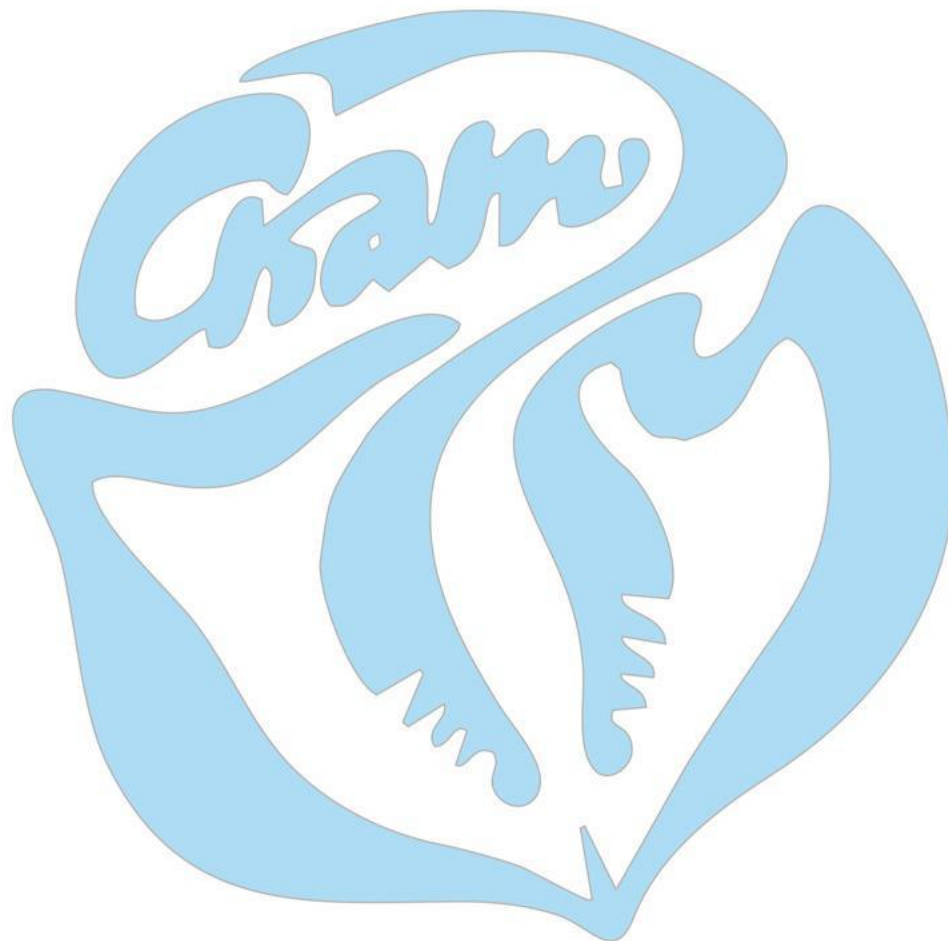


# Физика дайвинга

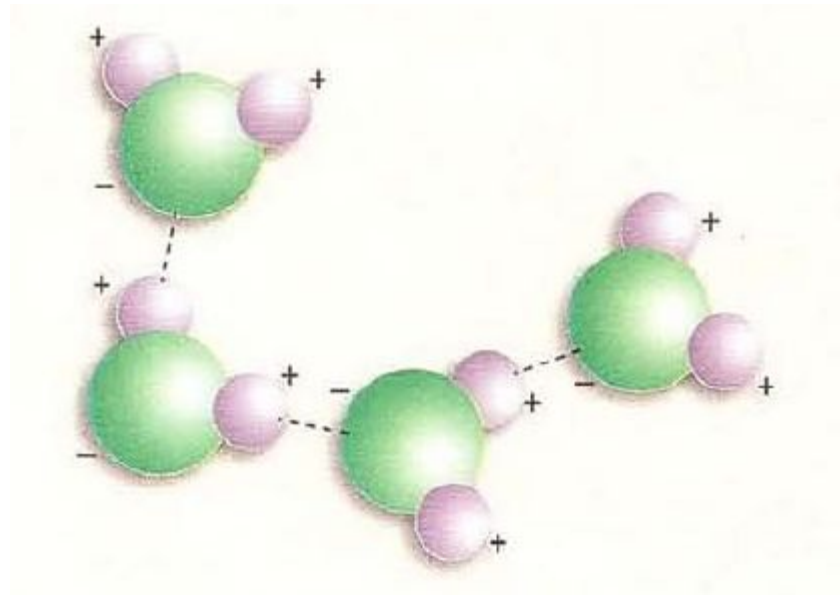
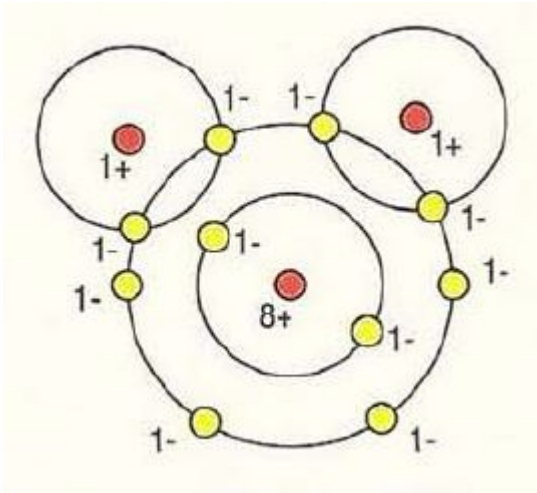
# Содержани е

