



MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII

Ион БОТГРОС, Виорел БОКАНЧА, Владимир ДОНИЧ, Виктор ЧУВАГА, Николае КОНСТАНТИНОВ

ФИЗИКА



УЧЕБНИК
ДЛЯ VII КЛАССА



CARTIER



MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII

Ион БОТГРОС

Виорел БОКАНЧА

Владимир ДОНИЧ

Виктор ЧУВАГА

Николае КОНСТАНТИНОВ

ФИЗИКА

Учебник для VII класса

Издание 5-е, пересмотренное и дополненное

CARTIER
e d u c a ț i o n a l

Acest manual este proprietatea Ministerului Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova.
Manualul școlar a fost elaborat în conformitate cu prevederile Curriculului la disciplină, aprobat prin ordinul Ministerului Educației, Culturii și Cercetării nr. 906 din 17 iulie 2019. Manualul a fost aprobat prin ordinul Ministerului Educației, Culturii și Cercetării Ordinul nr. 849 din 24 august 2020, ca urmare a evaluării calității metodic-științifice.

Comisia de evaluare:

Victor Ciuvaga (coordonator în perioada 29 aprilie – 15 iunie 2020),
grad didactic superior, IP Liceul Teoretic „Constantin Stere”, Soroca
Dumitru Untila, *grad didactic superior*, Instituția Privată Liceul Teoretic „Columna”, Chișinău
Andrei Petrușca, *grad didactic superior*, Liceul Teoretic „Principesa Natalia Dadiani”, Chișinău
Veaceslav Macrinici, *grad didactic superior*, IP Liceul Teoretic „Ion Luca Caragiale”, Orhei
Alexei Mihălache, doctor în științe fizice, *grad didactic superior*, IP Liceul Teoretic „Ștefan cel Mare”, Chișinău

CARTIER

Editura Cartier, SRL, str. București, nr. 68, Chișinău, MD2012.
Tel./fax: 20 34 91, tel.: 24 01 95. E-mail: cartier@cartier.md

Colecția *Cartier educațional* este coordonată de Viorica Goraș-Postică

Editor: Gheorghe Erizanu

Traducător: Evelina Bocancea

Lector: Iulia Vorobiova

Coperta: Vitalie Coroban

Design/tehnoredactare: Marina Darii

Prepress: Editura Cartier

Tipărit la Bons Offices

Ион Ботгрос, Виорел Боканча, Владимир Дониц, Виктор Чувага, Николае Константинов
ФИЗИКА. УЧЕБНИК ДЛЯ 7-ГО КЛАССА
Ediția a V-a, actualizată și completată, august 2020.

© 2020, 2018, 2012, 2007, 2002, Editura Cartier, pentru prezenta ediție. Toate drepturile rezervate.
Cărțile Cartier sunt disponibile în limita stocului și a bunului de difuzare.

Descrierea CIP a Camerei Naționale a Cărții:

Физика: Учебник для 7 класса / Ион Ботгрос, Виорел Боканча, Владимир Дониц [и др.]; traducător: Evelina Bocancea; comisia de experți: Virgil Cherpea; Министерство образования, культуры и исследований Республики Молдова. – Изд. 5-е, пересмотр. и доп. – [Кишинэу]: Cartier, 2020 (Типogr. „Bons Offices”). – 144 p.: fig. – (Cartier educațional / col. coord. de Viorica Goraș-Postică, ISBN 978-9975-79-896-9).
Apare din sursele financiare ale Min. Educației, Culturii și Cercet. al Rep. Moldova. – 9344 ex.
ISBN 978-9975-86-443-5.

53(075.3)

Ф 503

(Denumirea instituției de învățământ)

Acest manual a fost folosit:

Anul de folosire	Numele, prenumele elevului	Anul de studii	Starea manualului	
			La primire	La returnare

- Dirigintele clasei verifică dacă numele, prenumele elevului sunt scrise corect.
- Elevii nu vor face niciun fel de însemnări în manual.
- Aspectul manualului (la primire și la returnare) se va aprecia cu unul dintre următorii termeni: **nou, bun, satisfăcător, nesatisfăcător.**

Дорогие учащиеся!

С этим учебником, предназначенным для второго года изучения физики, вы продолжите ваше знакомство с законами, действующими в мире природы. Вы узнаете о разнообразии природных процессов и явлений и вещах, ставших известными только благодаря физике, – науке по праву признанной фундаментальной. Жизнь доказывает, что знание физики полезно не только специалистам технических областей; оно необходимо каждому человеку, независимо от сферы его интересов: будь-то искусство или политика, бизнес или наука, спорт или торговля.

К сожалению, в рамках уроков физики изучается большей частью ее использование в технике, в то время как гуманитарный потенциал остаётся нераскрытым. Целью же физики, как школьной дисциплины, остается интеллектуальное и духовное формирование сознания учащегося, который ежедневно соприкасается с окружающей действительностью. Предлагаемые учебником задания, включающие в себя анализ и исследование реальных ситуаций, встречающихся в повседневной жизни, помогут вам развить способность научного познания мира, узнать много интересного и полезного, самостоятельно решать различные практические задачи.

Содержание учебника кратко и доступно, сопровождается занимательными иллюстрациями, которые помогут вам освоить фундаментальную науку о законах природы и их использовании – физику.

Желаем успеха!

Авторы



Содержание

Глава 1. ДВИЖЕНИЕ И ПОКОЙ	6
Теоретическая часть.....	7
1.1. Положение тела в пространстве	7
1.2. Механическое движение	10
1.3. Описание механического движения	13
1.4. Равномерное прямолинейное движение. Скорость	16
1.5. Лабораторная работа „Определение средней скорости движущегося тела“	20
1.6. Графическое представление движения	21
Практическая часть	25
Найди решение	25
Обобщение.....	31
Суммативный тест	32
Дополнение	33
Глава 2. ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ.....	35
Теоретическая часть.....	36
2.1. Взаимодействие. Эффекты взаимодействия	36
2.2. Сила – векторная величина	38
2.3. Механическое равновесие. Условие равновесия	41
2.4. Сила тяжести. Вес	43
2.5. Сила упругости	46
2.6. Сила трения	49
2.7. Лабораторная работа „Градуировка динамометра“	52
2.8. Абсолютная погрешность	53
2.9. Лабораторная работа „Определение упругости пружины“ ..	54
Практическая часть	55
Найди решение	55
Обобщение.....	59
Суммативный тест	60
Дополнение	61
Глава 3. СТАТИКА ЖИДКОСТЕЙ	62
Теоретическая часть.....	63
3.1. Давление твердых тел	63
3.2. Гидростатическое давление	66
3.3. Атмосферное давление	69
3.4. Давление в газах. Закон Паскаля.....	71

