

Мирзали Мургузов  
Расим Абдуразагов  
Ровшан Алиев  
Дилбар Алиева

# Физика

7

Учебник по предмету “Физика” для 7-го класса  
общеобразовательных школ

Утверждено приказом Министерства образования  
Азербайджанской Республики № 842 от 24.07.2014 г.

В

А

К

І



Н

Ә

Ş

Р

Баку – 2016

Научный редактор: М.Мургузов, доктор физико-математических наук, профессор

**Физика – 7.** Учебник по предмету “Физика” для 7-го класса общеобразовательных школ. М.Мургузов, Р.Абдуразагов, Р.Алиев, Д.Алиева. Баку. “Bakınəşr”, 2016, 144 стр.

[www.bakineshr.az](http://www.bakineshr.az)

Авторские права защищены. Перепечатывать это издание или какую-либо его часть, копировать и распространять в электронных средствах информации без специального разрешения противозаконно.

© Министерство образования Азербайджанской Республики – 2016

Отзывы, замечания и предложения, связанные с учебником, просим отправлять на электронные адреса: [bn@bakineshr.az](mailto:bn@bakineshr.az) и [derslik@edu.gov.az](mailto:derslik@edu.gov.az).  
Заранее благодарим за сотрудничество!

Перевод: О.Гасанов  
Редактор: О.Ересько  
Художественный редактор: Т.Меликов  
Технический редактор: З.Исаев  
Компьютерная верстка: Т.Меликов  
Художники: М.Гусейнов, Э.Мамедов  
Корректор: О.Котова

Формат бумаги: 70 × 100/16. Офсетная бумага. Гарнитура: школьная и ариал. Офсетная печать. Физический печатный лист: 9. Тираж: 3 800.  
Бесплатно.



**ГЕЙДАР АЛИЕВ**  
**ОБЩЕНАЦИОНАЛЬНЫЙ ЛИДЕР**  
**АЗЕРБАЙДЖАНСКОГО НАРОДА**

Çap için değil

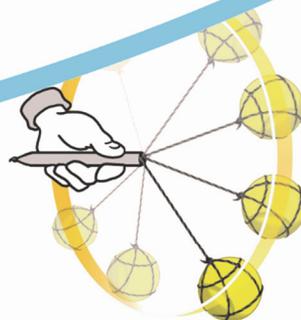
## Оглавление

Знакомство с учебником .....	6
<b>1. МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ</b>	
1.1. Описание механического движения.....	8
1.2. Прямолинейное равномерное движение.....	11
1.3. Относительность движения .....	13
1.4. Прямолинейное переменное движение.....	16
1.5. Графическое описание движения.....	18
1.6. Равномерное движение по окружности: период и частота вращения .....	22
1.7. Скорость и ускорение при равномерном движении по окружности .....	25
• Обобщающие задания .....	28
<b>2. ПРИЧИНА ВОЗНИКНОВЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ</b>	
2.1. Сила. Равнодействующая сила ...	30
2.2. Инертность тела. Первый закон Ньютона .....	32
2.3. Второй закон Ньютона .....	34
2.4. Третий закон Ньютона.....	37
2.5. Закон всемирного тяготения.....	39
2.6. Сила тяжести .....	42
2.7. Сила упругости. Закон Гука .....	45
2.8. Вес .....	48
2.9. Сила трения .....	50
• Обобщающие задания .....	54
<b>3. МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА И ЭНЕРГИЯ</b>	
3.1. Механическая работа .....	56
3.2. Мощность .....	59
3.3. Энергия. Потенциальная и кинетическая энергия .....	61
3.4. От чего зависит потенциальная энергия?.....	64
3.5. От чего зависит кинетическая энергия?.....	67
3.6. Закон сохранения энергии .....	71
• Обобщающие задания .....	74
<b>4. ДАВЛЕНИЕ</b>	
4.1. Давление твердого тела .....	76
4.2. Давление газов .....	78
4.3. Давление жидкостей.....	80
4.4. Передача давления в жидкостях и газах.....	82
4.5. Сообщающиеся сосуды.....	84
4.6. Гидравлическая машина .....	85
4.7. Атмосферное давление .....	88
4.8. Измерение атмосферного давления.....	90
4.9. Закон Архимеда .....	93
4.10. Условие плавания тел: плавание судов, воздухоплавание .....	97
• Обобщающие задания .....	102
<b>5. ПРОСТЫЕ МЕХАНИЗМЫ. РАВНОВЕСИЕ ТЕЛ</b>	
5.1. Простые механизмы. Рычаг .....	104
5.2. Блоки .....	107
5.3. Наклонная плоскость.....	110
5.4. «Золотое правило» механики. Коэффициент полезного действия (КПД) наклонной плоскости .....	112
5.5. Равновесие тел.....	115
• Обобщающие задания .....	118
<b>6. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ</b>	
6.1. Колебательное движение. Механические колебания .....	120
6.2. Физические величины, характеризующие колебательное движение .....	123
6.3. Волна. Механические волны.....	126
6.4. Виды механических волн. Физические величины, характеризующие волну .....	128
6.5. Звуковые волны .....	132
6.6. Скорость звука. Эхо.....	136
6.7. Волны, не воспринимаемые человеческим слухом. Сейсмические волны .....	140
• Обобщающие задания .....	144



# МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

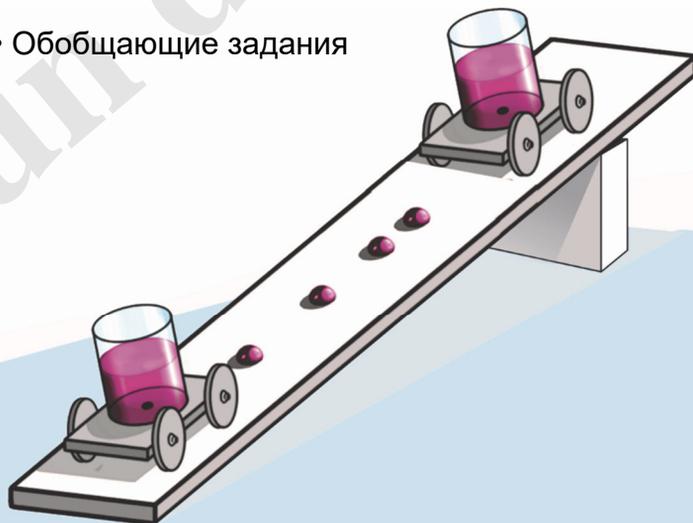
## 1



Стр. 7–28

- 1.1. Описание механического движения
- 1.2. Прямолинейное равномерное движение
- 1.3. Относительность движения.
- 1.4. Прямолинейное переменное движение
- 1.5. Графическое описание движения
- 1.6. Равномерное движение по окружности: период и частота вращения
- 1.7. Скорость и ускорение при равномерном движении по окружности

• Обобщающие задания



## 1.1. ОПИСАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ

В прошлом году вы приобрели определенные знания о механическом движении. Целью изучения механического движения является определение положения тела в пространстве в любой момент времени. Например, было определено, что астронавт, который совершит полет на Марс, может вернуться на Землю через 501 день.



- Что такое механическое движение?
- С какими видами механического движения вы знакомы?

### ИССЛЕДОВАНИЕ. Какое это движение?

1

Движение спортсмена



2

Движение мяча по желобу



3

Движение мяча



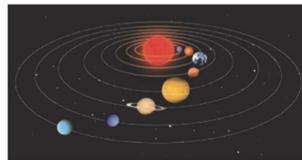
4

Движение карусели



5

Движение планет



6

Движение маятника часов



**Обсудите результаты:** Проведите классификацию приведенных видов механического движения.

Для исследования механического движения используются несколько понятий: *тело отсчета, система отсчета, материальная точка, траектория, путь, перемещение, промежуток времени (или просто время), скорость и другие.*

• **Тело отсчета** – это тело, относительно которого изучается движение. Для определения положения тела в пространстве используется система координат, связанная с телом отсчета, и время.

• **Тело отсчета, система координат, связанная с ним, и прибор, измеряющий время, называются системой отсчета.**

При изучении движения тела определенную роль играют его размеры. Однако бывают такие случаи, когда размеры тела не принимают во внимание, то есть его рассматривают как точку. Например, при исследовании движения летящего самолета на высоте 10 км от поверхности Земли его рассматривают как точку, так как размеры самолета во много раз меньше расстояния от него до наблюдателя, находящегося на поверхности Земли.

• Тело, размерами которого в данных условиях можно пренебречь, называется **материальной точкой**.

**Траектория** – это линия, которая материальная точка описывает при своем движении. Например, след, оставляемый кончиком ручки во время движения по бумаге (а). По форме траектории движения бывают **прямолинейные** и **криволинейные**.

• **Путь** – это длина траектории движения тела. Измерив пройденное расстояние во время движения тела по траектории от начального пункта до конечного, можно определить **пройденный путь** (или просто **путь**).

Являясь скалярной положительной величиной, путь обозначается буквой  $l$  или  $s$ . Путь в системе СИ измеряется в **метрах (м)**:

$$[l] = 1 \text{ м.}$$

• **Перемещение** – это направленный отрезок прямой, соединяющий начальную и конечную точки траектории движения. Модуль перемещения (числовое значение векторной величины) – это кратчайшее расстояние между двумя точками исследуемой траектории движения (б).

Перемещение – векторная величина и обозначается буквой  $\vec{s}$  со значком вектора над ней. В системе единиц СИ измеряется в **метрах (м)**:  $[s] = 1 \text{ м}$ .

• **Промежуток времени или время** – это продолжительность движения. Например, автобус на дорогу из Баку в Сумгайыт затрачивает 40 мин. Время обозначается буквой  $t$  и в системе единиц СИ измеряется в секундах:  $[t] = 1 \text{ с}$ . Время также измеряется в минутах (мин) и часах (час):

$$1 \text{ мин} = 60 \text{ с.}, 1 \text{ час} = 60 \text{ мин} = 3600 \text{ с.}$$

• **Скорость** – это величина, показывающая перемещение в единицу времени. Скорость – векторная величина. Она обозначается буквой  $v$  со значком вектора над ней:  $\vec{v}$ . Вектор скорости направлен вдоль перемещения тела (в). При вычислениях используется модуль скорости.

• Скорость – это величина, равная отношению перемещения ко времени, затраченному на совершение этого перемещения:

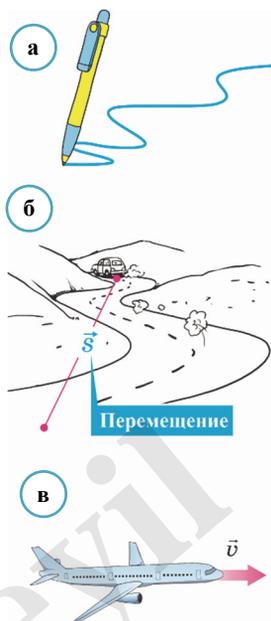
$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$$

Единица измерения скорости в системе СИ:  $1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  :

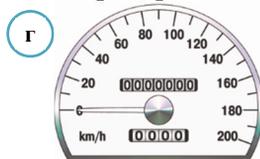
$$[v] = \frac{[s]}{[t]} = \frac{1 \text{ м}}{1 \text{ с}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

На практике используются и другие единицы измерения скорости:

$$\frac{1 \text{ км}}{1 \text{ час}}; \frac{1 \text{ км}}{1 \text{ мин}}; \frac{1 \text{ см}}{1 \text{ с}} \dots$$



Скорость измеряется при помощи прибора, называемого *спидометром* (Г).



## Применение полученных знаний

Выполните соответствующие преобразования для различных скоростей:

Скорость дельфина:

$$v_{\text{д}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 20 \cdot \frac{1}{\frac{1}{3600} \frac{\text{ч}}{\text{с}}} \cdot \frac{1000 \text{ км}}{1000 \text{ м}} = 20 \cdot \frac{36 \text{ км}}{10 \text{ ч}} = 72 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Скорость улитки:  $v_{\text{у}} = 0,002 \frac{\text{м}}{\text{с}} = \boxed{\phantom{000}} \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ .

Скорость самолета:  $v_{\text{с}} = 1800 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 1800 \cdot \frac{1000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 1800 \cdot \frac{10 \text{ м}}{36 \text{ с}} = 500 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

Скорость космического корабля:  $v_{\text{к.к.}} = 28800 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = \boxed{\phantom{000}} \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

## Что вы узнали

Тело, относительно которого изучается движение, называется \_\_. Тело, размерами которого в данных условиях можно пренебречь, называется \_\_. \_\_ – это линия, по которой движется материальная точка. Длина траектории движения – это \_\_. Промежуток \_\_ это продолжительность совершаемого движения. Отношение перемещения ко времени, затраченное на это перемещение, называется \_\_. Направленный отрезок прямой, соединяющий начальную и конечную точки траектории движения, называется \_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Скорость  
Перемещение  
Тело отсчета  
Траектория  
Материальная точка  
Время  
Путь

## Проверьте свои знания

1. Как можно классифицировать траектории движения по форме?
2. Чем отличается пройденный путь от перемещения?
3. По какой формуле вычисляется скорость?
4. Автомобиль за 10 минут прошел расстояние 20 км. С какой скоростью двигался автомобиль?

## 1.2. ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Спринтер во время бега по прямой дорожке на стометровую дистанцию проходит 60 м за время, равное 6 сек.

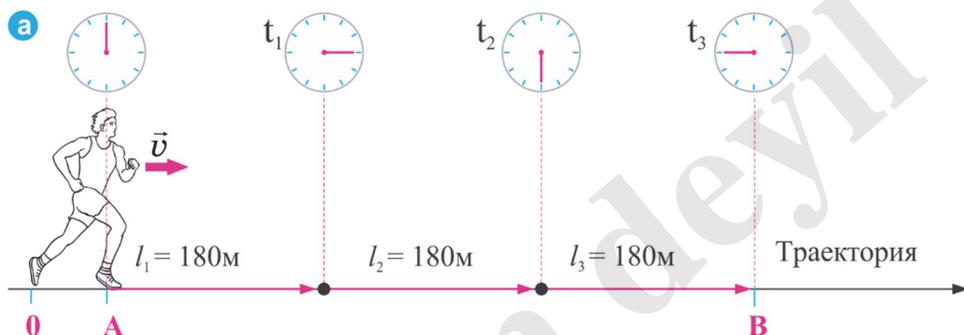
- Можно ли сказать, что спринтер любые равные отрезки дистанции пробегает с одинаковой скоростью?



### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Каковы движение спортсмена по траектории и его скорость?

**Ход исследования:** 1. Внимательно изучив рисунок, определите на основании показаний стрелки секундомера промежутки времени, затраченные на прохождение отрезков пути спортсменом (а). 2. Вычислите по нижеприведенным формулам соответствующие скорости по известным значениям пройденных отрезков пути и времени, затраченного на эти пути:

$$v_1 = \frac{l_1}{t_1}; v_2 = \frac{l_2}{t_2}; v_3 = \frac{l_3}{t_3}.$$



**Обсудите результаты:** 1. По какой траектории бежит спортсмен? 2. Какие промежутки времени  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  затрачивает спортсмен соответственно на прохождение путей  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$ ? 3. С какой скоростью пробегает спортсмен каждый равный отрезок пути? 4. С какой скоростью пробегает спортсмен участок траектории А–В? 5. К какому выводу о скорости спортсмена можно прийти?

По скорости прямолинейное движение бывает двух видов: *равномерное и переменное*. **Прямолинейным равномерным движением** называется движение тела по прямолинейной траектории с постоянной скоростью во время движения. Например, если автомобиль, двигаясь прямолинейно равномерно, пройдет путь 500 м за 20 секунд, то его скорость будет 25 м/с.

Это значит, что автомобиль за каждую 1 секунду проходит путь, равный 25 м. То есть, если тело за любые равные промежутки времени проходит одинаковые пути, это значит, что движение равномерное.

• При равномерном движении значение и направление скорости не изменяются, то есть остаются постоянными:

$$\vec{v} = \text{const.}$$

Пройденный путь при прямолинейном равномерном движении равен произведению скорости на время:  $l = v \cdot t$ .

## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Изучим движение мыльных пузырей.

**Оборудование:** демонстрационная линейка (100 см), секундомер, смесь мыла и глицерина, трубка для приготовления мыльных пузырей, штатив, держатель.

**Ход исследования:** 1. Прикрепите линейку к штативу вертикально и расположите трубку с мыльным раствором у отметки линейки в 100 см. 2. Включив секундомер, измерьте промежутки времени прохождения мыльными пузырями каждых 25 см и занесите результаты в рабочий лист. 3. Вычислите скорость падения мыльного пузыря на равных участках пути.

**Обсудите результаты:** 1. С какой скоростью падал мыльный пузырь на соответствующих равных участках пути? 2. Можно ли при сравнении скоростей мыльного пузыря прийти к выводу, что это движение равномерное? Почему?



## Что вы узнали

\_\_ называется движение тела по прямолинейной траектории с постоянной скоростью во время движения. При таком движении \_\_ скорость не изменяется. Пройденный путь при прямолинейном и равномерном движении равен \_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Равномерное прямолинейное  
Значение и направление  
Произведению скорости на время

## Проверьте свои знания

1. Автомобиль, совершая прямолинейное равномерное движение, за 30 минут проходит 72 км. Вычислите скорость автомобиля.
2. Какой путь проходит поезд метро за 1 минуту при скорости движения 108 км/час?
3. Что означает выражение  $\vec{v} = \text{const}$ ?

### 1.3. ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

Назрин, едущая в деревню, наблюдала окрестности из окна автомобиля. Вдруг она с интересом спросила у отца: «Папа, если смотреть на дома и деревья, то мы движемся, а если смотреть на автомобиль, то мы неподвижны. Так мы сейчас движемся или нет?» – На что отец ответил, что движение относительно.

- Правильно ли ответил отец на вопрос?
- Что означает понятие «относительность движения»?

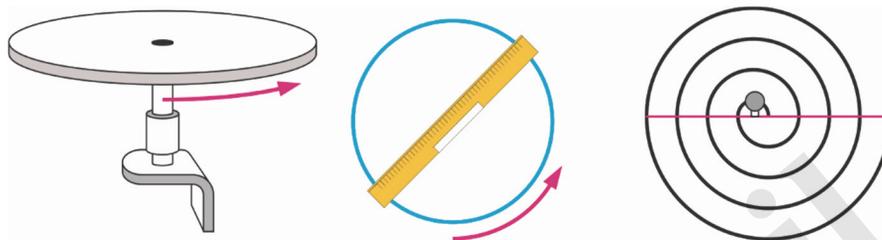
#### ИССЛЕДОВАНИЕ. Одинаковы ли траектории?

**Оборудование:** центробежная машина, линейка с ручкой, карандаш, бумага (А4), клей.

**Ход исследования:**

1. Приклейте лист бумаги на диск машины. Расположите линейку у поверхности диска и одновременно пусть один из ваших друзей равномерно вращает диск.
2. Не сдвигая линейки, постарайтесь провести ровную линию вдоль нее (а).

а



**Обсудите результаты:**

1. Какую траекторию рисует карандаш относительно линейки?
2. Какую траекторию рисует карандаш относительно вращающейся бумаги?

**Относительность траектории движения.** Это означает, что форма траектории движения тела относительно других тел может различаться. Например, в проведенном исследовании карандаш относительно линейки совершает прямолинейное движение, а относительно бумаги движется по спиральной траектории.

**Скорость также относительна.** Например, пассажир движущегося поезда относительно купе неподвижен, однако относительно железнодорожного полотна, деревьев и домов находится в движении. *Обычно, говоря о скорости движения тела, мы подразумеваем скорость относительно поверхности Земли.* Иногда, изучая движение тела, исследуют его скорость как относительно поверхности Земли, так и относительно других движущихся тел.

Например, исследуем движение катера по реке. В этом случае рассматривается скорость катера как относительно берега, так и относительно течения реки (б).

6

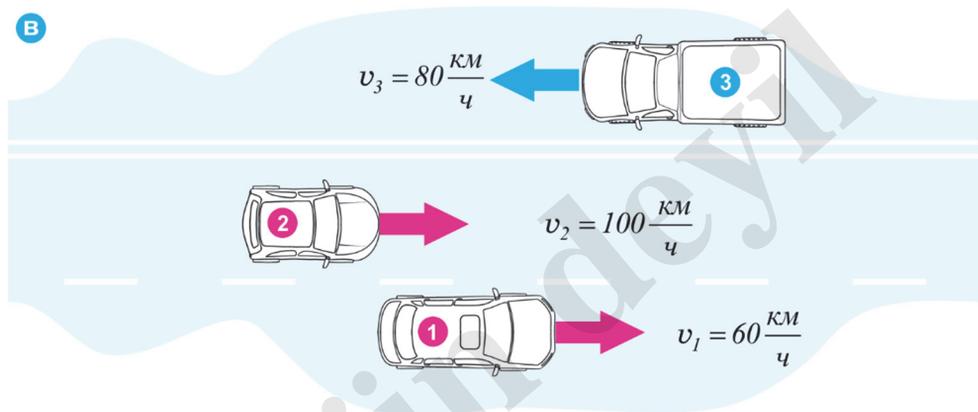


**Как определяется относительная скорость?** Определим относительные скорости автомобилей (в). Для каждого автомобиля показаны стрелкой направление и скорость движения относительно поверхности Земли. Скорость первого автомобиля относительно поверхности Земли равна  $60 \text{ км/ч}$ , а скорость второго автомобиля в том же направлении относительно поверхности Земли равна  $100 \text{ км/ч}$ . В этом случае из курса математики вы знаете, что скорость второго автомобиля относительно первого автомобиля, движущихся в одном направлении, равна  $v_{2,1} = v_2 - v_1$ ,

$$v_{2,1} = v_2 - v_1 = 100 \frac{\text{км}}{\text{ч}} - 60 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 40 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Итак, скорость второго автомобиля относительно первого равна  $40 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ .

в



Скорость второго автомобиля относительно третьего, движущегося в противоположном направлении, определяется формулой

$$v_{2,3} = v_2 + v_3, \quad v_{2,3} = v_2 + v_3 = 100 \frac{\text{км}}{\text{ч}} + 80 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 180 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

## Применение полученных знаний

Определите скорость первого автомобиля относительно третьего (см. рис. на стр. 14).  
**Обсудите результаты:** 1. Какова скорость первого автомобиля относительно поверхности Земли и третьего автомобиля? 2. К какому выводу о скорости движения можно прийти?

### Что вы узнали

\_\_\_ это разнообразие его форм относительно других тел. Обычно, говоря о скорости движения тела, мы подразумеваем скорость \_\_\_. Говоря \_\_\_, мы относительно поверхности Земли, а также его скорость относительно других тел.

#### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

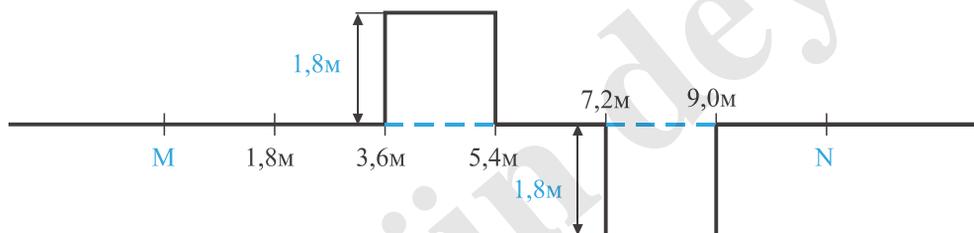
Относительно поверхности Земли  
Относительность скорости  
Относительность траектории

### Проверьте свои знания

1. Что подразумевается под понятием «относительность траектории»?
2. Почему говорится, что движение относительно?
3. По какой формуле определяется скорость одного тела относительно другого при встречном движении?
4. Как определяется скорость одного тела относительно другого при их движении в одном направлении?

#### УПРАЖНЕНИЕ – 1

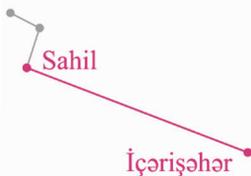
1. На рисунке представлена траектория движения тела при перемещении из пункта М в пункт N. Каковы, соответственно, пройденный путь и перемещение тела?



2. Мотоцикл движется со скоростью 72 км/час, автобус со скоростью 15 м/с, а троллейбус со скоростью 1080 м/мин. Сравните эти скорости.
3. Эскалатор в метро, движущийся со скоростью 75 см/с, поднимает пассажира за 1 минуту. Какова длина эскалатора?
4. Два поезда движутся навстречу друг другу со скоростью 100 км/час и 80 км/час соответственно. Какова скорость первого поезда относительно второго?

## 1.4. ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ПЕРЕМЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ

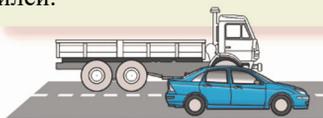
Поезд метро начал свое движение от станции Sahil. Достигнув станции İcərişəhər, поезд остановился.



Падающее с дерева яблоко за равные промежутки времени проходит разные пути.



При движении автомобиля по дороге его скорость то уменьшается, то увеличивается во время обгона других автомобилей.



• Можно ли с уверенностью сказать, что расстояние между этими двумя станциями поезд прошел с одной и той же скоростью?

• Что вы можете сказать о движении яблока?

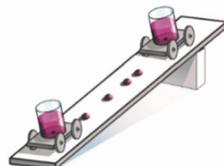
• Что можно сказать о скорости автомобиля?

### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. С какой скоростью движется тележка?

**Оборудование:** тележка, пластиковый стакан, брусок, деревянная рейка (1 м), подкрашенная вода (0,5 л), пластилин, гвоздь.

**Ход исследования:** 1. Поместив один конец деревянной рейки на брусок, соорудите плоскость с небольшим наклоном. 2. При помощи пластилина закрепите пластиковый стаканчик на тележке, а затем, используя гвоздь, сделайте отверстие в дне стаканчика сквозь тележку. 3. Налейте в стакан воды и добейтесь, чтобы она вытекала по каплям через определенные промежутки времени. 4. Поместив тележку со стаканчиком в верхней части рейки, отпустите ее. Обратите внимание на расстояние между падающими каплями при движении тележки по рейке.

**Обсудите результаты:** Одинаковы ли расстояния между упавшими каплями во время движения тележки? Можно ли сказать, что тележка движется равномерно?



• *Движением с переменной скоростью называется движение, при котором за любые равные промежутки времени телом совершаются различные перемещения.*

Движение тела из состояния покоя или во время торможения является движением с переменной скоростью. Например, спортсмен за 50 секунд проходит расстояние в 400 метров. Его скорость после вычисления будет равна

$$v = 8 \frac{м}{с}$$

Можно ли с уверенностью сказать, что спортсмен все расстояние пробегает с данной скоростью? Конечно, нет. Спортсмен, начиная движение на старте из

состояния покоя, увеличивает затем свою скорость и старается финишировать с наибольшей скоростью.

Итак, скорость  $v = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  означает, что спортсмен за каждую секунду в среднем проходит расстояние в 8 метров. Поэтому при описании движения с переменной скоростью используется понятие *средней скорости*:

• **Средняя скорость** – это величина, равная отношению всего пройденного телом пути ко всему затраченному на него времени. Средняя скорость, так же как и постоянная, вычисляется по той же самой формуле:

$$v_{\text{ср}} = \frac{l}{t},$$

где  $v_{\text{ср}}$  – средняя скорость,  $l$  – весь пройденный путь,  $t$  – время, затраченное на весь пройденный путь.

Одной из величин, характеризующих переменное движение, является *ускорение*.

• **Ускорение** – это величина, равная изменению скорости в единицу времени:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t},$$

где  $\vec{a}$  – ускорение тела,  $\vec{v}_0$  – начальная скорость тела,  $\vec{v}$  – конечная скорость тела,  $t$  – время, в течение которого произошло изменение скорости ( $\vec{v} - \vec{v}_0$ ).

Ускорение – векторная величина и единица в СИ  $1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ :

$$[a] = \frac{[v - v_0]}{[t]} = \frac{1 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{1 \text{с}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

## Применение полученных знаний

Решите данные задачи по приведенному образцу.

1. Движущийся прямолинейно велосипедист за 1 минуту проходит путь в 0,9 км, а затем в течение 40 секунд путь в 400 метров. Какова средняя скорость велосипедиста на всем пути?

Дано:	СИ:	Решение:	Вычисление:
$s_1 = 0,9 \text{ км}$ $t_1 = 1 \text{ мин}$ $s_2 = 400 \text{ м}$ $t_2 = 40 \text{ с}$ $v_{\text{ср}} = ?$	$900 \text{ м}$ $60 \text{ с}$	$v_{\text{ср}} = \frac{s}{t}$ , где $s$ – общий путь, пройденный велосипедистом: $s = s_1 + s_2$ . $t$ – время, затраченное на весь путь: $t = t_1 + t_2$ . Средняя скорость велосипедиста: $v_{\text{ср}} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2}.$	$v_{\text{ср}} = \frac{900 \text{ м} + 400 \text{ м}}{60 \text{ с} + 40 \text{ с}} = \frac{1300 \text{ м}}{100 \text{ с}} = 13 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$ Ответ: $v_{\text{ср}} = 13 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

1. Автомобиль первую половину пути длиной в 300 км проходит за 3 часа, а остальную часть пути – за 2 часа. Вычислить среднюю скорость автомобиля на всем пути.

2. Азербайджанский стайер (бегун на длинные дистанции) Хайле Ибрагимов установил в 2011 году новый рекорд Азербайджана, пробежав дистанцию в 3000 м за 7 минут 42 секунды. С какой средней скоростью бежал спортсмен?

3. Автобус, начиная движение ( $v_0 = 0$ ) с автовокзала, за 10с набирает скорость 20 м/с. Определить ускорение автобуса.

## Что вы узнали

\_\_\_ называется движение, при котором за любые равные промежутки времени совершаются различные перемещения. величина, равная отношению всего пройденного телом пути ко всему затраченному на него времени, называется \_\_\_. Величина, равная изменению скорости в единицу времени, называется \_\_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Ускорение  
Средняя скорость  
Переменное движение

## Проверьте свои знания

1. По каким признакам отличается переменное движение с переменной скоростью от равномерного движения?
2. Почему при переменном движении используется физическая величина, называемая средней скоростью?
3. Как можно проверить показание спидометра автомобиля, используя часы и показания расстояния на указателях у края дороги?
4. Что такое ускорение?

## 1.5. ГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ДВИЖЕНИЯ

Часто механическое движение представляют графиками зависимости между величинами, характеризующими его.

- Как можно представить график скорости равномерного движения?
- Чем отличаются графики зависимости скорости и пройденного пути от времени при равномерном движении?

### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Как движется эскалатор?

**Оборудование:** рабочий листок (в клетку), линейка, цветной карандаш.

**Ход исследования:** 1. Решите задачу: Ариф, неподвижно стоящий на эскалаторе метро, проезжает расстояние между соседними светильниками за 4 секунды. Расстояние между двумя соседними светильниками равно 3 метрам. Определите, с какой скоростью эскалатор поднимает Арифа. 2. Запишите данные в таблицу и определите скорость эскалатора:

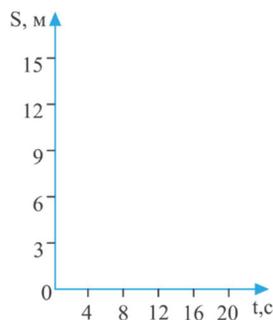
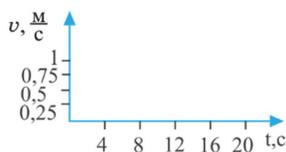


Отрезки пройденного пути (s)	0-3 м	3-6 м	6-9 м	9-12 м	12-15 м
Промежутки времени (t)	0-4 с	4-8 с	8-12 с	12-16 с	16-20 с
Скорость ( $v = \frac{s}{t}$ )	0,75 м/с				

3. Постройте графики зависимости скорости и пройденного пути от времени согласно табличным данным.

**Обсудите результаты:** 1. Сделайте выводы о движении эскалатора, проанализировав таблицу, с какой скоростью движется эскалатор?

2. Какой вывод можно сделать, исходя из графиков?



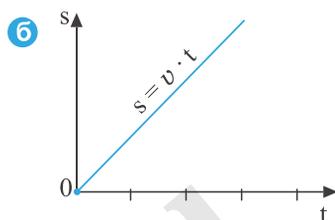
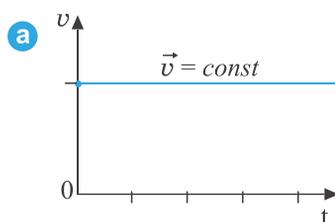
Прямолинейное равномерное движение можно представить нижеследующими графиками:

1) график зависимости скорости от времени (коротко, *график скорость-время*);

2) график зависимости пройденного пути от времени (коротко, *график путь-время*).

– График скорости при равномерном движении представляет собой прямую линию, параллельную оси времени (а).

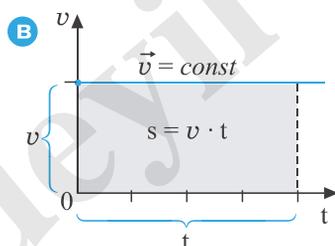
– График пройденного пути при равномерном движении представляет собой прямую линию, проходящую через начало координат (б).



**Определение пройденного пути на основе графика равномерного движения.**

– Численное значение площади фигуры под графиком скорости равно пройденному пути.

– При равномерном движении пройденный путь – это величина, равная площади прямоугольника со сторонами  $v$  и  $t$  под графиком скорости (в).



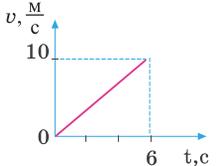
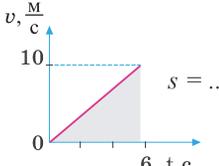
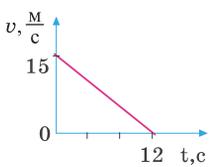
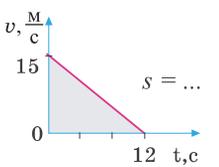
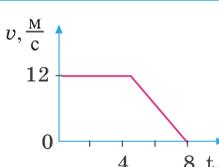
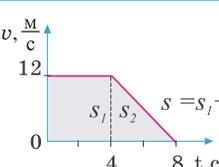
**Определение пройденного пути на основе графика прямолинейного переменного движения.**

• Пройденный путь при движении с переменной скоростью также равен площади фигуры под графиком скорости. Для его нахождения необходимо проведение операций, приведенных ниже:

- разделить графики ломаных линий сложного движения на отдельные части более простых движений. Как следствие, получаются фигуры под этими линиями, площадь которых можно легко вычислить (треугольники, прямоугольники и трапеции);
- вычислить площадь фигуры каждой части;
- пройденный путь будет равен сумме вычисленных площадей фигур.

## Применение полученных знаний

Вычислите пройденный путь по графикам переменного движения.

Движение	График зависимости скорости от времени	Вычисление пройденного пути на основе графика зависимости скорости от времени
Свободный спуск велосипедиста с горы (без вращения педалей).		
Торможение автомобиля до полной остановки.		
Движение автобуса до следующей остановки.		

### Что вы узнали

\_\_ при \_\_ движении представляет собой линию, параллельную оси времени. \_\_ при равномерном движении представляет собой прямую линию, проходящую через начало координат.

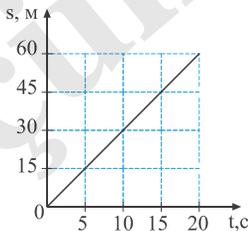
#### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

График пройденного пути  
График скорости  
Равномерное

### Проверьте свои знания

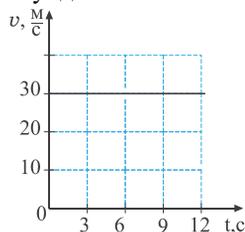
1. Определите на основании данного графика зависимости пройденного пути от времени:

- пройденный путь за 5 секунд;
- пройденный путь за 20 секунд;
- скорость движения;
- постройте график зависимости скорости от времени на основании данного графика зависимости пройденного пути от времени.



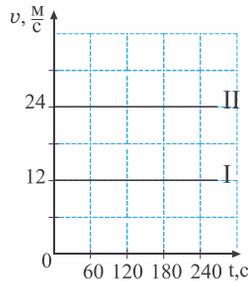
2. Определите на основании данного графика зависимости скорости от времени:

- пройденный путь за 6 секунд;
- пройденный путь за 12 секунд.



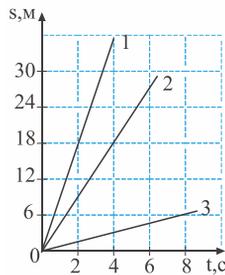
## УПРАЖНЕНИЕ – 2

1. На рисунке даны графики зависимости скорости от времени для велосипедиста (I) и мотоциклиста (II). Какой путь пройдет каждый из них за 3 минуты?



2. В марафонском беге стайер пробегает 18 км за 1 час, следующие 13 км – за 45 мин, а заключительные 11 км – за 35 мин. Какова средняя скорость стайера на протяжении всей марафонской дистанции?

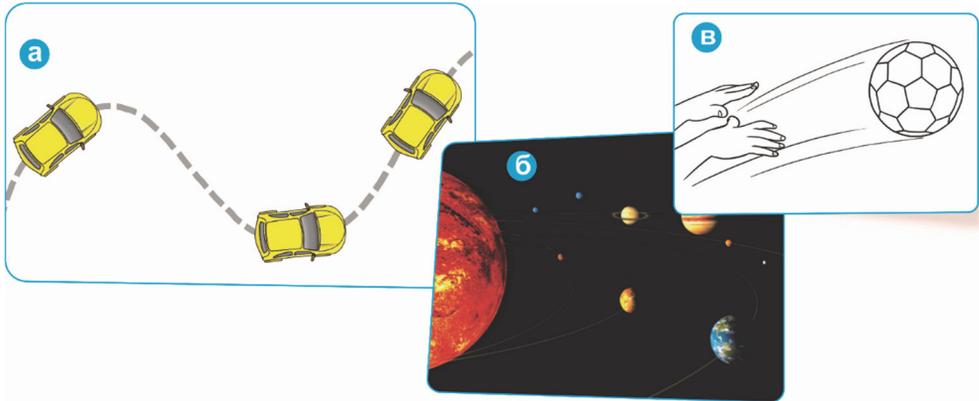
3. На рисунке представлены графики зависимости пути от времени для трех тел. Сравните скорости тел.



4. Скорость автомобиля, движущегося с постоянным ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$ , увеличивается с  $72 \text{ км/час}$  до  $108 \text{ км/час}$ . Сколько времени было затрачено автомобилем на изменение скорости?

## 1.6. РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ: ПЕРИОД И ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ

В природе и технике наряду с прямолинейным движением встречается также и криволинейное движение. Движение автомобиля на поворотах (а), планет вокруг Солнца (б), горизонтально брошенного мяча с определенной высоты (в), совершается по криволинейной траектории.



- Какую траекторию имеет самое простое криволинейное движение?
- По какой траектории совершают движение точки на вращающемся колесе?

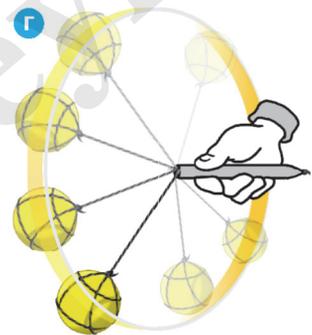
### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. По какой траектории движется тело?

**Оборудование:** капроновая нить (длиной 30-40 см), корпус пустой ручки, теннисный мячик.

**Ход исследования:** 1. Завязав узел на одном из концов нити, пропустим другой конец через корпус пустой ручки и закрепим на нити теннисный мячик. 2.

Пусть один из ваших друзей, взяв корпус ручки, медленно, но равномерно вращает мячик. Вы же обратите внимание, по какой траектории движется мячик (г). 3. Обсудите с друзьями картину, наблюдаемую при вращении мячика с большой скоростью.

**Обсудите результаты:** 1. Какую траекторию вычерчивает вращающийся мячик? 2. Что вы наблюдаете при вращении мячика с большой скоростью?



Движение по окружности является самым простым криволинейным движением. Точки на вращающемся колесе или диске движутся по окружности. Во время движения по окружности модуль скорости может изменяться, однако для простоты будет рассматриваться движение с постоянной по модулю скоростью.

• *Равномерное движение по окружности – это движение по окружности с постоянной по модулю скоростью:  $v = const$ .*

Равномерное движение по окружности – это периодическое движение, то есть движение, повторяющееся через определенный промежуток времени.

