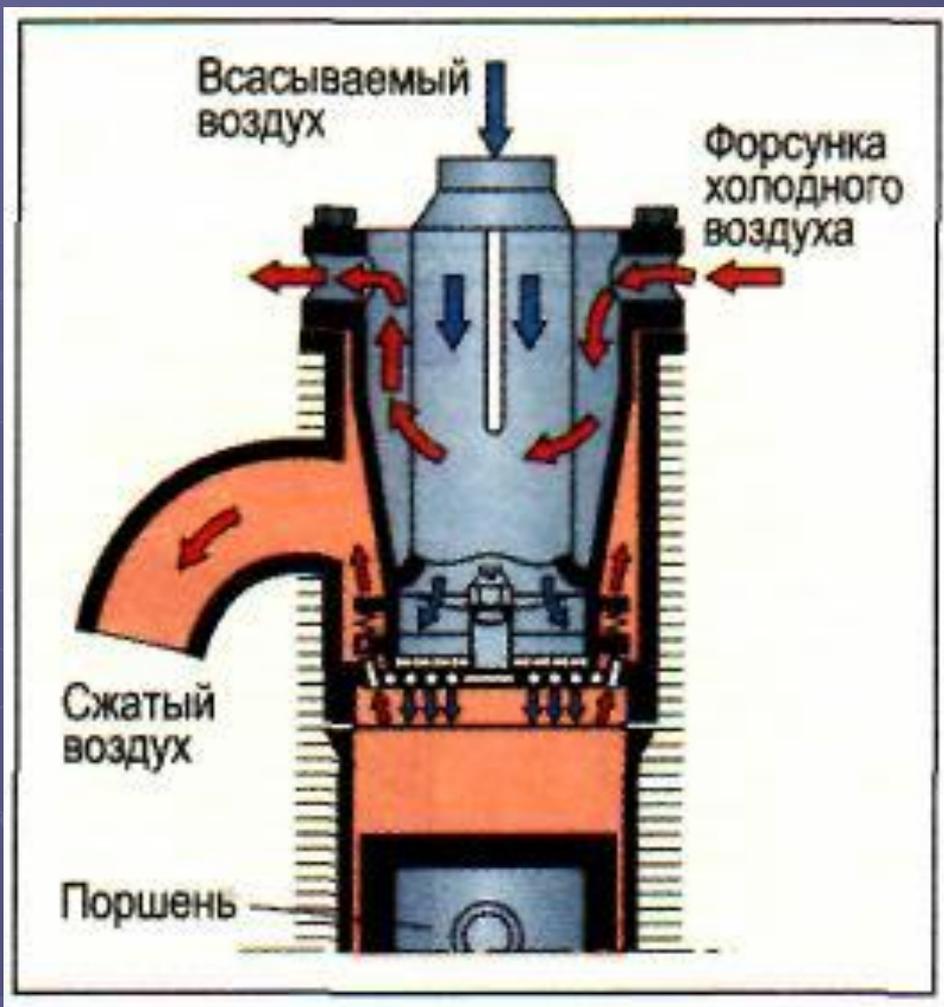
Масса воздуха на уровне моря –
1 бар (атмосферное давление).

Единица давления воздуха – гектопаскаль
1 бар = 1000 гПа

Если в сосуде давление меньше
атмосферного, имеет место
Разрежение т.е. отрицательное
избыточное давление.

И наоборот.

Компрессоры (сжиматели)