3.5. Сообщающиеся сосуды. Гидравлические системы	74
3.6. Сила Архимеда. Плавание тел	76
3.7. Лабораторная работа „Определение плотности неизвестной жидкости с помощью закона Архимеда”	80
Практическая часть	81
Найди решение	81
Обобщение.....	86
Суммативный тест	87
Дополнение	88
Глава 4. МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА, МОЩНОСТЬ И МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ	90
Теоретическая часть.....	91
4.1. Механическая работа	91
4.2. Механическая мощность	95
4.3. Механическая энергия	98
4.4. Сохранение механической энергии	102
Практическая часть	106
Найди решение	106
Обобщение.....	112
Суммативный тест	113
Дополнение	114
Глава 5. ВРАЩАТЕЛЬНОЕ РАВНОВЕСИЕ	117
Теоретическая часть.....	117
5.1. Рычаг	118
5.2. Блок	121
5.3. Наклонная плоскость	124
5.4. Лабораторная работа „Определение работы активной силы и работы силы сопротивления, сравнение полученных значений”	126
Практическая часть	127
Найди решение	127
Обобщение.....	130
Суммативный тест	131
Дополнение	132
Основные физические понятия, изучаемые в курсе 7-го класса ...	136
План исследования в рамках проекта STEAM	140
План подготовки сообщения	141
Таблица плотности веществ	142
Ответы к упражнениям и задачам	143

Глава 1

ДВИЖЕНИЕ И ПОКОЙ

Теоретическая часть

- 1.1. Положение тела в пространстве
- 1.2. Механическое движение
- 1.3. Описание механического движения
- 1.4. Равномерное прямолинейное движение. Скорость
- 1.5. Лабораторная работа „Определение средней скорости движущегося тела“
- 1.6. Графическое представление движения

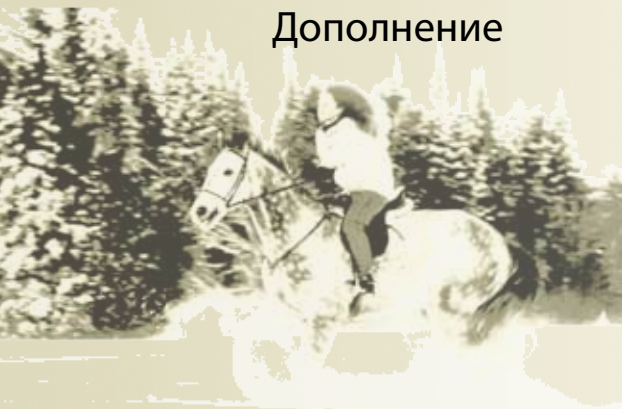
Практическая часть

Найди решение

Обобщение

Суммативный тест

Дополнение





Теоретическая часть

1.1. Положение тела в пространстве

Информация > В предыдущие годы на уроках Познания мира (II-V кл.) и Физики (VI кл.), вы изучали разнообразие природных и созданных руками человека объектов: звезды, Землю и другие планеты; воздух, горы, океаны, деревья, животных, здания, машины и многое другое – все это в физике называется физическими телами.

Любое физическое тело занимает определённое место в бескрайнем пространстве окружающего мира.

Запомни! > Место, в котором находится данное тело, является его положением в пространстве.

Ситуация 1 > На рис. 1 представлена схема салона автобуса и билет на маршрут „Кишинэу-Яшь”.

- Рассмотрите внимательно этот рисунок и ответьте на следующие вопросы.
- Где находится место, указанное в билете, относительно места водителя? А относительно входной двери автобуса?
- Определите, где находится место № 21 относительно места водителя автобуса? А относительно входной двери?
- Как расположены эти два места относительно центра автобуса?



Рис. 1

а)

б)

Вывод: Положение тела в пространстве может быть определено только относительно положения других тел.

Определение: > Тело, относительно которого определяется положение других тел, называется **телом отсчёта**.

В проанализированной выше ситуации входная дверь автобуса и водительское место, относительно которых может быть определено положение указанного в билете места, являются *телами отсчета* для тел, находящихся в салоне автобуса.

Далее проанализируем и другие ситуации из повседневной жизни.

Ситуация 2

По радио прозвучало сообщение: „На трассе Кишинэу-Орхей произошла дорожная авария” (рис. 2).

- Достаточно ли этих сведений для определения места аварии?
- Каким образом можно уточнить место аварии, чтобы спасательные службы, как можно быстрее, прибыли на помощь?

Для уточнения места аварии необходимо указать, на каком расстоянии от определенного населённого пункта (тела отсчета) оно находится. Эти сведения можно найти на километровых столбах, установленных на обочинах любой дороги. На рис. 3 представлены две стороны километрового столба, находящегося на трассе Кишинэу-Орхей.



Рис. 2

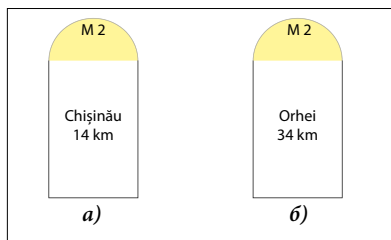


Рис. 3

Вывод: Для определения **положения тела** необходимо знать **расстояние от него до тела отсчета**.

Ситуация 3

На рис. 4, а, вы видите неисправный автомобиль и его владельца, вызывающего службу техпомощи. По пути из г. Бэлць в его родное село с автомобилем произошла серьезная поломка. Водитель сообщает службе техпомощи, что находится в 10 км от перекрестка.



Рис. 4

а)



б)

Бэлць

- Достаточно ли сведения, сообщаемые этим человеком, для точного определения его местонахождения (рис. 4, б).
- Какую дополнительную информацию должен знать работник техпомощи, подъехавший к перекрестку?

Вывод: Для определения **положения тела** необходимо знать не только **расстояние от него до тела отсчета**, но и его **ориентацию относительно тела отсчета**.



На практике ориентация положения тела на местности без ярко выраженных ориентиров (в лесу, на море и т. п.) определяется с помощью компаса. Для этого нужно установить компас на определенное место (тело отсчета) и определить угол между линией, направленной в сторону севера и условной линией, направленной в сторону местонахождения данного тела (дерево на рис. 5, а и дом на рис. 5, б).