1. Тепло, свет, звук в воде
2. Плавучесть
3. Давление и газы



# Вода

- Молекула воды полярна
- Полярная связь между молекулами делает поверхность воды плотной
- Вода – хороший растворитель

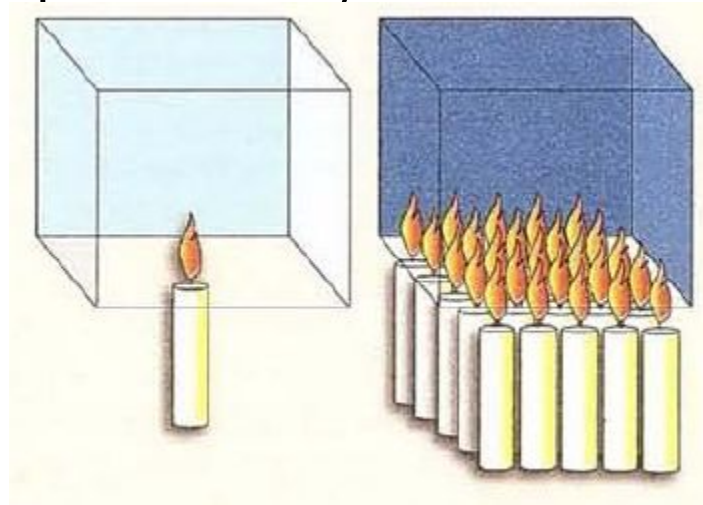


# Вода и тепло

*Тепло – суммарная кинетическая энергия всех молекул, находящихся в определенной массе вещества*

*Температура – показатель среднего движения молекул в определенной массе вещества*

- Чтобы нагреть одинаковые массы воды и воздуха на одинаковое количество градусов, для воды необходимо в 4 раза больше тепла, чем для воздуха (для одинаковых объемов – в 3200 раз больше)



# Вода и тепло

*Теплоемкость – показатель количества тепла, которое необходимо передать веществу, чтобы нагреть его на заданное количество градусов*

- Вода обладает практически самой высокой теплоемкостью среди веществ в природе



# Вода и тепло

- Высокая теплоемкость воды обусловлена полярной связью молекул (при нагревании энергия сначала расходуется на разрыв полярных связей между молекулами, а затем на увеличение кинетической энергии молекул)
- Теплоемкость воды выше, чем у воздуха также из-за большей плотности

*Плотность – показатель количества массы на единицу объема*

*(1 л воды весит примерно 1 кг, а 1 л воздуха – 1,3 гр)*

# Вода и тепло

- Расслоение по плотности – образование водных слоев в зависимости от плотности
- По мере охлаждения вода становится плотнее, пока не достигнет температуры замерзания.