Периодическое движения характеризуется двумя физическими величинами – *периодом и частотой вращения.*

• **Периодом вращения называется время, затраченное телом на совершение одного полного оборота по окружности:**

$$T = \frac{t}{N},$$

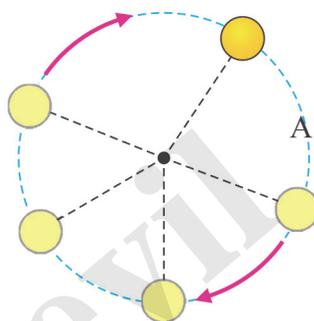
где  $T$  – период вращения,  $N$  – количество полных оборотов,  $t$  – время, затраченное на совершение полных оборотов. Единица измерения периода вращения в системе единиц СИ – *секунда:*

$$[T] = 1 \text{ с.}$$

### Что такое полный оборот при движении тела по окружности?

При движении тела по окружности, например, мячика из произвольной точки на окружности (например, из точки А) оно, совершив один оборот, опять окажется в той же самой точке, а это значит, что тело совершило один полный оборот (д). Если мячик, продолжив свое движение, пройдет через точку А 2, 3, ... раза, то это значит, что им было совершено 2, 3, ... полных оборота.

д Один полный оборот при движении тела по окружности



• **Частотой вращения называется физическая величина, равная числу полных оборотов тела за единицу времени.**

Частота вращения обозначается буквой  $n$ .

Для определения частоты вращения нужно разделить количество полных оборотов на время, за которое совершены эти обороты:

$$n = \frac{N}{t}.$$

Единица измерения частоты вращения в системе единиц СИ

$$[n] = \frac{1}{\text{с}}.$$

Период и частота вращения – взаимно обратные величины:

$$T = \frac{1}{n}, \quad n = \frac{1}{T}.$$

## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Определение периода и частоты вращения.

**Оборудование:** теннисный мячик, связанный с пустым корпусом ручки, секундомер.

**Ход исследования:** 1. Пусть один из ваших друзей, взяв корпус ручки, медленно, но равномерно вращает мячик. Вы же при помощи секундомера измерьте время, затраченное мячиком на один полный оборот, и полученный результат занесите в таблицу рабочего листка. 2. Повторите опыт, измерив время, затраченное мячиком на 10 и 15 полных вращений. 3. Вычислите на основе полученных результатов период и частоту вращения мячика.

Номер опыта	Число полных вращений	Затраченное время (с)	Период вращения (с)	Частота вращения $\frac{1}{с}$
1	$N_1=1$	$t_1=$	$T_1=$	$n_1=$
2	$N_2=10$	$t_2=$	$T_1=$	$n_2=$
3	$N_3=15$	$t_3=$	$T_3=$	$n_3=$

**Обсудите результаты:** Можно ли из полученных значений периодов вращения мячика сделать вывод о равномерном движении его по окружности?

## Что вы узнали

Самое простое криволинейное движение это —. Время, затраченное телом на совершение одного полного оборота, называется —. Физическая величина, равная числу полных оборотов тела за единицу времени, называется —.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

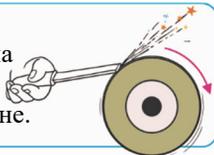
Период вращения  
Частота вращения  
Движение по окружности

## Проверьте свои знания

1. Какая связь между периодом и частотой вращения?
2. Точка в течение 2 минут совершает 1200 полных оборотов при равномерном движении по окружности. Определите период и частоту вращения точки.
3. Вычислите число полных вращений тела за 8 секунд при равномерном движении по окружности с частотой вращения  $4 \frac{1}{с}$ .

## 1.7. СКОРОСТЬ И УСКОРЕНИЕ ПРИ РАВНОМЕРНОМ ДВИЖЕНИИ ПО ОКРУЖНОСТИ

Заточка ножа на вращающемся точильном камне.



Вращение колес автомобиля, буксующего в грязи.



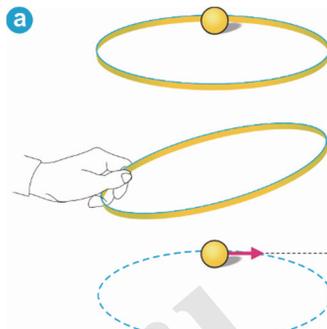
- В каком направлении летят искры из-под ножа при его заточке? Почему?
- По какой траектории и в каком направлении движутся частички грязи, оторвавшиеся от поверхности колеса?

### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Как направлена скорость?

**Оборудование:** пластиковый обруч, теннисный мячик.

**Ход исследования:**

1. Расположив обруч на поверхности стола, поместите внутрь него мячик.
2. Не отрывая обруча от поверхности стола, приведите его в движение так, чтобы мячик, двигаясь по внутренней поверхности обруча, совершал круговое движение (а).
3. Через определенное время резко поднимите обруч и наблюдайте направление полета мячика в этот момент из данной точки.
4. Повторите опыт еще два раза и оба раза обратите внимание на направление вектора скорости, каждый раз поднимая обруч, когда движущийся мячик будет находиться в разных точках.



**Обсудите результат:**

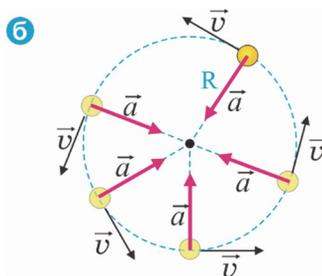
1. Какое направление скорости мяча в данной точке вы наблюдаете в момент поднятия обруча?
2. Какую гипотезу можно предложить относительно направления вектора скорости тела, движущегося по окружности?

Движение по окружности характеризуется еще двумя физическими величинами: *линейной скоростью* и *центростремительным ускорением*.

При движении по окружности *линейная скорость* в каждой точке траектории направлена по касательной к окружности.

При *равномерном движении по окружности* численное значение линейной скорости остается постоянным, однако направление непрерывно изменяется.

Быстрота изменения направления линейной скорости характеризуется центростремительным ускорением, которое направлено вдоль радиуса к центру окружности (б).



### От чего зависят линейная скорость и центростремительное ускорение?

Предположим, что тело движется равномерно по окружности радиусом  $R$ . За промежуток времени, равный периоду вращения ( $t = T$ ), тело проходит путь, равный длине окружности  $l = 2\pi R$  (где  $\pi = 3,14$ ). В этом случае модуль линейной скорости можно определить так:

$$v = \frac{l}{t} = \frac{2\pi R}{T}.$$

• При движении по окружности данного радиуса, линейная скорость обратно пропорциональна периоду вращения. Приняв во внимание, что частота вращения  $n = \frac{1}{T}$ , можно записать зависимость линейной скорости от частоты вращения следующим образом:

$$v = 2\pi Rn.$$

• При движении по окружности данного радиуса, линейная скорость прямо пропорциональна частоте вращения.

• При равномерном движении по окружности центростремительное ускорение равно отношению квадрата линейной скорости к радиусу окружности:

$$a = \frac{v^2}{R}.$$

## Применение полученных знаний

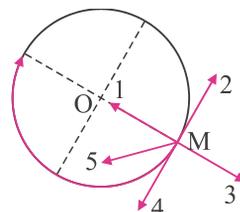
Решите задачи:

1. Материальная точка движется равномерно по окружности радиусом 2 см. Определите период и частоту вращения материальной точки, если ее линейная скорость равна  $15 \frac{m}{c}$  ( $\pi = 3$ ).

Дано:	Перевод		Формула:	Решение:
$R = 2 \text{ см}$ $v = 15 \frac{m}{c}$ $\pi = 3$	...		$v = \dots,$ $T = \dots,$ $n = \dots$	$T = \dots,$ $n = \dots$
$T = ?$ $n = ?$			Ответ:	

2. Тело совершает равномерное движение по окружности по часовой стрелке. С каким вектором в точке  $M$  совпадает направление линейной скорости тела?

- А) 1  
Б) 2  
В) 3  
Г) 4  
Д) 5



3. Точка вращается по окружности радиусом 10 м со скоростью  $4 \frac{m}{c}$ . Чему равно центростремительное ускорение этой точки?

- А)  $1,6 \frac{m}{c^2}$    Б)  $0,4 \frac{m}{c^2}$    В)  $4 \frac{m}{c^2}$    Г)  $0,16 \frac{m}{c^2}$    Д)  $40 \frac{m}{c^2}$

## Что вы узнали

При движении тела по окружности \_\_ каждой точки траектории направлена по касательной к окружности. Быстрота изменения направления линейной скорости характеризуется \_\_, которое направлено к центру окружности.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

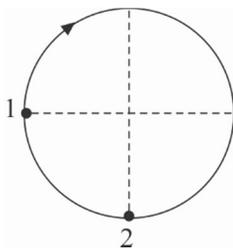
Центростремительное ускорение  
Линейная скорость

## Проверьте свои знания

1. От каких величин зависит модуль линейной скорости при равномерном движении по окружности?
2. От каких величин зависит модуль центростремительного ускорения при равномерном движении по окружности?
3. Как изменится центростремительное ускорение при равномерном движении по окружности, если радиус окружности увеличить в 2 раза?

### УПРАЖНЕНИЕ – 3

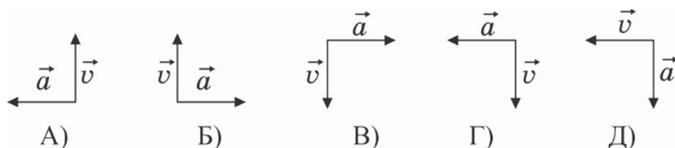
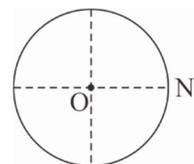
1. Равномерное движение по окружности начинается из точки 1. Какая часть периода затрачивается при движении на пути между точками 1 и 2?



2. Равномерно вращаясь, барабан стиральной машины совершает 600 полных оборотов за 1 минуту. Каковы частота и период вращения барабана?
3. Период вращения точки при равномерном движении по окружности равен 10 секундам. Сколько оборотов совершает точка за 1 час?
4. Точка равномерно вращается по окружности радиусом 2 м со скоростью 5 м/с. Вычислите ее центростремительное ускорение.
5. Частота вращения тела при равномерном движении по окружности радиусом 4 м равна  $0,002 \frac{1}{с}$ . Вычислите линейную скорость тела ( $\pi = 3$ ).

## ОБОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

1. Каково направление векторов скорости и ускорения тела в точке N, движущегося по окружности против часовой стрелки?

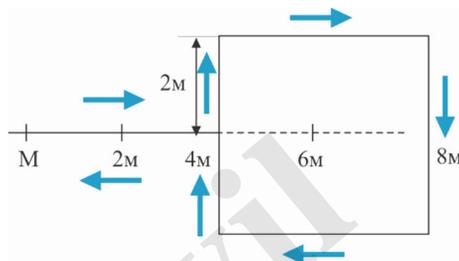


2. За какой промежуток времени космический корабль, движущийся со скоростью  $8 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ , пройдет путь в 960 км?

- А) 2 часа    Б) 1 час 20 мин    В) 2 мин    Г) 12 мин    Д) 12 с

3. Точка, начиная движение из пункта М, возвращается в тот же самый пункт по траектории, представленной на рисунке. Определите перемещение и путь точки.

- А) перемещение – 0 м; путь – 8 м  
 Б) перемещение – 8 м; путь – 8 м  
 В) перемещение – 24 м; путь – 24 м  
 Г) перемещение – 0 м; путь – 24 м  
 Д) перемещение – 24 м; путь – 0 м



4. Представленные на рисунке автобусы движутся прямолинейно равномерно.

Скорости автобусов соответственно равны  $v_1 = 36 \frac{\text{км}}{\text{час}}$  и  $v_2 = 72 \frac{\text{км}}{\text{час}}$ .

С какой скоростью движется 2-й автобус относительно 1-го автобуса?

- А)  $72 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     Б)  $20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     В)  $108 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     Г)  $36 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     Д)  $10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



5. Каков период вращения секундной стрелки часов?

- А) 12 с    Б) 60 с    В) 24 с    Г) 1 с    Д) 30 с

# ПРИЧИНА ВОЗНИКНОВЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ

## 2

Стр. 29–54

- 2.1. Сила. Равнодействующая сила.
- 2.2. Инертность тела. Первый закон Ньютона
- 2.3. Второй закон Ньютона
- 2.4. Третий закон Ньютона
- 2.5. Закон всемирного тяготения
- 2.6. Сила тяжести
- 2.7. Сила упругости. Закон Гука
- 2.8. Вес
- 2.9. Сила трения

• Обобщающие задания



## 2.1. СИЛА. РАВНОДЕЙСТВУЮЩАЯ СИЛА

Обращая внимание на происходящие вокруг нас явления, вы наблюдаете начало движения или остановку тела.

- Почему тела начинают движение или движущиеся тела останавливаются?

### ИССЛЕДОВАНИЕ. Какова причина изменения скорости тела?

**Оборудование:** две одинаковые тележки, мешочек, наполненный песком, тонкая упругая пластинка, ножницы, нить, пластилин.

**Ход исследования:**

**I этап:** 1. Установите тележку на столе. 2. Толкнув тележку, приведите ее в движение.

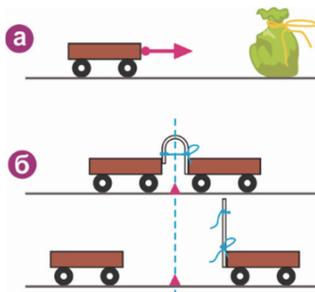
**Обсудите результаты:** 1. Почему тележка находится в состоянии покоя? 2. Что необходимо сделать для приведения в движение тележки?

**II этап:** 3. Расположите мешочек с песком на пути движения тележки и наблюдайте за происходящим явлением (а).

**Обсудите результаты:** Почему при столкновении тележки с мешочком, наполненным песком, скорость изменяется только у тележки?

**III этап:** 4. Прикрепите упругую пластинку к одной из тележек и, согнув ее, перевяжите нитью. Вторую тележку придвиньте вплотную к другому концу согнутой пластинки. Ровно на середине расстояния между тележками установите отметку из пластилина. Разрезав нить, наблюдайте за происходящим (б).

**Обсудите результаты:** 1. Почему выпрямившаяся при разрезании нити пластинка приводит обе тележки в движение? 2. По какой причине происходит изменение скоростей тележек?



При внешнем воздействии на тележку, находящуюся в покое, ее скорость изменяется. При разрезании нити на упругой пластинке между тележками они, взаимодействуя с этой пластинкой, ускоряются в противоположных направлениях. Итак, выводы из исследования можно сделать следующие:

1. Если на тело не действуют другие тела, то его скорость не меняется.
2. Скорость тела изменяется только при воздействии на него других тел.
3. Действия всегда взаимны: при действии одного тела на другое оно испытывает такое же противодействие.

### Какая величина характеризует это действие?

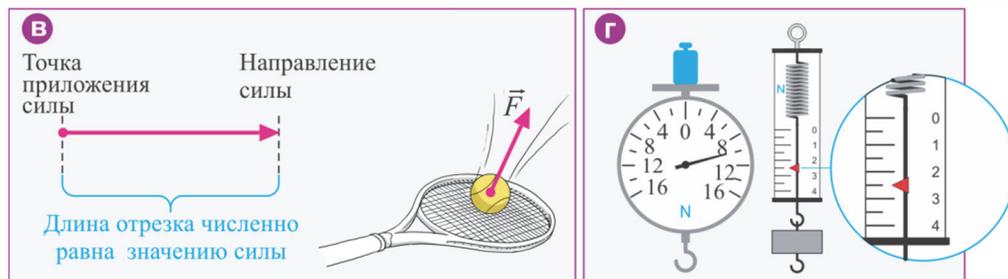
Физическая величина, характеризующая действие тел друг на друга, называется силой, т.е. сила является мерой взаимодействия тел.

Сила, являясь векторной величиной, обозначается буквой  $\vec{F}$ . Вектор силы характеризуется точкой приложения, численным значением и направлением.

- Вектор силы является направленным отрезком, начало которого находится в точке приложения силы, длина отрезка численно равна значению силы, а его направление указывает направление действия силы (в).

Единица силы в СИ названа ньютоном (Н), в честь английского ученого Исаака Ньютона:  $[F] = 1 \text{ Н}$ .

Прибор для измерения силы называют *динамометром* (по-гречески *dinamis* означает сила, *metreo* – измеряю). Динамометры бывают разными: на рисунке представлены динамометры, один из которых показывает  $9\text{ Н}$ , а другой –  $2,5\text{ Н}$  (г).



**Сколько сил могут одновременно действовать на тело?** Тело в очень редких случаях испытывает воздействие только одной силы. Оно, как правило, одновременно испытывает действие нескольких сил. Для оценки такого сложного действия сил на тело, удобно заменить одной силой действия всех остальных сил.

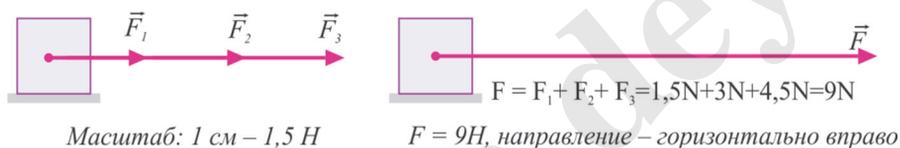
• Сила, которая производит на тело такое же действие, как несколько одновременно действующих на это тело сил, называется **равнодействующей** ( $\vec{F}$ ) **этих сил**.

**Правило-1.** *Равнодействующая сил, направленных вдоль одной прямой в одну сторону, направлена в ту же сторону, а ее модуль (численное значение) равен сумме модулей составляющих сил.*

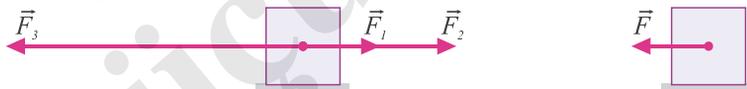
**Задача.** В горизонтальном направлении на тело одновременно действуют три силы:

$$F_1 = 1,5\text{ Н}; F_2 = 3\text{ Н}; F_3 = 4,5\text{ Н}.$$

Определите значение и направление равнодействующей силы:



**Правило-2.** *Равнодействующая двух сил, направленных вдоль одной прямой в противоположные стороны, направлена в сторону большей по модулю силы, а ее модуль равен разности модулей составляющих сил.*



## Применение полученных знаний

**Решите задачу.** На тело действуют две силы: горизонтально влево  $F_1 = 2\text{ Н}$ , горизонтально вправо  $F_2 = 3,5\text{ Н}$ . Определите значение и направление равнодействующей силы.

## Что вы узнали

Если на тело не действуют другие тела, то оно остается в \_\_\_. Мерой взаимодействия тел является \_\_\_. Единицей измерения силы в системе СИ \_\_\_. Прибор для измерения силы называют \_\_\_. Сила, которая производит на тело такое же действие, как несколько одновременно действующих сил, называется \_\_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Сила  
Равнодействующая сила  
Динамометр  
Ньютон  
Покой

## Проверьте свои знания

1. Когда происходит изменение скорости тела?
2. Почему действие между телами называется взаимодействием?
3. Какая физическая величина характеризует взаимодействие тел и каким прибором она измеряется?
4. Что называется равнодействующей силой?

## 2.2. ИНЕРТНОСТЬ ТЕЛА. ПЕРВЫЙ ЗАКОН НЬЮТОНА

Маленький Ариф с сестрой Назрин собирались обедать. Он, придвигая полную тарелку супа и остановив ее перед собой, нечаянно пролил суп. «Назрин, почему в начале движения тарелки суп проливается с одного края, а в его конце – с другого края?» – спросил Ариф, обращаясь к сестре. «Суп проливается по инерции», – ответила Назрин.



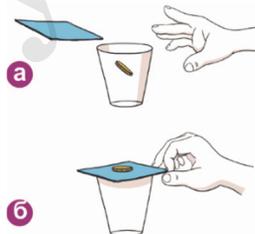
- Правильен ли ответ Назрин? Что такое инерция?

### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Изучим, что такое инерция.

**Оборудование:** монетка, стакан, плотный лист.

**Ход исследования:** 1. На лист бумаги положите монетку, разместив лист поверх стакана. 2. Щелкнув пальцем по листу, сбросьте его со стакана и наблюдайте, что произойдет (а). 3. Прделайте опыт еще раз, однако в этот раз, взяв лист за край, медленно потяните его на себя и наблюдайте, что произойдет (б).

**Обсудите результаты:** 1. Получила ли скорость монетка при щелчке пальцем по листу? 2. Что произошло при медленном движении листа? Объясните наблюдаемые явления.



Тело не может мгновенно изменить свою скорость. Если тело находится в состоянии покоя, то оно «стремится» сохранить это состояние. Например, жидкость (суп) в тарелке находится в состоянии покоя. При движении тарелки вперед жидкость «стремится» сохранить состояние покоя. По этой причине жидкость переливается через край тарелки, противоположный направлению ее движения. Схожее явление наблюдается при резкой остановке тарелки. Жидкость продолжает свое движение и переливается через край тарелки в

направлении движения тарелки. Эти явления вы наблюдали в проведенном исследовании. Итак, при действии на тело силы оно «стремится» сохранить свое состояние покоя или скорость движения. Для изменения состояния телу всегда необходим определенный промежуток времени. Это свойство тела называется *инертностью*. Слово «инерция», являясь производным от латинского *inertis*, означает «неподвижность», «бездеятельность».

• *Инертность означает, что для изменения скорости тела всегда необходимо определенное время. Явление сохранения телом состояния покоя или значения и направления скорости при отсутствии действия на него других тел называется инерцией.*

В результате многочисленных исследований был сформулирован закон инерции.

• *Существуют такие системы отсчета, в которых, если на тело не действует сила или равнодействующая сила равна нулю, оно сохраняет свое состояние покоя или движется прямолинейно равномерно.* Так как этот закон был сформулирован английским ученым Исааком Ньютоном, он был назван *I законом Ньютона*.

**Что является мерой инертности?** Инертность свойственна для всех тел: легковых и грузовых автомобилей, птичьих перьев и другим. Однако инертность этих тел различается. Инертность тела зависит от его массы: тело с большей массой, естественно, более инертно, чем тела с меньшей массой.

• *Масса тела – это мера инертности.*

Таким образом, масса определяет два свойства природы: свойство инертности тела и свойство гравитационного поля.

## Применение полученных знаний

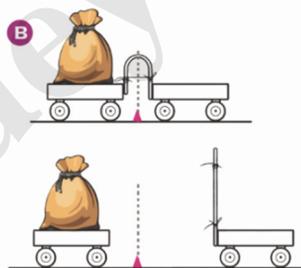
### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Что более инертное?

**Оборудование:** две одинаковые тележки, маленький мешочек с песком, тонкая упругая пластинка, ножницы, нить, пластилин.

**Ход исследования:**

1. Прикрепите упругую пластинку к одной из тележек и, согнув ее, перевяжите нитью.
2. Положив мешочек с песком на другую тележку, прижмите ее к свободному концу упругой пластины. Ровно на середине расстояния между тележками установите отметку из пластилина. Разрезав нить, наблюдайте за тем, что произошло (в).

**Обсудите результаты.** Почему различается изменение скоростей тележек под действием упругой пластинки? Обоснуйте свои выводы.



## Что вы узнали

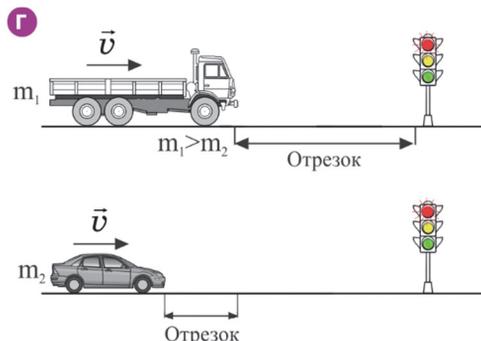
При действии на тело силы, оно «старается» сохранить свое состояние \_\_ или скорость движения, то есть \_\_. Если на тело не действует \_\_ или \_\_ равна нулю, то тело сохраняет свое состояние покоя или движется прямолинейно равномерно. Это \_\_. Мера инертности тела – это \_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Инертность  
Равнодействующая сила  
Масса  
Сила  
I закон Ньютона  
Покой

## Проверьте свои знания

1. В каких явлениях наблюдается инертность тела? 2. Как формулируется I закон Ньютона? 3. Приведите свои примеры, связанные с явлением инерции. 4. Грузовой и легковой автомобили, движущиеся с одинаковой скоростью, притормозили у светофора (г). Почему грузовой автомобиль остановить гораздо труднее, чем легковой автомобиль?



## ПРОЕКТ

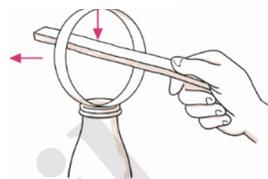
### Сможете ли вы поместить монетку в бутылку?

**Оборудование:** бутылка, монетка, листок бумаги, линейка, клей.

**Ход исследования:** 1. Отрезав от листа полоску шириной 1,5 – 2 см, склейте концы полоски в виде кольца. 2. Разместите кольцо, на горлышке бутылки, вертикально. Разместите монетку на внешней поверхности кольца над горлышком бутылки. 3. Резко стукнув линейкой по внутренней поверхности кольца (ниже монетки), придайте кольцу большую скорость.

• Почему при ударе по кольцу монетка не улетела, а упала внутрь бутылки?

Написать об этом небольшое эссе.



## 2.3. ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА

На каждую тележку действует одинаковая сила.



- У какой из тележек эта сила изменит скорость больше?
- От чего зависит изменение скорости тела?

### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Что является причиной изменения скорости тела?

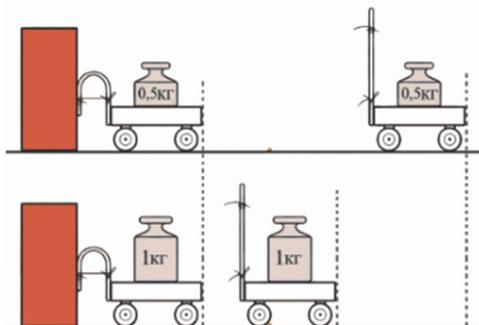
**Оборудование:** разновесы (0,5 кг и 1 кг), тележка с прикрепленной к краю упругой пластинкой, нить, ножницы, линейка, кирпич.

### Ход исследования:

1. Согнув упругую пластинку, перевяжите ее нитью и придвиньте тележку вплотную к кирпичу.

2. Поместив на тележку груз в 0,5 кг, перережьте нить и измерьте пройденный ею путь (в начале движения тележки придержите кирпич рукой).

3. Повторите опыт, положив на тележку груз в 1 кг. Занесите схему опыта в рабочий лист и результаты измерений отметьте на схеме.



**Обсудите результаты:** 1. Какая физическая величина определяется отношением изменения скорости тела ко времени, за которое это изменение произошло? 2. Какое действие вызывает изменение скорости тележки? 3. У какой из тележек при воздействии одинаковых сил изменение скорости будет больше? Почему?

Как вы знаете, отношение изменения скорости тела ко времени, затраченному на это изменение, называется *ускорением*. Под действием силы тело приобретает ускорение. Ускорение зависит от силы, действующей на тело, и его массы: если действующие силы одинаковые, то тела с меньшей массой приобретают большее ускорение. Таким образом, обобщающий закон механического движения определяет II закон Ньютона:

• Ускорение движения тела прямо пропорционально действующей на него силе и обратно пропорционально массе этого тела.

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m},$$

где  $m$  – масса тела,  $\vec{F}$  – равнодействующая сила, действующая на тело,  $\vec{a}$  – ускорение, приобретенное телом под действием этой силы.

Ускорение всегда направлено вдоль равнодействующей силы. Равнодействующая сила, сообщающая телу ускорение,  $\vec{F} = m\vec{a}$ . Отсюда единица измерения силы *ньютон* через основные единицы измерения СИ выражается как:

$$[F] = [m] \cdot [a] = 1 \text{ кг} \cdot 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = 1 \text{ Н}.$$



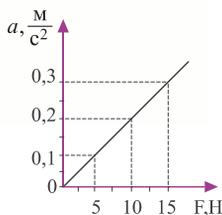
**Исаак Ньютон**  
(1643–1727)

Выдающийся английский физик. Он исследовал механическое движение тел и законы их взаимодействия, открыл закон всемирного тяготения.

## Применение полученных знаний

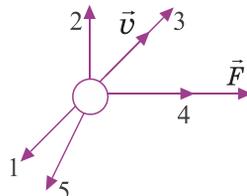
1. Дан график зависимости ускорения тела от модуля равнодействующей силы. Определите массу тела.

- А) 45 кг  
 Б) 0,02 кг  
 В) 4,5 кг  
 Г) 5 кг  
 Д) 50 кг



2. На рисунке представлены векторы скорости шарика и равнодействующей силы, действующей на него. Каково направление ускорения шарика?

- А) 1  
 Б) 2  
 В) 3  
 Г) 4  
 Д) 5



3. С каким ускорением движется тело массой 4 кг под действием силы в 10 Н?

- А)  $40 \frac{м}{с^2}$  Б)  $0,4 \frac{м}{с^2}$  В)  $2,5 \frac{м}{с^2}$  Г)  $25 \frac{м}{с^2}$  Д)  $4 \frac{м}{с^2}$

## Что вы узнали

Под действием силы тело получает \_\_. Ньютон определил, что ускорение движения тела прямо пропорционально силе, действующей на него, а также обратно пропорционально массе тела, и это определение получило название \_\_. Ускорение всегда направлено вдоль \_\_.

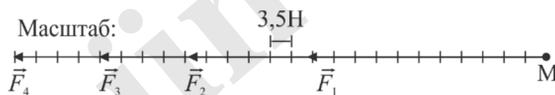
**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**  
 Равнодействующая сила  
 II закон Ньютона  
 Ускорение

## Проверьте свои знания

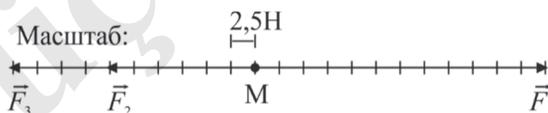
1. Что означает изменение скорости тела под действием силы?
2. Что определяет II закон Ньютона?
3. Как выражается единица измерения *ньютон* через основные единицы измерения в СИ?
4. Каково направление вектора ускорения тела?

### УПРАЖНЕНИЕ – 4

1. Как движется тело, если на него не действуют другие тела?  
 а) остается в покое; б) движется прямолинейно с переменной скоростью; в) движется прямолинейно равномерно.
2. С каким ускорением движется тело массой 64 кг под действием равнодействующей силы 192 Н?
3. На точку М действуют четыре силы. Определите модуль равнодействующей силы.



4. На точку М действуют три силы. Определите модуль равнодействующей силы.



## 2.4. ТРЕТИЙ ЗАКОН НЬЮТОНА

Несмотря на все усилия команд, в соревновании по перетягиванию каната, победитель не был выявлен.



- Почему в соревновании победитель не был определен?
- Что можно сказать о направлениях и модулях сил, приложенных командами к концам каната?

В зависимости от действия нанесенного удара изменение скорости мяча различно.



- Изменяется ли скорость движения ноги при ударе по мячу?
- С какой силой противодействует мяч ноге в момент удара по мячу с определенной силой?

### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Действие и противодействие.

**Оборудование:** динамометр (2 шт.)

**Ход исследования:** динамометры соединяются друг с другом и растягиваются в противоположных направлениях. Обратите внимание на показания динамометров в этот момент.



**Обсудите результаты:** 1. Какое соотношение наблюдается между силами взаимодействия динамометров? Почему? 2. Покажите схематически векторы этих сил.

При взаимодействии тела действуют друг на друга с определенной силой. Исаак Ньютон в результате многочисленных исследований вывел закон о равенстве сил при взаимодействии.

• Силы взаимодействия двух произвольных тел равны по модулю и противоположны по направлению. Этот закон получил название III закона Ньютона:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2.$$

Где  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$  – соответственно, силы действия и противодействия, направленные вдоль одной прямой линии, а знак «-» означает, что эти силы противоположно направлены.

Из равенства сил по модулю, приняв во внимание II закон Ньютона, имеем:

$$m_1 \cdot a_1 = m_2 \cdot a_2 \Rightarrow \frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

• Модули ускорений, получаемых телами при взаимодействии, обратно пропорциональны их массам. Модули ускорений, получаемых покоящимися вначале телами ( $v_0=0$ ) при их взаимодействии, определяются за время  $t$  следующим образом:

$$a_1 = \frac{v_1}{t}; \quad a_2 = \frac{v_2}{t}.$$

Где  $t$  – время взаимодействия тел,  $v_1$  и  $v_2$  – модули конечных скоростей тел. Подставив выражения ускорений в предыдущую формулу, получим:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

• *Отношение скоростей тел при взаимодействии их друг с другом обратно пропорционально отношению их масс.* Это выражение позволяет определять массы взаимодействующих тел, не используя весы:

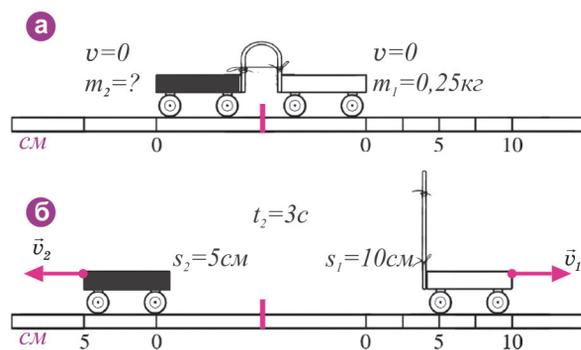
$$m_2 = \frac{v_1 m_1}{v_2}; \quad m_1 = \frac{v_2 m_2}{v_1}$$

## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Определение массы по взаимодействию тел.

**Оборудование:** две пластмассовые тележки различной массы (2 шт.), упругая пластинка, нить, карандаш, линейка, секундомер, ножницы.

**Ход исследования:** 1. Расположите тележки на горизонтальной поверхности стола, прикрепив их к сжатой пластинке, перевязанной нитью, с противоположных сторон (а). 2. Отметьте при помощи карандаша на поверхности стола положение свободных краев тележек как начало координат «0». 3. В момент перерезания нити включите



секундомер. 4. Через короткий промежуток времени, например 3 с, остановите ход секундомера и измерьте расстояние, пройденное тележками (б). Вычислите скорости тележек на основании измерений времени и пройденного пути:

$$v_1 = \frac{s_1}{t}; \quad v_2 = \frac{s_2}{t}$$

5. Определите массу второй тележки на основании закона взаимодействия.

**Обсудите результаты:** 1. Какой формулой определяется масса второй тележки? Соответствует ли это выражение значению равновесия на тележке? 2. Чему вы научились благодаря исследованию?

## Что вы узнали

На основании \_\_\_ силы взаимодействия двух произвольных тел равны по модулю и противоположны по направлению. При \_\_\_ тел друг с другом их \_\_\_ равно \_\_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

**Взаимодействие**

**Отношение скоростей**

**III закон Ньютона**

**Обратно пропорционально отношению масс**

## Проверьте свои знания

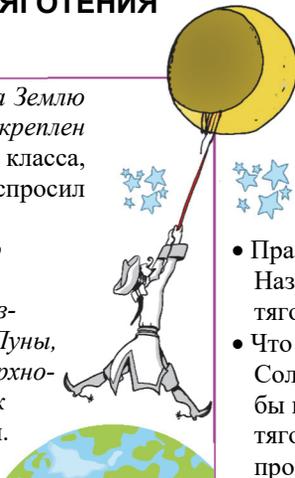
1. Определите силы действия и противодействия шагающего по дороге человека.
2. При выстреле из винтовки необходимо прижать ее приклад к плечу. Почему?
3. Почему боксеры делятся по весовым категориям?
4. Как формулируется III закон Ньютона?

## 2.5. ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

«...барон Мюнхгаузен спустился на Землю по веревке, конец которой был закреплен на Луне,» – Ариф, ученик седьмого класса, читая повесть писателя Р.Э.Распе, спросил у сестры :

– Назрин, можно ли спуститься по веревке с Луны на Землю?

– Нет, спуститься по веревке невозможно, потому что притяжение Луны, действующее на человека у ее поверхности, больше, чем притяжение его к Земле, – ответила на вопрос Назрин.



- Правильно ли ответила Назрин? Что такое сила тяготения?
- Что произошло бы в Солнечной системе, если бы не было силы тяготения? А что произошло бы на Земле?

### ИССЛЕДОВАНИЕ. Почему планеты вращаются вокруг Солнца?

**Оборудование:** таблица некоторых физических параметров Солнца и планет (смотри: Приложение, таб. 1).

**Ход исследования.** Используя таблицу, вычислите массу планет и полученные значения сравните с массой Солнца.

**Обсудите результаты:** 1. Чему равна общая масса всех планет в кг? Во сколько раз отличается эта масса от массы Солнца? 2. Что произошло бы, если бы не было этой разницы между этими массами?

Известно, что существование Солнечной системы, Галактики, а также Земли и всех тел на ее поверхности возможно благодаря гравитационному взаимодействию между ними.

Гравитационное взаимодействие существует между всеми телами во Вселенной. Оно осуществляется при помощи гравитационного поля.

• *Гравитационное поле – это вид материи, передающий гравитационное взаимодействие между телами.*

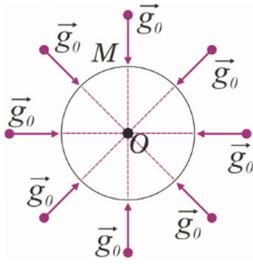
Основные свойства гравитационного поля:

- Источником гравитационного поля является масса: гравитационное поле тел с большой массой больше, чем гравитационное поле тел с меньшей массой;
- Силовая характеристика гравитационного поля – напряженность.

Напряженность гравитационного поля, являясь векторной величиной, направлена из произвольной точки поля к источнику этого поля. Напряженность гравитационного поля в произвольной точке прямо пропорциональна массе, создающей это поле, и обратно пропорциональна квадрату расстояния от центра поля до этой точки:

$$g_0 \sim \frac{M}{r^2}.$$

Где  $g_0$  – напряженность гравитационного поля,  $M$  – масса (масса планеты),  $r$  – расстояние от центра массы до данной точки.



Действие гравитационного поля зависит от расстояния между телами: с увеличением расстояния действие поля ослабевает.

Гравитационное взаимодействие характеризуется числовым значением *силы тяготения*. Зависимость модуля силы тяготения между телами от их масс и расстояния между ними английский ученый Исаак Ньютон обобщил как *закон всемирного тяготения*:

- *Материальные точки притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними:*

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

Где  $F$  – модуль силы тяготения,  $m_1$  и  $m_2$  – массы точек,  $r$  – расстояние между ними,  $G$  – гравитационная постоянная (или постоянная притяжения). Единица измерения гравитационной постоянной в СИ:

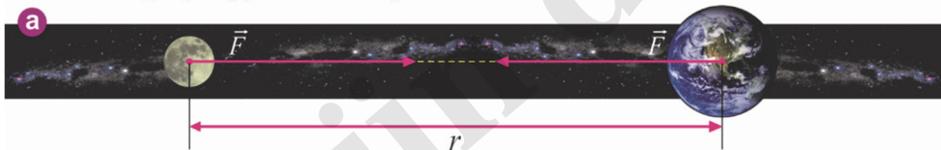
$$[G] = \frac{[F] \cdot [r^2]}{[m_1] \cdot [m_2]} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}.$$

Ее числовое значение было определено опытным путем:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}.$$

Отметим, что силу взаимодействия между телами в форме шара можно вычислить по этой же формуле. В этом случае  $r$  – расстояние между центрами их масс.

Как и любое взаимодействие, сила тяготения возникает между двумя телами. Например, Земля притягивает Луну, а Луна притягивает Землю. Модуль силы тяготения Земли равен модулю силы тяготения Луны и направления этих сил противоположны друг другу (а). Так как масса Земли во много раз больше массы Луны, то Луна вращается вокруг Земли. Движение небесных тел во Вселенной регулируется всемирной силой тяготения.



## Применение полученных знаний

**Задача-1:** Вычислите силу, с которой Земля притягивает Солнце и Солнце Землю, используя некоторые физические параметры, приведенные в таблице (см. Приложение, таблица 1) ( $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$ ).

Дано:	Формула:	Вычисление:
$M_c = \text{ } \text{кг}$ $M_z = \text{ } \text{кг}$ $r = \text{ } \text{м}$ $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$ $F = ?$	$F = G \frac{M_c M_z}{r^2}$	

## Что вы узнали

Во Вселенной взаимодействие между всеми телами передается при помощи \_\_\_\_. Силовая характеристика поля \_\_\_\_ притяжения тел друг к другу прямо пропорциональна произведению \_\_\_\_ этих тел и обратно пропорциональна квадрату \_\_\_\_ между ними. Это \_\_\_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Расстояние  
 Напряженность гравитационного поля  
 Сила  
 Гравитационное поле  
 Масса  
 Закон Всемирного тяготения

## Проверьте свои знания

1. Что является источником гравитационного поля? Какие свойства гравитационного поля вы знаете?
2. Какими примерами можно подтвердить справедливость закона всемирного тяготения?
3. Почему не чувствуется притяжение людей друг к другу?