Северное направление указывает окрашенный кончик стрелки компаса.

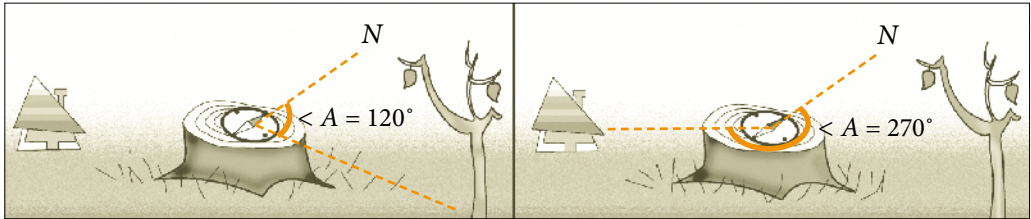


Рис. 5.

а)

б)

Запомни!

Для определения точного **положения** тела необходимо знать его **ориентацию** относительно тела отсчета и **расстояние** между этими телами.

Узнай больше!

В геодезии и географии, угол, с помощью которого можно определить положение тела в пространстве, называется азимутом. Азимут измеряется в градусах относительно северного направления – от 0° до 360° по часовой стрелке, при этом восток соответствует 90°, юг – 180°, а запад – 270°.

В астрономии с помощью азимута определяется положение звезд на небе (рис. 6). Для этого еще необходимо знать угловую высоту. Так же определяется местоположение летящего объекта, например, самолета. (рис. 7).



Рис. 6. Координаты звезды

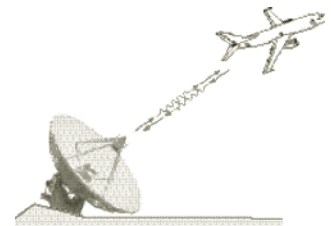


Рис. 7. Определение положения самолета с помощью радара

Расстояние до объекта измеряется с помощью радара.

Проверь свои знания

1. Дайте определение понятию „тело отсчета“. Приведите примеры.
2. Объясните, что означает понятие „положение данного тела“. Приведите примеры.
3. Приведите 2-3 примера положения тела относительно различных тел отсчета.
4. Что необходимо знать для определения положения тела на плоскости?
5. Как определяется положение тела?
6. С помощью компаса определите положение различных тел, лежащих на столе относительно:
 - а) угла стола;
 - б) центра стола.

1.2. Механическое движение

Информация

В природе встречаются различные движущиеся тела. Планеты Солнечной системы, включая Землю, движутся вокруг Солнца, Луна движется

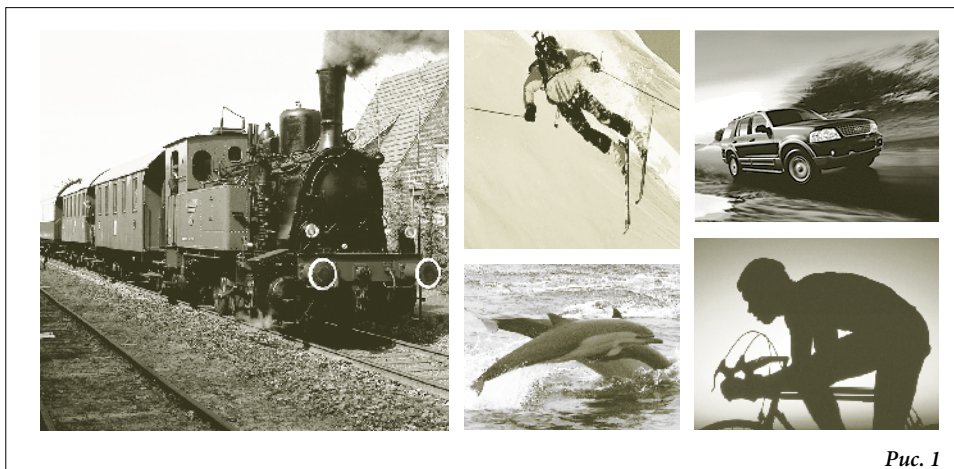


Рис. 1

вокруг Земли; в небе летают самолёты, дети бегают на спортплощадке; поезда движутся по железной дороге, а машины – по шоссе; в реках течет вода и т.д. Общим для этих тел является одно – **движение**.

Ситуация 1

- Рассмотрите внимательно какое положение занимают три тела: автомобиль, мяч и Луна (рис. 2-4).
- Что происходит с положением каждого из этих тел через некоторое время?
- Сформулируйте вывод.

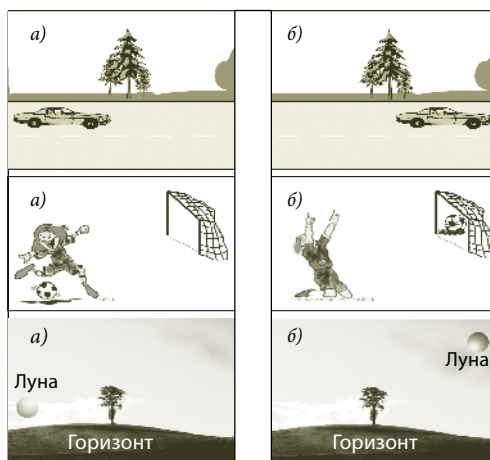


Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

Определение:

Изменение положения тела во времени относительно других тел называется **механическим движением**.

Узнай больше!

Движение является фундаментальным физическим понятием. Механическое движение – **это самый простой** вид движения в окружающем нас мире.

Ситуация 2

- На рис. 5 вы видите, как по улице одновременно проезжают троллейбус и автомобиль.
- Проанализируйте внимательно эту ситуацию.
- Что происходит с положением троллейбуса относительно памятника Штефану Великому?



Рис. 5

а)

б)

в)

- Что происходит с положением автомобиля относительно троллейбуса?

Вывод: Одно и то же тело может быть одновременно **в состоянии движения** относительно одного тела отсчёта и **в состоянии покоя** относительно другого.

Когда тело **изменяет** свое положение относительно избранного тела отсчета, говорят, что оно находится **в состоянии движения**. Тело, находящееся в состоянии движения и физическими характеристиками которого можно пренебречь, называется движущимся телом. В случае, если положение тела **не изменяется** относительно тела отсчета, говорят, что тело находится относительно него **в состоянии покоя**.