*Лед имеет меньшую плотность, чем жидкая вода. Лед на поверхности изолирует и сохраняет тепло воды, замедляя процесс замерзания*

*Граница между слоями воды с разной температурой называется термоклином*

# Вода и тепло

- Растворенные вещества также увеличивают плотность воды

*Если растворенных веществ достаточно много, то теплый водный слой может быть плотнее и лежать глубже холодного пресного*

*Граница между слоем пресной и соленой воды называется галоклином*





# Вода и тепло

- Способы передачи тепла от одного вещества к другому – теплопроводность, конвекция, излучение

*Теплопроводность – передача тепла посредством прямого контакта*

*Вещество, сопротивляющееся теплопроводности – изолятор (воздух)*

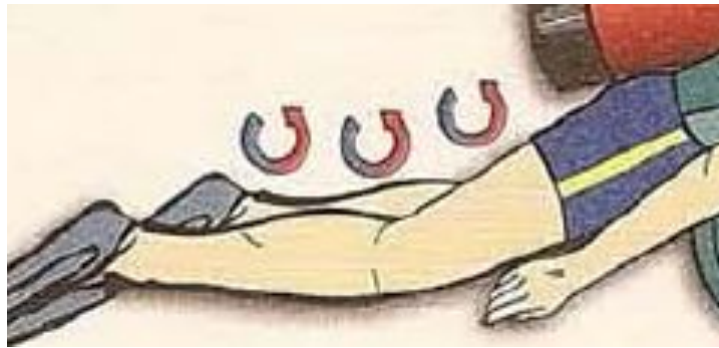
*Вещество, легко передающее тепло подобным образом называется проводником (вода – более чем в 20 раз лучше воздуха проводит тепло)*

*Почти всегда требуется теплоизолирующий гидрокостюм, за исключением погружений в очень теплой воде*

# Вода и тепло

*Конвекция – передача тепла через текучую среду (жидкость или газ)*

*При погружении в воду без гидрокостюма кожа нагревает воду, вода становится менее плотной и поднимается наверх, на ее место приходит холодная вода*



*Излучение – передача тепла посредством электромагнитных волн*

# Вода и свет

- В чистой воде только 20% света достигает глубины около 10 м

*Относительная концентрация взвешенных частиц называется мутностью. Чем выше мутность, тем меньше света проникает в толщу воды и тем хуже видимость*

*Вода рассеивает и преломляет свет – это явление называется дисперсией*

- Свет рассеивается-отражается от взвешенных частиц по мере прохождения через воду, что ведет к более равномерному его распространению
- Из-за дисперсии удаленные объекты кажутся нечеткими