Поршневой компрессор



Винтовой компрессор



Тепло



Тепло и температура

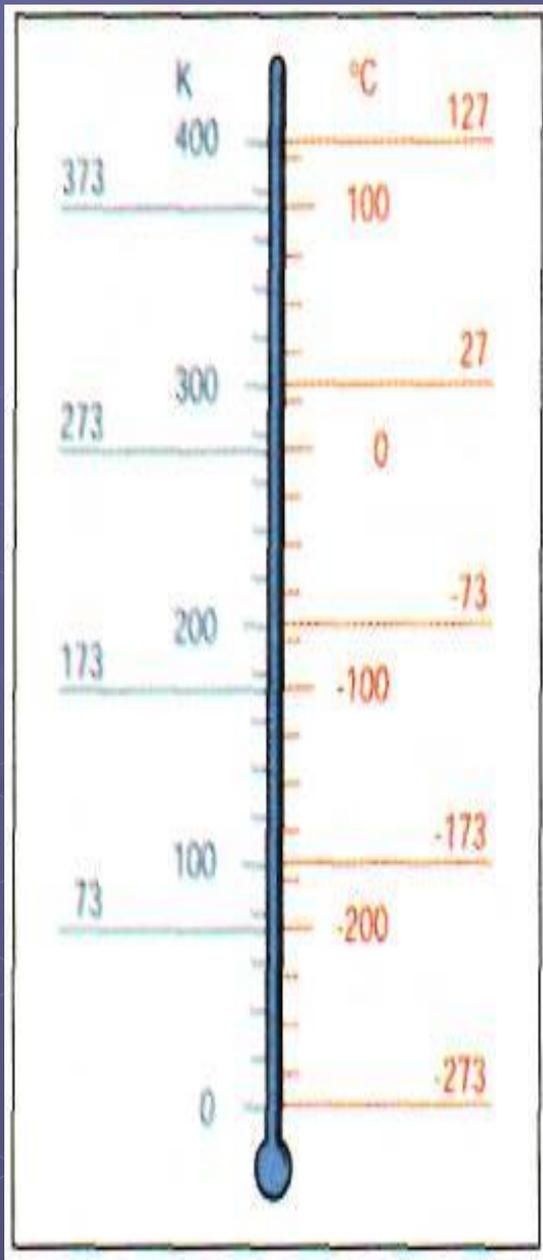
Тепло – это энергия движения молекул.

Температура – показатель, дающий представление о тепловом состоянии тела.

Единицы температуры:

кельвин (К) и градус Цельсия ($^{\circ}\text{C}$).

- 0°C – точка замерзания и таяния льда.
- 100°C – точка кипения.
- -273°C – самая низкая температура (абсолютный нуль), даже газы находятся в твердом состоянии.
- 0 K – начало отсчета
- 273 K – точка таяния.
- 373 K – точка кипения



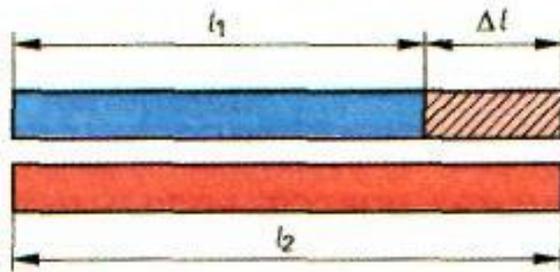
Теплоемкость – теплонакопительная способность материала (конструкции):

$Q = \rho \cdot c \cdot d$ (Дж / м² · °С), где d – толщина конструкции

Удельная теплоемкость (с) материалов, Дж/кг · °С

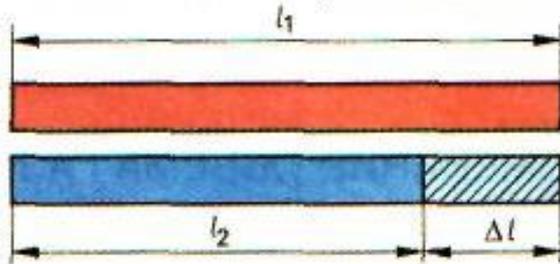
Вода	4200	Бетон	1000
Дерево	2100	Стекловата	840
Пенопласт	1500	Пеностекло	840
Газобетон	1050	Алюминий	800
Кирпич керам.	1000	Стекло	800
Камни силикат.	1000	Сталь	500

Увеличение длины при нагревании



$$\Delta l = l_2 - l_1 \quad \Delta \theta = \theta_2 - \theta_1$$

Уменьшение длины при охлаждении



$$\Delta l = l_1 - l_2 \quad \Delta \theta = \theta_1 - \theta_2$$

Коэффициенты температурного расширения (α) материалов

Строительный материал	α , мм/м·К
Железобетон	0,011
Кирпич	0,006
Песчаник, газобетон, легкий бетон	0,008
Стекло, керамическая плитка	0,008
Сталь	0,012
Медь	0,017
Алюминий	0,024
Цинк, свинец	0,029
Древесина	0,003

Изменение объема твердых тел

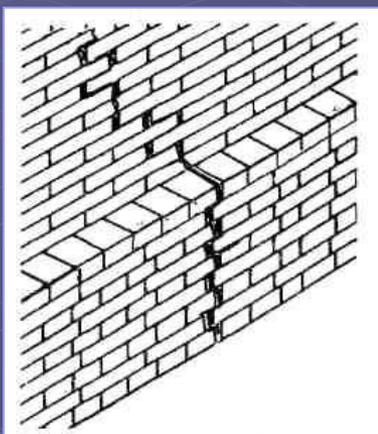
Все строительные конструкции расширяются при нагревании и сжимаются при охлаждении