### УПРАЖНЕНИЕ – 5

1. После взаимодействия двух тележек их скорости, соответственно, равны  $v_1 = 20 \frac{\text{см}}{\text{с}}$  и  $v_2 = 40 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ . Чему равно отношение их масс  $\frac{m_1}{m_2}$ ?
2. Как выражается гравитационная постоянная через основные единицы измерения в СИ?
3. Два шара радиусами в 1м, массами в 1т, соприкасаются друг с другом. Вычислите силу тяготения между шарами ( $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$ ).
4. Первое тело массой 50 кг при взаимодействии со вторым телом массой 75 кг получает ускорение  $3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ . Определите ускорение второго тела.
5. Черный баран массой 20 кг, разбежавшись, наносит удар лоб в лоб белому барану массой 30 кг. Белый баран в результате удара получает ускорение, равное  $2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ . Какое ускорение получит черный баран?

## 2.6. СИЛА ТЯЖЕСТИ

Люди всегда наблюдали падение тел: вода в водопаде, лист с ветки дерева, прыжок парашютиста с самолета и т.д.

- Почему падающие тела движутся к поверхности Земли?
- Какая сила изменяет скорость падающего тела?

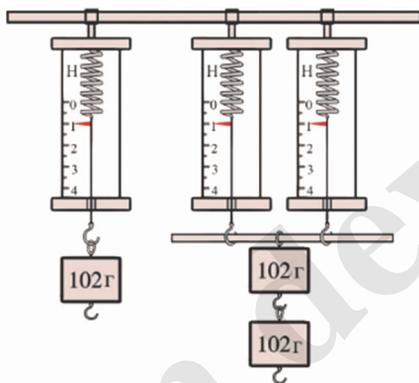


### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Какое тело Земля притягивает с большей силой?

**Оборудование:** динамометр (3 шт.), набор грузиков (масса каждого 102 г), штатив.

**Ход исследования:**

1. Закрепите рядом друг с другом на штативе динамометры. Соберите систему из двух динамометров, соединив крючки легкой палочкой.
2. Подвесив к отдельному динамометру один грузик, определите силу притяжения Земли, действующую на него.
3. Определите силу притяжения Земли, действующую на систему, состоящую из двух динамометров, если к ним подвесить два грузика.



**Обсудите результаты:** 1. С какой силой притягивается груз к Земле, подвешенный к отдельному динамометру? 2. С какой силой действует Земля на груз массой в два раза большей в системе, состоящей из двух динамометров? 3. Как зависит сила притяжения Земли от массы тела?

Из проведенных наблюдений и исследований были определены некоторые свойства движения падающего тела. Так, во многих случаях для падающего тела:

- траектория движения прямолинейна;
- с приближением к поверхности Земли скорость тела увеличивается;

– при движении отсутствует самопроизвольное возвращение.

В результате взаимодействия с Землей скорость падающего тела изменяется. Земля притягивает тело с силой, направленной к центру планеты. Тело, также действуя на Землю, притягивает ее к себе, однако оно ускоряется к Земле, так как масса Земли во много раз больше массы тела, то есть можно сказать, что Земля не двигается по отношению к телу.

• Сила, с которой Земля (или другая планета) притягивает к себе тела, называется **силой тяжести**.

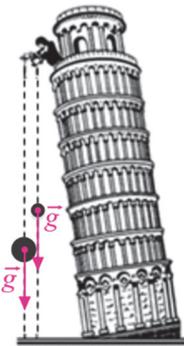
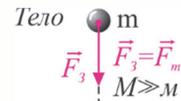
Сила тяжести равна произведению массы тела на ускорение свободного падения, сообщаемое телу Землей:

$$\vec{F}_{\text{тяж}} = m \cdot \vec{g}.$$

Где  $\vec{F}$  – сила тяжести,  $m$  – масса тела,  $\vec{g}$  – ускорение свободного падения, сообщаемое силой тяжести телу. Ускорение свободного падения опытным путем было определено итальянским ученым Галилео Галилеем. Он доказал, что свободно падающие тела различной массы с наклонной башни в городе Пиза падают с одинаковым ускорением. Значение ускорения у поверхности Земли на средней географической широте следующее:

$$g = 9,81 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Вектор силы тяжести приложен к центру однородного тела симметричной формы и направлен к центру Земли. Вектор ускорения свободного падения в произвольной точке траектории движения падающего тела направлен к центру Земли. Другими словами, направление ускорения свободного падения совпадает с направлением напряженности гравитационного поля.

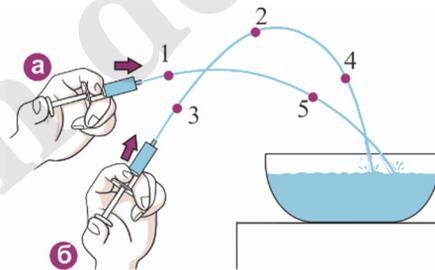


## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Почему струя воды движется не прямолинейно?

**Оборудование:** шприц без иглы (10 мл), кювета, стакан воды.

**Ход исследования:** 1. Расположите наполненный водой шприц горизонтально на высоте 20-30 см над кюветой, затем, постепенно нажимая на поршень, пронаблюдайте за траекторией движения струи воды из шприца (а). 2. Проследите, как изменяется траектория падения струи воды при переводе шприца постепенно в вертикальное положение (б).



**Обсудите результаты:** 1. Почему струя воды, падающая в кювету, движется не прямолинейно? Что заставляет струю двигаться по кривой линии? 2. Каково направление ускорения воды на траектории струи в точках 1, 2, 3, 4 и 5? 3. Зарисуйте траекторию в рабочий лист и графически отобразите направление этого ускорения.

## Что вы узнали

\_\_\_ это сила, с которой Земля (или другая планета) притягивает к себе тела. Численное значение силы тяжести равно произведению массы тела на \_\_\_, сообщенное этому телу. Вектор ускорения свободного падения в произвольной точке траектории движения падающего тела направлен к \_\_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Ускорение свободного падения  
Центр Земли  
Сила тяжести

## Проверьте свои знания

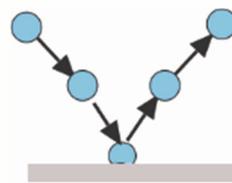
1. Почему падающее тело движется к Земле, а Земля не движется к телу?
2. Действует ли сила тяжести на покоящееся на поверхности Земли тело? Обоснуйте ответ.
3. Представьте схематически вектор силы тяжести, действующий на тело массой 4 кг и вычислите его модуль (ускорение свободного падения  $g = 10 \frac{м}{с^2}$ ).

## УПРАЖНЕНИЕ – 6

1. Объем алюминиевого куба равен  $0,5 м^3$ , а плотность алюминия  $2700 \frac{кг}{м^3}$ .  
Определите силу тяжести, действующую на куб ( $g = 10 \frac{м}{с^2}$ ).
2. Сила тяжести на поверхности Земли, действующая на астронавта, равна 882 Н. С какой силой будет действовать сила тяжести Луны на астронавта на ее поверхности ( $g_{земли} = 9,8 \frac{Н}{кг}$ ,  $g_{луны} = 1,6 \frac{Н}{кг}$ )?
3. На тело массой 74 кг, находящегося на поверхности Юпитера, действует сила тяжести, равная 1739 Н. Каково ускорение свободного падения на поверхности Юпитера?
4. Космический корабль, находящийся в гравитационном поле планеты, под действием силы тяжести приобретает ускорение свободного падения  $12 \frac{Н}{кг}$ . Чему равна напряженность этого поля?
5. Масса астронавта на поверхности Земли равна 85 кг. Определите силу тяжести, действующую на этого астронавта, если он находится на поверхности Сатурна ( $g_{сатурна} = 11,5 \frac{Н}{кг}$ ).

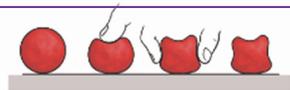
## 2.7. СИЛА УПРУГОСТИ. ЗАКОН ГУКА

Падающий мячик под действием силы тяжести изменяет скорость, то есть падает с ускорением свободного падения. В момент удара о поверхность Земли мячик меняет форму: сначала сжимается, а затем, приняв первоначальную форму, отталкивается от поверхности.



- Какова причина возвращения мяча в первоначальное состояние при изменении его формы и размеров?

Действуя на пластилин, можно ли придать ему необходимую форму?

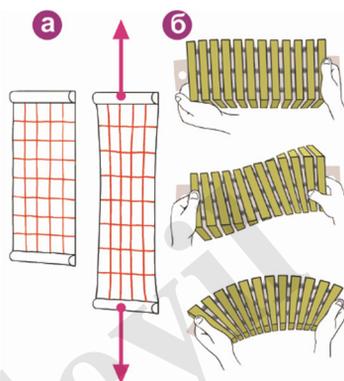


- Каким свойством отличается пластилин от мяча?

### ИССЛЕДОВАНИЕ. Что возвращает тело в первоначальное состояние?

**Оборудование:** резиновая пленка, модель, состоящая из деревянных пластинок, скрепленных маленькими пружинами, линейка, маркер.

**Ход исследования:** 1. Начертите при помощи линейки и маркера клетку на поверхности резиновой пленки. 2. Взяв пленку за края, растяните ее вдоль и поперек и отпустите. Затем, сдвинув один край пленки вправо, а другой край влево, отпустите. Проследите, как изменяются по форме и размерам клетки на поверхности пленки (а). 3. Понаблюдайте, как изменяется положение пластинок модели друг относительно друга при сжатии, растяжении, изгибе, кручении и сдвиге, и как соответственно изменяется форма модели (б).



**Обсудите результаты:** 1. К какому выводу можно прийти относительно изменения формы и размеров клеток на поверхности резиновой пленки при растяжении ее вдоль и поперек? 2. Какое движение модели наблюдается в результате изгиба, кручения и сжатия деревянных пластинок? Что возвращает модель в первоначальное состояние при прекращении действия на нее?

**Деформация.** Каждому телу присуща определенная форма. При взаимодействии с другими телами его форма меняется. Форма тела меняется, когда в результате действия внешней силы каждая из частиц тела, находящихся в состоянии покоя относительно друг друга, смещается.

- *Изменение формы и размеров тела под действием внешней силы называется деформацией.* По характеру деформации бывают двух видов: упругие и пластические.

- *При упругой деформации тело приобретает первоначальную форму, если воздействие внешней силы прекращается. При пластической деформации тело не может восстановить свою форму, даже если прекращается воздействие внешней силы; например: пластилин, тесто и другие.*

Существуют следующие виды деформации: растяжение, сжатие, изгиб, кручение и сдвиг (смотри: стр. 45 – б).

**Сила упругости.** Пружина находится в покое на горизонтальной поверхности. Действуя рукой на свободный конец пружины, прижмем ее к поверхности. Витки пружины сблизятся. В этот момент возникает сила, оказывающая противодействие силе, сжимающей пружину. Если убрать руку, эта сила «пытается» вернуть пружину в первоначальное положение (в). Таким образом, сила руки, действующая на пружину, называется *деформирующей силой*, сила противодействия пружины называется *силой упругости*.

• Сила упругости – это сила, возникающая в результате деформации тела и «пытающаяся» вернуть ему первоначальную форму.

Сила упругости возникает в деформированном теле, а ее направление противоположно деформирующей силе.

Английский ученый Роберт Гук определил закон зависимости силы упругости от удлинения при деформации сжатия и растяжения тела:

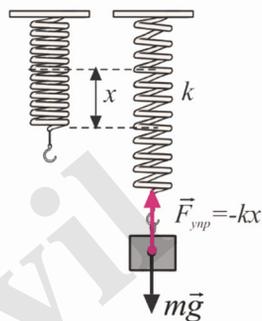
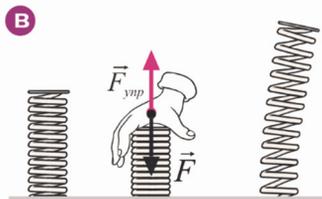
• Сила упругости возникающая в теле при его деформации, прямо пропорциональна величине этой деформации (в).

$$F_{\text{упр}} = kx.$$

Где  $F_{\text{упр}}$  – сила упругости,  $x$  – удлинение (или сжатие) тела,  $k$  – коэффициент пропорциональности или жесткости тела. Жесткость зависит от размеров и материала тела.

Единица измерения жесткости в СИ определяется как:

$$[k] = \frac{[F_{\text{упр}}]}{[x]} = \frac{1\text{Н}}{1\text{м}} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$



## Применение полученных знаний

**Решите задачу.** Груз весом  $6,5 \text{ Н}$ , подвешенный к пружине, растягивает ее на  $2 \text{ см}$ . Определите жесткость пружины.

## Что вы узнали

Изменение формы и размеров тела под действием внешней силы называется \_\_\_\_. \_\_\_\_. – это сила, возникающая в результате деформации тела и «стремящаяся» вернуть его в первоначальное положение. Сила упругости прямо пропорциональна \_\_\_\_ при деформации сжатия и растяжения тела. Это \_\_\_\_.

\_\_\_\_ зависит от размеров и материала тела.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Сила упругости  
Закон Гука  
Удлинение  
Жесткость  
Деформация

## Проверьте свои знания

1. Почему при деформации тела говорится, что происходит взаимодействие, хотя скорость его не меняется?
2. Что такое сила упругости, где применяется и каково ее направление?
3. От чего зависит жесткость?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

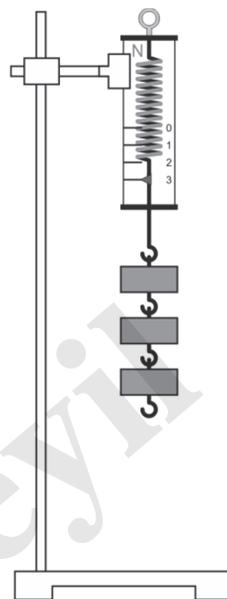
### Градуировка пружины и измерение сил изготовленным динамометром

**Цель работы:** научиться градуировать динамометр и с его помощью измерить силу.

**Приборы и материалы:** набор грузиков 102 г, динамометр с белой бумагой на шкале, зажим с муфтой, штатив с кольцом, линейка.

#### Указания к работе:

1. Динамометр с закрытой шкалой подвешивается вертикально с помощью зажима с муфтой. Первоначальное положение указателя отмечается на бумаге цифрой «0».
2. Определите при помощи формулы  $F_m = m \cdot g$  силу тяжести, действующую на один грузик. Грузик растягивает пружину динамометра с этой силой. Возникшая в пружине сила упругости уравнивает силу тяжести. Данное положение указателя отметьте на бумаге цифрой «1».
3. Подвесьте к крючку динамометра последовательно один за другим второй и третий грузики. Отметьте на бумаге цифрами 2 и 3 соответствующие положения указателя динамометра. Эти цифры показывают силы в 1 Н, 2 Н и 3 Н соответственно.
4. Снимите динамометр со штатива. Измерьте при помощи линейки расстояние между отметками. Убедитесь в равенстве этих расстояний. В противном случае все повторите заново.
5. В верхней части шкалы напишите букву Н (ньютон). Динамометр готов.
6. Подвесьте к изготовленному динамометру различные грузы и определите их веса.



## 2.8. ВЕС

В повседневной жизни очень часто используется слово «вес»; например: «вес фруктов», «мой вес», «вес спортсмена» и другие.

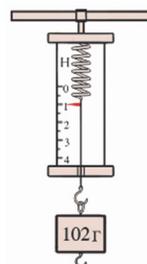
- Что такое вес? В чем отличие его от массы?
- Что определяет продавец при взвешивании продуктов питания на весах: массу или вес?

### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Вес или масса?

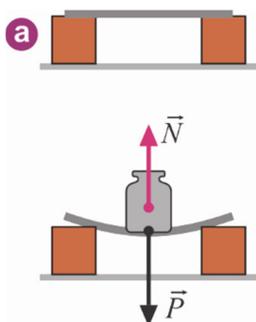
**Оборудование:** динамометр, грузик (102 г), штатив.

**Ход исследования:** 1. Закрепите динамометр на штативе и отметьте показание динамометра с подвешенным грузом. 2. Сделайте рисунок в рабочем листке и схематически покажите возникающие векторы сил действия и противодействия.

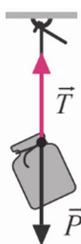
**Обсудите результаты:** 1. В результате взаимодействия каких сил груз, подвешенный на динамометре, находится в состоянии покоя? 2. Что вы определили с помощью динамометра: массу или вес груза?



**Что такое вес?** При размещении гири на поверхности горизонтальной плоскости, представляющей собой упругую пластину, гиря оказывает действие в направлении, перпендикулярном опоре с силой, равной силе тяжести. В результате опора, испытывающая деформацию изгиба, оказывает противодействие гире силой упругости. Эта сила упругости называется *силой реакции*



*опоры* и обозначается  $\vec{N}$  (а). Если гиря подвешена на нити, закрепленной в неподвижной точке, то никакой деформации мы не наблюдаем. Однако на самом деле гиря действует на подвес с силой, равной силе тяжести, а подвес оказывает противодействие гире силой упругости. Чаще всего эта сила, называемая *силой натяжения нити*, обозначается  $\vec{T}$  (б).



**Почему тело действует на опору и подвес?** Земля притягивает тело, однако неподвижная опора или подвес мешают ему упасть на Землю, в результате тело оказывает действие на них силой, равной силе тяжести:

• **Вес** – это сила, с которой тело вследствие притяжения к Земле действует на опору или подвес. Вес обозначается буквой  $\vec{P}$ .

*Точка приложения веса на опоре или подвесе:*

• *Направление веса тела на опоре перпендикулярно поверхности.* Если горизонтальная опора и вертикальный подвес относительно Земли находятся в состоянии покоя или движутся прямолинейно равномерно, то вес тела по численному значению равен силе тяжести, действующей на это тело:

$$P = mg.$$

Как видно, вес и масса – полностью различные величины: вес – это сила, векторная величина и единица его измерения – *ньютон*.

**Всегда ли вес равен силе тяжести?** Вес и сила тяжести – абсолютно различные силы: во-первых, сила тяжести приложена к телу, а вес приложен к опоре или подвесу. Во-вторых, сила тяжести в данной точке Земли всегда определяется как  $F = mg$ , а вес может быть как больше, так и меньше этого значения. Если вес больше, чем  $mg$ , то тогда тело испытывает перегрузку.

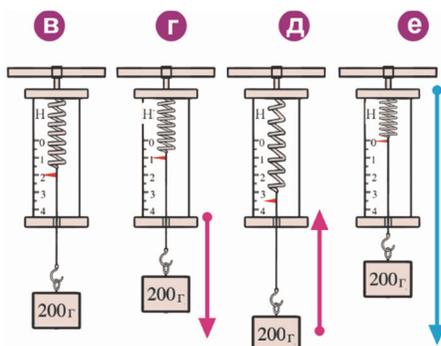
В некоторых случаях вес тела равен нулю: *в случае отсутствия опоры и подвеса тело находится в состоянии невесомости*. Например, спортсмен, прыгающий с вышки, с момента отрыва от трамплина до того, как он коснется воды; камень, подброшенный вверх, находится в состоянии невесомости, пока не упадет на Землю (сопротивление воздуха не учитывается).

## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Каков вес груза?

**Оборудование:** динамометр, груз (200 г).

**Ход исследования:** 1. Определите вес груза, подвешенного к динамометру, в состоянии покоя. Затем определите вес груза при движении вместе с динамометром равномерно вертикально вверх и вниз (в). 2. Отметьте вес груза при движении вместе с динамометром вертикально вниз с возрастающей скоростью (г). 3. Отметьте вес груза при движении вместе с динамометром вертикально вверх с возрастающей скоростью (д). 4. Отметьте вес груза при резком движении вместе с динамометром вертикально вниз (е).



**Обсудите результаты:** 1. Чему равен вес груза, если груз подвешен к динамометру, находящемуся в состоянии покоя, или движущемуся вместе с динамометром равномерно вертикально вверх-вниз? 2. Какие изменения в весе груза наблюдаются при движении его вместе с динамометром вертикально вверх с возрастающей скоростью? Как называется такое состояние? 3. Какие наблюдаются изменения в весе груза при движении его вместе с динамометром вертикально вниз с возрастающей скоростью? 4. Чему равен вес груза при резком движении вместе с динамометром вертикально вниз?

## Что вы узнали

\_\_\_ это сила, с которой тело вследствие притяжения к Земле действует на опору или подвес. Точка приложения веса находится на \_\_\_ или \_\_\_. Во время свободного падения тело находится в состоянии \_\_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Опора  
Вес  
Невесомость  
Подвес

## Проверьте свои знания

1. Какие имеются различия между весом, массой и силой тяжести? 2. В каком состоянии вес тела равен силе тяжести, действующего на него? 3. Испытывали ли вы состояние невесомости? Ответ обоснуйте. 4. Изобразите схему действия силы тяжести и веса на книгу, находящуюся на поверхности стола. 5. При каком движении возникает перегрузка?

## 2.9. СИЛА ТРЕНИЯ

Наверно вы наблюдали, как зимой в очень снежные и морозные дни автомобили не могут преодолеть даже небольшие подъемы, и несмотря на то, что падающий снег покрывает все неровности дороги, пешеходы передвигаются по заснеженным тротуарам с трудом. Также сложно ходить по парковой дорожке, которая покрыта мором.

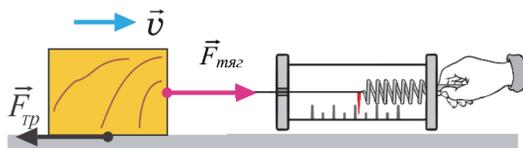
- Почему людям двигаться по сухой неровной дороге легче, чем по дороге, покрытой снегом и льдом?

### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Почему тело движется равномерно?

**Оборудование:** трибометр (или гладкая плоскость), брусок, динамометр, нить.

**Ход исследования:** Прикрепив динамометр к бруску, двигайте его равномерно по горизонтальной поверхности.

Динамометр показывает силу тяги ( $F_{\text{тяг}}$ ), действующую на брусок.

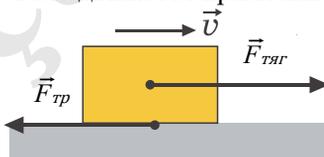


**Обсудите результаты:** 1. Почему, несмотря на то, что сила тяги действует на брусок, он движется равномерно? 2. Какая сила оказывает телу противодействие, равное по модулю силе тяги?

**Сила трения.** Тело движется прямолинейно равномерно по горизонтальной поверхности под действием силы тяги  $F_{\text{тяг}}$ . При таком движении на тело действует сила, по модулю равная модулю силы тяги и направленная противоположно ей. Эта сила называется силой трения.

При движении одного тела по поверхности другого возникает сила трения, направленная в сторону, противоположную направлению движения. Сила трения обозначается буквой  $\vec{F}_{\text{тр}}$ , она приложена к телу, направлена параллельно соприкасающейся с телом поверхности против движения. Соотношение между силой тяги и трением бывают различные:

I. Модули сил тяги и трения равны:  $F_{\text{тяг}} = F_{\text{тр}}$ . Равнодействующая сила равна нулю:  $F = F_{\text{тяг}} - F_{\text{тр}} = 0$ . Тело движется прямолинейно равномерно.



II. Сила тяги больше силы трения:  $F_{\text{тяг}} > F_{\text{тр}}$ . Равнодействующая сила направлена вдоль силы тяги:  $F = F_{\text{тяг}} - F_{\text{тр}} \neq 0$ . Скорость тела увеличивается.

III. Сила трения больше силы тяги:  $F_{\text{тяг}} < F_{\text{тр}}$ . Равнодействующая сила направлена вдоль силы трения:  $F = F_{\text{тр}} - F_{\text{тяг}} \neq 0$ . Скорость тела уменьшается. Сила трения бывает трех видов: *сила трения качения, сила трения скольжения и сила трения покоя*:

Сила трения качения	При качении одного тела по поверхности другого тела	 <p>Против направления движения</p>
Сила трения скольжения	При скольжении одного тела по поверхности другого тела	 <p>Против направления движения</p>
Сила трения покоя	При попытке вывести тело из состояния покоя	 <p>Направлена параллельно поверхности против действия силы тяги</p>
<p>Для одного и того же тела <math>F_{\text{тр.пок}} &lt; F_{\text{тр}}</math> и <math>F_{\text{тр.}} &gt; F_{\text{тр.кач}}</math>. Если между соприкасающимися поверхностями находятся шарики, то трение значительно уменьшается.</p>		

**Знаете ли вы?** Шариковые и роликовые подшипники широко применяются в технике для уменьшения трения соприкасающихся поверхностей.



Для уменьшения трения между соприкасающимися поверхностями вводят смазку. Смазка заполняет невидимые глазу неровности, сглаживая и разделяя поверхности.

### От чего зависит сила трения?

Модуль силы трения скольжения зависит от силы давления, прижимающей тело к поверхности, и неровностей соприкасающихся поверхностей:

$$F_{\text{тр.}} = \mu \cdot F_{\text{д}}$$

Где  $F_d$  – сила давления. При скольжении тела по горизонтальной поверхности сила давления равна силе тяжести:

$$F_d = m \cdot g.$$

$\mu$  – коэффициент трения скольжения. Он зависит от материала и неровностей соприкасающихся поверхностей. Единицы измерения у коэффициента трения скольжения нет. Коэффициенты трения некоторых соприкасающихся веществ даны в специальной таблице (см. Приложение, таб. 2).

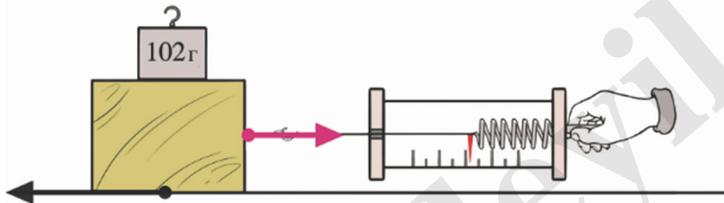
## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Определим коэффициент трения скольжения

**Оборудование:** динамометр, весы, разновесы, деревянный брусок, набор грузов (каждый 102 г).

**Ход исследования:**

1. Измерив массу бруска ( $m_б$ ) при помощи весов, занесите ее в таблицу рабочего листа.
2. Переместите равномерно по горизонтальной поверхности брусок, прикрепленный к крючку динамометра. Отметьте показание динамометра во время движения. Это показание соответствует значению силы трения скольжения.
3. Расположите на поверхности бруска дополнительный груз известной массы и еще раз измерьте силу трения, двигая брусок равномерно при помощи динамометра.
4. Занесите в таблицу общую массу бруска с грузом ( $m_б + m_г$ ) и показания динамометра.
5. Коэффициент трения скольжения определите по формуле  $\mu = \frac{F_{тр}}{m \cdot g}$ .



**Обсудите результаты:** Почему при расположении на поверхности бруска дополнительного груза значение коэффициента трения скольжения не изменяется?

## Что вы узнали

При движении одного тела по поверхности другого возникает \_\_, направленная в сторону, противоположную направлению движения. Модуль \_\_ зависит от силы давления, прижимающей тело к поверхности, и неровностей соприкасающихся поверхностей. \_\_ зависит от материала и неровностей соприкасающихся поверхностей.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

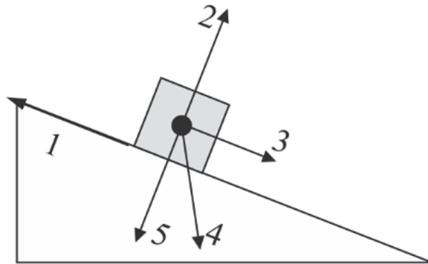
Сила трения  
Коэффициент трения  
скольжения

## Проверьте свои знания

1. В результате взаимодействия каких тел происходит торможение автомобиля?
2. Какие виды силы трения существуют? Какая из сил трения наименьшая? Почему?
3. От чего зависит коэффициент трения скольжения?

### УПРАЖНЕНИЕ – 7

1. Какова жесткость упругой пружины, растянутой на 25 мм под действием силы в 25 Н?
2. При изгибе упругой пластинки на 40 мм возникает сила упругости 96 Н. Насколько надо согнуть пластинку для возникновения упругой силы в 132 Н?
3. На рисунке представлено тело, равномерно скользящее по наклонной плоскости. Каковы направления сил давления и трения скольжения?



4. Тело движется равномерно по горизонтальной поверхности другого тела. По какой формуле при этом вычисляется возникающая сила трения скольжения:

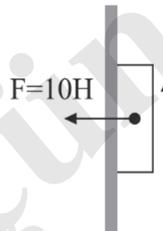
а)  $F_{\text{тр}} = \mu \cdot F_{\text{т}}$

б)  $F_{\text{тр}} = \mu \cdot F_{\text{д}}$

в)  $F_{\text{тр}} = \mu \cdot P$

(где  $\mu$  – коэффициент трения,  $F_{\text{т}}$  – сила тяжести,  $F_{\text{д}}$  – сила давления,  $P$  – вес)?

5. Тело равномерно движется по вертикальной плоскости под действием прилагаемой к ней силы в 10 Н. Определите силу трения, если коэффициент трения скольжения 0,1.



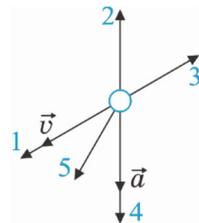
## ОБОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

1. Мальчик, стоящий на обледенелой горизонтальной дороге, бросает камень массой 300 г вперед со скоростью 25 м/с, сам же мальчик скользит назад со скоростью 0,25 м/с. Какова масса мальчика?

- А) 50 кг
- Б) 55 кг
- В) 30 кг
- Г) 25 кг
- Д) 80 кг

2. На рисунке представлены направления векторов скорости и ускорения шарика. С каким вектором совпадает вектор равнодействующей силы, действующей на шарик?

- А) 1
- Б) 2
- В) 3
- Г) 4

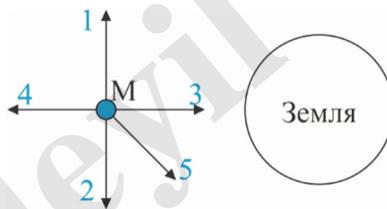


3. С какой силой притягиваются друг к другу два ученика, находящихся на расстоянии 2 м, с массами соответственно 25 кг и 30 кг ( $G = 6,72 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$ )?

- А) 12,6 мкН
- Б) 0,0126 мкН
- В) 0,126 мкН
- Г) 1,26 мкН
- Д) 126 мкН

4. С каким вектором совпадает сила тяжести, действующая на тело М?

- А) 1
- Б) 2
- В) 3
- Г) 4
- Д) 5



5. При сжатии пружины на 2 см возникает сила упругости, равная 72 Н. На сколько нужно сжать пружину относительно положения равновесия, чтобы возникла сила упругости, равная 108 Н?

- А) 40 мм
- Б) 20 мм
- В) 54 мм
- Г) 36 мм
- Д) 30 мм

# МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА И ЭНЕРГИЯ

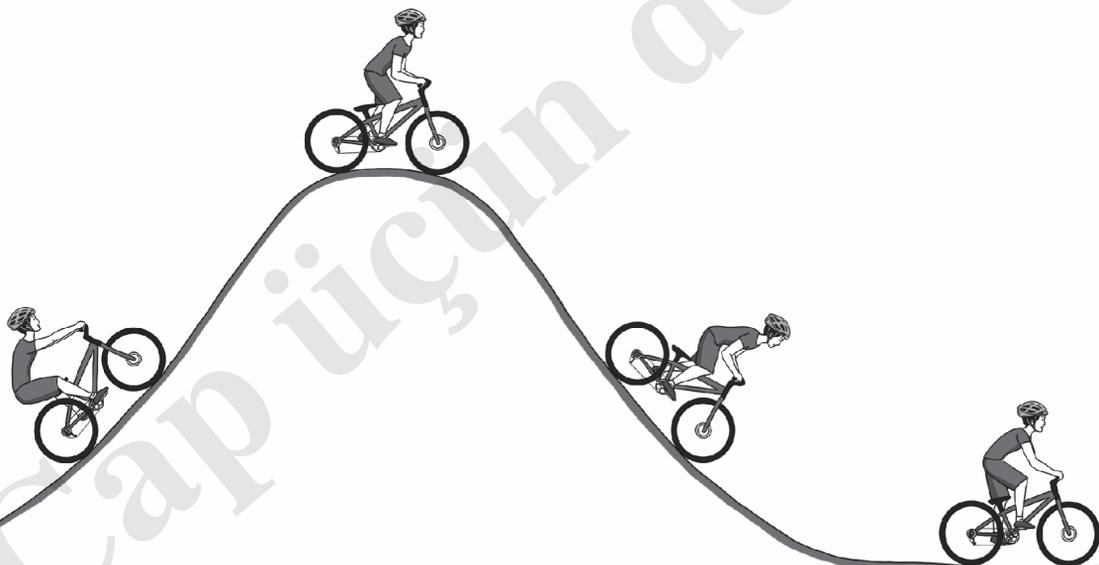
## 3



Стр. 55–74

- 3.1. Механическая работа
- 3.2. Мощность
- 3.3. Энергия. Потенциальная и кинетическая энергия
- 3.4. От чего зависит потенциальная энергия?
- 3.5. От чего зависит кинетическая энергия?
- 3.6. Закон сохранения энергии

- Обобщающие задания



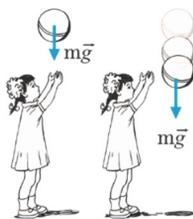
### 3.1. МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА

Ученик seventhого класса Фарид спросил у старшего брата: «Ты чем занят?». «Я занят работой по дизайну на компьютере», – ответил ему брат. «Значит, это считается работой?» – с удивлением сказал Фарид. Затем Фарид обратился к маме: «Мама, а ты какой работой занята?» – «Сынок, я занята работой по дому».

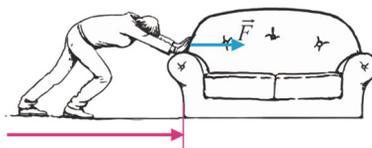
- Есть ли общая особенность для этих видов работы?

В ниже представленных примерах, говорится о действии силы на тело и его движении под действием этой силы, то есть совершении механической работы. В объяснении слова, выражающие силу, отмечаются **голубым цветом**, а слова, выражающие движение под действием этой силы, **красным цветом**.

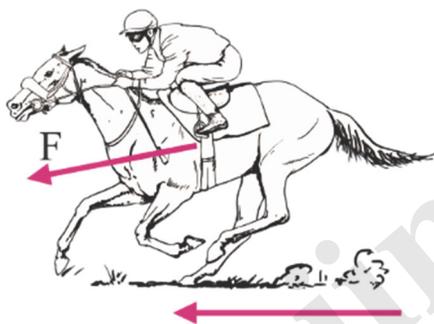
1. Приложив определенную **силу**, мы приводим мяч в движение, и он **взлетает**. Мяч, остановившись на мгновение вверху, затем под действием **силы тяжести** **движется вниз**.



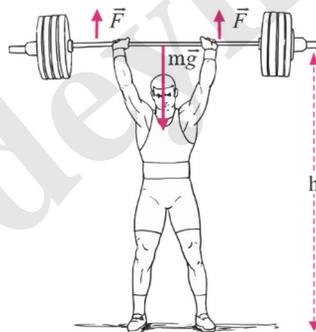
2. Диван толкают с определенной **силой**, и он **скользит вдоль стены**.



3. Лошадь, совершая последовательные скачки, **отталкивается от земли** и **несет к финишу жокея**.



4. Спортсмен, приложив **силу** к штанге, **поднимает ее над головой**.



Во всех случаях говорится о силе, действующей на тело, и о движении под действием этой силы. Это значит, что во всех случаях совершается механическая работа.

- Сила совершает работу тогда, когда тело под действием этой силы проходит определенный путь.

• **Механическая работа** – это физическая величина, равная произведению модуля равнодействующей силы и пройденного пути в направлении действия этой силы:

$$A = F \cdot s.$$

Где  $A$  – механическая работа,  $F$  – модуль равнодействующей силы, перемещающей тело,  $s$  – пройденный путь. Механическая работа – скалярная величина. За единицу измерения работы в СИ принят джоуль (Дж), названный в честь английского ученого Дж.Джоуля (1818–1889).

• 1 Дж – это работа, совершенная силой в 1 Н в направлении действия силы на пройденном пути в 1 м:

$$[A] = [F] \cdot [s] = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м} = 1 \text{ Дж}.$$

Механическая работа в зависимости от направления равнодействующей силы относительно пройденного пути может быть положительной, отрицательной или равна нулю:

- если равнодействующая сила направлена вдоль направления пройденного пути, то механическая работа положительна;
- если равнодействующая сила направлена против направления пройденного пути, то механическая работа отрицательная;
- если равнодействующая сила направлена перпендикулярно пройденному пути, то механическая работа равна нулю, то есть работа не совершается.

### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. От чего зависит механическая работа?

**Оборудование:** динамометр, брусок (3 шт.), нить, линейка.

**Ход исследования:** 1. По очереди равномерно переместите при помощи динамометра на одинаковое расстояние вначале один, потом два, а затем три, положенных друг на друга бруска, (а). 2. Отметьте показания динамометра для трех различных случаев в таблице 1 в рабочем листе и вычислите совершенную работу. 3. Повторите опыт, переместив равномерно один брусок при помощи динамометра на различные расстояния (б). 4. Вычислите работу, совершенную на протяжении трех различных путей и отметьте в таблице 2 в рабочем листе.

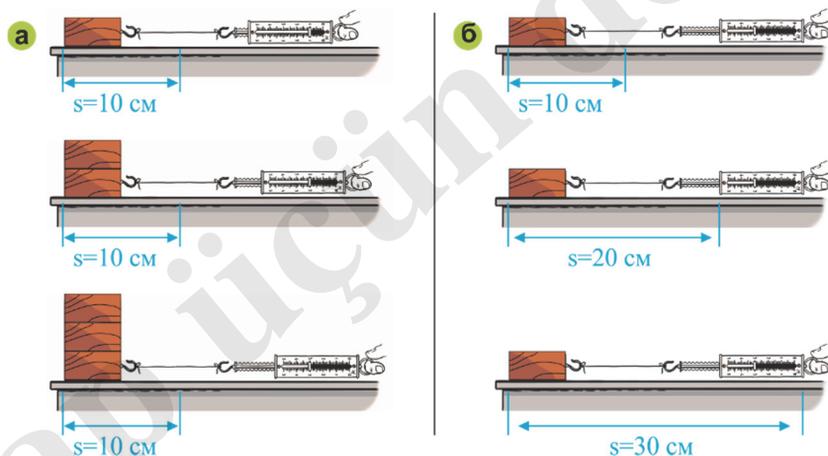


Таблица 1.

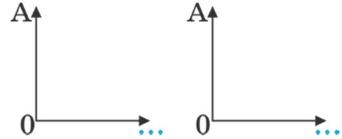
Количество брусьев	Пройденный путь (м)	Сила (Н)	Совершенная работа (Дж). $A = F \cdot s$
1	0,1	...	...
2	0,1	...	...
3	0,1	...	...

Таблица 2.

Количество брусьев	Пройденный путь (м)	Сила (Н)	Совершенная работа (Дж). $A = F \cdot s$
1	0,1	...	...
2	0,2	...	...
3	0,3	...	...

**Обсудите результаты:**

1. От каких величин зависит значение совершенной работы?
2. Представьте графически эти зависимости:



## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. В каком случае механическая работа не совершается?

Исследуйте представленное: 1. Мальчик пытается сдвинуть шкаф, но шкаф не двигается. 2. Рабочий стоя поднял груз. 3. Мастер толкает кирпичную стену, но стена не сдвигается.



**Обсудите результаты:** В каком случае механическая работа не совершается? Почему? Ответ обоснуйте.

## Что вы узнали

Тело совершает \_\_ тогда, когда тело проходит определенный \_\_ под действием этой силы. Если тело под действием \_\_ не перемещается, то механическая работа не совершается. Единицей измерения механической работы в СИ является \_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

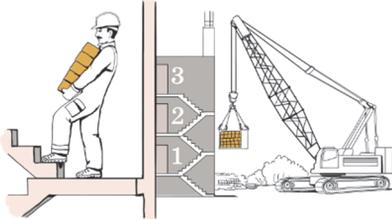
Джоуль  
Путь  
Механическая работа  
Сила

## Проверьте свои знания

1. Масса Фариды 35 кг. Какую работу совершает он, поднимаясь вверх на один этаж? Высота между этажами 3,5 м.
2. Сила, действующая на тело, совершает работу в 50 кДж на пути 2 м. Определите эту силу.
3. Автомобиль движется по горизонтальной дороге. Какую работу совершает действующая на него сила тяжести?

### 3.2. МОЩНОСТЬ

- Одинаковую ли работу совершают рабочий и подъемный кран при поднятии на третий этаж 300 кирпичей? Чем отличаются совершенные ими работы?