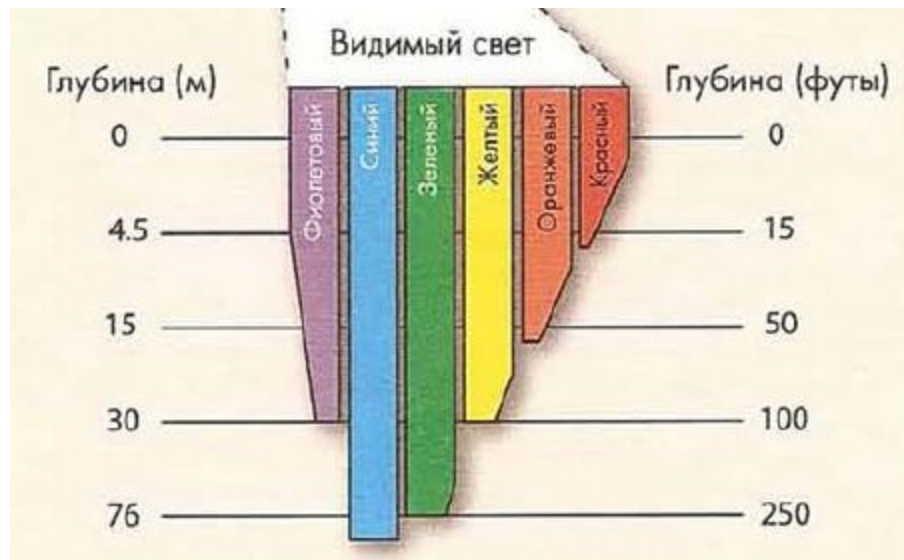


**SUPER  
COOL  
PICS.com**



# Вода и свет

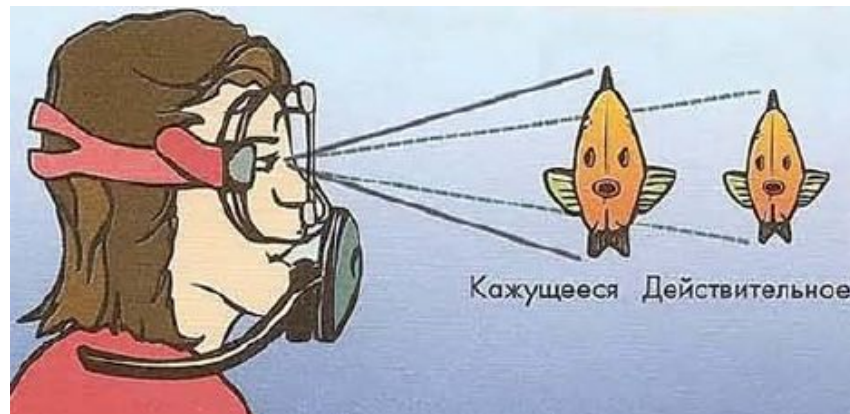
- Видимый свет – узкий сегмент электромагнитного спектра (от 400 до 760 нм)
- Когда белый свет попадает на объект, то лучи определенных длин поглощаются, а других – отражаются.
- Свет поглощается водой неоднородно как с глубиной, так и с расстоянием



# Вода и свет

*Преломление – изменение направления света при переходе из одной среды в другую с разной плотностью (плотность среды влияет на скорость света, что приводит к изменению его направления)*

- Предметы кажутся ближе, чем они есть на самом деле из-за явления преломления света (на 25% ближе или на 33% больше)

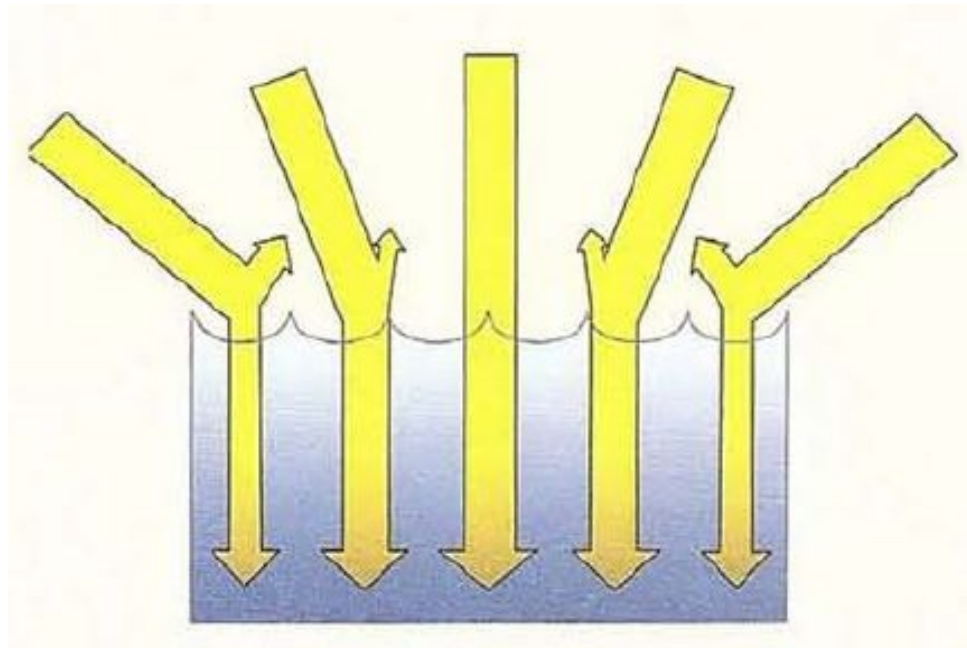


*Из-за мутности воды предметы могут казаться дальше – обратный оптический эффект*



# Вода и свет

- Максимальное количества света проникает под воду, когда лучи падают перпендикулярно ее поверхности. Чем меньше угол падения, тем больше света отражается от поверхности



# Вода и звук

- Звук – форма механической энергии, не может существовать вне материи
- Скорость звука в воздухе на уровне моря при  $0^{\circ}$  C равен 332 м/с, в пресной воде при  $15^{\circ}$  C – 1410 м/с, в соленой воде – 1550 м/с, поэтому трудно определить источник звука под водой, а также из-за явления костной проводимости
- Противодействие передаче звука будет на пересечении границы воздух/вода, галоклинах и термоклинах