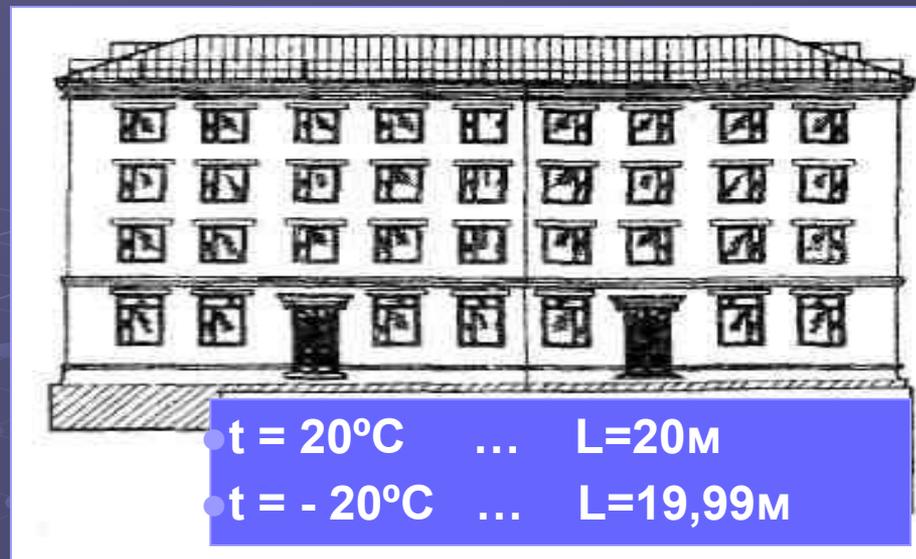
Для того , чтобы избежать деформации конструкций к воздействию температурного расширения выполняют температурные швы

Температурная деформация каменной кладки

- Под воздействием температур объем материалов, входящих в каменную кладку, незначительно изменяется, что может привести к образованию трещин.



- Для увеличения стойкости каменной кладки к воздействию температурного расширения в кладке выполняют температурные швы, толщина которых может быть 10-20 мм.



! здание стало короче на 10 мм



температурный шов

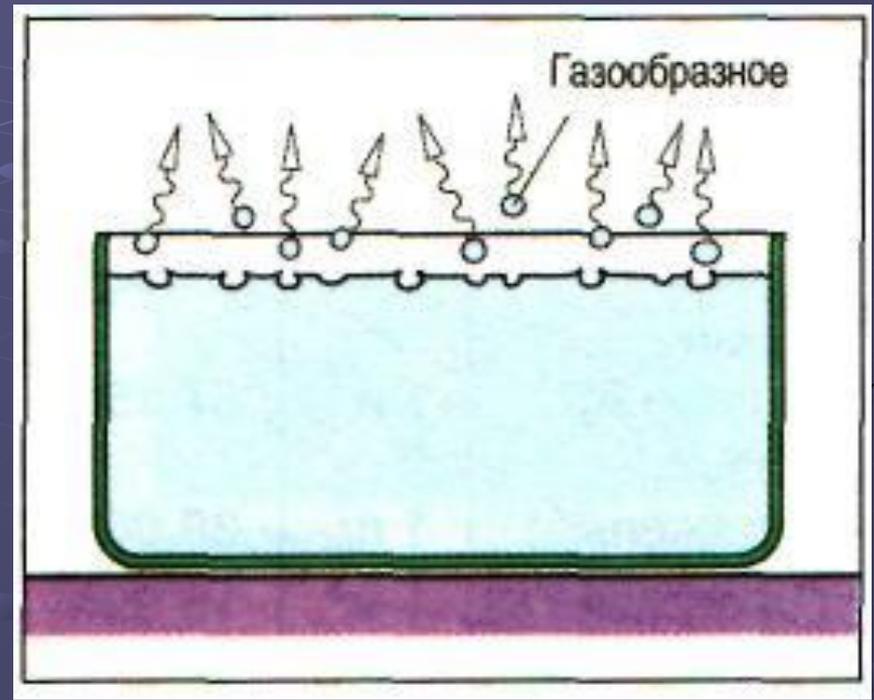
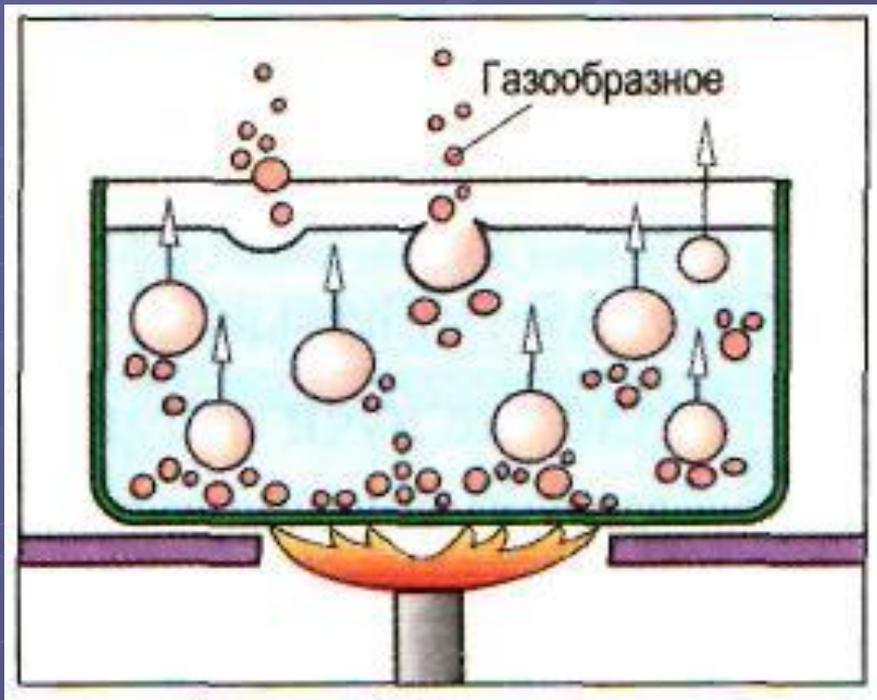
Различные агрегатные состояния