- Одинаковую ли работу совершают лошадь и трактор, вспахивая одинаковое поле? Чем отличаются совершенные ими работы?

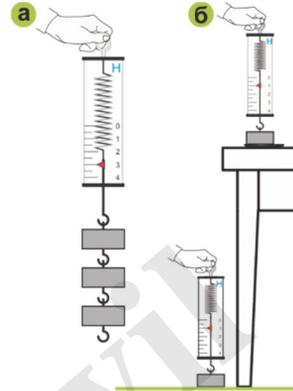


#### ИССЛЕДОВАНИЕ. Какая работа была совершена быстрее?

**Оборудование:** 3 грузика, каждый массой по 102 г, динамометр, секундомер, линейка.

**Ход исследования:** 1. Подвесив три грузика к динамометру и включив секундомер, поднимите грузики с пола на поверхность стола (а). Снимите показание секундомера, остановленного в момент достижения грузиками поверхности стола. 2. Повторите опыты с каждым грузиком в отдельности и отметьте соответствующие показания секундомера (б).

**Обсудите результаты:** 1. Одинаковая ли совершается работа при поднятии на одинаковую высоту 3 грузиков вместе и каждого в отдельности? 2. Как отличаются по времени совершенные работы?



Из анализа данных примеров видно, что подъемный кран по сравнению с рабочим, а трактор по сравнению с лошадью совершает ту же работу быстрее. Скорость выполнения работы определяется величиной, называемой *мощностью*.

- *Мощностью называется отношение совершенной работы ко времени, затраченному на ее выполнение:*

$$N = \frac{A}{t}.$$

Где  $N$  – мощность,  $A$  – работа,  $t$  – время, затраченное на совершение работы. Мощность – скалярная величина. За единицу измерения мощности в СИ принят *ватт*, названный в честь английского ученого *Дж. Ватта (1736–1819)* и обозначаемый как *Вт*.

$$[N] = \left[ \frac{A}{t} \right] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = 1 \text{Вт}.$$

Иногда в технике как единица измерения мощности используется *лошадиная сила* (л.с.):

$$1 \text{ л.с.} = 736 \text{ Вт}.$$

Применяются и другие единицы измерения мощности: *микроватт (1 мкВт)*, *милливатт (1 мВт)*, *киловатт (1 кВт)* и *мегаватт (1 МВт)*:

$$1 \text{ мкВт} = 10^{-6} \text{ Вт}; \quad 1 \text{ мВт} = 10^{-3} \text{ Вт}; \quad 1 \text{ кВт} = 10^3 \text{ Вт}; \quad 1 \text{ МВт} = 10^6 \text{ Вт}.$$

## Применение полученных знаний

**Решите задачу:** 1. Штангист, поднимая штангу над головой за 4 с, совершает работу 3800 Дж. Вычислить его мощность. 2. Трактор-стог укладчик поднимает штабель сена массой 120 кг за 6 с на высоту 5 м. Вычислите мощность трактора ( $g = 10 \text{ м/с}^2$ ).

## Что вы узнали

Скорость выполнения работы определяется величиной, называемой \_\_. За единицу измерения мощности в СИ принят \_\_. Иногда в технике как единица измерения мощности используется \_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

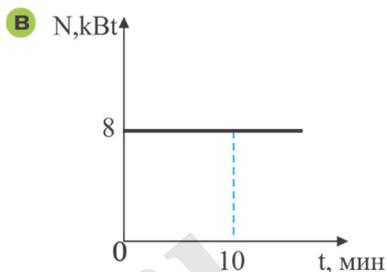
Лошадиная сила

Мощность

Ватт

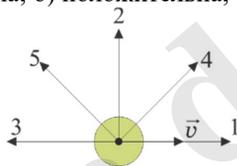
## Проверьте свои знания

1. Чему равно численное значение мощности?
2. Выразите в ваттах: 0,245 кВт; 15 МВт; 75 л.с.; 300 л.с.
3. На рисунке дан график зависимости мощности двигателя от времени ( $t$ ). Какую работу совершает двигатель за 10 минут?

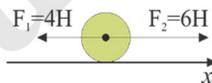


## УПРАЖНЕНИЕ – 8.

1. На рисунке представлены 5 сил, действующих на тело. Работа каких сил: а) отрицательна; б) положительна; в) равна нулю?



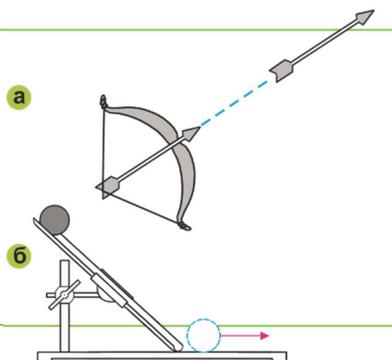
2. Тело под действием силы 3 Н перемещается на 150 см. Вычислите работу этой силы.
3. Тело под действием двух сил 4 Н и 6 Н движется вдоль оси  $x$ . Вычислите совершенную им работу на пути в 10 м.



4. Подъемный кран поднимает груз массой 600 кг на высоту 20 м за 30 с. Вычислите мощность двигателя крана ( $g = 10 \text{ м/с}^2$ ).
5. Единицей измерения какой величины является выражение  $\frac{H \cdot m}{c}$ ?

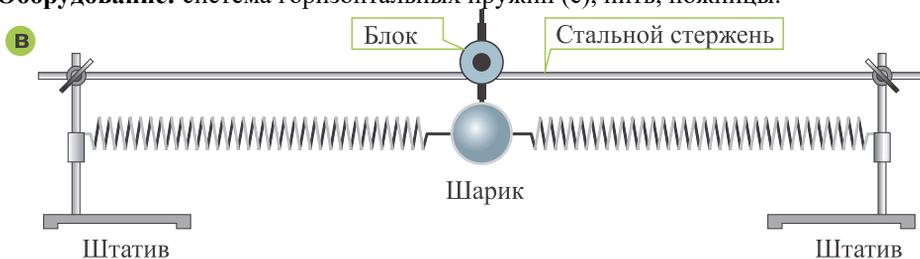
### 3.3. ЭНЕРГИЯ. ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ И КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ

- В каком случае совершается механическая работа: при натяжении лука со стрелой, при свободном спуске натянутого лука или во время полета стрелы к мишени (а)?
- За счет работы какой силы движется стрела?
- В каком положении шарика совершается механическая работа: в наивысшей точке наклонного желоба или во время его движения по горизонтальной плоскости (б)?



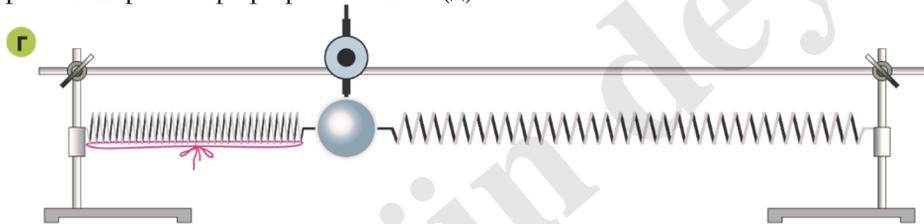
#### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Способность тела совершать работу.

**Оборудование:** система горизонтальных пружин (с), нить, ножницы.



#### Ход исследования:

1. Придержите шарик, несколько сжав пружину слева (или справа), а затем отпустите его через несколько секунд.
2. Обсудите с друзьями, какая сила и тело совершила работу в наблюдаемом явлении.
3. Сожмите одну из пружин и перевяжите ее нитью. Определите причину совершения работы шариком при разрезании нити (д).



#### Обсудите результаты:

1. Была ли совершена механическая работа при сжатии пружины шариком? Почему?
2. Под действием какой силы совершается механическая работа при свободном движении шарика?
3. Какое тело или тела способны совершить работу при движении шарика вместе с пружинами вправо-влево? 4. Совершает ли работа при сжатии пружины при помощи нити?

Если тело движется под действием силы, то совершается механическая работа. В рассмотренных примерах в результате совершенной работы тело

(натянутый лук и сжатая упругая пружина) испытывало деформацию. Тело, испытывающее деформацию, например, пружина при прекращении воздействия на нее возвращается в первоначальное положение, одновременно оно приводит в движение и груз (вылетающая из лука стрела летит к мишени), то есть упругая пружина совершает работу.

Итак, деформированное тело совершает работу:

- *Физическая величина характеризующая способность тела совершить работу, называется **энергией**. Сжатая и перевязанная нитью или растянутая пружины не могут принять первоначальную форму, то есть остаются в деформированном состоянии. Взаимодействие между отдельными частями пружины при деформации увеличивается.*

- *Энергия, определяемая взаимным положением взаимодействующих тел или частей одного и того же тела, называется **потенциальной энергией** (по-латински *potentia* – способность, мощность).*

При разрезании нити ножницами сжатая и растянутая пружины совершают работу, то есть сконцентрированная в них потенциальная энергия передается шарiku. В результате шарик движется с увеличивающейся скоростью в направлении растянутой пружины, то есть шарик совершает работу. Так, потенциальная энергия пружин переходит в энергию движения шарика.

- *Энергия, которой обладает тело во время движения, называется **кинетической энергией** (по-латински *kinetikos* – приводящий в движение). Энергия, являясь скалярной физической величиной, обозначается буквой *E*, в СИ единица измерения энергии – джоуль:*

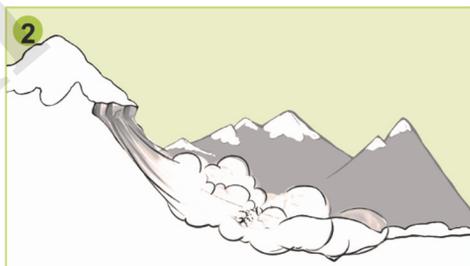
$$[E] = 1 \text{ Дж.}$$

## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Какой энергией обладают?

Внимательно рассмотрев рисунок, определите:

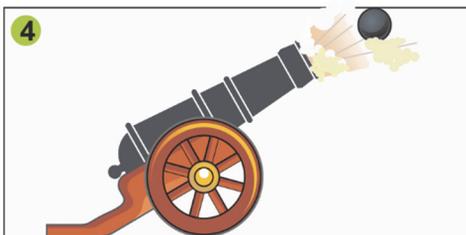
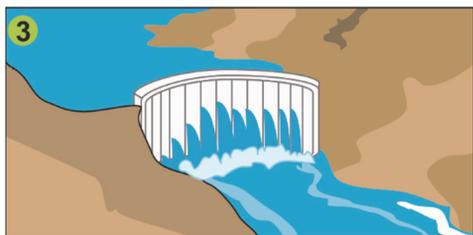
1. Какой энергией обладает накопившийся на вершине горы снег (1)? 2. Какой энергией обладает снежная лавина (2)?



3. Какой энергией обладает вода, поднятая на определенную высоту с помощью плотины, перекрывающей течение реки (3)?

4. Какой энергией обладает вода, стекающая по открытой плотине?

5. Какую энергию приобретает ядро, вылетевшее из пушки (4)?



Обсудите результаты. Ответы обоснуйте и запишите в рабочий лист.

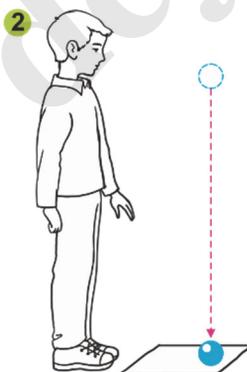
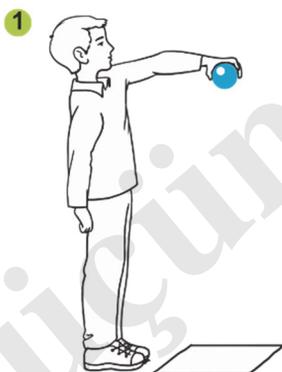
### Что вы узнали

Способность тела совершать работу называется \_\_\_\_. Энергия, определяемая взаимным положением взаимодействующих тел или частей одного и того же тела называется \_\_\_\_. Энергия, которой обладает тело вследствие своего движения, называется \_\_\_\_. Единицей измерения энергии в СИ является \_\_\_\_.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**  
Потенциальная энергия  
Кинетическая энергия  
Джоуль

### Проверьте свои знания

1. Если поднять и удерживать металлический шарик на определенной высоте от поверхности Земли, то (1):
  - а) совершается ли механическая работа?
  - б) какой энергией обладает шарик?
2. Если металлический шарик свободно падает с определенной высоты, то (2):
  - а) какая сила совершает работу?
  - б) какой энергией обладает шарик в момент падения на поверхность Земли?



### 3.4. ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ?

На рисунке представлены две одинаковые упругие пружины. Одна из пружин сжата на  $x$ , а другая же растянута на  $x$ .

- У какой из пружин потенциальная энергия больше?

На поверхности стола находятся три кирпича. Из них два положены друг на друга.

- Какой из кирпичей обладает большей потенциальной энергией относительно поверхности пола: один вертикально стоящий кирпич или два кирпича, положенных друг на друга? Почему?

#### ИССЛЕДОВАНИЕ. От чего зависит энергия тела, поднятого на определенную высоту от поверхности Земли?

**Оборудование:** разновесы (0,5 кг и 1 кг), динамометр, линейка.

**Ход исследования:** 1. Измерьте высоту  $h$  от пола до поверхности стола и занесите полученное значение в таблицу на рабочем листке.

2. Подвесьте разновес массой 0,5 кг к динамометру и равномерно поднимите с пола на поверхность стола. Основываясь на показаниях динамометра, определите и запишите в таблицу силу  $F$ , действующую на разновес.

3. Вычислите и запишите совершенную работу при поднятии разновеса с пола на стол по формуле  $A = F \cdot h$ .

4. Повторите опыт с разновесом массой 1 кг. Определите и запишите в таблицу действующую на него силу и совершенную работу.

Тело	Масса, г	Высота, м	Действующая сила, Н	Совершенная работа, Дж
Разновес	0,5	0,9	–	...
Разновес	1	0,9	–	...

#### Обсудите результаты:

1. Какую энергию получают разновесы в результате совершенной работы при поднятии их на поверхность стола?

2. Какому положению соответствует большая потенциальная энергия разновесов относительно пола: на поверхности стола или пола? Почему?

3. У какого разновеса потенциальная энергия наибольшая? Почему?

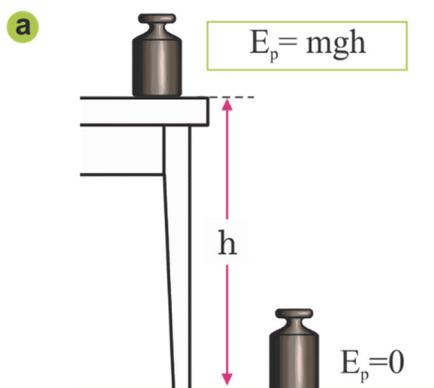
4. От чего зависит потенциальная энергия тела, поднятого на определенную высоту?

**Величины, от которых зависит потенциальная энергия.** Работа, совершенная силой тяжести при подъеме тела с поверхности Земли на произвольную высоту  $h$ , равна:

$$A = F_m \cdot h = mgh$$

В результате этой работы потенциальная энергия ( $E_p$ ) взаимодействия тела с Землей увеличивается. Потенциальная энергия тела относительно Земли на поверхности стола больше на величину  $mgh$ , чем потенциальная энергия этого тела на полу (а):

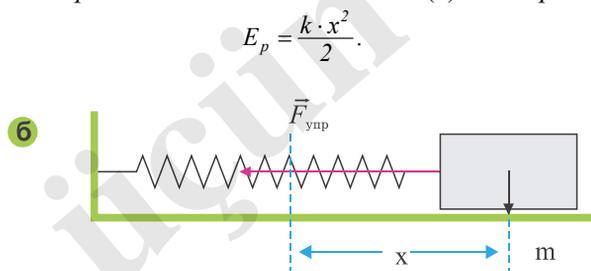
$$E_p = mgh.$$



Из формулы видно, что потенциальная энергия тела зависит от его массы, высоты над поверхностью Земли и ускорения свободного падения. Чем больше масса тела на одной и той же высоте, тем больше его потенциальная энергия. При подъеме тела с поверхности Земли его потенциальная энергия увеличивается, а при снижении – уменьшается.

Потенциальной энергией сжатой или растянутой пружины является энергия взаимодействия ее частиц. Здесь силой взаимодействия является сила упругости между частицами пружины ( $F_{\text{упр}} = kx$ ).

• *Потенциальная энергия упруго деформированной пружины при растяжении равна половине произведения ее жесткости ( $k$ ) и квадрата удлинения (б):*

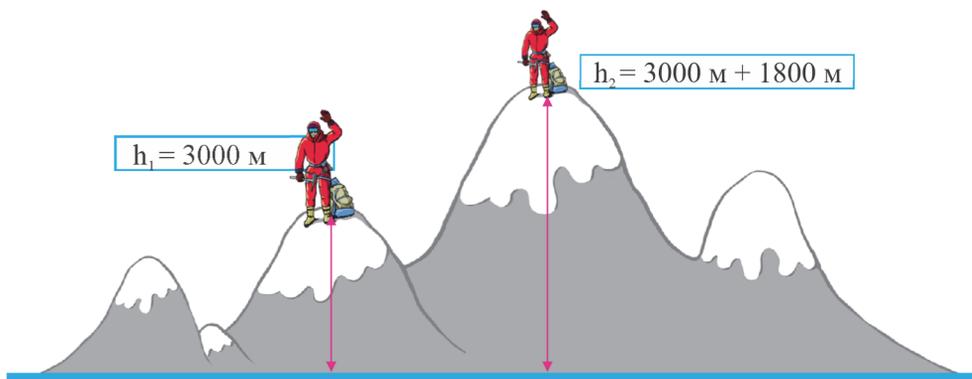


## Применение полученных знаний

**Задача.** Альпинист массой 90 кг, поднявшись на высоту 3000 м от поверхности Земли, немного отдохнув, поднялся еще на 1800 м. Определите потенциальную энергию альпиниста относительно поверхности Земли на этих двух высотах ( $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$ ). На какой из высот потенциальная энергия наибольшая?

$$E_{p1} = \boxed{\phantom{000}} \cdot \boxed{\phantom{000}} \cdot \boxed{\phantom{000}} \text{ кг} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м} = \boxed{\phantom{000}} \text{ С.}$$

$$E_{p2} = \boxed{\phantom{000}} \cdot \boxed{\phantom{000}} \cdot \boxed{\phantom{000}} \text{ кг} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м} = \boxed{\phantom{000}} \text{ С.}$$



## Что вы узнали

\_\_\_ тела относительно поверхности Земли зависит от массы, \_\_\_ над поверхностью Земли и ускорения свободного падения. Потенциальная энергия упругой \_\_\_ пружины зависит от ее \_\_\_ и квадрата \_\_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Удлинение  
Потенциальная энергия  
Деформация  
Высота  
Жесткость

## Проверьте свои знания

- На рисунке представлены водопады Анхель и Катех. Определите разность потенциальных энергий воды массой в 1 кг, падающей с водопадов.
- В какой части реки – истоке или устье – вода обладает большей потенциальной энергией? Почему?



Водопад Анхель

979 м

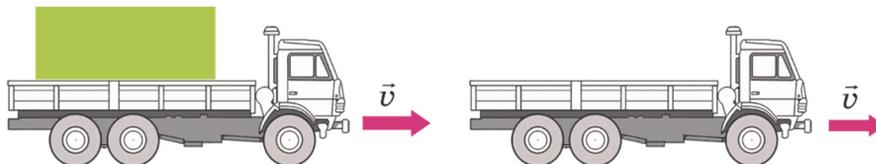


Водопад Катех

25 м

### 3.5. ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ?

Грузенный и порожний автомобили, движущиеся с одинаковой скоростью, совершая резкое торможение, останавливаются за различное время.

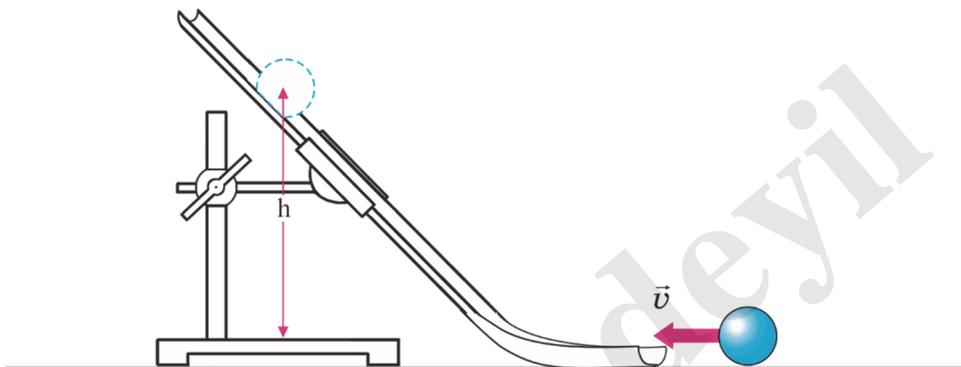


- Почему при торможении грузеный автомобиль останавливается позже, чем порожний?

#### ИССЛЕДОВАНИЕ. От чего зависит энергия движущегося тела?

**Оборудование:** желоб, штатив, стальной и алюминиевый шарики одинаковых размеров, карандаш.

**Ход исследования:** 1. Закрепите желоб на штативе, как представлено на рисунке. 2. Толкните стальной шарик с горизонтальной части желоба на наклонную с определенной скоростью и отметьте карандашом высоту его подъема. 3. Повторите опыт, сообщив шарiku еще большую скорость, и отметьте высоту подъема. 4. Проведите такой же опыт с алюминиевым шариком.



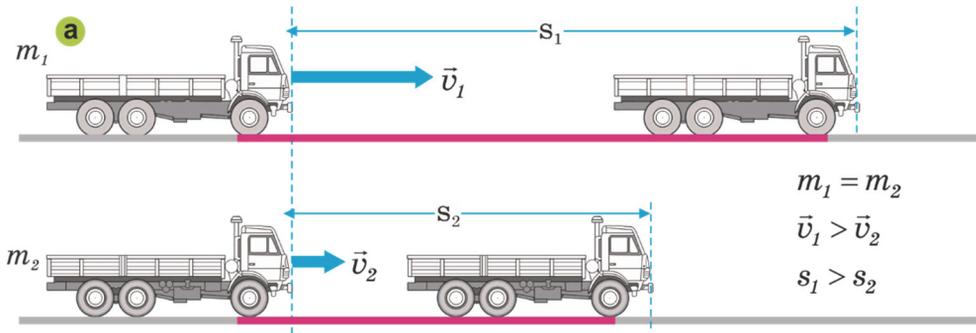
#### Обсудите результаты:

1. Как изменилась высота подъема шарика при сообщении ему еще большей скорости?
2. В каком из случаев шарик совершит большую работу: при сообщении ему маленькой или большой скорости?
3. Какой из шариков, стальной или алюминиевый, имеющих различные массы, совершит большую работу при подъеме на одинаковую высоту с одинаковой начальной скоростью? Почему?

При движении автомобиля через населенные пункты его скорость ограничивается, потому что автомобиль не может, резко затормозив, мгновенно остановиться. Это происходит по двум причинам:

1. Из двух автомобилей одинаковой массы, гораздо труднее остановить тот, у которого скорость больше, чем тот у которого скорость меньше. Потому, что из двух автомобилей одинаковой массы тот, у которого скорость больше имеет и большую энергию (а): при торможении автомобиля сила трения совершает работу  $A = F_{\text{тр}} \cdot s$ . Эта работа равна кинетической энергии автомобиля ( $E_k$ ).

Значит, кинетическая энергия тела (например, автомобиля или шарика из исследования) зависит от его скорости.

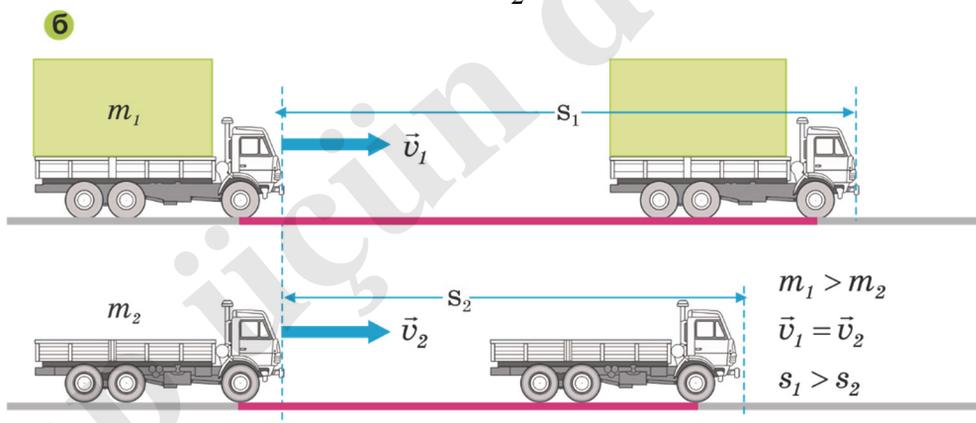


2. Движущиеся с одинаковой скоростью, автомобиль с большей массой (груженный) остановить гораздо труднее, чем автомобиль с малой массой (опорожненный). Потому, что движущиеся с одинаковой скоростью, автомобиль с большей массой (груженный) обладает гораздо большей энергией, чем автомобиль с малой массой (опорожненный) (б).

Это значит, что кинетическая энергия автомобиля большей массы больше, чем кинетическая энергия автомобиля меньшей массы. То есть кинетическая энергия также зависит от массы.

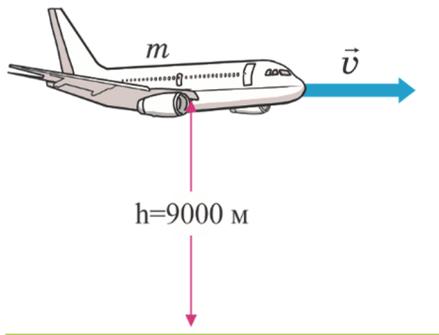
• Кинетическая энергия тела равна половине произведения массы тела на квадрат его скорости:

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$$



## Применение полученных знаний

**Задача.** Пассажирский самолет массой 100 т летит с постоянной скоростью 250 м/с на высоте 9000 м от поверхности Земли. Записав данные в соответствующие клетки в рабочем листе, определите кинетическую и потенциальную энергии самолета относительно поверхности Земли ( $g = 10 \text{ м/с}^2$ ).



$$E_k = \frac{\boxed{\phantom{000}} \cdot \boxed{\phantom{000}}}{\boxed{\phantom{000}}} \text{ кг} \cdot \frac{\text{М}^2}{\text{с}^2} = \frac{\boxed{\phantom{000}}}{\boxed{\phantom{000}}} \text{ кг} \cdot \frac{\text{М}^2}{\text{с}^2} = \boxed{\phantom{000}} \text{ МДж.}$$

$$E_k = \boxed{\phantom{000}} \cdot \boxed{\phantom{000}} \cdot \boxed{\phantom{000}} \text{ кг} \cdot \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot \text{М} = \boxed{\phantom{000}} \text{ МДж.}$$

## Что вы узнали

Во время движения тело обладает \_\_. Кинетическая энергия тела равна произведению \_\_ на квадрат \_\_ его движения.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

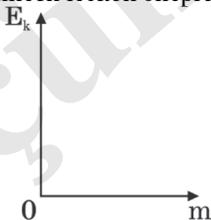
Масса  
Кинетическая энергия  
Скорость

## Проверьте свои знания

Кинетическая энергия задана формулой

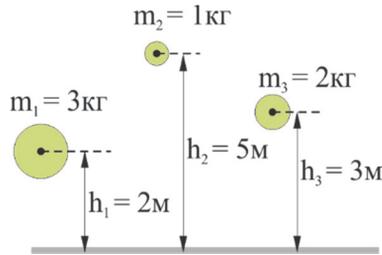
$$E_k = \frac{9m}{2} C.$$

Постройте график зависимости кинетической энергии от массы.



### УПРАЖНЕНИЕ – 9

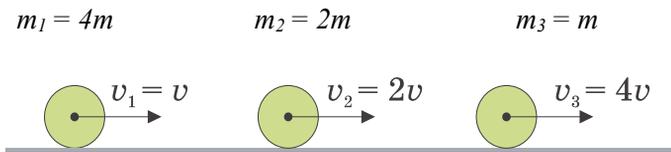
1. Сравните потенциальные энергии тел, представленных на рисунке.



2. Вычислите жесткость пружины, обладающей энергией 4 Дж, растянутой на 4 см.

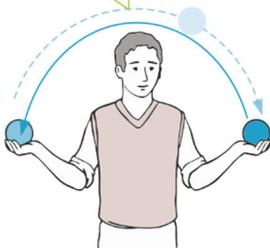
3. Какова масса тела, обладающего потенциальной энергией 300 Дж на высоте 20 м ( $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ )?

4. Сравните кинетические энергии шариков.



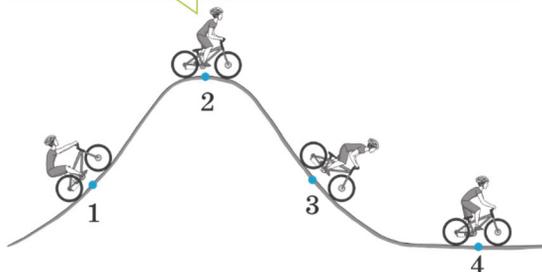
### 3.6. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Мальчик, бросив мяч одной рукой, ловит его другой.



- Какие превращения энергии происходят при движении мяча?

Велосипедист во время соревнования проходит различные высоты.



- Какие превращения механической энергии происходят у велосипедиста во время движения?
- Какой механической энергией обладает велосипедист в положениях 1 и 3?

#### ИССЛЕДОВАНИЕ-1.

##### Изменяется ли механическая энергия?

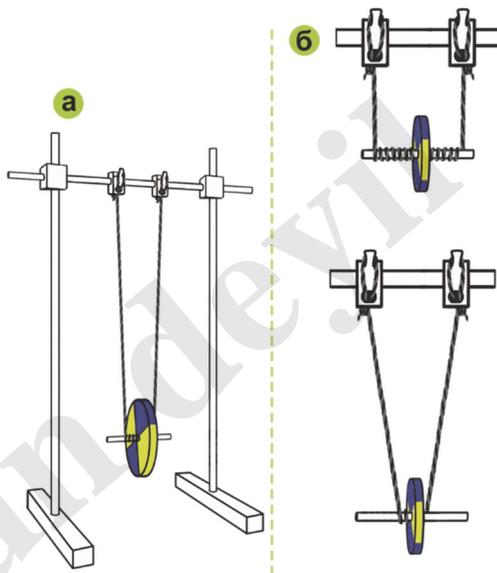
**Оборудование:** диск, подвешенный на нитях к оси (маятник Максвелла), штатив.

**Ход исследования:**

1. Подвесьте диск на штативе, как показано на рисунке (а).
2. Намотайте нить на ось диска и свободно отпустите его. Исследуйте, какие изменения механической энергии произошли при этом явлении (б).

**Обсудите результаты:**

1. Какой энергией обладает диск на наибольшей высоте?
2. Какие превращения энергии происходят, если диск свободно отпустить?
3. Как изменяется механическая энергия при движении диска вверх-вниз?



Движущееся тело одновременно может обладать как потенциальной, так и кинетической энергией. В этом случае тело обладает энергией, называемой *полной механической энергией*. Полная механическая энергия тела равна сумме потенциальной и кинетической энергий:

$$E = E_{\text{п}} + E_{\text{к}}$$

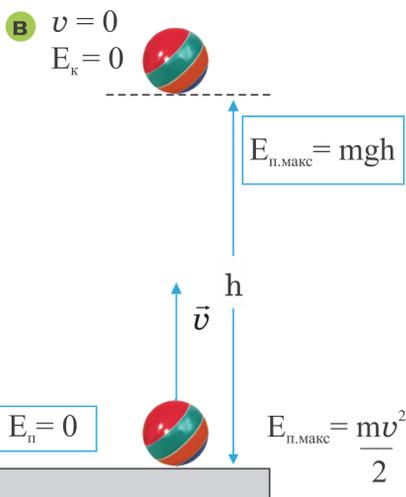
В исследовании наблюдается превращение потенциальной энергии в кинетическую и, наоборот, кинетической энергии в потенциальную.

### Изменяется ли полная механическая энергия движущегося тела?

Предположим, что мяч массой  $m$  брошен вертикально вверх со скоростью  $v$  с поверхности Земли. В момент броска мяч приобретает максимальную кинетическую энергию, потенциальная энергия же на поверхности Земли равна нулю. Полная механическая энергия мяча, брошенного вертикально вверх с поверхности Земли, равна максимальному значению кинетической энергии:

$$E = E_{\text{макс}} = \frac{m \cdot v^2}{2}.$$

Поднимаясь вверх, мяч замедляет движение, скорость его уменьшается, а высота его нахождения над поверхностью Земли увеличивается, и на максимальной высоте  $h$  мяч на мгновение останавливается ( $v = 0$ ). Если не учитывать



сопротивление воздуха, в этом положении кинетическая энергия мяча полностью превращается в потенциальную ( $v$ ).

Полная механическая энергия мяча равна потенциальной энергии на максимальной высоте:

$$E = E_{п.макс} = mgh.$$

После мгновенной остановки мяч начинает падать вертикально вниз. При падении мяча его скорость и кинетическая энергия увеличиваются, потенциальная энергия же уменьшается. В момент достижения мячом поверхности Земли ( $h = 0$ ) в результате приобретения максимальной скорости кинетическая энергия мяча становится максимальной, а потенциальная энергия равна нулю.

Итак, максимальная потенциальная энергия мяча на высоте  $h$  в момент удара о поверхность Земли превращается в максимальную кинетическую энергию. Естественно, полная механическая энергия мяча будет опять равна максимальной кинетической энергии.

Испытав упругое взаимодействие с поверхностью Земли, мяч снова отскакивает вертикально вверх, и процесс превращения механической энергии повторяется. Если не учитывать силу трения, полная механическая энергия остается неизменной:

$$E = const; E = E_{кмакс} = E_{пмакс} = const;$$

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2} = mgh = const.$$

Таким образом, при отсутствии силы трения полная механическая энергия движущегося тела не изменяется, она превращается из одного вида в другой.

В физике это утверждение называется *законом сохранения полной механической энергии*.

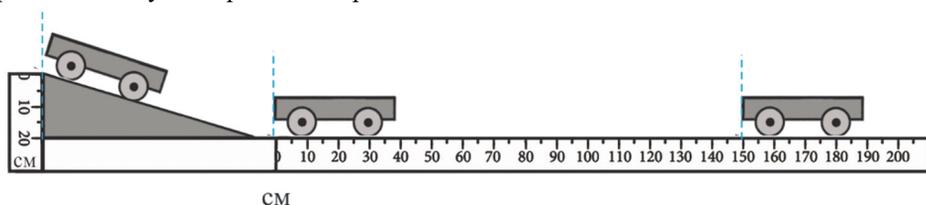
## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Сохранилась ли энергия?

**Оборудование:** тележка, трибометр, наклонная плоскость, линейка, секундомер, весы, разновесы.

**Ход исследования:**

1. Измерив при помощи весов массу тележки, занесите результаты измерения в рабочий лист. Расположите тележку на наклонной плоскости на высоте 20 см.
2. Отпустите тележку и измерьте время, затраченное ею на прохождение расстояния в 150 см по горизонтальной поверхности трибометра. Вычислите на основании пройденного пути и времени скорость тележки.



**Обсудите результаты:**

1. Чему равна полная механическая энергия тележки на высоте 20 см на наклонной плоскости?
2. Чему равна полная механическая энергия тележки при движении по поверхности трибометра?
3. Какие выводы можно сделать из эксперимента?

## Что вы узнали

Сумма кинетической и потенциальной энергий называется \_\_. При отсутствии трения полная механическая \_\_ движущегося тела \_\_. Это закон \_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Сохранение энергии  
Полная механическая энергия  
Энергия не изменяется

## Проверьте свои знания

1. Тело массой 100 г движется со скоростью 10 м/с на высоте 6 м. Определите полную механическую энергию тела.
2. Какой вывод можно сделать из закона сохранения полной механической энергии?

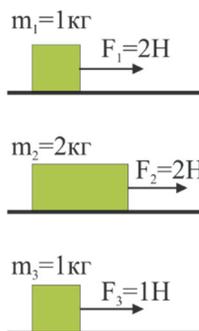
## ОБОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

1. Тело под действием равнодействующей силы 25 Н перемещается на 18 см. Определите работу, совершенную силой.

- А) 72 Дж Б) 0,45 Дж В) 450 Дж Г) 4,5 Дж Д) 7,2 Дж

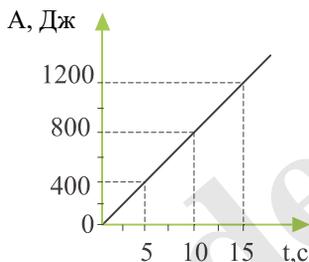
2. Представленные на рисунке тела совершают одинаковые перемещения. Сравните работу, совершенную этими силами.

- А)  $A_1 = A_2 > A_3$  Б)  $A_1 = A_2 < A_3$  В)  $A_2 > A_1 > A_3$  Г)  $A_1 > A_2 = A_3$  Д)  $A_1 < A_2 = A_3$



3. На рисунке дан график зависимости работы двигателя от времени. Вычислите мощность двигателя.

- А) 2000 Вт Б) 8000 Вт В) 1200 Вт Г) 1800 Вт Д) 80 Вт



4. Какова масса тела, обладающего потенциальной энергией 400 Дж на высоте 80 м ( $g = 10 \text{ м/с}^2$ )?

- А) 2 кг Б) 20 кг В) 5 кг Г) 0,5 кг Д) 50 кг

5. Тело массой 1,5 кг свободно падает с высоты 100 м. Какова кинетическая энергия тела в момент удара о Землю ( $g = 10 \text{ м/с}^2$ )?

- А) 15 Дж Б) 100 Дж В) 1500 Дж Г) 150 Дж Д) 1,5 Дж

# ДАВЛЕНИЕ

## 4

Стр. 75–102

- 4.1. Давление твердого тела
  - 4.2. Давление газов
  - 4.3. Давление жидкостей
  - 4.4. Передача давления в жидкостях и газах
  - 4.5. Сообщающиеся сосуды
  - 4.6. Гидравлическая машина
  - 4.7. Атмосферное давление
  - 4.8. Измерение атмосферного давления
  - 4.9. Закон Архимеда
  - 4.10. Условие плавания тел: плавание судов, воздухоплавание
- Обобщающие задания



## 4.1. ДАВЛЕНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Вы знаете, что трактор свободно движется по песчанику и размокшей грунтовой дороге, а легковой автомобиль застревает; канцелярской кнопкой закрепляют лист бумаги на доске; человек без лыж проваливается в снег, а на них – свободно передвигается.



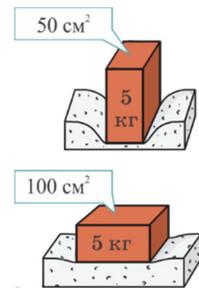
- Почему трактор в отличие от легкового автомобиля может свободно передвигаться по песчанику и размокшей грунтовой дороге?
- Почему человек, двигаясь на лыжах, не проваливается в снег?

### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Как зависит давление тела от площади поверхности соприкосновения?

**Оборудование:** губка, кирпич.

**Ход исследования:** 1. Поместите кирпич на губку вертикально. Понаблюдайте за глубиной погружения кирпича в губку. 2. Поместите кирпич на губку горизонтально (поверхностью с большой площадью). Опять наблюдайте за глубиной погружения кирпича в губку.

**Обсудите результаты:** 1. В каком случае кирпич погружается в губку больше? 2. Изменяется ли сила, действующая на губку со стороны кирпича? 3. Как зависит сила действия на губку от площади поверхности кирпича?



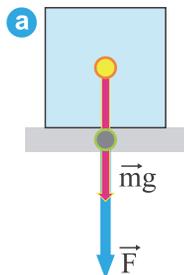
Вы знаете, что все тела под действием силы тяжести действуют на опору своим весом. Это действие, условно называемой *силой давления*, всегда направлено перпендикулярно поверхности. Характерным свойством твердого тела является передача действия силы давления, оказываемого на него, без изменения направления (а). Исследования показали, что результат действия силы давления зависит как от величины силы, ее направления и точки приложения, так и от площади поверхности, на которую она действует перпендикулярно.

• Давлением называется физическая величина, равная отношению силы давления, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности.

Давление обозначается маленькой буквой  $p$ . Обозначив силу давления  $F$ , площадь поверхности  $S$ , давление можно вычислить по нижеприведенной формуле:

$$p = \frac{F}{S}.$$

Как видно из формулы, давление обратно пропорционально площади поверхности, то есть во сколько раз увеличится площадь поверхности при одной и той же силе, во столько же раз уменьшится давление.