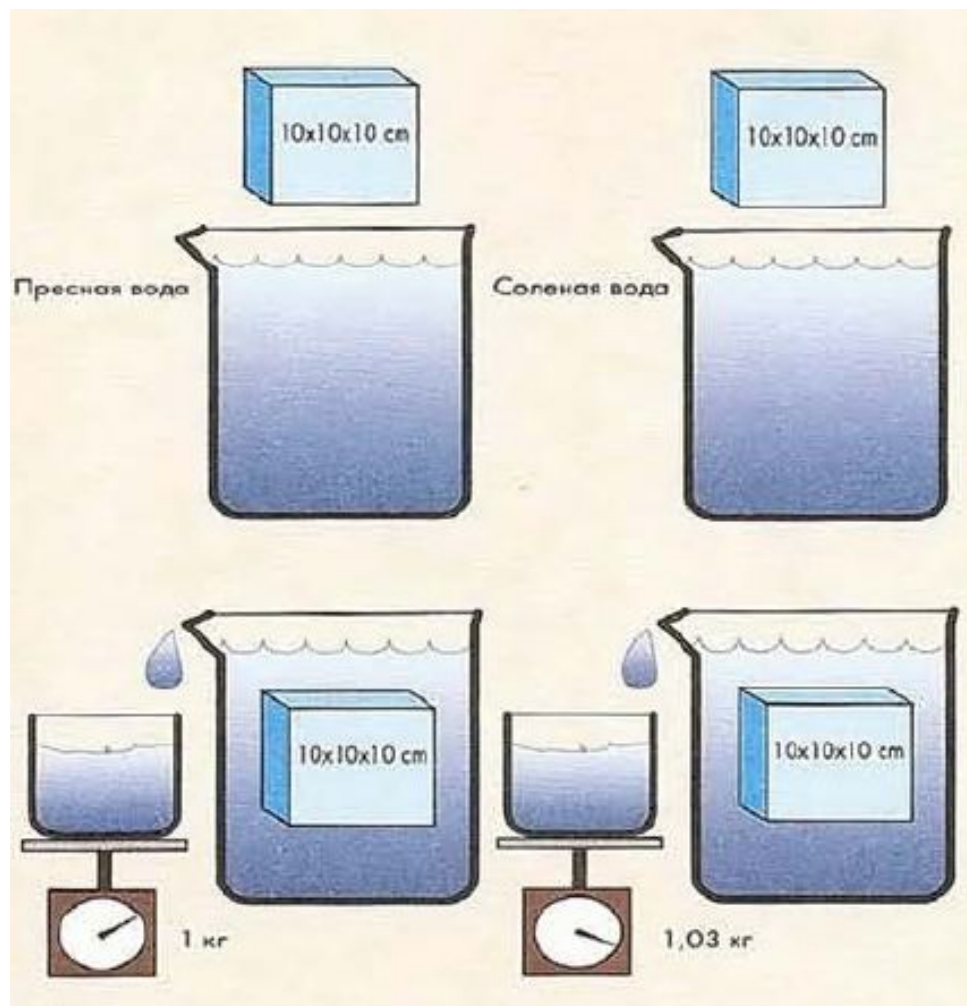
# Плавучесть

- Закон Архимеда: на объект, частично или полностью помещенный в текучую среду, будет действовать подъемная сила, равная весу того количества текучей среды, которое вытесняет объект

*Плавучесть – направленная вверх сила, действующая на любой объект, помещенный в текучую среду (жидкость или газ)*

- Плавучесть зависит от объема вытесненной жидкости и от ее веса. (Плотнее жидкость – больше плавучесть)

# Плавучесть



# Плавучесть

*Вес - сила воздействия тела на опору, препятствующую падению, возникающая в поле сил тяжести*

$$\mathbf{N} = m \cdot \mathbf{g}$$

*Удельный вес – отношение веса вещества к занимаемому объему*

$$\mathbf{\gamma} = \mathbf{N} / V = m \cdot \mathbf{g} / V = \rho \cdot \mathbf{g}$$

где  $\rho$  – плотность вещества

- Закон Архимеда

$$\mathbf{F}_{\text{выталк.}} = \mathbf{\gamma}_{\text{ж}} \cdot V$$

где  $\mathbf{\gamma}_{\text{ж}}$  и  $V$  – удельный вес и объем вытесненной телом жидкости

# Плавучесть

Свинцовый груз массой 1 кг поместили в воду.  
Каким станет вес груза под водой?