Ситуация 3

- На рис. 6 представлено движение автомобиля по шоссе Кишинэу-Хынчешть.
- Определите положение автомобиля в 9.00 и в 9.10.
- В котором часу автомобиль достиг 30-го километра?

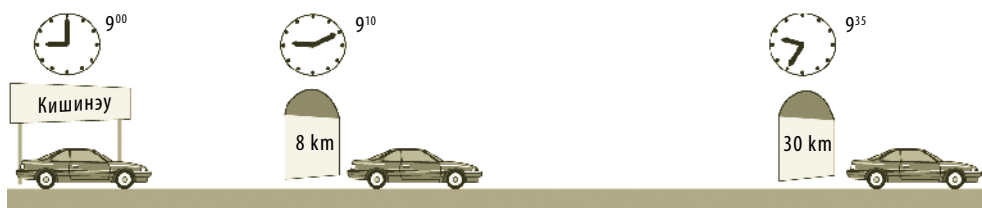


Рис. 6

а)

б)

в)

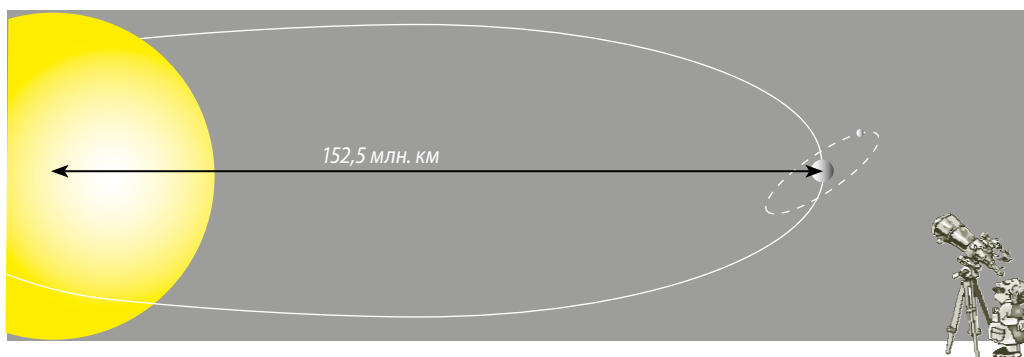
Вывод: Изменение положения тела относительно тела отсчёта происходит в определённый **промежуток времени**.

Например, если принять за тело отсчёта указатель у выезда из города Кишинэу, промежуток времени, необходимый автомобилю для прохождения расстояния до отметки 8 км, будет составлять 10 минут. Для измерения очень коротких промежутков времени обычно используется **секундомер**, обладающий большой точностью.

1.3. Описание механического движения

Информация > Зачастую движение тела оказывается гораздо более сложным явлением, чем может показаться с первого взгляда, и его описание бывает затруднительно. Для решения этой проблемы физики идут на некоторые упрощения.

Приведём пример подобного упрощения. Автомобиль длиной 4 м отъехал от Кишинева на 100 км. Пройденное им расстояние в 25 000 раз больше его длины. Переместимся в Космос: расстояние от Земли до Солнца примерно в 25 000 раз больше радиуса Земли. В обоих случаях разница



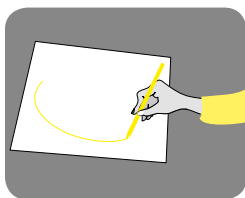
между размерами движущихся тел и расстояниями до тел отсчёта настолько велика, что размерами этих тел можно пренебречь. Таким образом, и автомобиль, и Земля, как и другие движущиеся тела, в подобных условиях могут быть представлены в виде **точки**.

Определение: > *Тело, размерами которого в данных условиях можно пренебречь, называется **материальной точкой**.*

- Ситуация 1** >
- На рисунках ниже вы видите лайнер, плывущий в открытом море и под мостом в проливе.
 - Можем ли мы пренебречь размерами лайнера при расчете пути, пройденного им в море? А под мостом?



Вывод: В некоторых случаях размерами тела можно пренебречь: тело можно условно считать **материальной точкой** и представлять графически в виде точки. Например, полёт самолёта на большой высоте относительно наблюдателя, стоящего на земле, может считаться движением точки в небесном пространстве.



Движение тел в природе очень различно, и описание их представляет собой важную для человеческой деятельности практическую задачу.

Любое тело движется в пространстве по определённой линии. Например, линия, прочерченная авторучкой по листу бумаги, является линией движения кончика авторучки.

Определение: > Линия, описываемая телом во время движения, называется **траекторией**.

Ситуация 2 > • На рисунках ниже вы видите движущиеся корабль и самолет.

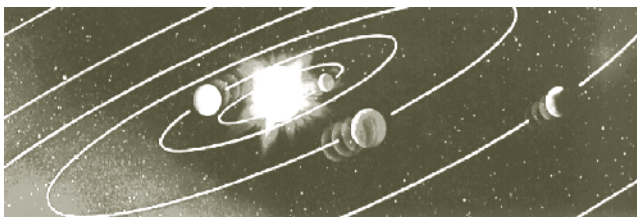


- Сравните их траектории.
- Обсудите с коллегой по парте формы этих траекторий.

Запомни! > • Если траекторией движущегося тела является прямая линия, движение называется **прямолинейным**.

• Если траекторией движущегося тела является кривая линия, движение называется **криволинейным**.

Самым простым случаем криволинейного движения является **движение по окружности**. Траектория этого движения представляет собой окружность. Примером движения по окружности может служить движение концев часовых стрелок. Траектории движения планет в некоторой степени также схожи с окружностями.



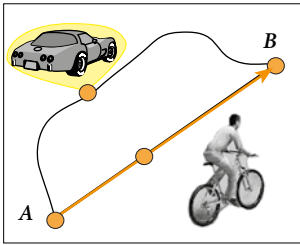


Рис. 1

На рис. 1 представлены траектории движения автомобиля и велосипеда из пункта *A* в пункт *B*. Автомобиль движется по криволинейному шоссе, преодолевая определенное расстояние (длина шоссе со всеми поворотами). Велосипедист движется по прямой, проезжая путь равный отрезку между точками *A* и *B*. Таким образом, чтобы добраться из одной точки в другую, тела могут передвигаться по разным траекториям, преодолевая при этом разные расстояния.