За единицу измерения давления в СИ принят *ньютон на квадратный метр* или *паскаль (Па)*, названный в честь французского ученого *Блеза Паскаля*:

$$[p] = \frac{[F]}{[S]} = 1 \frac{H}{M^2} = 1 Па.$$

Также используются и другие единицы измерения давления:

$1 кПа = 1000 Па$ ;  $1 Па = 0,001 кПа$ ;  $1 гПа = 100 Па$ ;  $1 Па = 0,01 гПа$ .

## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Зависимость давления от силы давления.

**Оборудование:** губка, 2-3 грузика по 1 Н.

**Ход исследования:** 1. Положите на поверхность губки грузик в 1 Н. Отметьте глубину погружения грузика в губку. 2. Складывая следующие грузики друг на друга, отмечайте каждый раз глубину погружения их в губку.

**Обсудите результаты.** Как изменяется давление с увеличением значения силы давления?

## Что вы узнали

\_\_\_ называется физическая величина, равная отношению \_\_\_, действующей перпендикулярно поверхности, к \_\_\_.

\_\_\_ в СИ ньютон на квадратный метр.

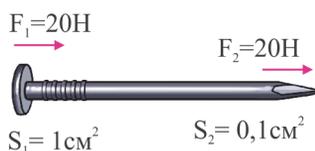
### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

**Давление**  
**Сила давления**  
**Площадь поверхности**  
**Единица измерения давления**

## Проверьте свои знания

1. Вычислите давление, оказываемое на оба конца гвоздя.

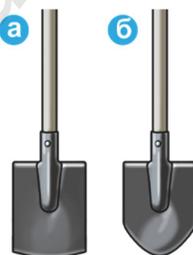
$$F_1 = 20Н \quad F_2 = 20Н \quad S_1 = 1см^2 \quad S_2 = 0,1см^2$$



2. По данным исследования 1 вычислите давление, оказываемое на поверхность кирпичом в вертикальном и горизонтальном положениях.

3. Как можно вычислить силу давления?

4. Два человека копают землю лопатами разной формы. Кому из них легче выполнить данную работу? Почему?



## 4.2. ДАВЛЕНИЕ ГАЗОВ

Человек, действуя своим весом на пол, а книга – на стол, оказывают давление. Газ так же оказывает давление на сосуд, в котором находится.

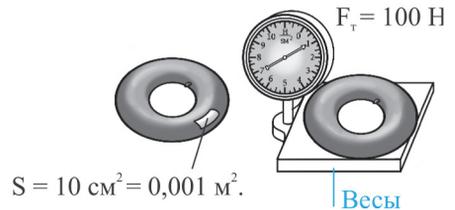
- Как оказывает давление газ на сосуд, в котором находится, или на тела, находящиеся с ним в контакте?
- Какую роль играет сила тяжести в возникновении давления?
- Можно ли измерить это давление?

### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Зависимость давления газов от силы тяжести.

На основании данных вычислите силу давления на поверхность  $S$  в камере и сравните ее с силой тяжести.

**Обсудите результаты.** Равны ли сила давления и сила тяжести?

Давление в камере:  $p = 2 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ .

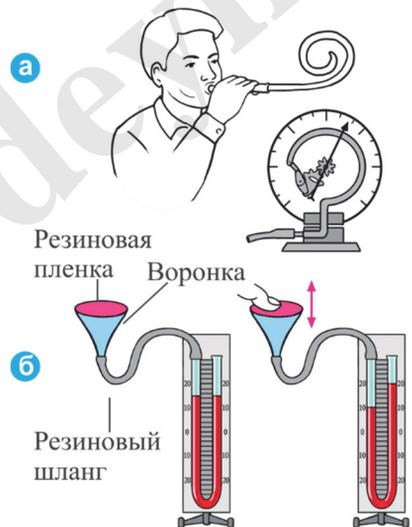


При хаотическом движении молекулы газа сталкиваются друг с другом, а также со стенками сосуда, в котором находятся. Так как число молекул в газе очень велико, то велико и количество ударов. Действие, оказываемое всеми молекулами газа на стенки сосуда, создает давление газа.

• Давление, оказываемое газом на стенки сосуда, – это результат ударов молекул газа о его стенки.

Давление газов и жидкостей можно измерить при помощи прибора, называемого *манометром*. Принцип работы металлического манометра схож с принципом работы «игрушечного языка». При надувании «игрушечного языка» в результате давления воздуха он выпрямляется. Основная часть манометра состоит, как и у «игрушечного языка», из изогнутой упругой металлической трубки. Один конец трубки запаян, а другой конец, оставаясь открытым, присоединяется к сосуду, в котором необходимо измерить давление. В результате увеличения давления трубка выпрямляется и прикрепленная к ее запаянному концу стрелка поворачивается на больший угол (а).

Для измерения давления также используется *жидкостной манометр*. Такой манометр представляет собой U-образную стеклянную трубку. В трубке находится вода или другая жидкость. Для измерения давления газа одно из колен



трубки соединяют резиновой трубкой с сосудом, в котором нужно измерить давление, например, воронкой, затянутой резиновой пленкой. Другое же колено трубки остается открытым. При надавливании на резиновую пленку воронки пальцем возникает разность в уровнях жидкости трубки. Уровень жидкости в левом колене U-образной трубки понижается, в правом же повышается. С увеличением давления разность уровней увеличивается (б).

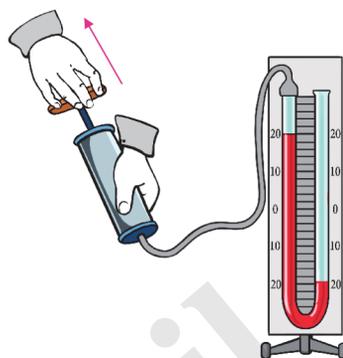
## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Как зависит давление газа от его объема?

**Оборудование:** жидкостной манометр, шприц (20 мл).

**Ход исследования:** 1. Оттянув поршень пустого шприца полностью вверх, присоедините его в этом положении к шлангу манометра. 2. Нажимая на поршень шприца, постепенно уменьшите в нем объем воздуха и обратите внимание на изменение уровней жидкости в коленях манометра. 3. При постепенном возвращении поршня в первоначальное положение объем воздуха в шприце увеличивается. В это время проследите изменения, происходящие в манометре.

**Обсудите результаты:** 1. В каком колене манометра уровень жидкости понижается при уменьшении объема воздуха в шприце? Почему? 2. Как изменится давление при уменьшении объема газа? 3. Как изменились уровни жидкости в коленях манометра при увеличении объема воздуха в шприце? Почему? 4. Как изменится давление газа при увеличении его объема?



## Что вы узнали

Действие, оказываемое молекулами газа на стенки сосуда, создает \_\_\_.

Давление газов и жидкостей можно измерить при помощи прибора, называемого \_\_\_.

Кроме этого, для измерения давления газа можно использовать \_\_\_ представляющий собой U-образную трубку.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**  
Жидкостной манометр  
Давление газа  
Металлический манометр

## Проверьте свои знания

1. Почему покрышки автомобилей нельзя накачивать воздухом больше нормы?
2. Почему сжатый газ хранится в специальных баллонах?
3. В каком случае газ оказывает большее давление: в нагретом или охлажденном состоянии?
4. Что произойдет, если поместить в теплую воду немного помятый теннисный шарик?
5. Как зависит давление газа от его объема?

### 4.3. ДАВЛЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ

Водолазы, работающие на большой глубине в воде, используют специальную форму – скафандр.

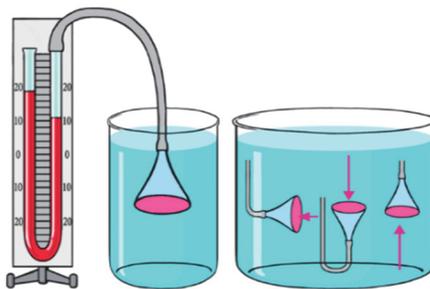


- Почему водолазы, работающие на большой глубине, надевают скафандр?
- Как изменяется давление с увеличением глубины погружения водолазов?
- От чего зависит давление столба жидкости над водолазами?

#### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. От чего зависит давление жидкости?

**Оборудование:** жидкостной манометр, воронка с резиновой пленкой, сосуд с водой, соль (100-150 г), столовая ложка, шланг.

**Ход исследования:** 1. Соединив шлангом воронку с манометром, опустите ее с натянутой на ней пленкой в воду на различную глубину. Отмечая каждый раз показание уровней столба жидкости в коленях манометра, занесите их в рабочий лист. 2. Придайте воронке в воде на одной глубине различные положения и при этом следите за показаниями манометра. 3. Вытащите воронку из воды и приведите уровни жидкости в коленях манометра в равновесие (отсоединив воронку от шланга, а затем снова соединив). 4. Добавьте, помешивая, несколько столовых ложек соли в сосуд с водой и повторите поэтапно предыдущий опыт.



**Обсудите результаты:** 1. Как изменились уровни воды в коленях манометра при увеличении глубины? 2. Изменяется ли показание манометра при изменении положения воронки на одной и той же глубине? 3. Как изменилась разница уровней жидкости в коленях манометра при проведении опыта с соленой водой по сравнению с пресной?

Жидкость состоит из отдельных слоев, перемещающихся друг относительно друга. Каждый слой жидкости в сосуде давит своим весом на нижние слои. Поэтому чем больше высота столба воды в сосуде, тем будет больше давление.

• На одном и том же уровне давление внутри жидкости одинаково по всем направлениям. С увеличением глубины давление увеличивается.

• Давление жидкости зависит от высоты столба жидкости и ее плотности:

$$p = \rho gh.$$

Где  $p$  – давление,  $h$  – высота столба жидкости,  $\rho$  – плотность жидкости,  $g$  – ускорение свободного падения.

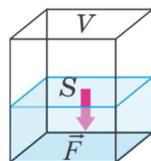
Если представить столб жидкости в форме призмы, то, соблюдая последовательность нижеприведенных шагов, можно вывести формулу:

**Шаг – 1:** давление столба воды в форме призмы вычисляется формулой  $p = \frac{F}{S}$ . Где  $F$  – сила тяжести, действующая на столб воды в форме призмы,  $S$  – площадь основания призмы.

**Шаг – 2:** сила тяжести вычисляется по формуле  $F_T = mg$ . Где  $m$  – масса жидкости.

**Шаг – 3:** масса столба жидкости вычисляется формулой  $m = \rho V$ . Где  $\rho$  – плотность жидкости,  $V$  – ее объем.

**Шаг – 4:** объем столба жидкости вычисляется по формуле  $V = Sh$ . Где  $S$  – площадь основания призмы,  $h$  – высота столба жидкости.

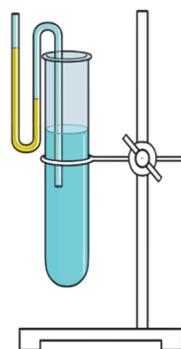


## Применение полученных знаний

### Исследование-2. Работа с жидкостным манометром.

**Оборудование:** пробирка, жидкости с известной плотностью (вода, подсолнечное масло), жидкостной манометр, штатив, линейка.

**Ход исследования:** 1. Закрепив пробирку на штативе, заполните ее больше чем наполовину водой. 2. Опустите один конец манометра в воду ниже середины пробирки. 3. Измерьте линейкой разность уровней воды в коленях манометра. 4. Заменяв воду в пробирке другой жидкостью, повторите опыт. Полученные результаты занесите в таблицу на рабочем листе.



Жидкость	Глубина (см)	Разность уровней жидкости в коленях манометра (см)
Вода		
Подсолнечное масло		

**Обсудите результаты:** 1. Как изменяется давление с увеличением глубины? 2. Как зависит давление от плотности жидкости при одинаковой высоте столба жидкости?

## Что вы узнали

\_\_\_ зависит от высоты столба жидкости и ее \_\_\_. Чем выше будет в сосуде, тем больше будет и давление.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Плотность  
Давление жидкости  
Столб жидкости

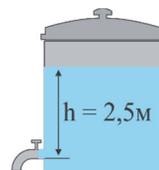
## Проверьте свои знания

- От чего зависит давление жидкости?
- В одном из двух стаканов находится вода, а в другом – глицерин. Высота жидкостей в обоих стаканах по 6 см. Вычислите разность давлений, оказываемых жидкостями на дно стаканов

( $\rho_{\text{воды}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_{\text{глицерина}} = 1260 \text{ кг/м}^3$ ,  $g = 10 \text{ кг/с}^2$ ).

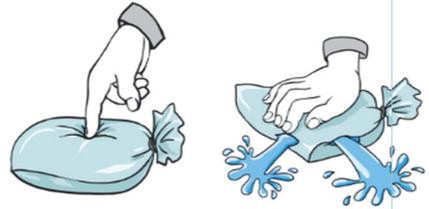
- Каково давление на глубине 1км в Каспийском море (атмосферное давление не учитывать)? ( $\rho_{\text{моря}} = 1030 \text{ кг/м}^3$ ,  $g = 10 \text{ Н/кг}$ )

- Под каким давлением начнет вытекать вода из открытого крана бака? ( $g = 10 \text{ Н/кг}$ )



## 4.4. ПЕРЕДАЧА ДАВЛЕНИЯ В ЖИДКОСТЯХ И ГАЗАХ

Ударьте ладонью руки по пустому бумажному пакету, наполненному воздухом. Бумажный пакет «взрывается». Жидкости ведут себя так же: если слегка надавить на пластиковый пакет с закрытой горловиной, наполненный водой, его форма изменится, и если надавить очень сильно, он «взорвется».



- Почему пакет рвется не в том месте, где оказывается воздействие, а совсем в другом?

### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. В каком направлении передается давление в жидкости?

**Оборудование:** пластиковая бутылка, аквариум, наполненный водой, толстая игла.

**Ход исследования:** 1. Прodelайте отверстия в бутылке со всех сторон при помощи иглы. 2. Утопите бутылку в аквариуме с водой. Затем, закрыв крышкой, вытащите бутылку, наполненную водой. 3. Осторожно сожмите бутылку.

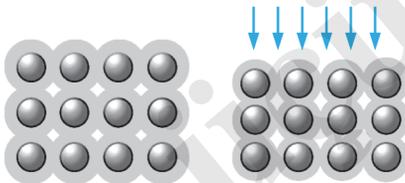
**Обсудите результаты:** Почему при сжатии бутылки струи воды вытекают из всех отверстий?



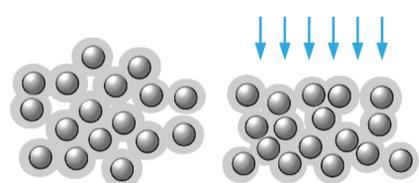
Давление, оказываемое на поверхность твердого тела, смещает частицы тела в одном направлении, в направлении действия силы. Это же является причиной перемещения следующих частиц. Верхние частицы смещаются вниз. Это перемещение повторяется для нижеследующих частиц. Смещение частиц твердого тела в боковом направлении же очень мало, поэтому в этом направлении давление не ощущается.

При сжатии с некоторой внешней силой жидкости (или газа) в сосуде действие сжимающей силы смещает молекулы по всем направлениям. В результате с увеличением плотности жидкости (или газа) увеличивается и его давление на стенки сосуда.

Молекулы твердого тела



Молекулы жидкости и газа



Давление, оказываемое на жидкость (или газ) в сосуде передается по всем направлениям. Жидкости и газы в закрытом сосуде передают оказываемое на них

внешнее давление по всем направлениям без изменения. Это **закон Паскаля** для жидкостей и газов.



**Блез Паскаль**  
(1623-1662)  
Французский ученый, определивший ряд важных свойств жидкостей и газов.

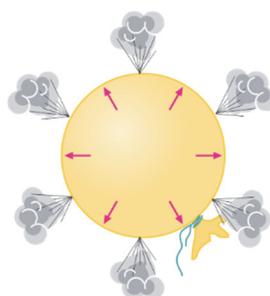
## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Закон Паскаля в газах.

**Оборудование:** резиновый шарик, скотч, толстая игла.

**Ход исследования:** 1. Надуйте шарик и перевяжите горловину нитью. В 5-6 различных местах шарика наклейте куски скотча. 2. Проткните шарик в местах, заклеенных скотчем (для предотвращения взрыва), сожмите шар рукой. Сравните воздействие струй воздуха, выходящих из отверстий, приблизив шарик к лицу.

**Обсудите результаты:** 1. Почему струи воздуха выходят из всех отверстий резинового шарика? 2. Какой вывод можно сделать из наблюдений за струями воздуха, выходящими из отверстий, о справедливости закона Паскаля для газов?



## Что вы узнали

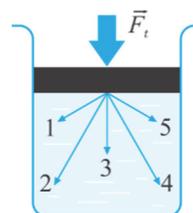
С увеличением плотности жидкости (или газа) увеличивается и его \_\_. Жидкости и газы в замкнутом сосуде передают оказываемое на них внешнее давление по всем \_\_ без изменения. Это \_\_ для жидкостей и газов.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Закон Паскаля  
Направление  
Давление

## Проверьте свои знания

1. Как передается давление в твердых телах и газах?
2. Сформулируйте закон Паскаля для жидкостей и газов.
3. Почему взрыв глубинной бомбы даже на большом удалении оказывает губительное воздействие на живущие в воде организмы?
4. В каком направлении передается давление, возникающее в сосуде с газом при воздействии на него поршня?



## 4.5. СООБЩАЮЩИЕСЯ СОСУДЫ

Уровень воды в чайнике и носике чайника одинаковы. Вода, налитая в чайник до краев, выливается как через край чайника, так и через его носик.



- Какова причина одинакового уровня воды в чайнике и его носике?

### ИССЛЕДОВАНИЕ. Почему уровни не изменились?

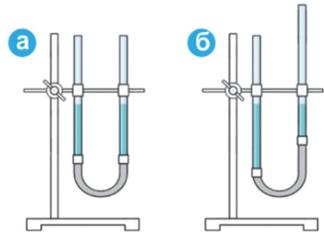
**Оборудование:** две стеклянные трубки, открытые с обоих концов; резиновый шланг; вода; штатив.

**Ход исследования:** 1. Соедините шлангом две трубки.

Прикрепите одну из трубок к штативу и проследите за возникающими явлениями при заполнении ее водой (а).

2. Вторую трубку переместите в различных направлениях (вправо, влево, вверх и вниз) так, чтобы вода не выливалась. В это время обратите внимание на уровни воды в обеих трубках (б). 3. Проследите, как изменяются уровни воды в трубках при добавлении ее в одну из трубок. 4. Нарисуйте на рабочем листе картинку, соответствующие опытам.

**Обсудите результаты:** 1. Изменяются ли уровни воды в обеих трубках при изменении положения одной из трубок (вправо, влево, вверх и вниз)? Почему? 2. Как изменились уровни при добавлении воды в одну из трубок?



- Соединенные между собой открытые сосуды называются **сообщающимися сосудами**.

При одинаковом атмосферном давлении над жидкостями в сообщающихся сосудах различной формы и сечения давление однородной жидкости одинаково на любом уровне (в).

$$p_1 = p_2 \rightarrow \rho g h_1 = \rho g h_2 \rightarrow h_1 = h_2$$

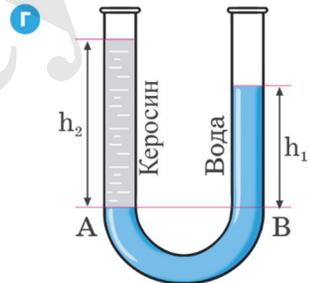
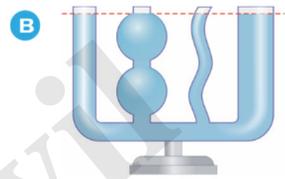
- В сообщающихся сосудах однородная жидкость устанавливается на одном уровне. Это – закон о сообщающихся сосудах.

Если налить в каждое из колен сообщающихся сосудов различные жидкости, например, воду и керосин, несмотря на равенство давлений, уровни столбов жидкостей будут различны. Уровень жидкости с большей плотностью будет ниже, чем уровень жидкости с меньшей плотностью (г):

$$p_1 = p_2 \Rightarrow \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 \Rightarrow \frac{h_2}{h_1} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

Где  $h_1$  и  $\rho_1$  – высота столба и плотность жидкости в одном из сообщающихся сосудов,  $h_2$  и  $\rho_2$  – высота столба и плотность жидкости в другом из сообщающихся сосудов.

- В сообщающихся сосудах высоты уровней столбов различных жидкостей обратно пропорциональны их плотностям.



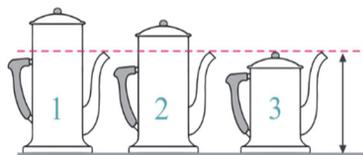
## Применение полученных знаний

Решите тесты: 1. На каком из рисунков верно указаны уровни спирта в сообщающихся сосудах различной формы?



2. На рисунке представлены три чайника с основаниями одинаковой площади. Каково соотношение между емкостями чайников?

- А)  $V_1 > V_2 > V_3$ ; Б)  $V_1 > V_2 = V_3$ ; В)  $V_1 = V_2 = V_3$ ;  
Г)  $V_1 = V_2 > V_3$ ; Д)  $V_1 = V_2 < V_3$ .



## Что вы узнали

Соединенные между собой открытые сосуды называются \_\_\_\_. В таких сосудах \_\_\_\_ однородных жидкостей на произвольных уровнях одинаковы. В сообщающихся сосудах \_\_\_\_ обратно пропорциональны их плотностям.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**  
Высота столбов жидкости  
Сообщающиеся сосуды  
Давление

## Проверьте свои знания

1. Почему однородная жидкость в сообщающихся сосудах различной формы имеет одинаковый уровень? 2. Соблюдается ли закон сообщающихся сосудов в состоянии невесомости? Обоснуйте предположение. 3. Почему у различных жидкостей в сообщающихся сосудах уровни различны?

## 4.6. ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ МАШИНА

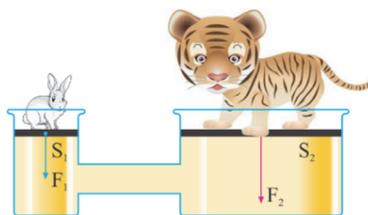
Для отжима масла из семян на маслобойных заводах, а также для прессования сена, картона и фанеры используется специальное приспособление, называемое гидравлической машиной.

- Как гидравлическая машина совершает такую тяжелую работу?

Гидравлическая машина состоит из двух цилиндров различного диаметра, соединенных между собой. Эти цилиндры наполнены маслом и снабжены поршнями. Закон Паскаля дает возможность объяснить принцип работы гидравлической машины. По закону Паскаля, давление, оказываемое на жидкость поршнями гидравлической машины, когда на них не действуют силы, одинаково:  $p_1 = p_2$ .

Из равенства давлений имеем:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \quad \text{или} \quad \frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$$



Где  $S_1$  – площадь малого поршня,  $S_2$  – площадь большого поршня,  $F_1$  – модуль силы, действующей на малый поршень,  $F_2$  – модуль силы, действующей на большой поршень.

• Силы, действующие на поршни гидравлической машины, прямо пропорциональны площадям поршней.

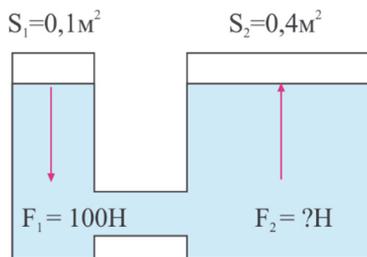
Таким образом, с помощью гидравлической машины можно получить выигрыш в силе в  $\frac{S_2}{S_1}$  раз:  $F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1}$ .

### ИССЛЕДОВАНИЕ. Каков выигрыш в силе?

На рисунке представлены значения площадей поршней и силы, действующей на малый поршень гидравлической машины. Вычислите значение силы, действующей на большой поршень. Каков выигрыш в силе этой машины?

Дано:  $S_1 = 0,1 \text{ м}^2$ ;  $S_2 = 0,4 \text{ м}^2$ ;  $F_1 = 100 \text{ Н}$ ;  $F_2 = ?$

$$F_2 = \boxed{\phantom{000}} \cdot \frac{\boxed{\phantom{000}}}{\boxed{\phantom{000}}} \text{ Н} = \boxed{\phantom{000}} \text{ Н}$$

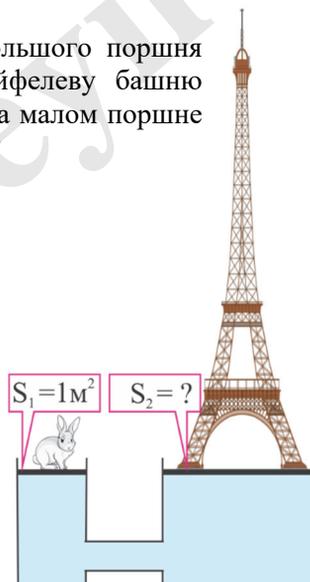


Таким образом, при помощи гидравлической машины можно малой силой уравновесить большую силу. Гидравлические машины, используемые для прессования тел, называются *гидравлическими прессами*. Эти прессы используются, если требуются очень большие силы.

### Применение полученных знаний

**Решите задачу.** Какова должна быть площадь большого поршня гидравлической машины, чтобы уравновесить Эйфелеву башню массой 10000 т зайцем массой 5 кг, находящимся на малом поршне (массу поршней и трение не учитывать,  $g = 10 \text{ м/с}^2$ )?

Дано	Перевод	Формула	Решение
$S_1 = 1 \text{ м}^2$ $m_{\text{зайца}} = 5 \text{ кг}$ $m_{\text{башни}} = 10000 \text{ т}$ $g = 10 \text{ м/с}^2$ $S = ?$	... кг	$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$ $F_1 = m_{\text{зайца}} \cdot g$ $F_2 = m_{\text{башни}} \cdot g$ $S_2 = \dots$	$S_2 = \dots \text{ м}^2$
Ответ:			



## Что вы узнали

Для прессования тел используется специальное приспособление, называемое \_\_\_\_. При помощи гидравлической машины получают \_\_\_\_ в  $\frac{S_2}{S_1}$  раза. Гидравлические машины, используемые для прессования тел, называются \_\_\_\_.

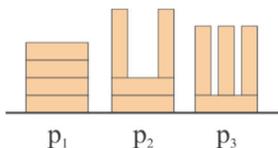
**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**  
Гидравлическая машина  
Гидравлический пресс  
Выигрыш в силе

## Проверьте свои знания

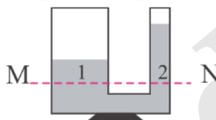
1. На каком законе основан принцип работы гидравлической машины? 2. Можно ли заменить жидкость в гидравлической машине воздухом? Ответ обоснуйте. 3. От чего зависит выигрыш в силе в гидравлической машине?

### УПРАЖНЕНИЕ – 10.

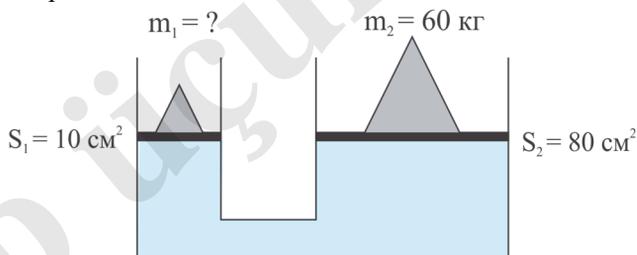
1. Выразите единицу измерения давления в системе СИ через основные единицы измерения.
2. Столб воды оказывает на дно сосуда давление 44 кПа. Такое же давление на дно сосуда оказывает и керосин. Какова высота столбов воды и керосина ( $\rho_{\text{воды}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_{\text{керосина}} = 800 \text{ кг/м}^3$ ,  $g = 10 \text{ Н/кг}$ )?
3. Каково соотношение между давлениями, оказываемыми кирпичами на стол, представленными на рисунке?



4. На рисунке представлены сообщающиеся сосуды. В одном из сосудов керосин, а в другом соленая вода. Как располагаются эти жидкости в сосудах и каково соотношение между их давлениями на уровне горизонтали MN?

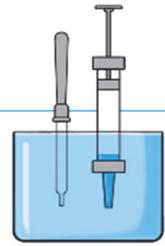


5. На рисунке представлена гидравлическая машина с поршнями, находящимися в равновесии. На основании приведенных данных определите массу тела на поверхности малого поршня.



## 4.7. АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ

Если поместить открытый конец пипетки в воду, не сжимая ее резинового колпачка, вода не попадет внутрь пипетки. Если опустить в воду иглу пустого медицинского шприца с максимально оттянутым вверх поршнем, то вода попадет внутрь шприца в очень малом количестве.

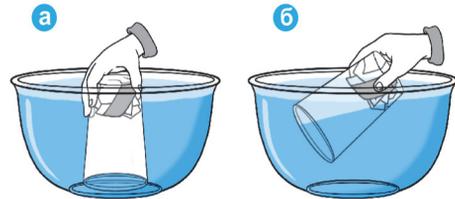


- Почему пипетка и шприц, опущенные в воду, не заполняются водой? Если же опустить сжатый резиновый колпачок пипетки или сдвинуть поршень шприца вверх уже в воде, они начнут заполняться.
- Что в этом случае заставляет жидкость заполнять трубки?

### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Намокла ли бумага в стакане?

**Оборудование:** бумажная салфетка, стеклянный стакан, аквариум, наполненный водой, скотч.

**Ход исследования** 1. При помощи скотча закрепите смятую бумажную салфетку на дне стакана так, чтобы она не выпадала при перевороте стакана вверх дном. 2. Поместите стакан вертикально вверх дном целиком в аквариум с водой (а). 3. Не меняя положения стакана, вытащите его из воды и определите, намокла ли приклеенная к его дну бумага.



Запишите свои наблюдения в рабочем листке. 4. Наклонив набок перевернутый вверх дном стакан, полностью опустите его в воду (б). Через несколько секунд, вытащив стакан из воды, проверьте, намокла ли бумага, приклеенная ко дну.

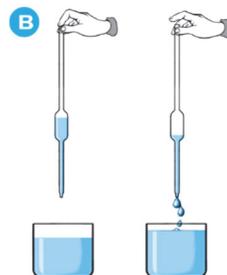
**Обсудите результаты:** 1. Заполняется ли водой перевернутый вверх дном стакан при погружении его вертикально в воду? Почему? 2. Почему при погружении в воду наклоненного на бок стакана из него выходят пузыри воздуха? Заполнился ли бы стакан водой, если бы пузыри воздуха из него не выходили? Почему?

Воздушная оболочка, окружающая земной шар, называется *атмосферой* (по-гречески *atmos* – пар, *sphair* – сфера, шар). Давление, создаваемое воздушной оболочкой Земли, называется *атмосферным давлением*. Как на все тела у поверхности Земли, так и на атмосферу действует сила тяжести. В результате действия этой силы верхние слои атмосферы давят на нижние слои. Воздушный слой, прилегающий непосредственно к Земле, сжат больше всего и передает производимое на него давление во все стороны.

В результате воздух оказывает давление на все тела на Земле, и на нас в том числе, с достаточно большой силой.

Многие наблюдаемые нами явления объясняются существованием атмосферного давления. Например, жидкость не наполняется через открытый кончик пипетки, опущенный в воду, если мы не сожмем ее резиновый колпачок. Это объясняется тем, что давление воздуха внутри пипетки равно атмосферному давлению.

При сжатии же резинового колпачка часть воздуха выходит из пипетки, и вследствие этого давление в ней уменьшается. В результате атмосферное давление, заталкивая воду в трубку, заполняет ее. Принцип работы ливера, используемого для взятия проб различных жидкостей в лаборатории (в), а также причина явлений, происходящих с погружаемым в аквариум стаканом, связаны с существованием атмосферного давления. Обдумайте это самостоятельно.



## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Что имеется в пустой бутылке?!

**Оборудование:** бутылка, воронка с узким горлышком, стакан с водой, пластилин.

**Ход исследования:** 1. Поместив воронку в горлышко бутылки, замажьте пластилином зазор между ними. 2. Налейте в воронку воды. Посмотрите, что происходит. Наблюдения занесите в рабочий лист. 3. Повторите опыт, предварительно очистив от пластилина зазор между воронкой и горлышком бутылки. Исследуйте, заполняется ли вода в бутылку. Наблюдение, занесите в рабочий листок.

**Обсудите результаты:** 1. Наполнилась ли бутылка водой через воронку, прикрепленную пластилином к горлышку пустой бутылки? Почему? 2. Что наблюдается, если снова налить воду в воронку, предварительно очистив горлышко бутылки от пластилина? Объясните явление.



## Что вы узнали

Воздух вокруг земного шара называется \_\_\_\_. Давление, создаваемое воздухом, называется \_\_\_\_. Как на все тела у поверхности Земли, так и на атмосферу действует \_\_\_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Сила тяжести  
Атмосфера  
Атмосферное давление

## Проверьте свои знания

1. Что удерживает атмосферу вокруг Земли?
2. Воздух оказывает давление с большой силой на все тела на Земле, в том числе и на нас. Почему мы не ощущаем этого давления?
3. Если вынуть из воды трубку ливера, один конец которого находился в воде, а другой конец зажат пальцем, жидкость из нее не выливается (см. рисунок в). Почему?

## ПРОЕКТ. Автоматическая поилка

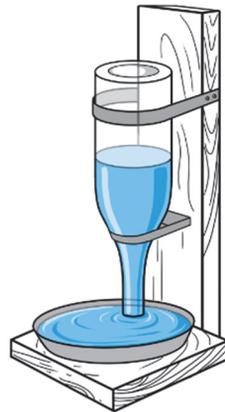
**Оборудование:** бутылка, плоский тазик, вода, скотч, деревянные доски (2 шт.), гвозди (2 шт.), молоток.

1. Прибить гвоздями доски друг к другу как показано на рисунке.

2. Наполнив плоский тазик водой, поместите его на деревянную подставку.

3. Перевернув наполненную водой бутылку, поместите ее горлышко в воду тазика. Прислонив бутылку в этом положении к вертикальной доске, закрепите ее скотчем. Так изготавливают автоматическую поилку для домашних птиц.

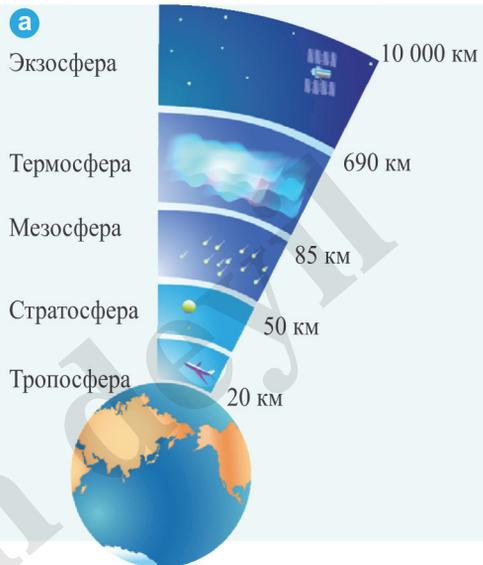
Напишите короткое эссе о принципе работы изготовленной вами «автоматической поилки» – к следующему занятию.



## 4.8. ИЗМЕРЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

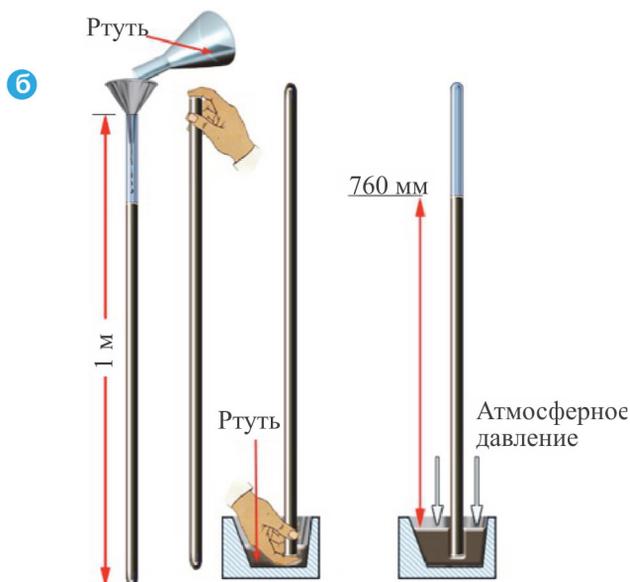
Атмосфера Земли условно разделена на различные слои (а). Из проведенных вычислений общая толщина атмосферы Земли приблизительно в диапазоне 0 – 10000 км, а масса предположительно равна  $5,2 \cdot 10^{15}$  т.

- Можно ли точно вычислить значение атмосферного давления по формуле  $p = \rho gh$ , если учесть различие в характеристиках состава и плотности воздуха различных слоев атмосферы Земли?
- Можно ли измерить давление атмосферы на поверхность Земли?



Впервые атмосферное давление было измерено косвенным путем итальянским ученым Эвангелиста Торричелли в XVII веке. Он заполнил ртутью стеклянную трубку длиной в 1 м, запаянную (закрытую) с одного конца. Плотно зажав пальцем открытый конец трубки и перевернул ее, опустил в широкую чашу с ртутью, и под ртутью открыл конец трубки. При этом небольшая часть ртути вылилась в чашу, а большая часть ее осталась в трубке. Высота столба ртути, оставшейся в трубке, была равна примерно 760 мм (б).

## Опыт Торричелли



Опыт объясняется так: на поверхность ртути в широком сосуде действует атмосферное давление, а с другой стороны действует давление столба оставшейся ртути в трубке. Между вылившейся в сосуд ртутью и ртутью, оставшейся в трубке, устанавливается полное равновесие: то есть атмосферное давление равно давлению столба ртути ( $p = p_{рт}$ ). Итак, атмосферное давление равно давлению столба в 760 мм оставшейся в трубке ртути и приблизительно равно  $10^5$  Па:

$$p = \rho_{рт} \cdot g \cdot h = 13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 0,76 \text{ м} = 101300 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 101300 \text{ Па} \approx 10^5 \text{ Па} = 100 \text{ кПа}.$$

Отсюда вычисляем, что давление 1мм ртутного столба приблизительно равно 130 Па. С помощью наблюдений было установлено, что уровень столба ртути постоянно меняется. Это значит, что атмосферное давление непостоянно. В зависимости от условий погоды оно может увеличиваться или уменьшаться. Закрепив трубку на вертикальной шкале, можно получить простейший ртутный барометр (по-гречески *baros* – тяжесть) для измерения атмосферного давления (в). Из многочисленных исследований известно, что показание ртутного барометра на уровне моря при температуре  $0^\circ\text{C}$  равно 760 мм рт.ст.

• Давление, создаваемое столбом ртути высотой 760 мм при температуре  $0^\circ\text{C}$ , называется **нормальным атмосферным давлением**.

Как зависит атмосферное давление от высоты? Из измерений, проведенных с помощью барометра, было определено,

В Ртутный барометр (схема)



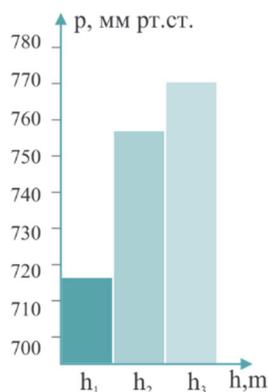
что начиная от уровня моря ( $h = 0$ ,  $p = 760$  мм рт.ст.) при подъеме в среднем на каждые 12 м атмосферное давление уменьшается на 1 мм рт.ст. При понижении же высоты относительно уровня моря, наоборот, на каждые 12 м наблюдается увеличение атмосферного давления на 1 мм рт.ст.

### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Зависимость атмосферного давления от высоты.

При помощи ртутного барометра одновременно измеряются величины атмосферного давления на различных высотах и глубине. В результате получается представленная диаграмма.

**Какие высоты и глубина были отмечены барометром?**

Для измерения атмосферного давления на практике широко используется металлический барометр, называемый *барометром-анероидом* (г). Анероид (по-гречески, а (*an*) – отрицание, и *aera* – воздух) означает «безжидкостный». Его основная часть состоит из гофрированной металлической коробки, из которой откачан воздух. Атмосферное давление, сжимая коробку, деформирует ее. Эта деформация передается при помощи рычага или вала на стрелку. Стрелка, передвигаясь вправо или влево, показывает, соответственно, эти изменения. Представленный на рисунке (д) барометр-анероид имеет нижнюю шкалу, проградуированную в мм рт.ст., и верхнюю шкалу, проградуированную в паскалях.



## Применение полученных знаний

Решите тестовые задания.