*плотность воды = 1000кг/м<sup>3</sup>*

*плотность свинца = 11350кг/м<sup>3</sup>*

Вес груза на суше:  $N = 1\text{кг} * 9,8\text{м/с}^2 = 9,8\text{Н}$

Объем груза:  $V = N / \gamma = 9,8\text{Н} / (11350\text{кг/м}^3 * 9,8\text{м/с}^2) = 8,8 * 10^{-5} \text{ м}^3$

Отсюда:  $F_{\text{выталк.}} = 1000\text{кг/м}^3 * 9,8\text{м/с}^2 * 8,8 * 10^{-5} \text{ м}^3 = 0,86\text{Н}$

Следовательно, вес груза под водой

$$P = N - F_{\text{выталк.}} = 9,8\text{Н} - 0,86\text{Н} = 8,94\text{Н}$$

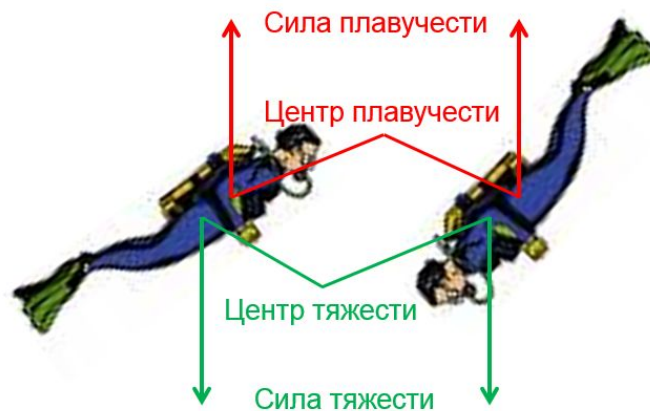
# Плавучесть

- Нейтральная плавучесть на поверхности воды устанавливается при полностью сдутом жилете и почти пустом баллоне, при вдохе пловец держится в воде на уровне глаз, на выдохе начинает погружаться



# Остойчивость

- Остойчивость – это способность водолаза сохранять под водой устойчивое положение и легко возвращаться к нему при наклоне
- Основные 3 положения тела дайвера – горизонтальное, под углом к поверхности (небольшой угол в 10-20°, большой угол более 30°), вертикальное.
- Достигается правильным расположением элементов снаряжения, изменяя центр плавучести или центр тяжести



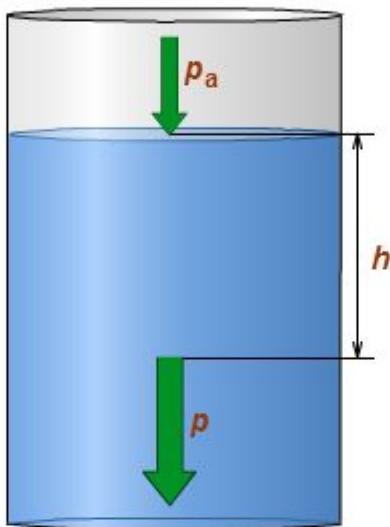




# Давление

*Давление – сила или вес, действующий на определенную площадь*

- Закон Паскаля: давление в жидкости или газе передается во всех направлениях одинаково и не зависит от ориентации площадки, на которую оно действует
- Если верхняя часть сосуда, заполненного жидкостью плотности  $\rho$ , сообщается с атмосферой, то давление  $p$  в жидкости на глубине  $h$ :



$$P = P_a + \rho \cdot g \cdot h$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ бар} &= 0,987 \text{ атм} = \\ &10^5 \text{ Па} = 750 \text{ мм рт.ст.} = \\ &10,197 \text{ м.вод.ст.} = 1,0197 \text{ кгс/см}^2 \\ 10 \text{ msw} &= 1 \text{ бар}, 10 \text{ mfw} = 0,97 \text{ бар} \end{aligned}$$

# Газовые законы

- Закон Бойля: при неизменной температуре объем газа обратно пропорционален абсолютному давлению

$$P \cdot V = \text{const}$$

Газ				Газ			
Глубина	Давление	Объем	Плотность	Глубина	Давление	Объем	Плотность
0m	1 ATA	1	x 1	0m	1 ATA	1	x 1
10m	2 ATA	1/2	x 2	10m	2 ATA	1	x 2
20m	3 ATA	1/3	x 3	20m	3 ATA	1	x 3
30m	4 ATA	1/4	x 4	30m	4 ATA	1	x 4
40m	5 ATA	1/5	x 5	40m	5 ATA	1	x 5

# Газовые законы

**Пример: (в грубом приближении!)**

Аквалангист находится на глубине  $h = 20\text{м}$ ,

объем баллона  $V_б = 10\text{л}$ ,

воздух в баллоне под давлением  $P = 200\text{бар}$ ,

объем легких аквалагиста  $V_л = 5\text{л}$ , на поверхности он дышит с частотой 6 вдохов в минуту.