Определения:

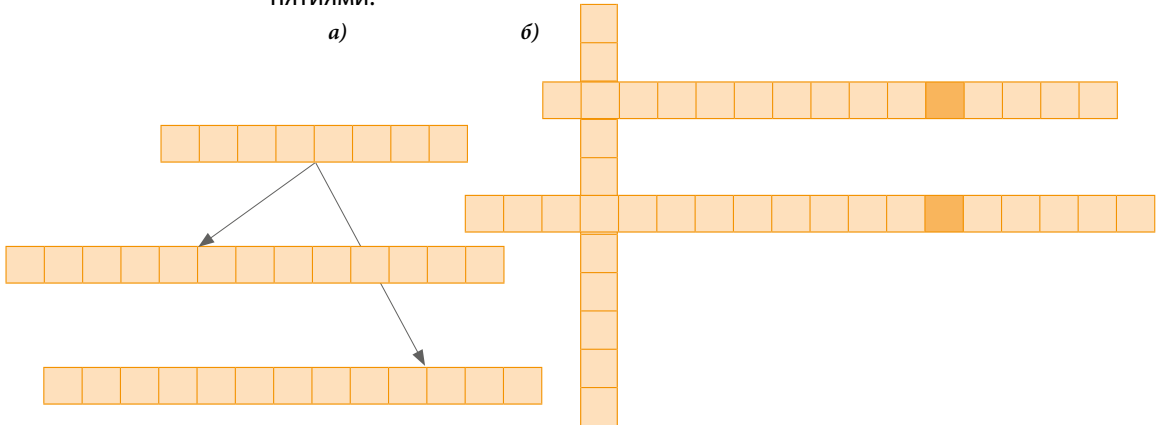
Длина траектории тела называется **пройденным путем**.

Запомни!

Физическая величина **пройденный путь** согласно Международной системе единиц измерения (СИ) измеряется в **метрах**.

Проверь свои знания

1. Перенесите в тетрадь и заполните пустые клеточки изученными понятиями.



2. Приведите примеры тел, которые могут считаться в определенных условиях материальными точками.
3. Что такое траектория?
4. Как классифицируются траектории? Приведите примеры каждого вида.
5. Какие виды механического движения существуют в зависимости от траектории движущегося тела?
6. Дайте определение понятию „пройденный путь”. Приведите 2-3 примера.
7. Путник прошел 4 км на юг, 3 км – на запад и 1 км – на север. Определите: а) расстояние, пройденное путником; б) положение конечной точки пути по сравнению с начальной.

1.4. Равномерное прямолинейное движение. Скорость

Информация

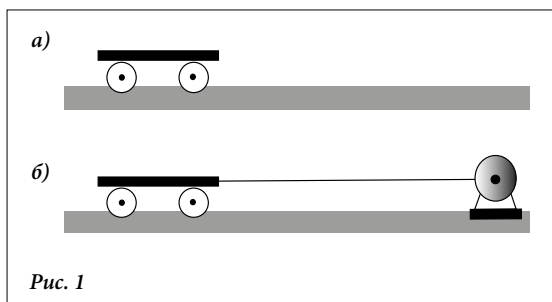
Из предыдущего параграфа вы знаете, что движение любого тела имеет свою траекторию. В зависимости от её формы механическое движение может быть **прямолинейным** или **криволинейным**. Например, поезд идёт прямолинейно по прямому участку железной дороги, а автомобиль движется



по изогнутому шоссе криволинейно. Таким образом, траектория является одной из характеристик механического движения.

Эксперимент 1

На столе стоит тележка (рис. 1). Проанализируем два случая:



1. Тележку толкнули, и она движется прямолинейно по поверхности стола (рис. 1, а).
2. Эта же тележка, соединенная длинной нитью с осью электрического моторчика, движется также прямолинейно (рис. 1, б).

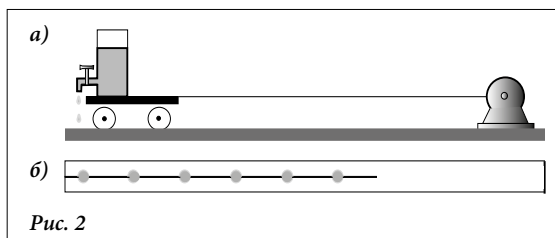
Опишите и сравните прямолинейное движение этой тележки в обоих случаях.

Вывод:

В первом случае тележка замедляет свое движение и останавливается. Во втором случае тележка не изменяет своего движения.

Эксперимент 2

Один конец нити крепится к тележке, другой – к оси электрического мотора (рис. 2, а). В сосуд с краном наливается тушь. Кран открыт таким образом, чтобы из него через равные промежутки времени капало по одной капле. Тележка, приведённая в движение мотором, оставляет за собой на бумажной ленте капли туши (рис. 2, б). Какие выводы можно сделать о движении тележки, наблюдая за следами туши, оставленными на бумаге?



Определение:

Движение, при котором физическое тело проходит равные отрезки пути за любые равные промежутки времени, называется **равномерным движением**.

В природе равномерное движение встречается очень редко. Как пример можно привести движение молекулы между двумя поочередными толчками, движение часовой стрелки. Приблизительно равномерным может быть движение поезда на определенном участке железной дороги, движение автомобиля на прямом участке шоссе, полёт самолёта, набравшего нужную высоту.

Примеры неравномерного движения в природе гораздо более многочисленны. Так, поезд, отправившийся со станции, проходит за равные промежутки времени всё большие и большие расстояния (поезд ускоряет движение), и наоборот, прибывающий на станцию, за равные промежутки времени проходит расстояния всё меньшие и меньшие (поезд замедляет движение). То же самое происходит и с самолётом во время взлёта и посадки, и с автомобилем, когда он трогается с места и останавливается, проходит поворот и т.д.

Определение: Движение, при котором физическое тело проходит различные расстояния за одинаковые промежутки времени, называется **неравномерным движением**.

Ситуация 1 • На рисунке ниже представлены два движущихся равномерно по прямолинейной траектории тела: пешеход и велосипедист.



- Сравните промежутки времени, за которые они проделали свой путь.
- Как движется велосипедист по сравнению с пешеходом?
- Приведите примеры движущихся физических тел, которые за такой же промежуток времени могут проделать больший путь, чем велосипедист.

Вывод: Два случая равномерного движения могут отличаться друг от друга **быстротой**.

Определение: Физическая величина, которая характеризует **быстроту** движения тела, называется **скоростью**.

При прямолинейном движении скорость количественно равна отношению между пройденным путём (d) и промежутком времени (t), потраченным телом на прохождение данного пути. Скорость обозначается буквой v .