- Каково атмосферное давление на вершине горы высотой в 4800 м?  
А) 760 мм рт.ст. Б) 360 мм рт.ст. В) 1060 мм рт.ст. Г) 730 мм рт.ст. Д) 280 мм рт.ст.
- Показание барометра на высоте, с которой падает вода водопада «Семь красавиц» в районе Габала, равна 748 мм рт.ст., а у основания 758 мм рт.ст. Определите высоту водопада.

А) 120 м Б) 100 м В) 150,6 м Г) 74,8 м Д) 75,8 м

## Что вы узнали

Давление в 760 мм рт.ст. при температуре  $0^{\circ}\text{C}$  является \_\_. Жидкостной прибор, измеряющий атмосферное давление, называется \_\_. Металлический барометр \_\_ используется для измерения атмосферного давления.

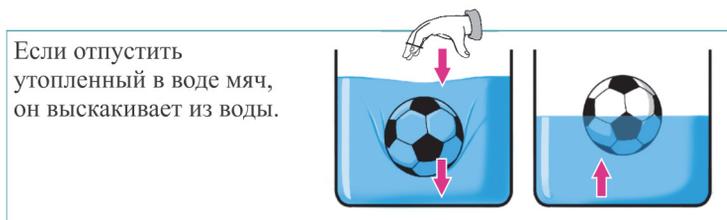
### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

**Анероид**  
**Нормальное атмосферное давление**  
**Ртутный барометр**

## Проверьте свои знания

1. Почему атмосферное давление в горной местности более низкое, чем в низменности?
2. Почему реактивный самолет может летать в верхних слоях атмосферы с большой скоростью?
3. Почему альпинисты при восхождении на высокие вершины пользуются кислородными масками?

### 4.9. ЗАКОН АРХИМЕДА



#### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Как изменяется вес тела в жидкости?

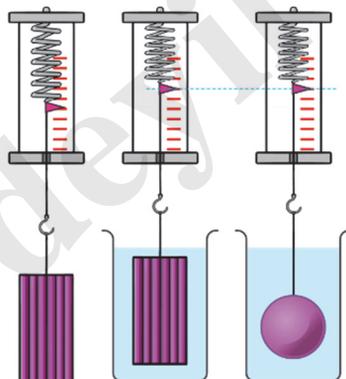
**Оборудование:** динамометр, сосуд с водой, пластилин.

**Ход исследования:** 1. Подвесив кусок пластилина к динамометру, измерьте его вес. Занесите результат в рабочий лист. 2. Измерьте вес пластилина, опустив его полностью в воду так, чтобы он не касался дна сосуда. Занесите результат в рабочий лист. 3. Вытащите пластилин из воды. Придав пластилину форму шара, подвесьте его к динамометру и опять, опустив пластилин полностью в воду, измерьте его вес. Отметьте результат в рабочем листе.

**Обсудите результаты:** 1. Каков вес куса пластилина и шара из пластилина – в воздухе?

2. Каков вес пластилина и шара из пластилина, в воде? Насколько уменьшился их вес в воде? Почему? Изложите свои гипотезы.

3. Как изменился уровень воды, когда в нее окунули пластилин? С чем связано это изменение? Изложите свои гипотезы.



Тело, погруженное в жидкость, выталкивается ею. Выталкивающая сила, действующая на тело, направлена против силы тяжести. В этом случае о теле говорится, что оно потеряло в весе.

• *На тело, погруженное в жидкость (или газ), действует выталкивающая сила, равная весу вытесненной им жидкости (или газа).*

Эта закономерность, определенную древнегреческим ученым Архимедом, названа в его честь **законом Архимеда**. Выталкивающая же сила, действующая на тело, погруженное в жидкость (или газ), называется *архимедовой силой*.

• *Модуль архимедовой силы равен произведению плотности жидкости (или газа), ускорения свободного падения и объема погруженной в жидкость (или газ) части тела:*

$$F_A = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot V_n \text{ или } F_A = m_{\text{жс}} g = P_{\text{жс}}$$

Где  $F_A$  – архимедова сила, действующая на тело, погруженное в жидкость,  $\rho_{\text{ж}}$  – плотность жидкости,  $V_n$  – объем погруженной части тела в жидкость,  $m_{\text{жс}} = \rho_{\text{жс}} V_n$  – масса жидкости, вытесненной в объеме погруженной части тела,  $P_{\text{жс}}$  – вес жидкости, вытесненной объемом погруженной части тела. Таким образом, *вес тела, погруженного в жидкость или газ, уменьшается на величину архимедовой силы:*

$$P = P_0 - F_A.$$

Где  $P$  – вес тела в жидкости,  $P_0$  – вес тела в вакууме (воздухе),  $F_A$  – архимедова сила.



**Архимед**  
(287–212 годы до н.э.).  
Древнегреческий (Сицилия, город Сиракузы) ученый и инженер. Он автор многочисленных простых механизмов.

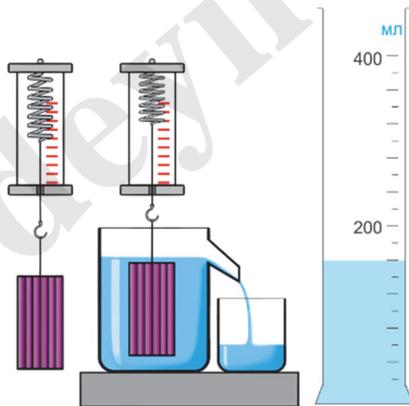
## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Проверим закон Архимеда.

**Оборудование:** динамометр, мензурка, пластилин, нить, сосуд со сливной трубкой, пластиковый стакан, перевязанный по краю нитью.

**Ход исследования:**

1. Определите вес куска пластилина, прикрепив его к динамометру, а также его объем, поместив кусок в мензурку. Запишите результаты в таблицу. 2. Наполните водой сосуд до уровня сливной трубки и поместите под трубкой пластиковый стакан. 3. Погрузите в сосуд с водой полностью пластилин, подвешенный к динамометру, и, определив его вес в воде, запишите в таблицу. 4. Для определения веса воды, вытесненной пластилином и вытекшей в стакан, используйте динамометр. Результат запишите в таблицу. 5. Вычислите архимедову силу и сравните ее с весом воды, вытесненной пластилином.



Вес пластилина в воздухе	Объем пластилина	Вес пластилина в воде	Вес вытесненной воды	Архимедова сила
$P_0 =$	$V_{\text{т}} =$	$P =$	$P_{\text{ж}} =$	$F_A = \rho_{\text{в}} g V_{\text{т}} =$

**Обсудите результаты:** К какому результату вы пришли при сравнении веса вытесненной пластилином воды и архимедовой силы?

## Что вы узнали

На тело, погруженное в жидкость (или газ), действует \_\_, равная весу вытесненной жидкости (или газа), в \_\_ тела. \_\_ тела, погруженного в жидкость или газ, уменьшается на величину архимедовой силы.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Вес  
Архимедова сила  
Объем

## Проверьте свои знания

Определите соответствие.

I. Архимедова сила зависит от:

II. Архимедова сила не зависит от:

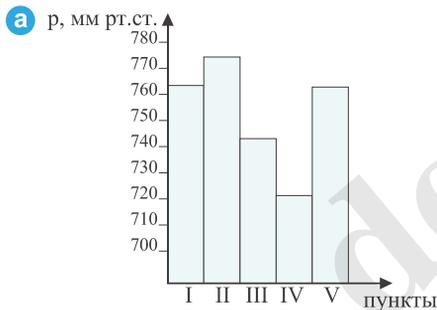
- а. формы тела
- б. плотности тела
- в. плотности жидкости
- г. глубины погружения тела
- д. объема погруженной части тела

- A) I – а, г  
II – б, в, д
- B) I – а, б, г  
II – в, д
- B) I – в, д  
II – а, б, г
- Г) I – б, г  
II – а, в, д
- Д) I – б, в, г  
II – а, д

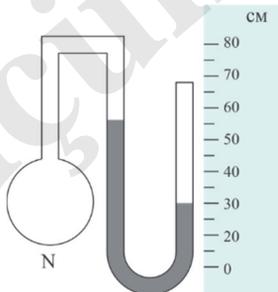
## УПРАЖНЕНИЕ – 11

1. Археологи во время своих исследований на различных местностях также измеряли атмосферное давление при помощи барометра-анероида и получили диаграмму, представленную на рисунке.

- а) Какая местность выше уровня моря и на сколько?
- б) Какая местность ниже уровня моря и на сколько?

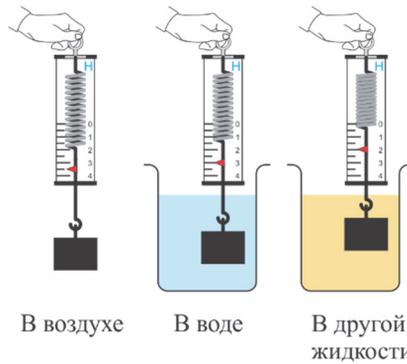


2. Ртутный манометр, представленный на рисунке, показывает давление газа в сосуде N. На сколько отличается давление газа в сосуде от атмосферного давления?

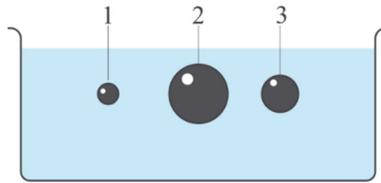


3. Определите на основании предоставленных данных:

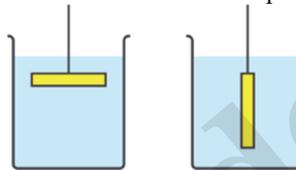
- архимедову силу, действующую на тело в воде и других жидкостях;
- плотность воды и других жидкостей.



4. На какой из трех стальных шариков, погруженных в воду, действует наибольшая архимедова сила?



5. Как изменяется архимедова сила, действующая на металлический брусок в воде, если перевести его из вертикального положения в горизонтальное?



#### 4.10. УСЛОВИЕ ПЛАВАНИЯ ТЕЛ: ПЛАВАНИЕ СУДОВ, ВОЗДУХОПЛАВАНИЕ



Стальной гвоздь, упав в воду, сразу тонет.



Вблизи Северного и Южного полюсов Земли в океанских водах плавают гигантские айсберги, имеющие массу в тысячи тонн.



Люди, нагревая воздух в аэростатах, с легкостью поднимаются в небо и летают на различные расстояния.

• Почему гигантские корабли, изготовленные из стали, плавая по водам морей и океанов, не тонут?

• Почему айсберг не тонет в океанских водах?

• Что поднимает аэростат в воздух?  
• Почему некоторые тела могут плавать в воде и летать в воздухе?

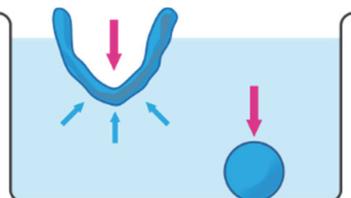
#### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Как изменяется вес тела в жидкости?

**Оборудование:** сосуд с водой, кусок пластилина (2 шт.).

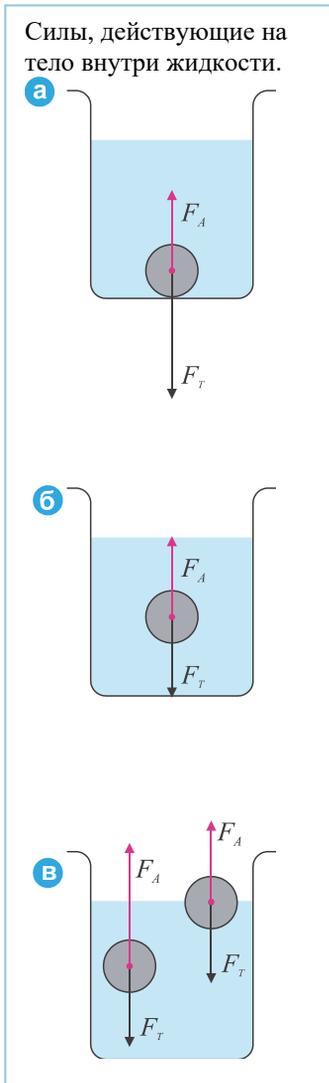
**Ход исследования:** 1. Изготовьте из пластилина шарик и положите его на поверхность воды. Проследите за произошедшим явлением.

2. Изготовив лодочку из второго куска пластилина, опустите ее на поверхность воды. Что при этом произошло?

**Обсудите результаты:** 1. Почему пластилиновый шарик тонет в воде, а пластилиновая лодочка – нет, то есть плавает на ее поверхности? 2. Какие силы действуют на пластилиновый шарик и лодочку? Изложите гипотезы.



Силы, действующие на тело внутри жидкости.



На тело в воде действуют две силы: *сила тяжести* ( $F_T$ ) и *архимедова сила* ( $F_A$ ). В зависимости от соотношения между этими силами тело может плавать или тонуть:

1. Если сила тяжести, действующая на тело, больше архимедовой силы, то тело тонет (а): \

$$F_T > F_A.$$

Если средняя плотность тела больше плотности жидкости, то оно тонет:

$$m_T g > \rho_{ж} g V_T, \quad \rho_T > \rho_{ж}.$$

2. Если сила тяжести, действующая на тело, равна архимедовой силе, то тело находится в состоянии равновесии внутри жидкости (б):

$$F_T = F_A.$$

Если средняя плотность тела равна плотности жидкости, то оно может плавать внутри этой жидкости на произвольной глубине:

$$m_T g = \rho_{ж} g V_T, \quad \rho_T = \rho_{ж}.$$

3. Если сила тяжести, действующая на тело, меньше архимедовой силы ( $F_T < F_A$ ), равнодействующая этих сил направлена вверх, и тело начинает всплывать. Пока тело не достигнет свободной поверхности жидкости, выталкивающая сила не изменяется. При дальнейшем подъеме выталкивающая сила начнет уменьшаться, и, когда она станет равной по модулю силе тяжести, тело остановится и будет плавать на поверхности жидкости. Всплывшее тело будет, таким образом, частично выступать над поверхностью жидкости.

Объем погруженной части  $V_{п}$  будет таков, что вес вытесненной им жидкости будет равен силе тяжести тела:

$$\rho_{ж} g V_{п} = mg.$$

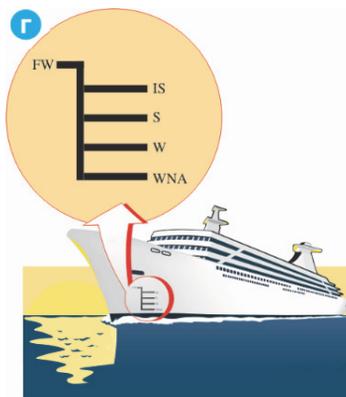
Если средняя плотность тела меньше плотности жидкости

$$\rho_T < \rho_{ж}, \text{ то } \rho_{ж} V_{п} = \rho_T V.$$

Это и есть условие плавания сплошного тела на поверхности жидкости. Например, плавающий на поверхности воды айсберг, плавающая на поверхности ртути сталь и др.

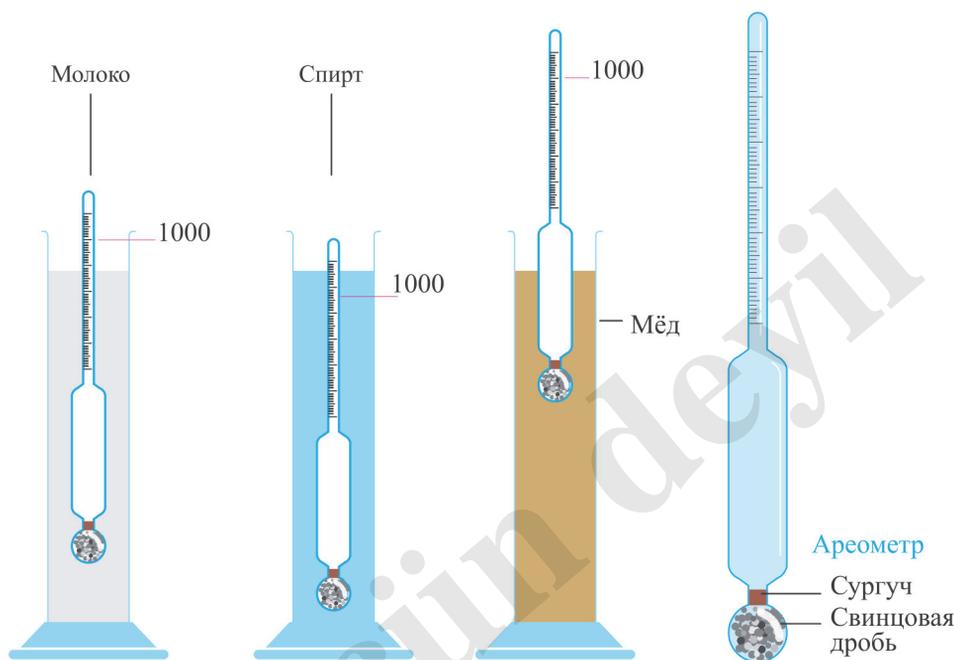
Плавающие по рекам, морям, океанам корабли изготавливаются из материалов различной плотности. Даже перевоза большой груз, суда не тонут. Подводная часть корабля вытесняет столько воды, что вес этой воды равен весу или силе тяжести корабля с грузом в воздухе.

Подводная часть корабля называется *водоизмещением судна*. Эта часть отмечается на корпусе судна цветной линией (обычно красной) и называется *ватерлинией* (по-голландски *water* – вода). Плотность морской воды в различных морях отличается, поэтому на корпусе судна обозначается несколько ватерлиний (Г).



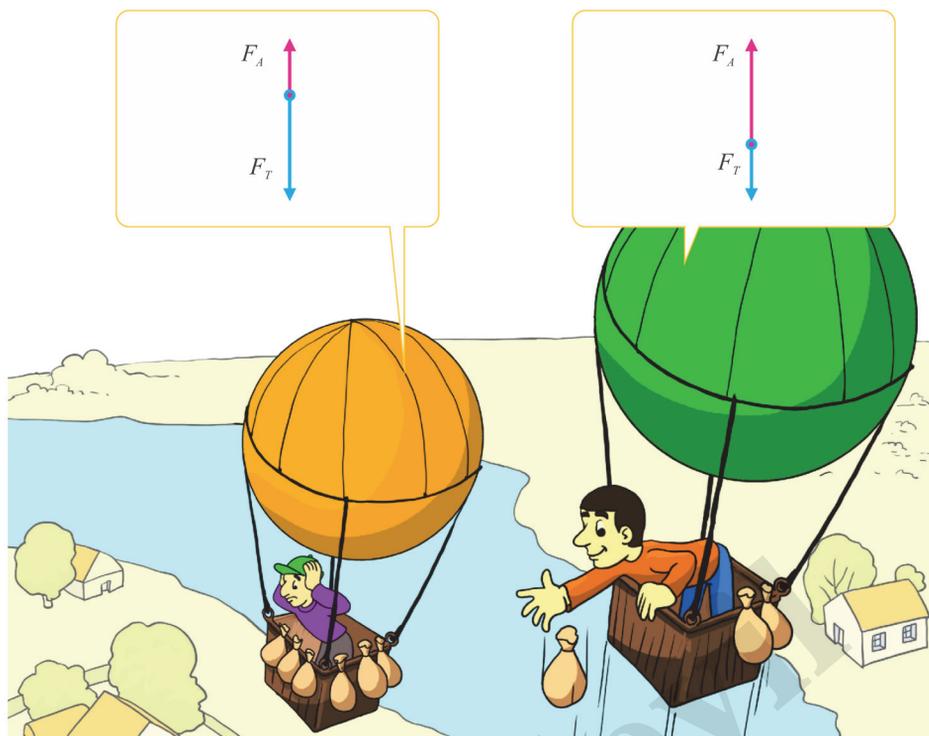
**FW** (Fresh Water) – пресная вода  
**IS** (India Summer) – в Индийском океане, летом  
**S** (Summer) – морская вода, летом  
**W** (Winter) – морская вода, зимой  
**WNA** (Winter North Atlantic) – Северно-Ледовитый океан, зимой

**Знаете ли вы?** Для определения плотности жидкости используется прибор, называемый **ареометром** (см. «Химия», 7-й класс). Принцип работы ареометра основан на законе Архимеда. Ареометр состоит из стеклянной трубки, запаянной с двух концов.



Один из концов трубки представляет собой шарик, заполненный дробью или ртутью. Верхняя узкая часть трубки ареометра градуируется относительно плотности жидкости (обычно воды). Ареометр помещается в жидкость, плотность которой необходимо измерить так, чтобы он плавал в этой жидкости. Плотность исследуемой жидкости определяется по делениям на шкале прибора.

Для «плавания» (полета) воздушных шаров в воздухе также необходимо, чтобы архимедова сила была больше силы тяжести. С увеличением высоты полета воздушных шаров архимедова сила уменьшается, так как уменьшается плотность воздуха. В прошлом для того, чтобы воздушный шар поднялся еще выше, с гондолы сбрасывался *балласт (специальный груз)*. Таким образом уменьшалась сила тяжести, действующая на воздушный шар.



## Применение полученных знаний

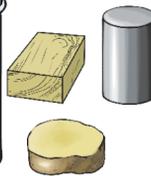
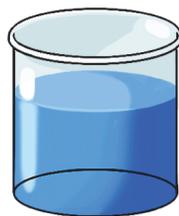
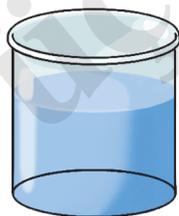
### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Проверим условия плавания тел.

**Оборудование:** деревянный брусок; алюминиевый цилиндр; кусочек картофеля; два лабораторных стакана: один наполовину заполнен чистой водой, другой – соленой.

**Ход исследования:** 1. Понаблюдайте за поведением этих тел в чистой, а затем в соленой воде. 2. Сравните свои наблюдения.

Вода

Соленая вода



### Обсудите результаты:

1. Какое из тел утонуло, всплыло, а какое осталось в чистой воде во взвешенном состоянии? Почему?
2. Какое из тел утонуло, всплыло, а какое осталось в соленой воде во взвешенном состоянии? Почему?

### Что вы узнали

Если сила тяжести, действующая на тело, больше архимедовой силы, то тело \_\_\_. Если сила тяжести, действующая на тело, меньше архимедовой силы, то оно \_\_\_. Если сила тяжести, действующая на тело, равна архимедовой силе, то оно остается в состоянии равновесии \_\_\_.

#### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

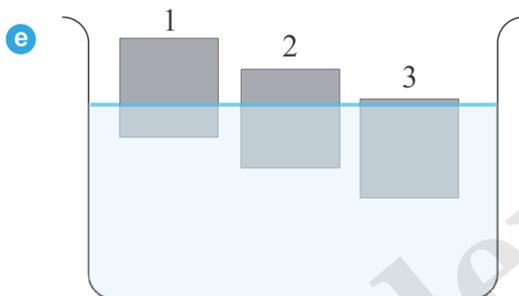
Всплывает на поверхность жидкости

Внутри жидкости

Тонет в жидкости

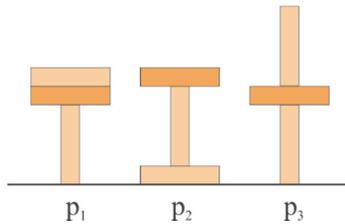
### Проверьте свои знания

1. Почему изготовленные из металла тяжело груженные суда не тонут в воде?
2. В каком случае возможно плавание в воздухе?
3. У какого из представленных тел одинакового объема плотность наибольшая?



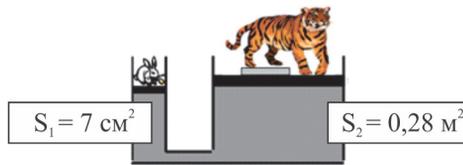
## ОБОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

1. На рисунке представлены варианты расположения на столе трех кирпичей. Каково соотношение между значениями давления, оказываемого кирпичами на поверхность стола?



- А)  $p_1 = p_3 > p_2$
- Б)  $p_1 = p_3 = p_2$
- В)  $p_1 > p_3 > p_2$
- Г)  $p_1 = p_3 < p_2$
- Д)  $p_2 < p_1 > p_3$

2. Заяц массой 0,7 кг удерживает в равновесии тигра на гидравлической машине ( $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$ , массы поршней и трение не учитывается). Какова масса тигра?



- А) 280 кг
- Б) 400 кг
- В) 40 кг
- Г) 196 кг
- Д) 490 кг

3. Столб воды оказывает на дно сосуда давление 20 кПа. Какое давление окажет на дно сосуда столб ртути такой же высоты ( $\rho_{\text{в}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ,  $\rho_{\text{рт}} = 13000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ,  $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$ )?

- А) 2600 кПа    Б) 260 кПа    В) 26 кПа    Г) 65 кПа    Д) 650 кПа

4. На какую высоту над уровнем моря необходимо подняться, чтобы давление воздуха уменьшилось на 45 мм рт.ст.?

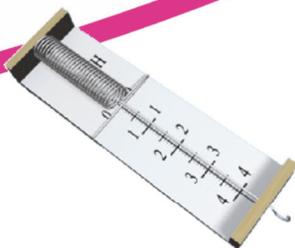
- А) 12 м    Б) 450 м    В) 4500 м    Г) 5400 м    Д) 540 м

5. Железный шар объемом  $1 \text{ м}^3$  опущен в воду. На сколько уменьшится вес шара в воде ( $\rho_{\text{в}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ,  $\rho_{\text{ж}} = 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ,  $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$ )?

- А) 7,8 кН    Б) 100 кН    В) 780 кН    Г) 10 кН    Д) 78 кН

# ПРОСТЫЕ МЕХАНИЗМЫ. РАВНОВЕСИЕ ТЕЛ

## 5



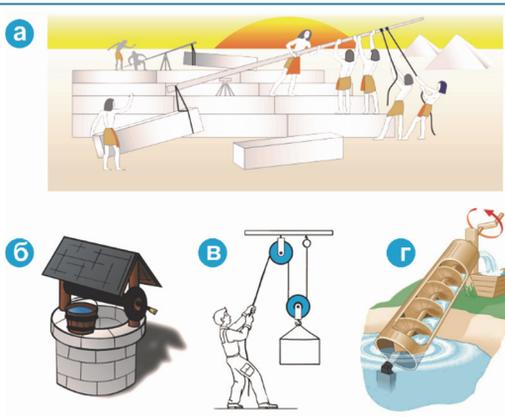
Стр. 103–118

- 5.1. Простые механизмы. Рычаг
  - 5.2. Блоки
  - 5.3. Наклонная плоскость
  - 5.4. «Золотое правило» механики.  
Коэффициент полезного действия  
(КПД) наклонной плоскости
  - 5.5. Равновесие тел
- Обобщающие задания



## 5.1. ПРОСТЫЕ МЕХАНИЗМЫ. РЫЧАГ

Люди для облегчения своей тяжелой работы всегда изготавливали различные механизмы, добываясь выигрыша в силе, стремясь малыми усилиями совершать работу, требующую применения большой силы. К таким механизмам относятся: *рычаг* (а), *ворот колодца* (б), *блок* (в), *винт Архимеда* (г), гидравлическая машина и др. Эти устройства, называемые *простыми механизмами*, иногда дают выигрыш в силе в несколько раз.



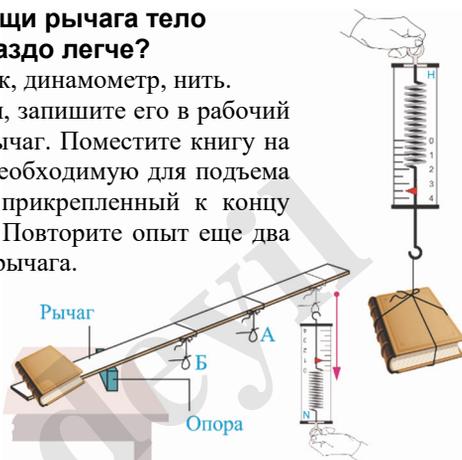
- Какие еще простые механизмы используются в быту?
- Каким способом получается выигрыш в силе у простых механизмов? Изложите гипотезы.

### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Почему при помощи рычага тело поднимается гораздо легче?

**Оборудование:** линейка (1 м), книга, брусок, динамометр, нить.

**Ход исследования:** 1. Определив вес книги, запишите его в рабочий лист. 2. Изготовьте из бруска и линейки рычаг. Поместите книгу на рычаге ближе к опоре. Определите силу, необходимую для подъема книги, опуская равномерно динамометр, прикрепленный к концу рычага, наиболее удаленного от опоры. 3. Повторите опыт еще два раза, закрепляя динамометр в точках *А* и *Б* рычага.

**Обсудите результаты:** 1. В каком из случаев для поднятия книги используется наибольшая сила? 2. Действуя на какую из точек, вы подняли книгу с наименьшей силой? Почему? Изложите гипотезы.

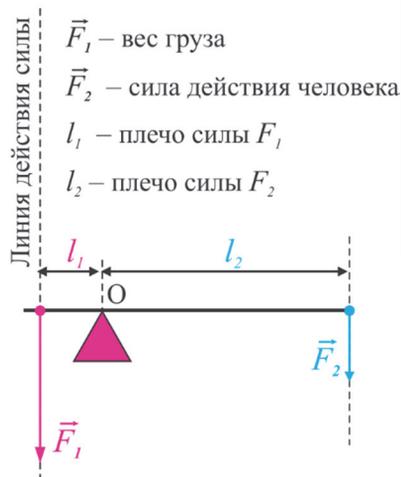
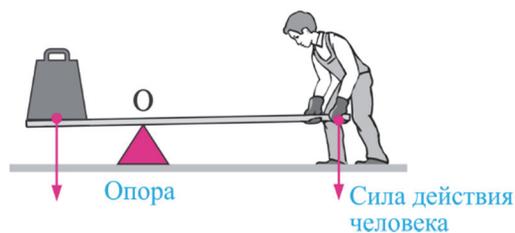
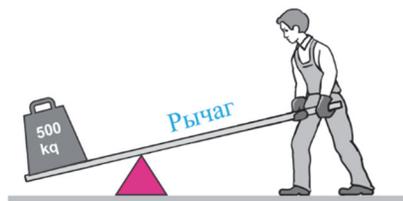


• *Простой механизм – это простое устройство, изменяющее направление действия силы и дающее выигрыш в силе.* Простые механизмы условно делятся на две группы:

- 1) простые механизмы типа *рычага*: рычаг, блок, ворот колодца;
- 2) простые механизмы типа *наклонной плоскости*: наклонная плоскость, винт, клин.

• *Рычаг – это твердое тело, вращающееся вокруг неподвижной опоры.*

• *Кратчайшее расстояние между точкой опоры (точка *О*) и линией действия силы, называется **плечом силы**.* Плечо силы обозначается буквой *l*. Равновесие между его малой и большой силой устанавливается с помощью регулирования (уменьшения или увеличения) длины плеча силы.



- Без учета веса рычага для его равновесия модули сил должны быть обратно пропорциональны плечам этих сил. Это условие равновесия рычага:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{l_1}{l_2} \text{ или } F_1 l_1 = F_2 l_2.$$

- Рычаг дает выигрыш в силе во столько раз, во сколько плечо приложенной силы человека больше плеча силы действия груза.

Произведение силы на ее плечо называется *моментом силы* и обозначается буквой  $M$ :

$$M = F \cdot l.$$

Единица измерения момента силы в СИ ньютон-метр ( $Н \cdot м$ ):

$$[M] = [F] \cdot [l] = Н \cdot м.$$

Условие равновесия рычага можно записать через моменты сил так:  $M_1 = M_2$ .

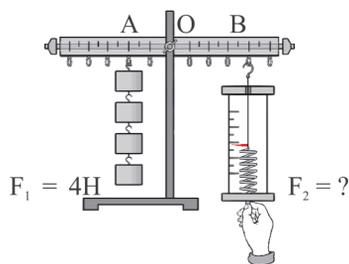
## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Проверим условие равновесия рычага.

**Оборудование:** рычаг с точкой опоры в центре, штатив, набор грузиков, динамометр, линейка.

**Ход исследования:** 1. Закрепив рычаг на штативе, подвесьте к крючку на правом плече груз в  $4 Н$  (в точке  $A$ ). 2. Определите силу воздействия (в точке  $B$ ) с помощью динамометра, прикрепленного к крючку правого плеча рычага, до приведения его в состояние горизонтального равновесия. 3. Измерив соответствующие силам плечи, вычислите силу  $F_2$ , приводящую рычаг в равновесие, и сравните с показанием динамометра.

**Обсудите результаты:** Какой выигрыш в силе дает рычаг с точкой опоры в центре?



**Знаете ли вы?** В зависимости от точки опоры, размещения точек действия груза и человека друг относительно друга рычаги условно делятся на три вида: I, II и III.

Виды рычага	Схема сил	Простые механизмы
Рычаг I вида		
Рычаг II вида		
Рычаг III вида		

## Что вы узнали

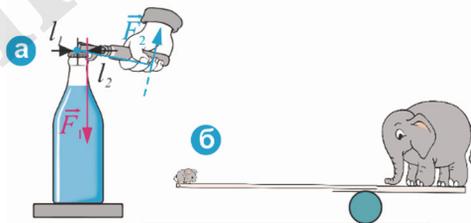
\_\_\_ это простое устройство, изменяющее направление действия силы и дающее \_\_\_. \_\_\_ это твердое тело, вращающееся вокруг неподвижной опоры. Кратчайшее расстояние от точки опоры до линии действия силы, называется \_\_\_. Произведение силы на ее плечо называется \_\_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Плечо силы  
Момент силы  
Рычаг  
Простой механизм  
Выигрыш в силе

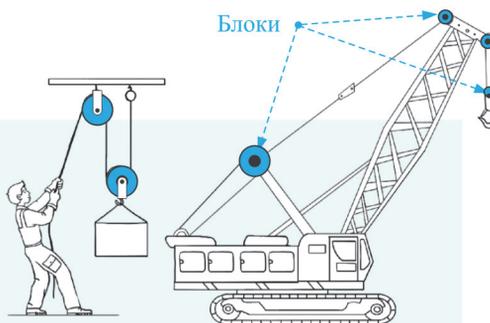
## Проверьте свои знания

- Какой формулой выражается условие равновесия рычага?
- Плечо силы, действующей на ручку открывалки ( $l_2$ ), в 6 раз длиннее плеча силы, действующей на крышку ( $l_1$ ). Какой выигрыш в силе дает этот простой механизм? (а)
- Рычаг, на который помещен мышонок весом 1 Н и слон весом 25000 Н, находится в равновесии (б). Плечо силы рычага, на которое действует слон, равно 10 м. Какова длина плеча силы, на которое действует мышонок?



## 5.2. БЛОКИ

Одним из типов рычага является блок. Блок – один из основных частей подъемного механизма крана.



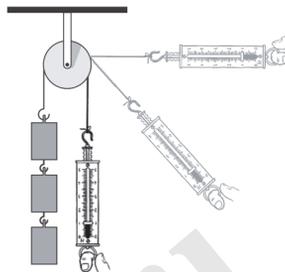
- Что такое блок? Почему в подъемном механизме крана используются блоки? Иногда человек при помощи системы блоков может с легкостью поднять тяжелый груз массой в 5-6 раз больше массы самого человека.
- Можно ли добиться большего выигрыша в силе при помощи системы блоков?

### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Дает ли блок выигрыш в силе?

**Оборудование:** блок, грузики весом 1Н, динамометр, нить, штатив.

**Ход исследования:** 1. Закрепив блок на штативе, пропустите нить через его желоб. 2. Подвесив к одному из концов нити груз в 3Н, при помощи динамометра, прикрепленного к свободному концу нити, равномерно поднимите груз вверх. Отметьте показание динамометра. 3. Повторите опыт, изменяя направление действия динамометра, и каждый раз снимайте его показание.

**Обсудите результаты:** 1. Имеется ли выигрыш в силе при подъеме груза с помощью блока? Какое соотношение наблюдается между показаниями динамометра и весом груза? 2. Изменяется ли модуль силы при изменении направления действия силы на свободный конец нити? Почему?



• Блок представляет собой колесо с желобом, имеющее ось вращения, проходящую через его центр.

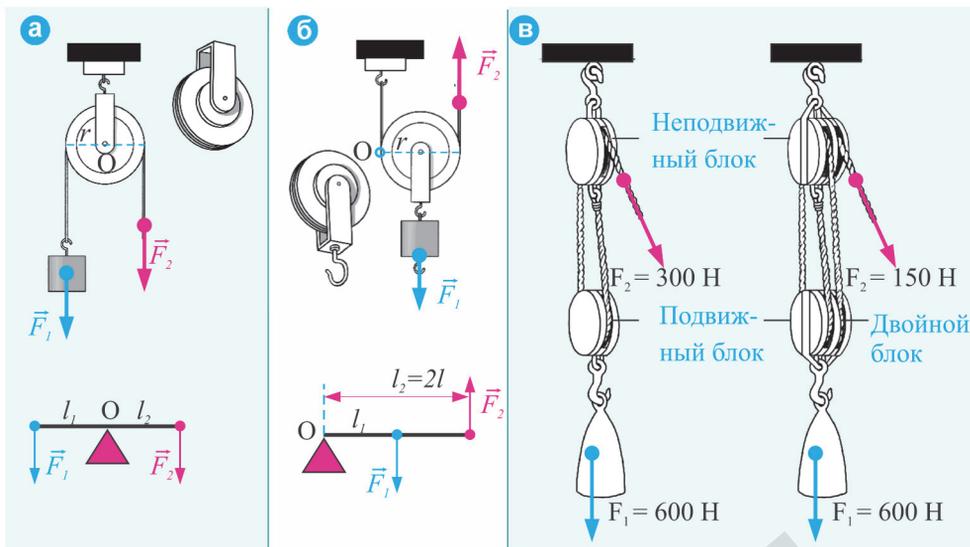
По желобу блока пропускают веревку, трос или цепь. Блоки бывают двух видов: *неподвижный* и *подвижный*. *Неподвижным* блоком называют такой блок, ось которого при подъеме груза не перемещается. *Неподвижный блок не дает выигрыша в силе, но меняет направление действия силы*. Принцип работы неподвижного блока основан на условии равновесия рычага, имеющего равные плечи сил: плечи сил равны радиусу колеса (а).

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{r}{r} = 1 \rightarrow F_1 = F_2.$$

Ось *подвижного* блока поднимается и опускается вместе с грузом (вес блока не учитывается, так как его вес в сравнении с весом груза очень мал). В этом блоке плечо силы, действующей на свободный конец нити, в 2 раза больше, чем плечо силы тяжести, действующей на груз. По этой причине *подвижный блок дает выигрыш силе в два раза* (б):

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{r}{2r} = \frac{1}{2} \text{ или } F_2 = \frac{F_1}{2}.$$

У подвижного блока подъемная сила направлена вверх. Чтобы изменить направление действия силы, а также получить выигрыш в силе, часто на практике вместе с подвижным блоком используется неподвижный блок. Простой механизм, состоящий из системы неподвижного и подвижного блоков, называется *полиспаст*. Полиспаст, состоящий из одной пары блоков (*подвижного + неподвижного*) дает выигрыш в силе в 2 раза, а состоящий из двух пар блоков (*два неподвижных + два подвижных*) дает выигрыш в силе в 4 раза (в).



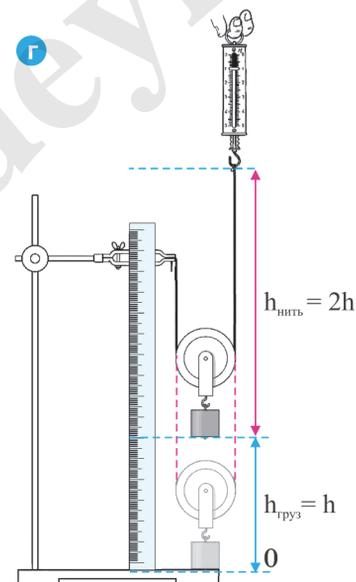
## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Изучаем подвижный блок.

**Оборудование:** блок, груз 1Н, динамометр, нить, штатив, линейка.

**Ход исследования:** 1. Закрепите линейку вертикально на штативе. Один конец нити, пропустив через желоб блока, прикрепите к штативу, а другой свободный конец нити привяжите к динамометру. 2. Подвесив к крючку блока груз в 1Н, опустите его на основание штатива (г). 3. Равномерно поднимая динамометр вертикально вверх, поднимите груз от поверхности основания штатива на высоту 10 см и запишите в рабочем листе три результата: а) показание динамометра; б) перемещение конца нити, прикрепленного к динамометру; в) высоту поднятия груза от поверхности основания штатива.

**Обсудите результаты:** 1. На какую высоту переместились конец нити, прикрепленный к динамометру, и груз при его подъеме? 2. В чем был выигрыш и в чем проигрыш при использовании неподвижного блока?