Плавление и испарение

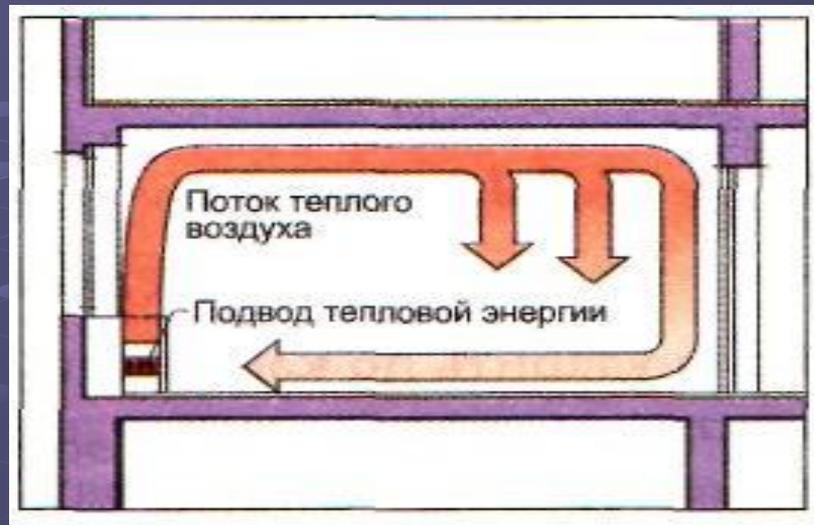
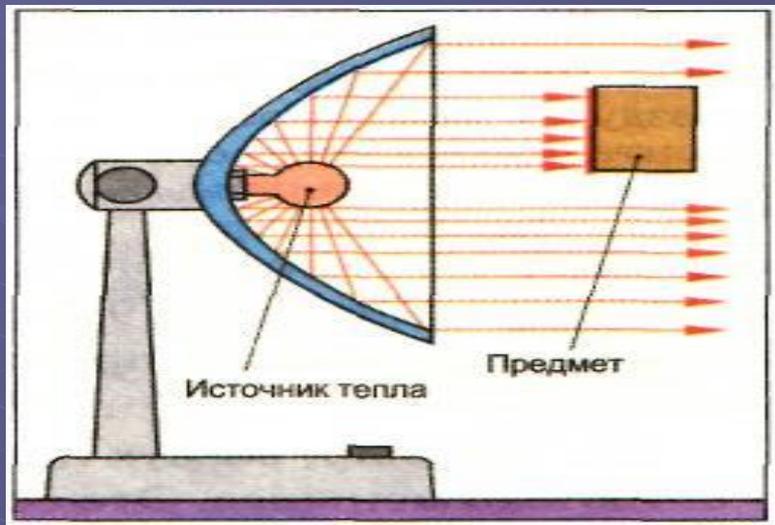
Температура плавления и затвердевания материала	°C	Температура кипения	°C
Хром	1900		
Сталь	1450-1530	Водород	-253
Чугун	1150-1250	Кислород	-196
Медь	1070-1093	Азот	-183
Алюминий	658	Спирт	78,4
Цинк	419	Ацетон	57
Вода	0	Вода	100
Ртуть	- 39	Ртуть	357
Азот	- 210	Свинец	1526