Запомни! При равномерном движении численное значение скорости всегда **постоянно**.

Это утверждение имеет следующую математическую форму:

Скорость = $\frac{\text{пройденный путь}}{\text{время}}$ или $v = \frac{d}{t}$

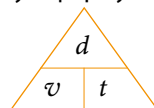




Рис. 3

Другими словами, скорость показывает, какой путь проделывает движущееся тело за определённую единицу времени. Единицей измерения скорости в СИ служит 1 метр в секунду.

Таким образом:

$$[v] = \frac{[d]_{\text{СИ}}}{[t]_{\text{СИ}}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Запомни!

1 м/с – это скорость тела, которое преодолевает 1 метр пути за 1 секунду.

Скорость измеряется с помощью **спидометра** (рис. 3)

Из отношения $v = \frac{d}{t}$ следует, что пройденный телом путь $d = v \cdot t$.

Таким образом, зная скорость движущегося тела и измерив время с момента его отправления от тела отсчета, можно найти расстояние пройденное этим телом относительно тела отсчета за любой промежуток времени.

Запомни!

Выражение $d = v \cdot t$ указывает на зависимость пройденного пути от времени.

Этот закон выражает отношение трех физических величин: пройденного пути, скорости и времени движения.

Узнай больше!

Когда физическое тело движется неравномерно, его скорость на различных отрезках пути различна. Например, автомобиль, проделывая путь от Кишинэу до Орхея, развил на некоторых отрезках пути скорость 80 км/ч, а на других – меньшую. Доехав до Орхея за час, он прошел путь, равный 48 км. В этом случае говорят, что автомобиль двигался по шоссе Кишинэу – Орхей со средней скоростью 48 км/ч.

Определение:

Физическая величина равная отношению между общим пройденным телом расстоянием и промежутком времени, в которое это расстояние было пройдено, называется **средней скоростью**.

$$\text{Средняя скорость} = \frac{\text{общий пройденный путь}}{\text{общее время}} \quad \text{или} \quad \vec{v}_{\text{ср}} = \frac{d_{\text{об}}}{t_{\text{об}}}.$$

Решенная задача

Велосипедист, двигаясь прямолинейно и равномерно, проезжает 200 м за 40 с. Найдите: а) скорость велосипедиста; б) расстояние, пройденное мотоциклистом в этот же промежуток времени, если его скорость в два раза больше скорости велосипедиста.

Дано:

$$d_1 = 200 \text{ м}$$

$$t_1 = 40 \text{ с}$$

$$t_2 = t_1$$

$$\frac{v_2 = 2v_1}{\text{а) } v_1 = ?}$$

$$\text{б) } d_2 = ?$$

Решение:

а) Из формулы скорости $v = \frac{d}{t}$ для велосипедиста получим: $v_1 = \frac{200 \text{ м}}{40 \text{ с}} = 5 \text{ м/с}$.

б) Из формулы скорости $v = \frac{d}{t}$, применив мемо-треугольник

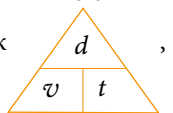
находим расстояние: $d = v \cdot t$.

Для мотоциклиста, $d_2 = v_2 \cdot t_2$.

Подставив данные задачи, получаем:

$$d_2 = 2v_1 \cdot t_1; \quad d_2 = 2 \cdot 5 \text{ м/с} \cdot 40 \text{ с} = 400 \text{ м}.$$

Ответ: а) $v_1 = 5 \text{ м/с}$; б) $d_2 = 400 \text{ м}$.



Узнай больше!

Путь автомобиля с того момента, когда водитель замечает, что необходимо остановиться, до полной остановки, называется остановочным путем. Его длина во многом зависит от скорости автомобиля. Например, при движении транспорта по сухому асфальту при скорости 60 км/ч остановочный путь составит примерно 44 м, а при скорости 90 км/ч – до 86 м. Для автобусов и грузовиков с прицепом это расстояние еще больше. Время, необходимое для остановки удлиняется и в случае невнимательности шофера, будь то из-за усталости, плохого самочувствия или приема определенных лекарств или алкоголя. Другой причиной, влияющей на остановочный

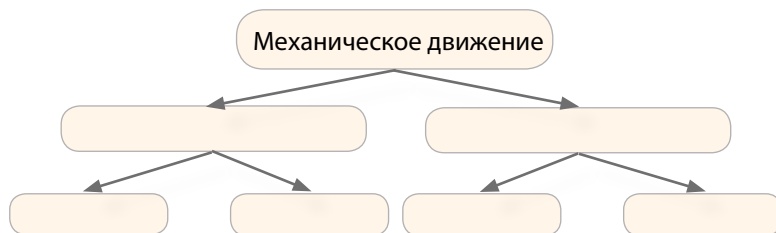


Рис. 4

путь, может быть плохая видимость на дороге из-за тумана или дождя, различные препятствия (рекламный щит, впереди идущая машина). Поэтому на определенных участках дороги, например, вблизи школ, на подъезде к пешеходным переходам, стоят дорожные знаки, ограничивающие скорость (рис. 4). По той же причине в границах населенных пунктов скорость движущегося транспорта не должна превышать 50 км/ч. Учитывая, что автомобиль не может остановиться мгновенно, будьте внимательны, переходя дорогу, обращайте внимание, на каком расстоянии от вас находятся машины и с какой скоростью они движутся. При переходе через железнодорожные пути надо быть еще более осторожными, т.к. остановочный путь поезда составляет целый километр.

Проверь свои знания

1. Заполните в тетради схему:



2. Дайте определение понятиям „равномерное движение” и „неравномерное движение”. Приведите 3-4 примера.
3. Чем отличается равномерное прямолинейное движение от неравномерного прямолинейного? Чем могут отличаться два прямолинейных равномерных движения?
4. Определите скорость прямолинейного равномерного движения. Какова единица ее измерения в СИ?
5. Запишите математическое выражение и назовите физические величины, характеризующие закон равномерного прямолинейного движения.
6. Зная, что скорость автомобиля равна 25 м/с, определите время прохождения им расстояния в 60 км.
7. Велосипедист проехал расстояние между двумя населенными пунктами в 63 км за 1 ч. 15 мин. Определите его среднюю скорость.

1.5. Лабораторная работа „Определение средней скорости движущегося тела”

Цель работы: определение средней скорости шара.

Приборы и материалы: желоб 1-1,5 м, штатив, шар (металлический или пластмассовый), тело в виде цилиндра или параллелепипеда, измерительная рулетка, секундомер.