## Что вы узнали

\_\_\_ представляет собой колесо с желобом, имеющее ось вращения. \_\_\_ не дает выигрыша в силе, но меняет направление действия силы. \_\_\_ дает выигрыш в силе в два раза. Простой механизм, состоящий из системы неподвижного и подвижного блоков, называется \_\_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

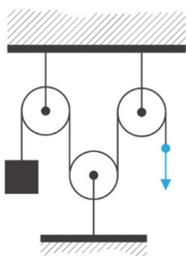
Подвижный блок  
Неподвижный блок  
Полиспаст  
Блок

## Проверьте свои знания

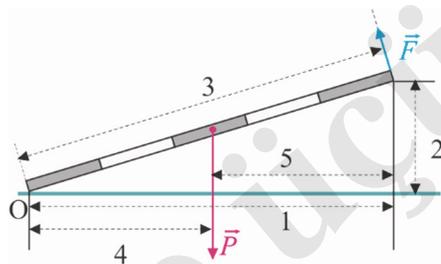
1. Для равномерного подъема груза при помощи подвижного блока была применена сила  $640 \text{ Н}$ . Каков вес груза? На какую высоту поднимется свободный конец нити, пропущенный через подвижный блок, при подъеме груза на  $5 \text{ м}$ ?
2. В чем проигрыш при использовании подвижного блока?
3. Дает ли выигрыш в силе неподвижный блок? Почему?
4. Для равномерного подъема груза при помощи неподвижного блока была применена сила в  $640 \text{ Н}$ . Каков вес груза?

### УПРАЖНЕНИЕ – 12

1. Какой выигрыш в силе дает представленная на рисунке система блоков?



2. На рисунке представлен рычаг весом  $P$ , поднимаемый под действием силы  $\vec{F}$ . Какой цифрой обозначено плечо силы  $\vec{F}$ ?



3. Тело массой  $120 \text{ кг}$  при помощи подвижного блока равномерно подняли на высоту  $5 \text{ м}$ . Определите перемещение свободного конца нити и модуль силы  $F$  ( $g = 10 \text{ Н/кг}$ ).



4. Невесомый рычаг под действием двух сил  $F_1 = 15 \text{ Н}$  и  $F_2 = 165 \text{ Н}$  находится в равновесии. Определите плечо малой силы, если плечо большей силы равно  $2 \text{ м}$ .



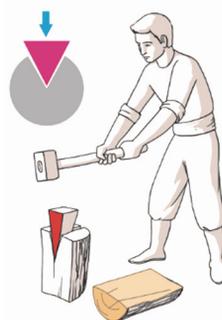
### 5.3. НАКЛОННАЯ ПЛОСКОСТЬ

Очень часто при подъеме тяжелых грузов на небольшие высоты используется *наклонная плоскость*.



- Почему поднятие тяжелого груза на малую высоту по наклонной плоскости более выгодно, чем его непосредственное поднятие на эту же высоту?

Использование *клина* позволяет с приложением небольшой силы расколоть большое полено.

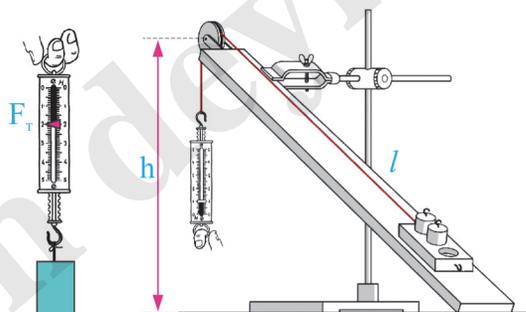


- Почему при помощи клина полено раскалывается легче?

#### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Почему поднимать тело по наклонной плоскости легче?

**Оборудование:** динамометр, трибометр с закрепленным на краю блоком, брусок, набор грузиков (каждый весом  $1H$ ), штатив, измерительная лента, нить.

**Ход исследования:** 1. Прикрепите трибометр к штативу так, чтобы получилась наклонная плоскость. Положите брусок с двумя грузиками на основание наклонной плоскости. 2. Перекинув нить через блок на трибометре, прикрепите один конец нити к бруску, а другой к динамометру. 3. Опуская динамометр, брусок с грузиками по наклонной плоскости равномерно поднимите на определенную высоту  $h$ . На основании показания динамометра определите силу тяги  $F$  и запишите в рабочем листе.



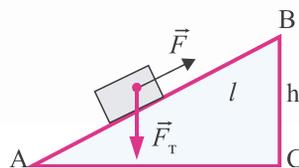
4. Определив модуль силы тяжести ( $F_1$ ), действующий на брусок с грузиками (измеренный динамометром вес бруска + вес грузиков  $2H$ ), отметьте результат в рабочем листе.

- Обсудите результаты:** 1. В каком из случаев на тело действует наименьшая сила: при равномерном подъеме вверх по наклонной плоскости или при скольжении вниз?
2. Как изменится разность в значениях силы тяги динамометра и силы тяжести, действующей на тело, с увеличением высоты наклонной плоскости?

Одним из наиболее распространенных видов простых механизмов является наклонная плоскость.

• *Наклонная плоскость – это плоскость, образующая определенный угол с горизонтальной плоскостью.*

$AB$  – длина наклонной плоскости ( $l$ ), а  $BC$  – ее высота ( $h$ ). Сила, применяемая при подъеме тела по наклонной плоскости на определенную высоту, меньше силы тяжести, действующей на тело (без учета силы трения). Таким образом, наклонная плоскость, также как и другие простые механизмы, дает выигрыш в силе.



• *Наклонная плоскость дает выигрыш в силе во столько раз, во сколько раз длина наклонной плоскости больше ее высоты:*

$$\frac{F_T}{F} = \frac{l}{h} \quad \text{или} \quad F = F_T \frac{h}{l}.$$

## Применение полученных знаний

**Решите задачи:**

1. Какую силу необходимо приложить к бочке массой 80 кг для равномерного ее подъема по наклонной плоскости длиной 5 м на высоту 1 м? Каков выигрыш в силе (трение не учитывать,  $g = 10 \text{ Н/кг}$ )?
2. Для равномерного подъема тела массой 380 кг по наклонной плоскости на высоту 5 м прикладывают силу 5000 Н. Определите длину наклонной плоскости (трение не учитывать,  $g = 10 \text{ Н/кг}$ ).

## Что вы узнали

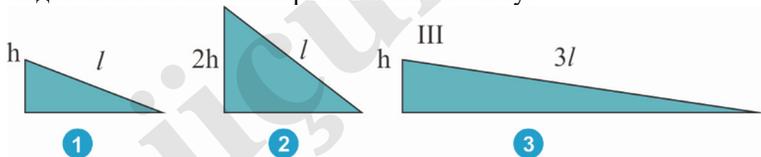
\_\_ это плоскость, образующая определенный угол с горизонтальной плоскостью. Наклонная плоскость дает \_\_ во столько же раз, во сколько раз \_\_ больше ее высоты.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Длина наклонной плоскости  
Наклонная плоскость  
Выигрыш в силе

## Проверьте свои знания

1. Какой выигрыш в силе дает наклонная плоскость? 2. Какая из наклонных плоскостей дает наибольший выигрыш в силе? Почему?



## 5.4. «ЗОЛОТОЕ ПРАВИЛО» МЕХАНИКИ. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ (КПД) НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ

Ввиду того, что простые механизмы дают выигрыш в силе, тела легче поднимать, используя такие механизмы. Однако проведенные исследования показывают, что во сколько раз эти механизмы дают выигрыш в силе, во столько же раз получается проигрыш в расстоянии.

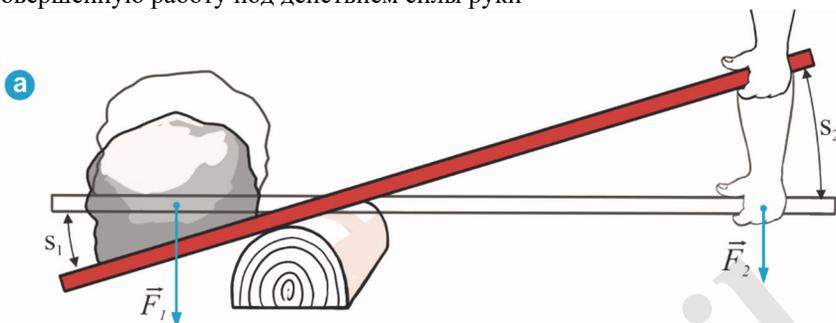
- Можно ли на основании этого вывода сделать предположение, что простые механизмы дают и выигрыш в работе?

### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Дает ли выигрыш в работе простой механизм?

Тело весом 1000 Н при помощи рычага под действием силы 200 Н поднялось на высоту 0,3 м. При этом точка, на которую действует рука, опустилась на 1,5 м (а).

Определите:

- совершенную работу силы, действующей на тело
- совершенную работу под действием силы руки



Совершенная работа силы, действующей на тело	Совершенная работа под действием силы руки
Дано:	
$F_1 = 1000 \text{ Н}$ $s_1 = 0,3 \text{ м}$ $A = ?$	$F_2 = 200 \text{ Н}$ $s_2 = 1,5 \text{ м}$ $A_2 = ?$
Формула:	
$A_1 = F_1 s_1$	$A_2 = F_2 s_2$
Вычисление:	
$A_1 = \dots$	$A_2 = \dots$

**Обсудите результаты:** 1. Какой выигрыш в силе дал рычаг? 2. Дает ли выигрыш в работе рычаг? Почему?

Из исследования стало ясно, что даже если простой механизм дает выигрыш в силе, в работе выигрыша нет.

*Ни один простой механизм не дает выигрыша в работе.* Это утверждение следует из закона сохранения энергии и называется «золотым правилом» механики.

## Всегда ли соблюдается «золотое правило» механики?

Согласно «золотому правилу» механики, наклонная плоскость не дает выигрыша в работе при подъеме тела на определенную высоту. Однако возникающая во время движения по наклонной плоскости сила трения эту закономерность нарушает: работа, совершаемая телом при движении по наклонной плоскости, больше работы, совершаемой по перемещению тела вертикально вверх на ту же самую высоту.

- *Работа, совершаемая без применения простого механизма, называется **полезной работой***. Например, полезная работа при подъеме тела массой  $m$  на высоту  $h$  равна:  $A_{\text{полез}} = mgh$ .

- *Работа, совершаемая при помощи простого механизма, называется **полной работой***. Например, полная работа при равномерном подъеме груза по наклонной плоскости длиной  $l$  равна:  $A_{\text{полн}} = F l$ .

- *Отношение полезной работы к полной называется **коэффициентом полезного действия простого механизма***.

В сокращенном виде коэффициент полезного действия записывается как **КПД**, обычно выражается в процентах (%) и обозначается греческой буквой  $\eta$  (этта):

$$\eta = \frac{A_{\text{полез}}}{A_{\text{полн}}} \cdot 100\% .$$

**КПД** показывает, какую часть полной работы составляет полезная работа. Полная работа всегда больше полезной работы, так как часть полной работы затрачивается на преодоление силы трения.

## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Определим КПД наклонной плоскости.

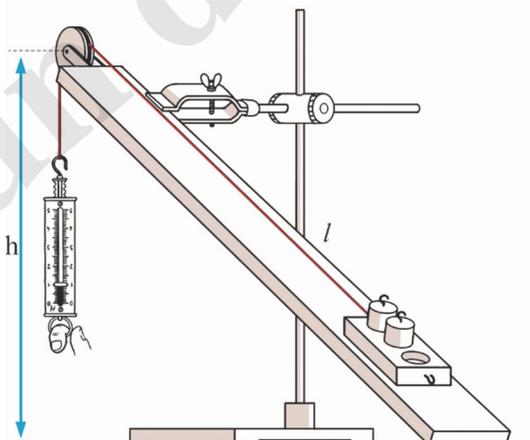
**Оборудование:** динамометр, трибометр с закрепленным на краю блоком, брусок, набор грузиков (*вес каждого 1Н*), штатив, измерительная лента, нить.

**Ход исследования:**

1. Подготовьте наклонную плоскость, закрепив трибометр на штативе (см. исследование из предыдущего урока). Отметьте высоту ( $h$ ) и длину ( $l$ ) наклонной плоскости в рабочем листе.

2. Расположив брусок у основания наклонной плоскости, положите на него два грузика. Опуская вниз динамометр, равномерно поднимите брусок с грузиками по наклонной плоскости на определенную высоту  $h$ . Определите в это время силу тяги  $F$  на основании показания динамометра и запишите в рабочий лист.

3. Определив модуль силы тяжести ( $F_m$ ), действующий на брусок с грузиками (*измеренный динамометром вес*



бруска + вес грузиков  $2\text{ Н}$ ), отметьте результат в рабочем листе. 4. Вычислите КПД наклонной плоскости по формуле

$$\eta = \frac{A_{\text{полез}}}{A_{\text{полн}}} \cdot 100\% = \frac{mgh}{Fl} \cdot 100\%.$$

**Обсудите результаты:** Каков процент КПД наклонной плоскости? Что это значит?

## Что вы узнали

Ни один простой механизм не дает \_\_. Это утверждение следует из закона сохранения энергии и называется \_\_. Работа, совершаемая без применения простого механизма, называется \_\_. Работа, совершаемая при помощи простого механизма, называется \_\_. Отношение полезной работы к полной называется \_\_ простого механизма.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

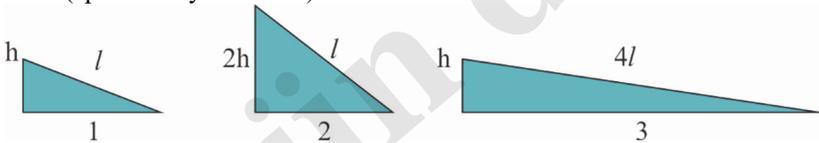
Полная работа  
Кoeffициент полезного действия  
«Золотое правило» механики  
Полезная работа  
Выигрыш в работе

## Проверьте свои знания

1. Может ли КПД простого механизма быть равным единице? Почему?
2. Что значит увеличить КПД?
3. При равномерном подъеме груза массой  $15\text{ кг}$  динамометр показывает  $40\text{ Н}$ . Длина наклонной плоскости  $1,8\text{ м}$ , а ее высота  $30\text{ см}$ . Вычислите КПД наклонной плоскости ( $g = 10\text{ Н/кг}$ ).

### УПРАЖНЕНИЕ – 13

1. Тело поднимают по наклонной плоскости, дающей выигрыш в силе 3 раза, на высоту  $60\text{ см}$ . Определите длину наклонной плоскости (трение не учитывать).
2. Груз весом  $600\text{ Н}$  поднимается при помощи рычага. При этом точка приложения силы в  $200\text{ Н}$  на длинном плече рычага опускается вниз на  $3\text{ м}$ . На какую высоту поднимается груз (вес рычага не учитывается)?
3. Три груза одинаковой массы равномерно поднимаются по наклонной плоскости. Каково соотношение между совершенными полезными работами на наклонных плоскостях (трение не учитывать)?



4. Равномерно поднимая груз по наклонной плоскости с КПД  $80\%$ , совершили работу в  $500\text{ Дж}$ . Определите полезную работу.
5. Определите силу тяги, действующую на тело массой  $300\text{ кг}$ , при подъеме по наклонной плоскости длиной  $9\text{ м}$  на высоту  $3\text{ м}$  ( $g = 10\text{ Н/кг}$ ).

## 5.5. РАВНОВЕСИЕ ТЕЛ

Бакинская телевизионная башня и высокий подъемный кран играют важную роль в нашей жизни.



• Как обеспечивается устойчивость башен?

Знаменитая Пизанская башня поколениями удивляла людей своим наклонным положением.

• Почему наклонная Пизанская башня не опрокидывается?

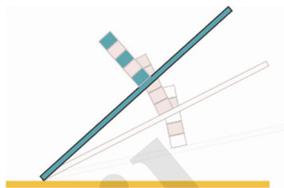


### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Изготовим «Пизанскую башню».

**Оборудование:** трибометр, тонкий картон, скотч.

**Ход исследования:** 1. Изготовив из картона и скотча «Пизанскую башню», разместите ее на трибометре. 2. Поднимая трибометр за один из концов, постепенно увеличивайте его наклон. Проследите за положением «башни» и ее опрокидыванием.

**Обсудите результаты:** 1. В каком из положений «башня» находится в наиболее устойчивом положении? 2. Какова причина опрокидывания «башни» при определенном наклоне? Предложите гипотезу.

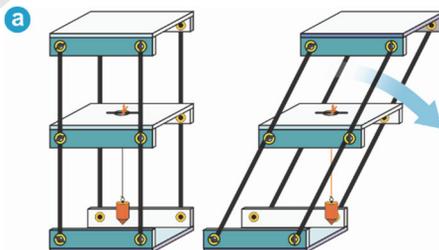


Устойчивость тела определяется двумя важными условиями:

1) центр тяжести тела должен быть как можно ближе расположен к поверхности Земли;

2) площадь опоры тела должна быть большой. Центр тяжести – это точка приложения силы тяжести. Рассмотрим призму, способную наклоняться, с подвешенным к ее центру тяжести вертикальным отвесом. Отвес показывает вертикальное направление действия силы тяжести на тело. При постепенном наклоне призмы в сторону она в момент выхода отвеса за пределы площади основания опоры опрокидывается (а).

Таким образом, *тело опрокидывается тогда, когда продолжение направления действия силы тяжести выходит за пределы площади его основания.* В положении равновесия результирующая сила, действующая на тело, равна нулю.



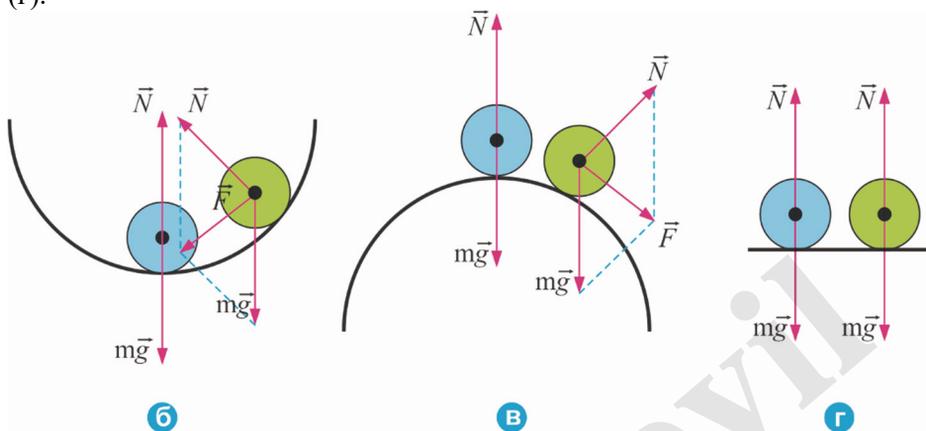
### Виды равновесия.

Существуют три вида равновесия: *устойчивое, неустойчивое и безразличное равновесие.*

• *Устойчивое равновесие – это состояние тела, при котором тело, выведенное из положения равновесия, самопроизвольно возвращается в первоначальное положение.* При выводе тела из положения устойчивого равновесия результирующая сила во всех случаях возвращает тело в первоначальное положение (б).

• *Неустойчивое равновесие – это состояние тела, при котором тело, выведенное из положения равновесия, не возвращается самопроизвольно в первоначальное положение.* При выводе тела из положения неустойчивого равновесия результирующая сила удаляет тело от первоначального положения (в).

• *Безразличное равновесие – это состояние тела, при котором оно сохраняет равновесие в произвольном положении.* В этом состоянии результирующая сила, действующая на тело в произвольном положении, равна нулю (г).



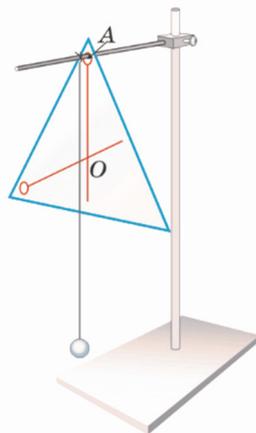
## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Определим центр тяжести тела.

**Оборудование:** произвольная фигура, вырезанная из картона; отвес; штатив.

**Ход исследования:** 1. Подвесьте фигуру за произвольный угол, например, точку  $A$  и к этой точке закрепите отвес. 2. Прочертите карандашом прямую линию по фигуре вдоль отвеса. 3. Подвесьте фигуру несколько раз, закрепив ее в различных точках, и каждый раз прочертите линии вдоль отвеса. 4. Отметьте точку (*точка  $O$* ) пересечения полученных линий и поместите фигуру в этой точке на заостренный конец карандаша.

**Обсудите результаты:** Почему фигура, висящая в точке  $O$  на заостренном кончике карандаша, остается в равновесии? Как называется эта точка?



## Что вы узнали

\_\_\_ это точка приложения действия силы тяжести.  
Тело опрокидывается, когда продолжение действия силы тяжести выходит за пределы \_\_\_.

\_\_\_ – это состояние, в котором тело, выведенное из положения равновесия, самопроизвольно возвращается в первоначальное положение.

\_\_\_ – это состояние, в котором тело, будучи выведенным из положения равновесия, не возвращается самопроизвольно в первоначальное положение.

\_\_\_ это состояние, в котором тело сохраняет равновесие в произвольном положении.

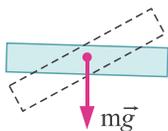
### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Площадь опоры  
Устойчивое равновесие  
Центр тяжести  
Безразличное равновесие  
Неустойчивое равновесие

## Проверьте свои знания

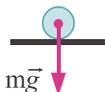
1. Какое из тел находится в безразличном равновесии?

1



Линейка с центром вращения

2



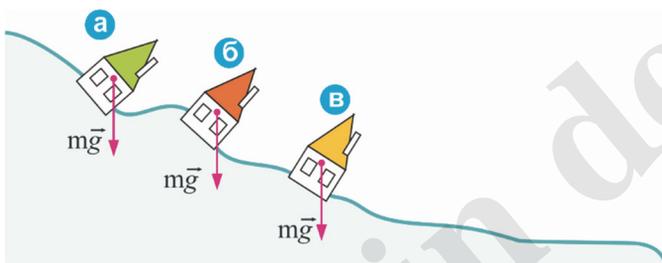
Шарик на горизонтальной плоскости

3



Шарик на подвесе

2. Какой из домов не опрокинется во время оползня?

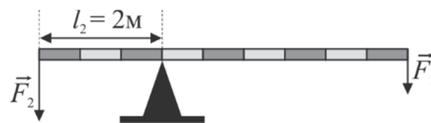


## ОБОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

1. Невесомый рычаг, представленный на рисунке, под действием сил  $F_1=40\text{ Н}$  и  $F_2=60\text{ Н}$  находится в равновесии.

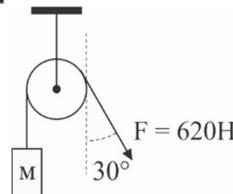
Определите плечо силы  $l_1$ .

- А) 10 м   Б) 15 м   В) 3 м   Г) 4 м   Д) 6 м



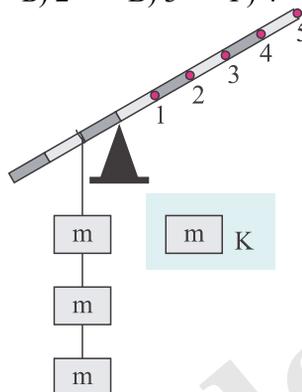
2. Груз равномерно поднимается при помощи неподвижного блока под действием силы  $F = 620\text{ Н}$ , образующей угол  $30^\circ$  с вертикалью. Определите массу груза (трение не учитывать,  $g = 10\frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ )?

- А) 31 кг   Б) 124 кг   В) 62 кг   Г) 620 кг   Д) 310 кг



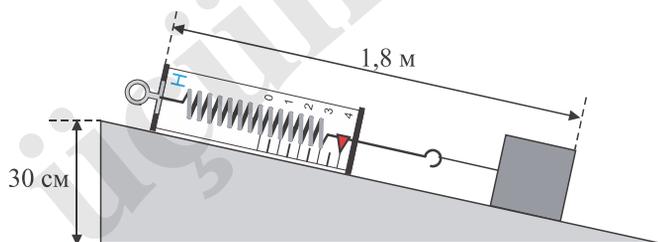
3. К какой точке невесомого рычага необходимо подвесить груз  $K$  массой  $m$ , чтобы рычаг находился в горизонтальном равновесии (расстояния между делениями одинаковые)?

- А) 1   Б) 2   В) 3   Г) 4   Д) 5



4. При равномерном подъеме груза массой  $1,5\text{ кг}$  динамометр показывает  $4\text{ Н}$ . Вычислите КПД наклонной плоскости.

- А) 60%   Б) 62,5%   В) 80%   Г) 85%   Д) 82,5%



# МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

## 6



Стр. 119–144

- 6.1. Колебательное движение. Механические колебания
  - 6.2. Физические величины, характеризующие колебательное движение
  - 6.3. Волна. Механические волны
  - 6.4. Виды механических волн. Физические величины, характеризующие волну
  - 6.5. Звуковые волны
  - 6.6. Скорость звука. Эхо
  - 6.7. Волны, не воспринимаемые человеческим слухом. Сейсмические волны
- Обобщающие задания



## 6.1. КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ



Маятник часов движется вправо и влево.



При попадании автомобиля в яму его кузов раскачивается.



Игла в швейной машине перемещается вверх-вниз.

- Чем отличаются это движение и вибрации от механических движений, изучаемых ранее?
- Почему возникают такие движения и раскачивания? Насколько важно учитывать их в быту и технике?

Одно из наблюдаемых в жизни ежедневно явлений – *колебание*.

• *Колебание* – это повторение в течение времени какого-либо процесса. По физической природе повторяющиеся процессы бывают различными. Одним из них являются *механические колебания*.

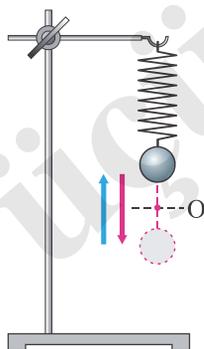
**Что такое механические колебания?** *Механические колебания* – это повторяющийся процесс во время механического движения. Во время таких процессов происходит повторение изменения значений величин, характеризующих механическое движение, – смещение, скорость, ускорение, и другие. Механические колебания в классе можно наблюдать при помощи колебательной системы, называемой *маятником*. Из таких систем наиболее простыми являются *пружинный и нитевой маятники*.

### Колебательные системы

- **Пружинный маятник** – это упругая пружина с подвешенным на ней грузом.

а

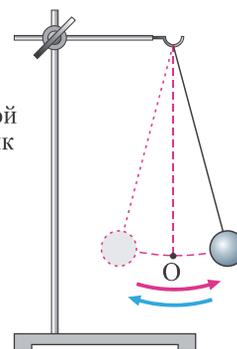
Пружинный маятник



- **Нитевой маятник** – это нить с подвешенным на ней грузом.

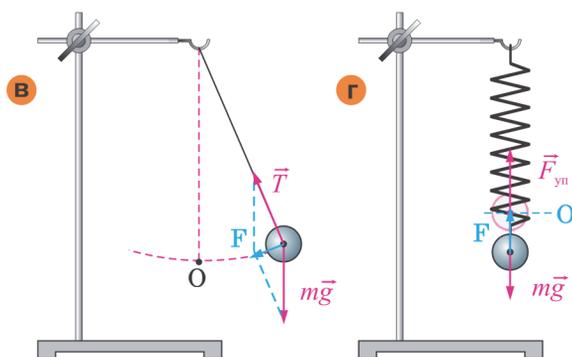
б

Нитевой маятник



## Общие свойства маятников.

1. У маятника имеется положение устойчивого равновесия. Это положение обозначается буквой  $O$ .
2. При выводе маятника из положения устойчивого равновесия возникает сила, возвращающая его в это положение. У нитевого маятника это результирующая сила сил тяжести и натяжения нити ( $\nu$ ), а у пружинного маятника результирующая сила сил упругости и тяжести ( $\Gamma$ ).
3. В результате инерции маятник, вернувшись в положение равновесия, продолжает свое колебательное движение. Однако сопротивление воздуха является причиной постепенного затухания колебательного движения.



Для более точного исследования механических колебаний используется идеальная модель (в реальности не существующая) – *математический маятник*\*.

\***Математический маятник** – это материальная точка, подвешенная на нерастяжимой и невесомой нити.

## ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Знакомимся с пружинным маятником.

**Оборудование:** пружина, груз массой 100 г, штатив.

**Ход исследования:**

1. Один из концов пружины закрепите на штативе, а к другому подвесьте груз.
2. Наблюдайте за возникающим процессом, сместив груз вниз и отпустив его.

**Обсудите результаты:**

1. Под действием каких сил возникают колебания в пружинном маятнике? Зарисуйте схему маятника в рабочую тетрадь и покажите векторы сил, возникающих во время колебаний.
2. Модуль какой силы увеличивается при сжатии и растяжении пружины, а модуль какой силы остается неизменным?
3. Что является причиной остановки колебательного движения маятника?



**Знаете ли вы?** Впервые маятниковые часы изготовил голландский ученый Х. Гюйгенс в 1656 году. **Христиан Гюйгенс** (1629–1695) голландский физик, математик и астроном. Сформулированная им в 1673 году теория колебаний сыграла важную роль в открытии свойств световых волн.



Схема маятниковых часов

## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Движение нитевого маятника.

**Оборудование:** шарик диаметром 25 мм, подвешенный на нити длиной 35–40 см, штатив.

**Ход исследования:**

1. Закрепите нить с шариком на штативе.
2. Наблюдайте за колебаниями маятника, выведя шарик из положения равновесия и отпустив его.

**Обсудите результаты:**

1. Под действием каких сил возникают колебания нитевого маятника? Зарисуйте схему маятника в рабочую тетрадь и покажите векторы сил, возникающих во время колебания.
2. Что является причиной затухания колебаний маятника?

## Что вы узнали

\_\_\_ это повторение какого-либо процесса с течением времени. \_\_\_ это процесс, состоящий из повторяющегося во времени механического движения. Для наблюдения этих колебаний используют \_\_\_ или \_\_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Пружинный маятник  
Колебание  
Механические колебания  
Нитевой маятник

## Проверьте свои знания

1. Чем отличаются колебательные движения от других видов механического движения?
2. Что заставляет колебаться в вертикальном направлении груз, подвешенный на пружине, если ее потянуть вниз и отпустить?
3. Почему маятник, выведенный из положения равновесия, проходя через точку равновесия, продолжает свое движение?
4. Определите, какие движения из нижеперечисленных являются колебательными: штрафной удар футболиста, качание автомобиля на рессорах, прыжки акробата на батуте (упругой сетке), взмахи крыльев бабочки, вибрация струн.

## 6.2. ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Некоторые маятники совершают вокруг точки равновесия быстрые или медленные колебательные движения.

- Что значит быстрое или медленное колебание маятника?
- По каким характеристикам можно различать механические колебательные движения?

При колебаниях, также, как и при других механических движениях, существуют физические величины, характеризующие их. Эти величины: смещение маятника, амплитуда колебания, период колебания и частота колебания.

**Что значит смещение маятника?** Смещение маятника – это определенное расстояние, на которое он отклоняется от положения равновесия.

**Что такое амплитуда колебания?** Выведа маятник из положения равновесия, задержим его, например, в точке 1. Свободно отпустив маятник, приведем его в движение. В это время маятник, совершая движение в правую сторону, удаляясь от точки равновесия, попадает в определенную точку 2 и там на мгновение останавливается, а затем, изменив направление, движется влево (а).

Таким образом, маятник совершает колебания между двумя точками, расположенными на наибольшем удалении от точки равновесия.

Амплитуда колебания – это наибольшее (максимальное) расстояние, на которое удаляется маятник от положения равновесия.

Смещение маятника из одного крайнего положения в другое крайнее положение и оттуда обратно, в предыдущее крайнее положение, называется *полным колебанием*.

Амплитуда обозначается буквой  $A$ , или  $x_m$ , единица ее измерения в системе СИ – метр:

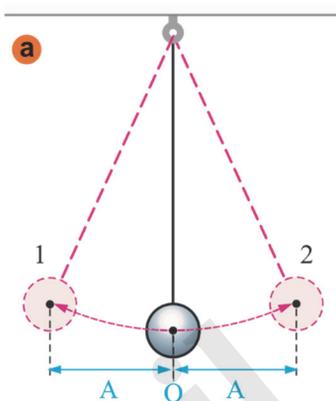
$$[A] = [x_m] = 1 \text{ м.}$$

**Период колебания.** Период колебания – это время, затраченное на одно полное колебание. Период колебания обозначается буквой  $T$  и единица измерения в системе СИ – секунда:

$$[T] = 1 \text{ с.}$$

Если за определенный промежуток времени  $t$  маятник совершает  $N$  полных колебаний, то период колебаний определяется следующим образом:

$$T = \frac{t}{N}.$$

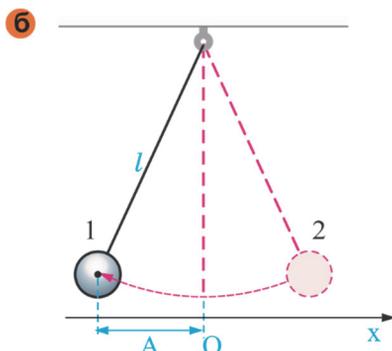


## ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Определение периода колебания.

**Оборудование:** нитевой маятник (б), секундомер.

**Ход исследования:**

1. Сместив маятник в сторону от точки равновесия на 4 см, удержим его в этом положении (расстояние определите линейкой).
2. Отпустив шарик, одновременно засекайте секундомер. Отметьте время, затраченное маятником на одно полное колебание.
3. Изменяя амплитуду и число полных колебаний, вычислите период колебания. Используя полученные результаты, заполните таблицу в рабочем листе.



Номер опыта	Амплитуда (см)	Число полных колебаний	Время, затраченное на одно полное колебание (с)	Период колебания (с)
1	4	1		
2	2	2		
3	5	3		

**Обсудите результаты:** 1. Какой формулой определяется период колебания? 2. Что вы открыли для себя при анализе величин, вычисленных для периода колебания нитового маятника, при изменении амплитуды и числа полных колебаний?

**Частота колебаний.** Частота колебания – это число полных колебаний, совершаемых в течение одной секунды. Частота колебания обозначается греческой буквой  $\nu$  (ню). Если маятник за время  $t$  совершает  $N$  число полных колебаний, то его частота определяется по формуле:

$$\nu = \frac{N}{t}.$$

За единицу измерения частоты колебания в системе СИ принята частота маятника, совершающего одно колебание за одну секунду, называемая герц (Гц). Эта единица измерения была названа в честь немецкого физика Генриха Герца:

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{c} = 1 \text{ Гц}.$$

Период и частота колебаний – взаимнообратные величины:

$$T = \frac{1}{\nu}; \quad \nu = \frac{1}{T}.$$

## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Определение частоты колебания.

**Оборудование:** шарик диаметром 25 мм, подвешенный на нити длиной 35-40 см, штатив, секундомер, линейка.

**Ход исследования:**

1. Сдвиньте и удерживайте шарик, подвешенный на нити, на 5 см в сторону (расстояние измерьте линейкой).

2. Отпустите шарик, одновременно включив секундомер. Отметьте время, затраченное маятником на три полных колебания.

3. Вычислите частоту полных колебания, изменяя амплитуду и число полных колебаний. Запишите полученные результаты в рабочий лист, заполнив таблицу.

Номер опыта	Амплитуда (см)	Число полных колебаний	Время, затраченное на полные колебания (с)	Частота колебаний (Гц)
1	5	3		
2	4	1		
3	6	2		

**Обсудите результаты:** 1. Какой формулой определяется частота колебания? 2. Что вы «открыли» при вычислении частоты колебания для нитевого маятника при изменении амплитуды и числа полных колебаний?

## Что вы узнали

Перемещение маятника из одного крайнего положения в другое крайнее положение и обратно, в предыдущее крайнее положение, называется \_\_. \_\_ это наибольшее расстояние, на которое отклоняется маятник от положения равновесия. \_\_ это число колебаний, совершаемых в течение одной секунды. Его единица измерения в системе СИ \_\_. Время, затраченное на одно полное колебание, называется \_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Амплитуда колебания  
Период колебания  
Герц  
Частота колебания  
Полное колебание

## Проверьте свои знания

1. Чем схожи и различаются амплитуда колебаний и перемещение?
2. Сколько времени затрачивает маятник с периодом колебания 2 с на 4 полных колебания?
3. Маятник за 10 с совершает 6 полных колебаний. Какова частота его колебания?

### 6.3. ВОЛНА. МЕХАНИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ

Капли дождя создают на поверхности неподвижной воды концентрические круги, которые расходятся из точки падения капли во все стороны.

- Какова причина возникновения этой картины на поверхности воды?
- Что переносится в воде концентрическими кругами?



#### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Изучим механические волны.

**Оборудование:** кювета, наполненная водой, теннисный мячик, маленький камешек.

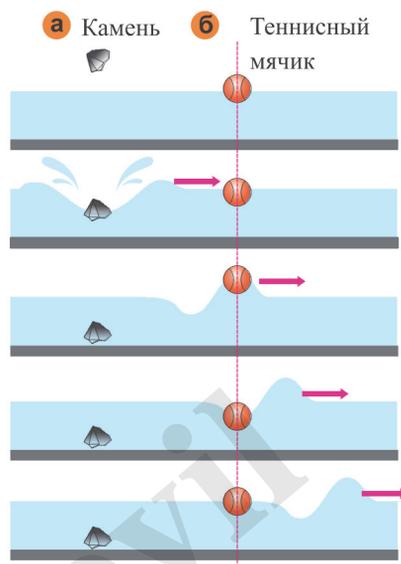
**Ход исследования:**

1. Заполните кювету водой. Бросьте в нее камень с определенной высоты. Проследите за процессом возникновения и распространения волн по поверхности воды (а).

2. Поместите на поверхность колеблющейся воды теннисный мяч и проследите, как влияет на положение мячика процесс распространения волн.

**Обсудите результаты:**

1. Какие изменения положения теннисного мячика наблюдаются при помещении его на поверхность колеблющейся воды?
2. Под действием волны теннисный мячик совершает колебательное движение на одном и том же месте, а не движение вдоль направления распространения волны (б). Что переносит волна?



• **Волна** – это процесс распространения создаваемых в веществе (или физическом поле) колебаний с течением времени.

Возникновение морских волн, распространение по струне тара вибраций, создаваемых под действием медиатора, распространение звука в среде, создаваемого струной, и есть волны.

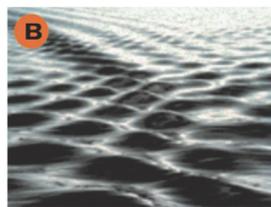
**Что такое механическая волна?** Механическая волна – это процесс распространения механических колебаний в среде с течением времени.

Источником механических волн является тело, совершающее колебания (или частиц, из которых оно состоит). Механическая волна может возникнуть только в той среде, в которой в результате колебательного движения среды возникает сила упругости вследствие деформации. По этой причине очень часто механическая волна называется *упругой волной*, а создающая их среда – *упругой средой*. Так как твердое тело, жидкость и газы являются упругими средами, то в них возможно возникновение механических волн. В механических волнах одновременно возникают два процесса:

- 1) колебательное движение тела (или его атомов и молекул);

- 2) возникновение в среде (или теле) формоизменяющего движения, например, распространение по поверхности воды выпуклостей и впадин морских волн (в).

В механической волне переносится энергия колебательного движения. Механическая волна в вакууме не возникает, потому что в ней отсутствует среда (частицы), испытывающая деформацию.



## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Что еще переносится механической волной?

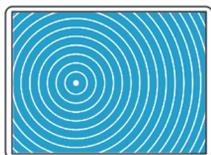
**Оборудование:** кювета, наполненная водой, карандаш, линейка длиной 5 см.

**Ход исследования:**

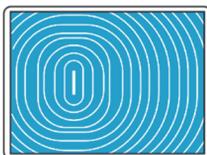
1. Несколько раз коснитесь тупым концом карандаша одной и той же точки на поверхности воды и нарисуйте получаемую картину на рабочем листе (г).
2. Коснитесь сначала узким, а затем широким ребрами линейки поверхности воды и нарисуйте полученную картину на рабочем листе (д и е).



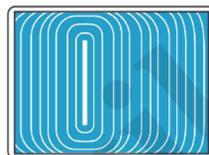
г



д



е



- Обсудите результаты:** 1. Чем отличаются волны, создаваемые на поверхности воды?  
2. Что кроме энергии переносится этими волнами?

### Проверьте свои знания

1. По какой причине возникает волна?
2. Чем отличается волна от механических колебаний?
3. Почему пенопласт, расположенный на поверхности водяных волн в кювете, не движется вдоль распространения этих волн?
4. Как и какие процессы можно наблюдать у механических волн?

## 6.4. ВИДЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЛН. ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ВОЛНУ

Распространение волн в жидкостях наблюдается в форме чередования друг за другом выпуклостей и впадин. Иногда под действием сильного ветра в океане возникают гигантские выпуклости и глубокие впадины волн.