Газообразование



**Жидкость может превращаться в газ и ниже точки кипения.
Газообразование (испарение) происходит только у поверхности.**

Тепловое излучение. Конвекция



Тепловые лучи передают тепловую энергию только при попадании на какое-либо тело.

Темные и шероховатые тела воспринимают большую часть теплового излучения и нагреваются сильнее, чем светлые и гладкие, которые большую часть энергии отражают.

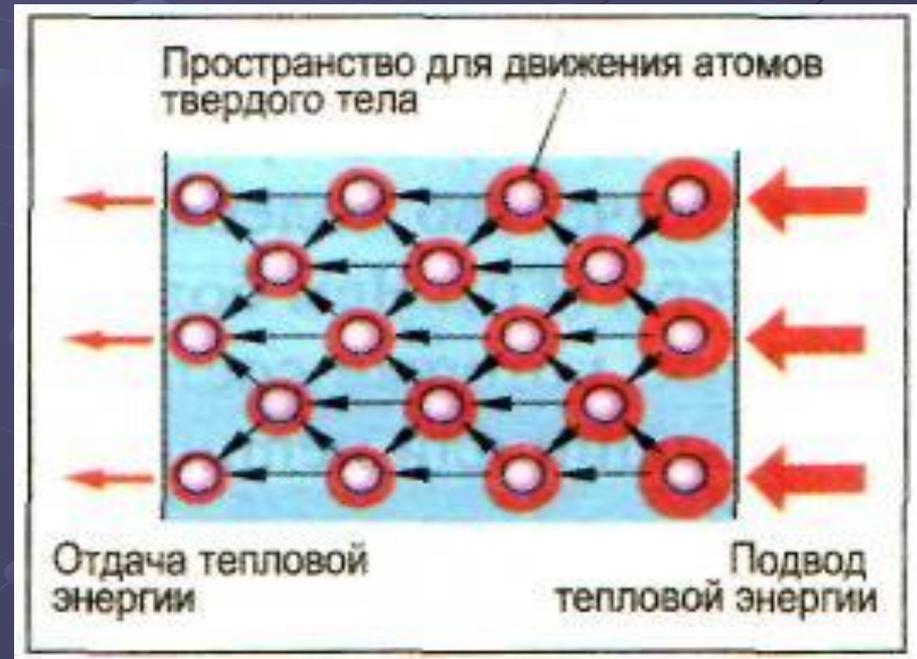
В противоположность тепловому излучению конвекция возможна только в жидкостях и газах.

Теплопроводность

Теплопроводность – это выравнивание температур в толще материала, которое происходит при передаче тепла от молекулы к молекуле.

Теплопроводность тем меньше,

- ◆ чем меньше плотность;
- ◆ чем выше пористость;
- ◆ чем мельче поры;
- ◆ чем меньше содержание влаги в материале.



Влажность воздуха

Воздух способен воспринимать водяной пар.

Содержание водяного пара в граммах в 1 м^3 воздуха называется абсолютной влажностью воздуха.

Теплый воздух может накапливать влаги больше, чем холодный.

Максимальное насыщение →

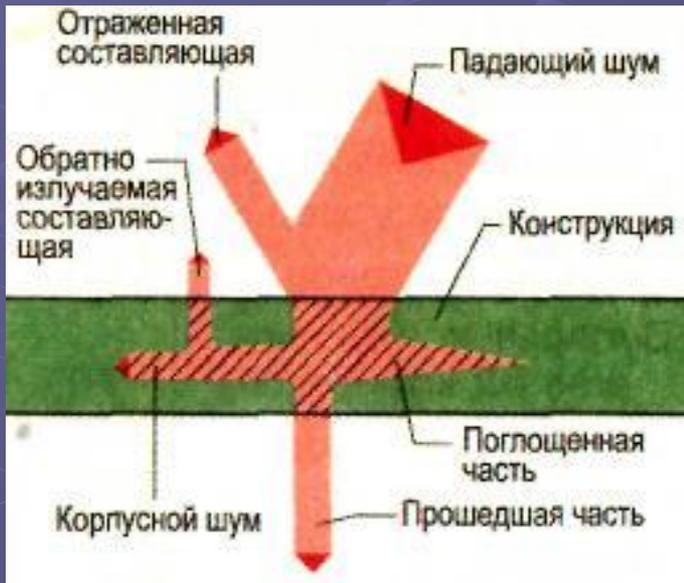


Обычно содержание влаги меньше максимального, то есть $< 100\%$.