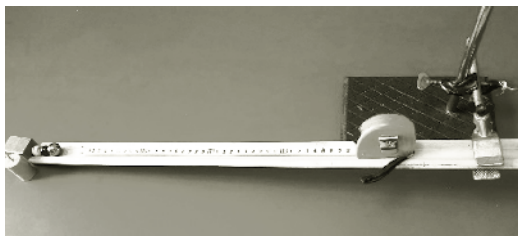


Рис. 1

Теоретические данные:

Физическая величина равная отношению между общим расстоянием, пройденным телом, и соответствующим ему промежутком времени, называется средней скоростью.

$$v_{cp} = \frac{d_{общ}}{t_{общ}}$$

Ход работы:

1. Смонтируйте экспериментальную установку (рис. 1). Угол наклона желоба не должен быть большим (высота примерно 1-2 см на метр длины).
2. Установите цилиндр (или параллелепипед) в конце желоба.
3. Отметьте карандашом отправную точку качения шара, учитывая его диаметр, и измерьте расстояние, которое он должен пройти до столкновения с препятствием.
4. Одновременно с запуском секундомера отпустите шар катиться. Остановите секундомер в момент, когда услышите звук столкновения шара с цилиндром, установленным в нижней части желоба. Зафиксируйте показания секундомера.
5. Вычислите среднюю скорость шара.
6. Повторите два раза измерения, описанные в пунктах 3 и 4, для того же начального положения шара, всякий раз вычисляя его среднюю скорость.
7. Вычислите среднее значение средней скорости и погрешности в измерениях.
8. Запишите полученные результаты в таблицу 1.
9. Запишите примеры вычислений, окончательный результат и сформулируйте вывод.

Таблица 1. Результаты измерений и вычислений

№	$d, \text{ м}$	$t, \text{ с}$	$v_{cp}, \text{ м/с}$
1.			
2.			
3.			
Средние значения			

Примеры вычислений:

$$v_{cp1} =$$

$$v_{cp2} =$$

$$v_{cp3} =$$

$$\overline{v}_{cp} = \frac{v_{cp1} + v_{cp2} + v_{cp3}}{3} =$$

Вывод:

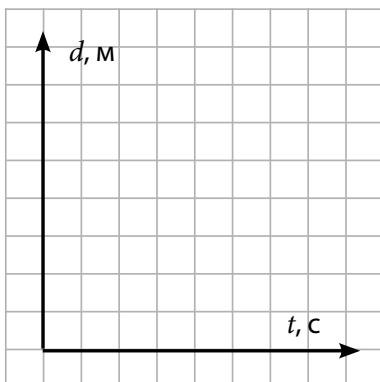
1.6. Графическое представление движения

Анализируй ситуацию

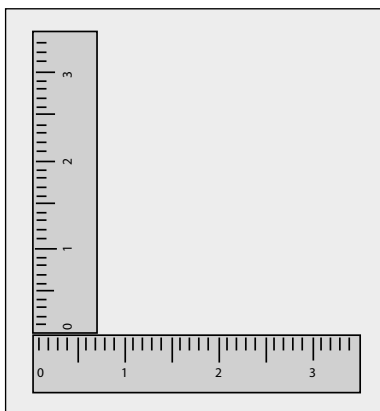
Велосипедист двигался равномерно по дороге со скоростью 5 м/с. Начальное положение велосипедиста совпадает с положением тела отсчета.

- Заполните таблицу.

$t, \text{с}$	0	1	2	3	4	5	6
$d, \text{м}$	0						



- Постройте в тетради систему из двух перпендикулярных осей, пересекающихся на отметке «ноль». Стрелки на концах осей указывают направление увеличения значений.
- **На горизонтальную ось** нанесите в порядке увеличения численные значения времени, а **на вертикальную ось** – численные значения расстояния, на котором находится велосипедист относительно тела отсчета. Важно выбрать для каждой оси подходящий масштаб (рис. 1).



Масштаб выбирается независимо для каждой оси, учитывая максимальные значения таблицы.

В нашем случае длина оси времени составляет 6 см, при этом максимальное значение времени, согласно таблице, равно 6 секундам. Значит, отрезку оси в 1 см может соответствовать 1 с времени.

Таким образом, отрезку в 1 см на оси времени соответствует одна секунда, а отрезку 3 см – 3 секунды и т.д.

В нашем примере максимальное значение пройденного велосипедистом пути равно 30 м.

Длина оси пути – 6 см (рис. 1). Значит, отрезку в 1 см на оси соответствуют 5 м пути.

Для построения **графика** пройденного велосипедистом пути необходимо найти точки, которые соответствуют парным значениям времени и пройденного пути, указанным в таблице.

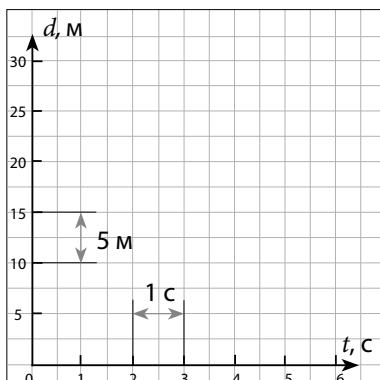


Рис. 1

Практическая деятельность

Через точку $t = 6$ с, находящуюся на горизонтальной оси (рис. 2), проведите пунктирную линию, параллельную оси пройденного пути. Затем через точку $d = 30$ м, находящуюся на вертикальной оси и соответствующую значению $t = 6$ с из таблицы, проведите пунктирную линию параллельно оси времени. Они пересекутся в определенной точке (6 с, 30 м).

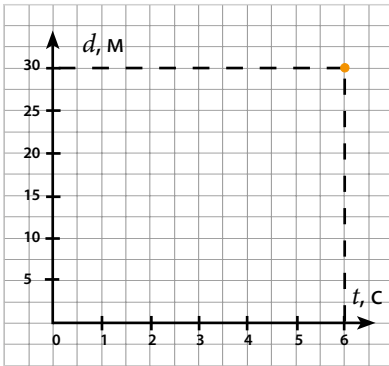


Рис. 2

- Действуя таким же образом, постройте другие точки, которые будут соответствовать остальным парным значениям из таблицы.
- Сколько всего получилось точек?
- Что вы получите, соединив эти точки?

Запомним!

Графиком пройденного пути при равномерном движении является **прямая линия**.