Как долго аквалагист сможет дышать на этой глубине?

В баллон забито  $10 \cdot 200 = 2000\text{л}$  воздуха.

На поверхности аквалагист потребляет воздух со скоростью  $5 \cdot 6 = 30\text{ л/мин}$

Давление на данной глубине  $1+2 = 3\text{бар}$ , соответствующий расход воздуха увеличится до  $30 \cdot 3 = 90\text{ л/мин}$

Следовательно, воздуха аквалагисту хватит на  $2000/90 = 22\text{ мин}$ .

# Газовые законы

- Закон Шарля (основной газовый закон): изменение давления или объема заданного количества газа прямо пропорционально изменению его температуры (в К):

$$P \cdot V / T = \text{const}$$

- Эмпирическое правило: изменение температуры на 1° С соответствует изменению давления на 0,6 бар

# Газовые законы

## Пример:

Баллон заполнен сжатым воздухом при давлении 200 бар при температуре 40 °С. После этого температура окружающей среды понизилась до -15 °С. Чему равно давление воздуха в баллоне?

$$T_{\text{абс}}[\text{K}] = \text{°C} + 273$$

$$P_1 = 200 \text{ бар}, T_1 = 313 \text{ К}, P_2 = ?,$$

$$T_2 = 273 - 15 = 258 \text{ К},$$

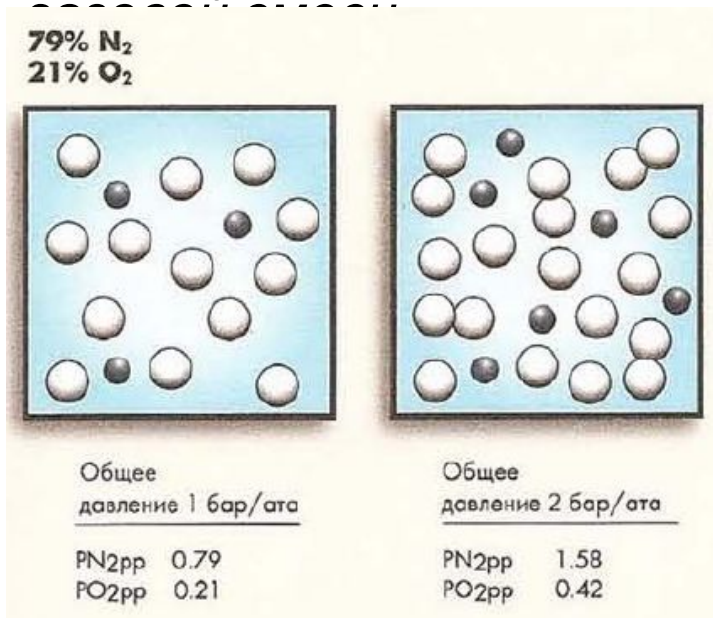
$$P_1 / T_1 = P_2 / T_2$$

$$P_2 = P_1 \times T_2 / T_1 = 200 \times 258 / 313 = 165 \text{ бар}$$

# Газовые законы

- Закон Дальтона: давление, оказываемое смесью газов равно сумме величин давлений, производимых каждым газом, составляющим смесь; при этом поведение каждого газа таково, как если бы он был единственным и занимал полный объем

*Парциальное давление – давление отдельного компонента*



*Кислород ядовит при  
 $PO_2 > 1.4$  бар/ата (67 м)*

*0,5% CO в смеси на глубине 40 м  
соответствует 2.5 % CO на  
поверхности (критический уровень)*

# Газовые законы

- Закон Генри: Количество газа, растворенного в жидкости при определенной температуре, прямо пропорционально его парциальному давлению

*Давление, оказываемое определенным газом, растворенным в жидкости, называется упругостью газа*

- На растворимость газа в жидкости влияют давление и температура. Любой газ будет растворяться в жидкости до тех пор, пока его парциальное давление в растворе не станет равным давлению в окружающей среде

*Разница между парциальным давлением газов, находящихся во взаимодействии с жидкостью, и упругостью газов внутри жидкости называется градиентом давления*