Относительная влажность =
(абсолютная влажность / максимальная влажность) · 100%

Звук

Распространение воздушного и корпусного шума



Количество звуковых колебаний в секунду называют частотой тона.
Единица частоты – герц (Гц). Чем больше частота, тем выше тон.
Человеческий слух имеет свойство считать низкие тона менее громкими.
Различение звука (порог слышимости) лежит, например, при частоте 1000 Гц - 0 дБ, при частоте 100Гц - 25 дБ.
Болевой порог - 120 дБ.

Измерение шума

Уровни шума различных источников, дБ	
Порог слышимости	0
Тихий разговор	40
Громкий разговор	60
Суперзвукоизолированный компрессор	70
Сильный транспортный шум	80
Строительная круговая пила	85
Вибратор	95
Стенд испытания моторов	100
Начало болевых ощущений в ушах	130
Шум реактивного двигателя на расстоянии 2-3м	150

ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ строительных материалов

- **Строительные материалы характеризуются пожарной опасностью.**

Пожарная опасность строительных материалов определяется следующими пожарно-техническими характеристиками: горючестью, воспламеняемостью, распространением пламени по поверхности, дымообразующей способностью и токсичностью.

- Строительные материалы подразделяются на **негорючие (НГ)** и **горючие (Г)**. Горючие строительные материалы подразделяются на четыре группы:
 - Г1 (слабогорючие);
 - Г2 (умеренногорючие);
 - Г3 (нормальногорючие);
 - Г4 (сильногорючие).
- Горючесть и группы строительных материалов по горючести устанавливают по ГОСТ 30244.
- Для негорючих строительных материалов другие показатели пожарной опасности не определяются и не нормируются.

Горючие строительные материалы **по воспламеняемости** подразделяются на три группы:

- В1 (трудновоспламеняемые);
- В2 (умеренновоспламеняемые);
- В3 (легковоспламеняемые).

Группы строительных материалов по воспламеняемости устанавливают по ГОСТ 30402.

Горючие строительные материалы **по распространению пламени по поверхности** подразделяются на четыре группы:

- РП1 (нераспространяющие);
- РП2 (слабораспространяющие);
- РП3 (умереннораспространяющие);
- РП4 (сильнораспространяющие).

- Горючие строительные материалы по дымообразующей способности подразделяются на три группы:

- Д1 (с малой дымообразующей способностью);
- Д2 (с умеренной дымообразующей способностью);
- Д3 (с высокой дымообразующей способностью).

Группы строительных материалов по дымообразующей способности устанавливают по 2.14.2 и 4.18 ГОСТ 12.1.044.

- Горючие строительные материалы по токсичности продуктов горения подразделяются на четыре группы:

- Т1 (малоопасные);
- Т2 (умеренноопасные);
- Т3 (высокоопасные);
- Т4 (чрезвычайно опасные).

Группы строительных материалов по токсичности продуктов горения устанавливают по 2.16.2 и 4.20 ГОСТ 12.1.044.

Контрольные вопросы

1. Что называют плотностью строительных материалов?
2. Перечислите известные вам абсолютно плотные материалы.
3. Перечислить механические свойства строительных материалов.
4. Как влияет показатель плотности материала на его прочность?
5. Что называют упругостью материала?
6. Как влияет характер пор на показатели водопоглощения материала?
7. Меняется ли прочность материала при его увлажнении?
8. Какие материалы называют водостойкими?
9. В какую зону изгибаемой железобетонной конструкции укладывают рабочую арматуру?
10. Как определяют прочность конструкционных материалов?
11. Что называется морозостойкостью материала?
12. Как определяют, прошел ли материал испытание на морозостойкость?
13. Какие меры предпринимают при строительстве, чтобы избежать деформации конструкций к воздействию температурного расширения?
14. От каких характеристик зависит теплопроводность материала?