- Возможно ли возникновение волн такого вида в твердых телах и газах?
- Отчего зависит изменение формы волны?

### Формы механических волн

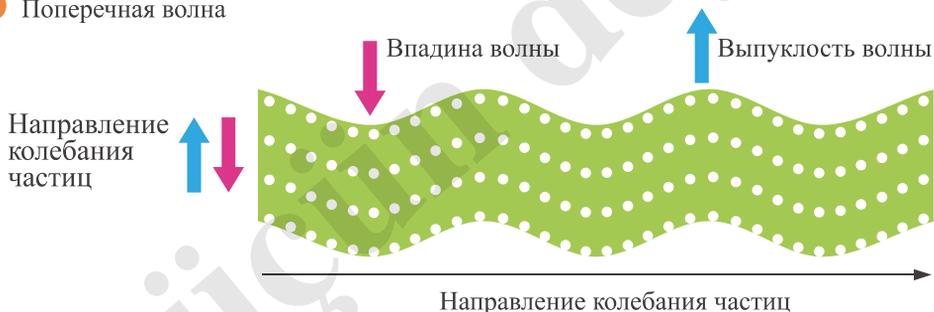
По форме механические волны бывают двух видов: *поперечные* и *продольные*.

- Волна называется *поперечной*, если направление ее распространения перпендикулярно направлению колебания частиц среды.

В поперечной волне среда испытывает деформацию, в результате происходит изменение ее формы вдоль направления колебания частиц. И волна представляет собой чередование выпуклостей и впадин (а).

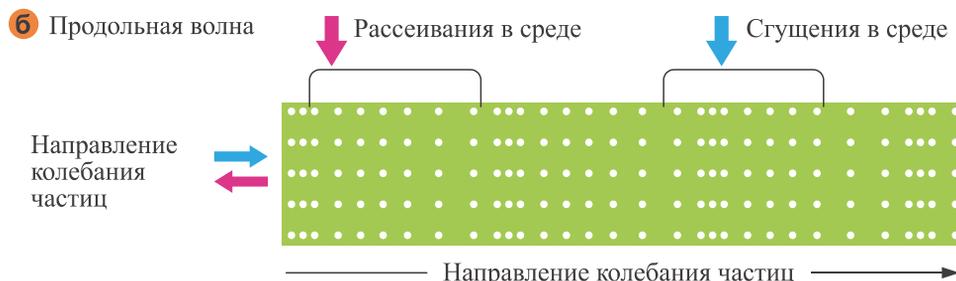
Так как силы упругости при изменении формы появляются в твердых телах, то и поперечные волны в основном возникают в твердых телах. Поперечные волны могут возникать и на поверхности жидкостей, однако эти волны возникают за счет силы тяжести и силы поверхностного натяжения.

#### а Поперечная волна



- Волна называется *продольной*, если направление ее распространения параллельно направлению колебания частиц среды.

В результате в среде наблюдается чередование зон сгущения и рассеивания частиц, то есть повторяется изменение объема среды (б). Такие волны возникают во всех средах (в твердых телах, газах и жидкостях).



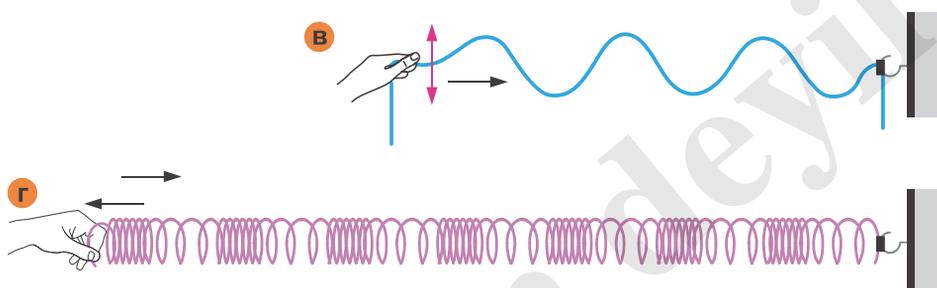
### ИССЛЕДОВАНИЕ. Определим отличие поперечной волны от продольной.

**Оборудование:** шнур (1–1,5 м), упругая пружина, штатив.

**Ход исследования:**

1. Один конец шнура прикрепите к неподвижному объекту (стул, стол, отопительная батарея). Другим же свободным концом, совершая колебательное движение вверх-вниз, создайте вдоль шнура «распространение волны» (в).

2. Прикрепите один конец упругой пружины к штативу, расположенному на рабочем столе. Для неподвижности штатива один из вас пусть прижмет его к поверхности стола. Другой же пусть создаст колебательные движения вперед-назад свободным концом пружины вдоль поверхности стола (г).



**Обсудите результаты:** Какие виды механических волн были получены с помощью шнура и пружины? Предположения обоснуйте.

Физические величины, характеризующие волну, – это *длина волны* и *скорость распространения волны*.

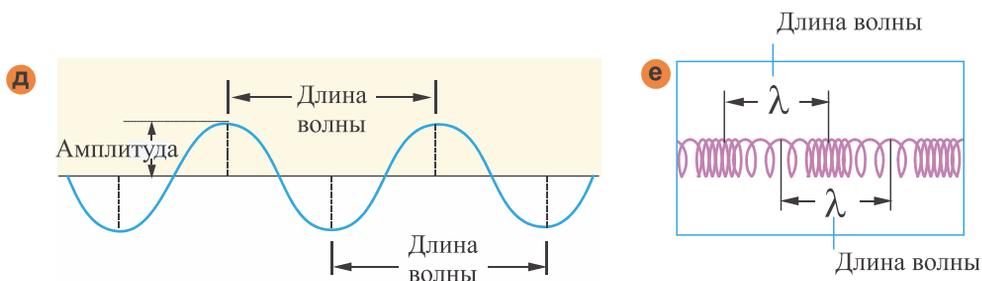
• *Длиной волны называется расстояние, на которое распространяется волна за время, равное одному периоду колебания.*

Длина волны обозначается греческой буквой  $\lambda$  (лямбда) и ее единица измерения в СИ – метр:

$$[\lambda] = 1\text{ м.}$$

В поперечных волнах длина волны – это расстояние между двумя соседними выпуклостями или двумя соседними впадинами (д). В продольных

же волнах это расстояние между двумя соседними сгущениями или между двумя соседними разрежениями (е).



• *Скорость волны – это скорость распространения колебаний в среде.* Так как волна в упругой среде за промежуток времени, равный одному периоду, проходит расстояние  $\lambda$ , то скорость волны определяется следующим образом:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Где  $v$  – скорость волны,  $T$  – период колебания. Это значит, что скорость волны равна отношению длины волны к ее периоду колебания.

Приняв во внимание, что  $T = \frac{1}{\nu}$ , для скорости волны получим:

$$v = \lambda \nu$$

• *Скорость волны равна произведению длины волны на ее частоту колебания.*

## Применение полученных знаний

### Решение задач:

1. Вычислите скорость распространения волны, если длина волны 8 м, а ее частота колебания 55 Гц.
2. Определите период колебания волны, если ее длина 16 м, а скорость распространения  $32 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

### Что вы узнали

\_\_\_ называется, если направление ее распространения перпендикулярно направлению колебания частиц среды. Распространение же \_\_\_ направлено вдоль колебания частиц среды. Расстояние распространения волны в течение одного периода колебания называется \_\_\_. \_\_\_ это скорость распространения колебаний в среде.

#### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

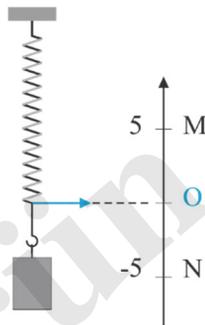
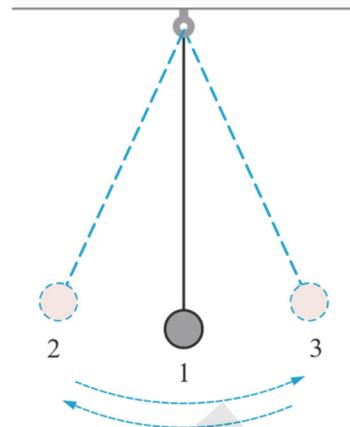
Скорость волны  
Продольная волна  
Длина волны  
Поперечная волна

## Проверьте свои знания

1. Чем отличается поперечная волна от продольной?
2. Какой вид механических волн может возникнуть в газах?
3. Какой вид механических волн может возникнуть в твердом теле?
4. Волна распространяется по поверхности озера со скоростью 6 м/с. Определите частоту и период колебания буйка на поверхности озера при длине волны 3 м.

### УПРАЖНЕНИЕ – 14

1. Как называется максимальное смещение тела от положения равновесия во время колебательного движения?
2. Маятник за 2 минуты совершает 600 колебаний. Каковы период и частота колебания маятника?
3. На рисунке представлен нитевой маятник, совершающий колебания. Вычислите период и частоту колебания маятника, если он из точки 2 смещается в точку 1 за 4 с.
4. Пружинный маятник совершает колебания между точками  $M$  и  $N$ . Определите амплитуду колебания и пройденный путь за один период ( $O$  – точка равновесия).



5. Длина волны на поверхности океана 200 м, а период 10 с. Вычислите скорость распространения волны.

## 6.5. ЗВУКОВЫЕ ВОЛНЫ

• На основании какого явления основан принцип работы прибора УЗИ во время медицинского осмотра?

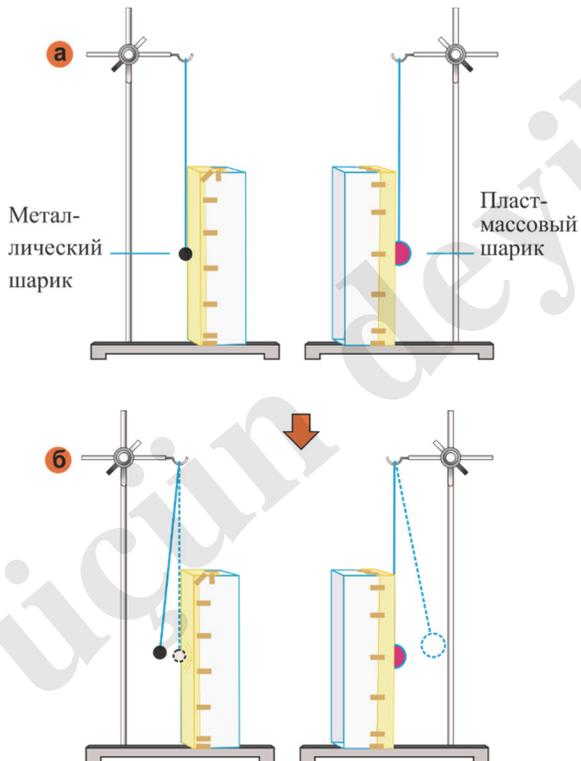


• При полете реактивного самолета над школой наблюдается вибрация оконных стекол в классе. Почему?



### ИССЛЕДОВАНИЕ-1. Что заставляет маятник совершать колебания?

**Оборудование:** обувная коробка с калькой, наклеенной вместо дна (2 шт.), штатив (2 шт.), нитевой маятник (2 шт.: один с маленьким металлическим шариком, а другой – с легким пластиковым шариком).



**Ход исследования:** 1. Расположите коробки открытой стороной друг против друга на расстоянии 25-30 см. Маятники необходимо расположить рядом с коробками так, чтобы шарики, находящиеся в равновесии, соприкасались с калькой (а). 2. Отклонив металлический шарик из состояния равновесия на небольшой угол, отпустите его и, подумав над причиной произошедших событий, обсудите их (б).

**Обсудите результаты:** 1. Почему пластиковый шарик, находящийся в состоянии равновесия, оттолкнулся от левой коробки при столкновении металлического шарика с калькой на правой коробке? 2. Что заставляет совершать колебательные движения маятник с пластмассовым шариком?

**Звуковые волны.** Одним из самых важных видов механических волн являются *звуковые волны или просто звук*. Колебания звуковой волны распространяются в упругой среде.

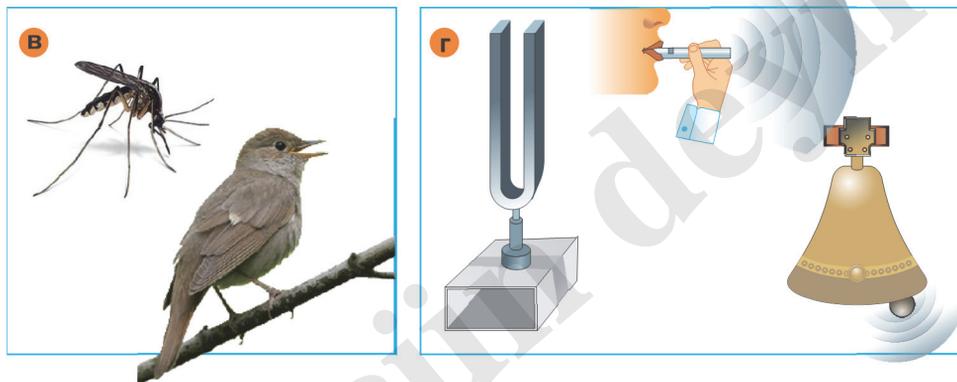
• *Звуковые волны – это механические волны, распространяющиеся в упругой среде и вызывающие слуховые ощущения.*

Человеческое ухо воспринимает звуковые волны только в интервале частот от 16 Гц до 20000 Гц. Человек с помощью органов слуха воспринимает информацию об окружающей среде, и благодаря этому у него формируется речь. Поэтому изучение звука является одной из важных областей науки. Область науки, изучающая звук, называется *акустикой*.

Как возникает звук? Звуковые волны создают колеблющиеся источники. Эти источники делятся на две группы: *естественные и искусственные*.

*Естественные звуковые источники* – это все источники в природе, создающие звук, например, человек, растение, комар, птица, водопад, ветер, дождь и т.д. (в)

*Искусственные звуковые источники* – это камертон, музыкальные инструменты, колокольчик, свисток и т.д. (г)



**Знаете ли вы?** Что камертон, изобретенный в XVIII веке, представляет собой металлическое приспособление в форме вилки из двух колен. При нанесении удара по одному из колен камертона он всегда издает звук одной и той же частоты (440 Гц, это нота «ля» первой октавы). По этой причине камертон используется для настройки музыкальных инструментов. Для усиления звука, издаваемого камертоном, его закрепляют на коробке, открытой с одной стороны, называемой резонатором.



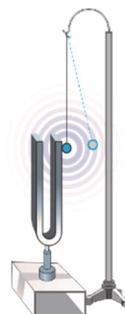
## ИССЛЕДОВАНИЕ-2. Источником звука является колеблющееся тело.

**Оборудование:** камертон, молоточек с резиновым наконечником, нитевой маятник.

**Ход исследования:** Внимательно проследите за явлением, произошедшим при нанесении удара молоточком по колену камертона и при соприкосновении с этим же коленом нитевого маятника.

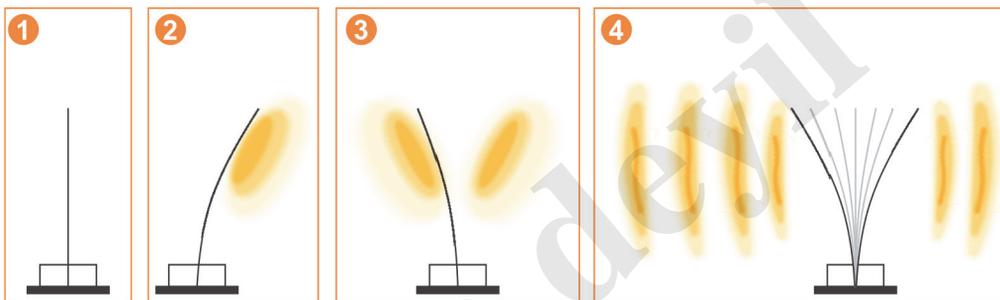
**Обсудите результаты:**

1. Что наблюдается при нанесении удара молоточком с резиновым наконечником по колену камертона?
2. Почему при соприкосновении маятника с коленом камертона маятник начинает колебательное движение?



**Как распространяются звуковые волны в среде?** При натяжении и отпуске струны музыкального инструмента или упругой пластины они издают звук. Как распространяется этот звук? При сгибании пластины вправо расстояние между молекулами воздуха, расположенными справа, вблизи от пластины, уменьшается, а расстояние между молекулами воздуха, расположенными слева от нее, напротив, увеличивается. Затем, совершая колебательное движение, пластина создает в воздухе попеременно области уплотнения и разрежения молекул. В результате чего и происходит возникновение звуковой волны в воздухе (д). Это значит, что *звуковая волна в воздухе является продольной волной.*

**д** Распространение звуковой волны в воздухе



## Применение полученных знаний

### ИССЛЕДОВАНИЕ-3. Может ли звук распространяться в воде?

**Оборудование:** металлическая ложка (2 шт.), резиновая трубка (шланг длиной 50-70 см), аквариум (или глубокая пластиковая посуда), воронка (2 шт.), ножницы, резиновый шар, скотч.

**Ход исследования:**

1. Наденьте на концы резиновой трубки воронки. При помощи ножниц отрежьте кусок резинового шара и, натянув его на одну из воронок, закрепите скотчем.
2. Наполнив посуду водой, опустите воронку, закрытую куском резинового шара, в воду.

3. При соударении ложек друг об друга вашим товарищем сначала в воздухе, а затем в воде, поднесите к своему уху открытую воронку, находящуюся на другом конце трубки (е).



**Обсудите результаты:**

1. Слышен ли звук ударов ложек друг об друга в воздухе?
2. Слышен ли звук ударов ложек друг об друга в воде? Почему?

## Что вы узнали

Один из видов механических волн, распространяющихся в упругой среде, \_\_. Источником звука, используемым для настройки музыкальных инструментов, является \_\_. Так как звук распространяется при помощи уплотнения и разрежения воздуха, то он является \_\_. Область науки, изучающая звук, называется \_\_. Человеческое ухо воспринимает звуковые волны с частотой \_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

16 Гц  
20 000 Гц  
Акустика  
Звуковая волна  
Продольная волна  
Камертон

## Проверьте свои знания

1. Какими свойствами обладает звук?
2. Во время сбора меда пчела совершает 250 взмахов крыльев за одну секунду. Какова частота движения крыльев и слышим ли мы его звук?
3. Иногда в космическом пространстве происходят очень мощные взрывы звезд. Почему мы не слышим звуков этих взрывов?

## ПРОЕКТ

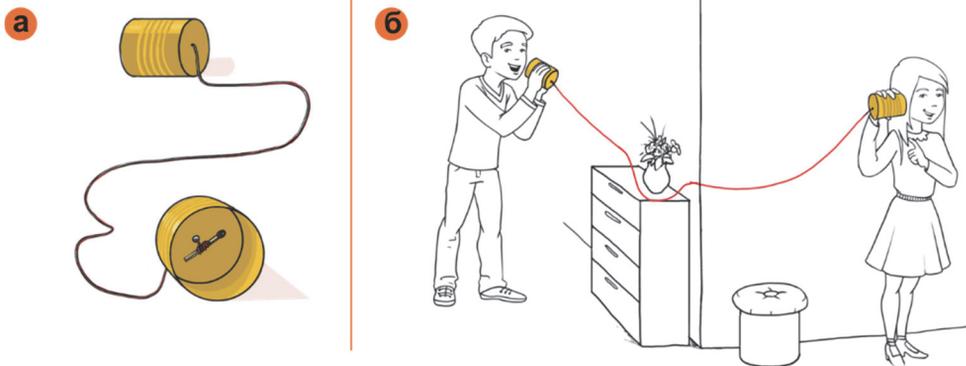
### Изготовим «простой телефон».

**Оборудование:** пустые металлические банки из-под сока (4 шт.), спички (4 шт.), нить и капроновая леска длиной 1,5–2 м, гвоздь, молоток.

**Ход исследования:**

1. Прodelайте при помощи гвоздя отверстия в основаниях банок. Пропустив концы нити через отверстия, привяжите их к спичкам (а).

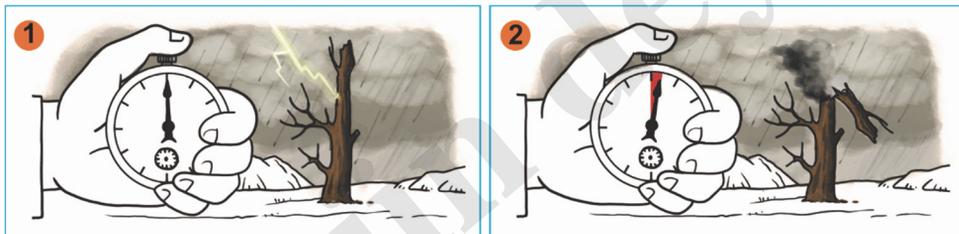
2. Приложив к своему уху одну из банок, прислушайтесь к тому, о чем говорит ваша сестра (или брат) в другую банку. Если же говорите вы, то пусть слушает ваша сестра (б).



3. Повторите этот же опыт с двумя другими банками с капроновой леской.  
4. Напишите небольшое эссе о наблюдаемом явлении.

## 6.6. СКОРОСТЬ ЗВУКА. ЭХО

• Несмотря на то, что удары грома и раскаты молнии происходят одновременно, мы сначала видим молнию (1) и только через несколько секунд слышим раскаты грома. Почему?



### Скорость звука

• Скорость звука в упругой среде численно равна расстоянию, пройденному звуковыми волнами за единицу времени:

$$v = \lambda \nu.$$

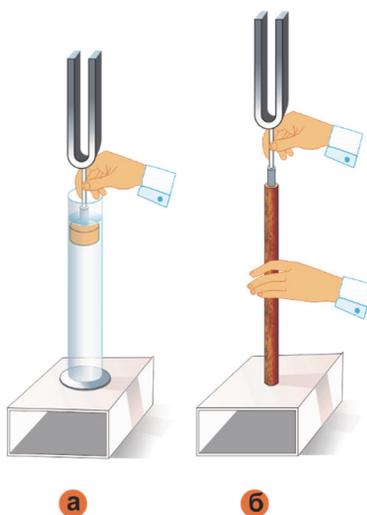
Скорость распространения звуковых волн зависит от упругих свойств среды. В результате исследований была определена скорость звука в разных средах (см. Приложение, таб. 3). Из таблицы видно, что звук распространяется в твердых телах с большей скоростью.

## ИССЛЕДОВАНИЕ-1. В какой среде скорость звука больше?

**Оборудование:** камертон с резонатором, молоток с резиновым наконечником, мензурка (или стакан), наполненная водой, деревянный стержень (длиной 20–30 см), деревянная пробка (меньше диаметра мензурки).

**Ход исследования:**

1. Отделив камертон от резонатора, поставьте на образовавшееся отверстие мензурку (или стакан), наполненную водой.
2. На основание камертона наденьте пробку и, приведя камертон в колебание, поместите его в мензурку на глубину 1-2 см (а). Обратите внимание на звучание камертона.
3. Поместите в отверстие резонатора деревянный стержень. Заставив камертон звучать, поставьте его на свободный конец стержня (б). Обратите внимание на звучание камертона.

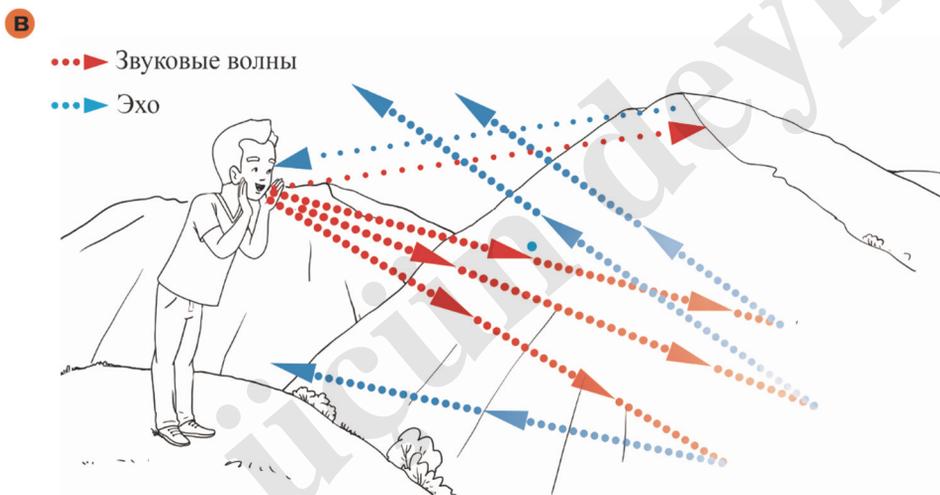


**Обсудите результаты:** В какой из сред звук был более четким и достигал уха быстрее? Почему?

Важной особенностью звуковых волн является их отражение от препятствий – эхо;

• *Эхом называется возвращение звуковой волны, отраженной от препятствий, встречаемых ею на своем пути.*

Например, человек, зовущий в горах своего друга, через несколько секунд может услышать свой голос, то есть эхо своего голоса (в).



Эту особенность звука, эхо, широко используют в быту и технике. Принцип работы прибора – эхолота основан на явлении так называемого эха. Этот

прибор используется для измерения глубин морей и океанов и определения мест скопления косяков рыб.

Источник звука, установленный под днищем корабля, посылает кратковременный сигнал. Отраженный от объектов в море, звуковой сигнал улавливается чувствительным прибором (эхолотом), помещенным на корабле (Г).

Зная скорость распространения звука в воде и промежуток времени между подачей и приемом сигнала, можно вычислить расстояние до объектов в воде:

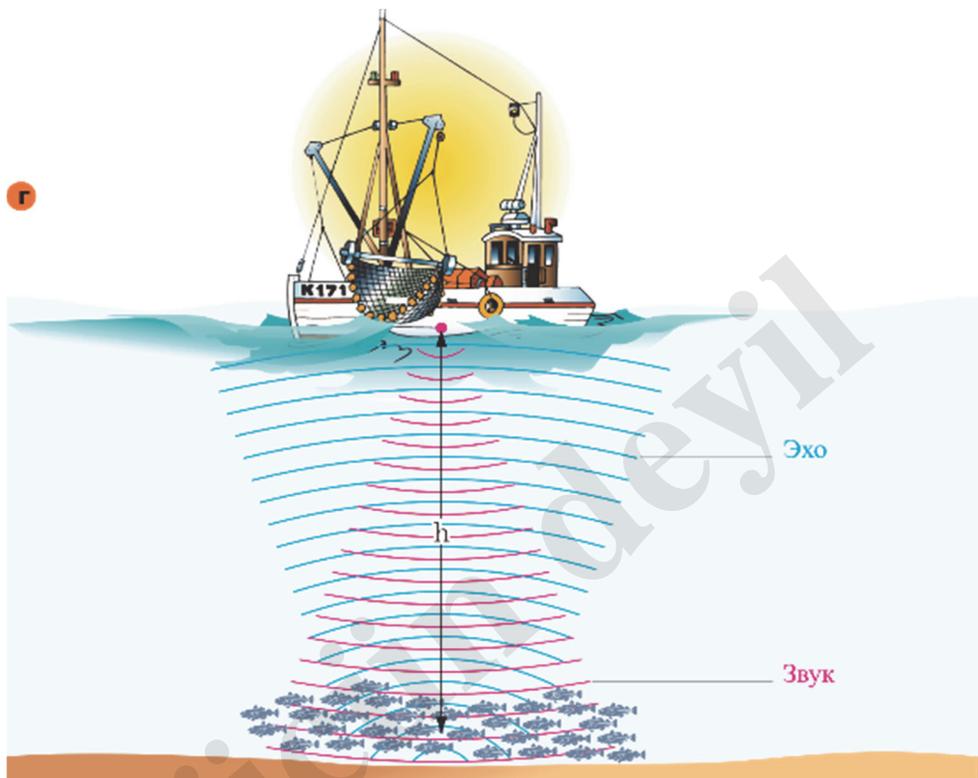
$$h = \frac{vt}{2}.$$

h – расстояние от корабля до объекта

v – скорость звука в воде

t – промежуток времени, за который сигнал доходит до объекта и возвращается

$\frac{t}{2}$  – время, затраченное сигналом на прохождение до объекта, или возвращение его



• **Звуколокацией** называется метод определения места объекта (расстояния до него) при помощи звуковых волн.

## Применение полученных знаний

Решите задачи в рабочей тетради:

1. Эхо звука было услышано через 2 с. Определите расстояние до препятствия (скорость распространения звука в воздухе 340 м/с).
2. Раскаты грома были услышаны через 8 с после вспышки молнии. На какой удаленности от наблюдателя ударила молния (скорость распространения звука в воздухе равна 340 м/с).

## Что вы узнали

\_\_\_ в \_\_\_ численно равна расстоянию, проходимому звуковыми волнами за единицу времени. \_\_\_ называется возвращение звуковой волны, отраженной от препятствий, встречаемых ею на своем пути. Скорость звука зависит от \_\_\_, то есть звук в твердых телах относительно жидкостей и газов распространяется с большей скоростью. \_\_\_ называется метод определения места объекта (расстояния до них) при помощи звуковых волн.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Скорость звука  
Упругость  
Звуколокация  
Эхо  
Упругая среда

## Проверьте свои знания

1. По какой формуле вычисляется скорость звука и от чего она зависит?
2. Звонок удален от классной комнаты на 340 м. Через какой промежуток времени звук звонка услышит ученик в классе? Скорость распространения звука в воздухе 340 м/с.
3. Источник звука, совершая колебательные движения в воде с периодом 0,002 с, создает волну длиной 2,8 м. Определите скорость распространения звука в воде.

### УПРАЖНЕНИЕ – 15.

1. Источник волны за 10 с совершает 25 колебаний. Вычислите длину волны, распространяющейся со скоростью 5 м/с.
2. Вычислите длину звуковой волны с частотой 6800 Гц. Скорость звука в воздухе 340 м/с.
3. Частота звука камертона 500 Гц. Какова длина волны, создаваемая камертоном в стали? Скорость звука в стали 5000 м/с.
4. Ультразвуковой сигнал, направленный на дно моря, возвращается через 6 с. Определить глубину моря (скорость звука в воде 1500 м/с).
5. Источник звука с периодом 0,01 с создает в воде волну длиной 14,4 м. Какова скорость звука в воде?

## 6.7. ВОЛНЫ, НЕ ВОСПРИНИМАЕМЫЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ СЛУХОМ. СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ



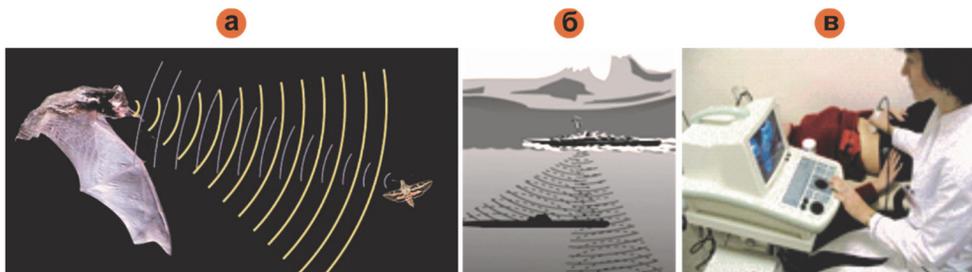
- Почему землетрясения происходят неожиданно для людей?
- В чем причина точного определения приближения землетрясения животными в отличие от людей, для которых оно вызывает трудности?

**Может ли человек слышать все звуки?** Человеческое ухо не воспринимает ультра- и инфразвуки.

- *Ультразвук – это звуковые волны с частотой выше 20 000 Гц.*

Свойство ультразвука, заключающееся в четкой направленности звуковой волны, широко используется в эхолокации.

Многие животные и насекомые очень хорошо слышат ультразвук или испускают такие звуки. Например, было определено, что летучая мышь, испускающая ультразвуковые импульсы (сигналы) с частотой 45-90 кГц, создает эхолокацию, помогающую точно определить местоположение препятствий и насекомых (а). Ультразвуковая технология имеет очень широкое применение в некоторых областях. Так, во время Первой мировой войны впервые были изготовлены ультразвуковые локаторы с целью обнаружения *подводных лодок* (б). Также при помощи аппаратов УЗИ, работающих на принципе ультразвука, выявляются болезни внутренних органов живого организма (в).



### ИССЛЕДОВАНИЕ – 1. Какова глубина моря?

Эхолот на корабле испускает ультразвук с частотой 30 кГц. Длина этой волны в воде 5 см. Эхолот принимает сигнал, посланный на дно моря, через 10 с. Вычислите соответствующие величины, заполнив данные клетки: 1) скорость ультразвука в воде; 2) глубину моря.

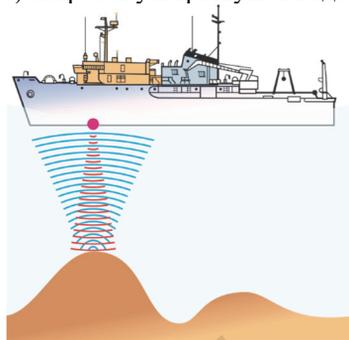
$$v = \boxed{\phantom{000}} \text{ Гц}$$

$$\lambda = \boxed{\phantom{000}} \text{ м}$$

$$t = \boxed{\phantom{000}} \text{ с}$$

$$v = \lambda \nu = \boxed{\phantom{000}} \text{ Гц} \cdot \boxed{\phantom{000}} \text{ м} = \boxed{\phantom{000}} \text{ м/с.}$$

$$h = \frac{vt}{2} = \frac{\boxed{\phantom{000}} \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \boxed{\phantom{000}} \text{ с}}{2} = \boxed{\phantom{000}} \text{ м.}$$



**Обсудите результаты:** 1. Какое значение скорости получено для ультразвука в воде? 2. Почему при вычислении глубины моря произведение  $vt$  деляте на 2?

**Инфразвук** (по-латински *infra* – ниже) – это звуковые волны с частотой меньше 16 Гц. Источниками инфразвука могут быть: извержение вулкана (г), ударяющиеся о берег волны, запуск ракеты (д), взрыв атомной бомбы (е).



Основное свойство инфразвука заключается том, что он может распространяться на большие расстояния вследствие слабого поглощения его разными средами. Используя это свойство инфразвука, можно определить координаты сильных взрывов, волн, создаваемых ветром в океане, эпицентров (источников) землетрясений и другие.

**Сейсмические волны.** Волны, возникающие в толще земной коры в результате землетрясения или сильного взрыва, называются сейсмическими волнами. Амплитуда колебаний, скорость, длина волны и частота колебаний сейсмических волн, возникающих в коре Земли, определяются прибором, называемым *сейсмографом* (ё) [в современных телефонах имеются программы, выполняющие функцию сейсмографа (ж)].

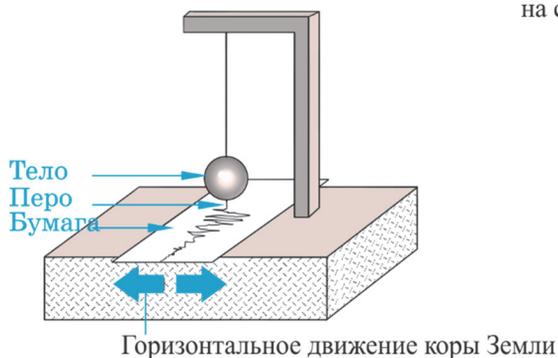
Сейсмические волны распространяются из источника (эпицентра) землетрясения в трех видах: **Р-тип**, **S-тип** и **L-тип** (з).

**Волна Р-типа** – это продольная волна, создающая сжатия и растяжения между слоями Земли.

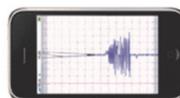
**Волна S-типа** – это поперечная волна, распространяющаяся в направлении, перпендикулярном направлению колебания слоев Земли.

**Волна L-типа** – это поперечные волны, распространяющиеся по поверхности Земли и приводящие к катастрофическим последствиям.

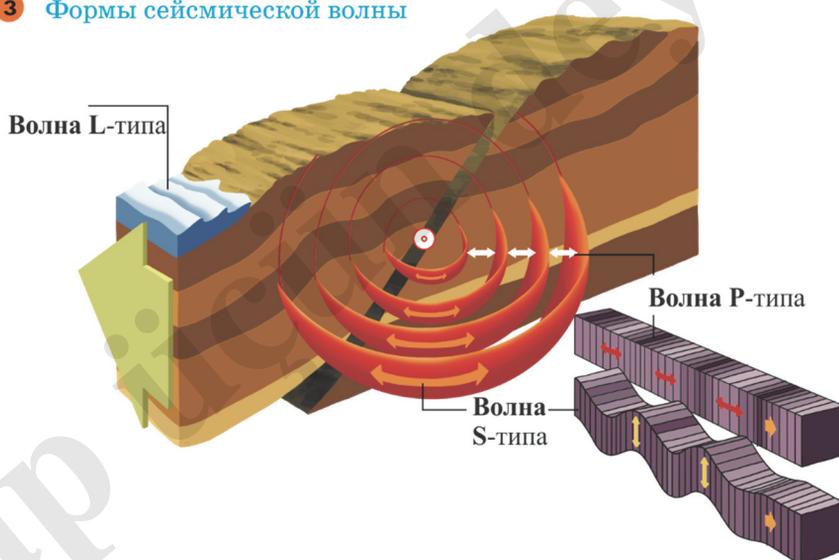
ё Простой сейсмограф



ж Функция сейсмографа на современном телефоне



з Формы сейсмической волны



## Применение полученных знаний

**Задача** (решите в своей тетради).

Сейсмическая волна распространяется в земле. Волна *L-типа* доходит через 32с после волны *P-типа*.

Скорость распространения волны *P-типа* 5,4 км/с.

Скорость распространения волны *L-типа* 3,8 км/с.

Определите удаленность расположения сейсмографа от эпицентра землетрясения с помощью соответствующих выражений, заполнив данные клетки:

$$v_1 = \boxed{\phantom{00}} \text{ км/с} = \boxed{\phantom{00}} \text{ м/с}$$

$$v_2 = \boxed{\phantom{00}} \text{ км/с} = \boxed{\phantom{00}} \text{ м/с}$$

$$t = \boxed{\phantom{00}} \text{ с}$$

$$l = h_1 - h_2 = (v_1 - v_2) \cdot t = \left[ \boxed{\phantom{00}} \frac{\text{м}}{\text{с}} - \boxed{\phantom{00}} \frac{\text{м}}{\text{с}} \right] \cdot \boxed{\phantom{00}} \text{ с} = \boxed{\phantom{00}} \text{ м.}$$

**Обсудите результаты:**

1. Почему при определении расстояния до места нахождения сейсмографа использовали разность скоростей сейсмических волн?
2. На каком расстоянии в километрах от эпицентра землетрясения находится сейсмограф?

## Что вы узнали

\_\_\_ это звуковые волны с частотой выше 20 000 Гц. \_\_\_ это звуковые волны с частотой меньше 16 Гц. Впервые ультразвуковые локаторы были созданы с целью обнаружения \_\_\_. Волны, возникающие в земной коре в результате землетрясения или сильного взрыва, называются \_\_\_. Амплитуда колебаний, скорость, длина волны и частота колебаний сейсмических волн, возникающих в земной коре, определяются прибором, называемым \_\_\_.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Сейсмическая волна  
Ультразвук  
Сейсмограф  
Инфразвук  
Подводная лодка

## Проверьте свои знания

1. Какие природные явления являются источниками инфразвука?
2. Каково основное свойство ультразвука и чем он отличается от инфразвука?
3. Приведите примеры ультразвуковой локации.
4. Какой тип сейсмических волн наиболее опасен для человека? Почему?

## ПРОЕКТ

Подготовьте эссе, используя ресурсы Интернета, на тему «Мир животных и инфразвук».

## ОБОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

1. Определите соответствие:

I. Период колебания	II. Частота	III. Амплитуда
---------------------	-------------	----------------

- а – число полных колебаний в одну секунду;  
 б – максимальное отклонение маятника от положения равновесия;  
 в – время, затраченное маятником на одно полное колебание;  
 г – расстояние между двумя точками, наиболее удаленными от положения равновесия маятника;  
 д – отношение числа полных колебаний ко времени, затраченному на эти колебания.

- |              |            |         |
|--------------|------------|---------|
| А) I – б;    | II – а, д; | III – г |
| Б) I – в, д; | II – а;    | III – б |
| В) I – г, д; | II – а;    | III – в |
| Г) I – в;    | II – а, д; | III – б |
| Д) I – а, д; | II – в;    | III – б |

2. Частота колебания 0,04 Гц. Определите период колебания.

- А) 0,25 с    Б) 25 с    В) 40 с    Г) 2,5 с    Д) 4 с

3. Определите правильность выражений и выбирайте верные направления: если выражение правильное, в направлении «П», в противном случае – «Л».