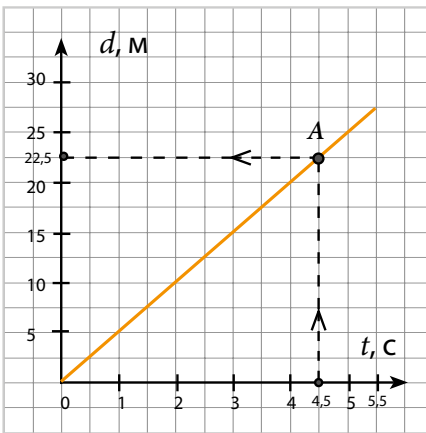
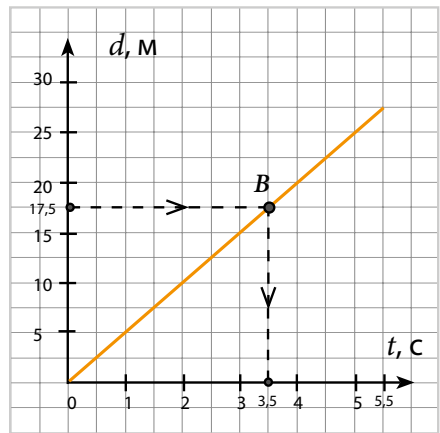


Рис. 3

а)



б)

С помощью этого графика можно определить **пройденный путь** тела за любой промежуток времени.

Например, начертив график пройденного велосипедистом пути, мы можем определить путь, пройденный им за 4,5 с. Для этого через точку $t = 4,5$ с, находящуюся на оси времени, проводим пунктирную линию, параллельную оси пройденного пути. Обозначаем буквой А точку пересечения этой линии с графиком движения. Затем проведём через эту точку линию, параллельную оси времени. Точка $d = 22,5$ м, полученная при пересечении этой линии с осью пройденного пути, указывает путь, проделанный велосипедистом за 4,5 с (рис. 3, а).

С помощью графика пройденного пути можно узнать и **время**, за которое движущееся тело проделало определённый путь.

Например, зная график пройденного велосипедистом пути, можем узнать время, за которое он проехал путь $d = 17,5$ м.

Для этого проведём через точку $d = 17,5$ м, находящуюся на оси пройденного пути, пунктирную линию, параллельную оси времени. Обозначим буквой В точку, в которой пересеклись график движения и эта линия. Из точки В проведем пунктирную линию, параллельную оси пути. Точка $t = 3,5$ с, полученная при пересечении этой линии и оси времени, указывает время, необходимое велосипедисту для преодоления пути $d = 17,5$ м.

Вывод: Графическое представление равномерного движения позволяет легко определить путь, пройденный физическим телом за любой промежуток времени, и, наоборот, определить время, потраченное физическим телом на преодоление определенного пути.

График скорости

В случае равномерного движения график скорости представляет собой линию параллельную оси времени (рис. 4).

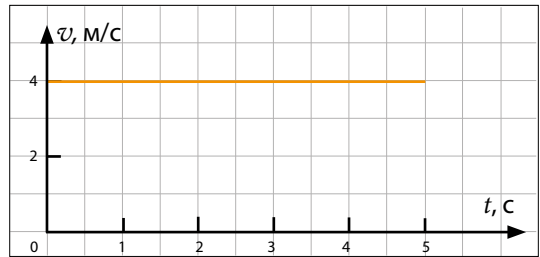


Рис. 4

Решенная задача

Определите скорость тела, чье движение представлено на рис. 5. Постройте этот график в тетради. В этой же системе координат постройте график пути, пройденного другим телом, которое на 8 с позже отправилось с того же места и с той же скоростью.

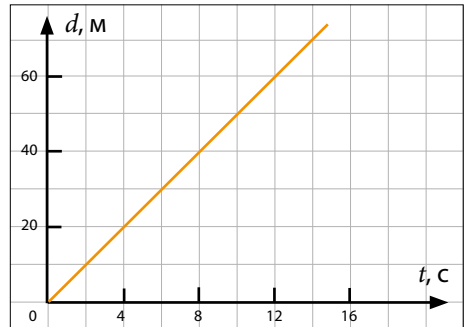


Рис. 5

Дано:

График движения тела 1

$$\Delta t = 8 \text{ с}$$

а) v_1 - ?

б) график движения тела 2 - ?

в) график скорости тела 1 - ?

Решение:

а) С помощью графика определяем расстояние пройденное телом 1 за 12 с:

$$d_1 = 60 \text{ м (точка А, рис. 6).}$$

Используя формулу скорости, вычислим скорость движущегося тела 1:

$$v_1 = \frac{60 \text{ м}}{12 \text{ с}} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

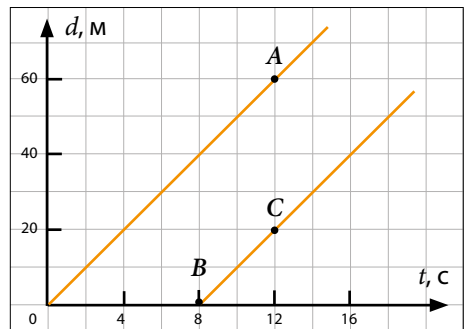


Рис. 6

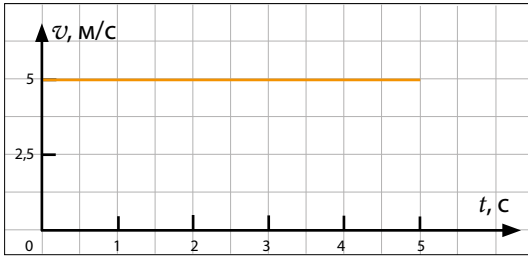


Рис. 7

б) Поскольку тело 2 начало движение на 8 с позже тела 1, график его движения начинается из точки В. Расстояние, пройденное телом 2 за 4 с (момент, который соответствует времени 12 с для тела 1) равно:

$$d_2 = 5 \text{ м/с} \cdot 4 \text{ с} = 20 \text{ м (точка С).}$$

Построив из точки В прямую, которая проходит через точку С, получим график движения второго тела.

в) График скорости первого тела представлен на рис. 7.

Проверь свои знания ➤

1. Используя график пройденного велосипедистом пути, построенный в тетради, найдите:

- путь, проделанный велосипедистом за 1,5 с, 5,5 с и 0,5 с;
- время, потраченное велосипедистом на путь 10 м.

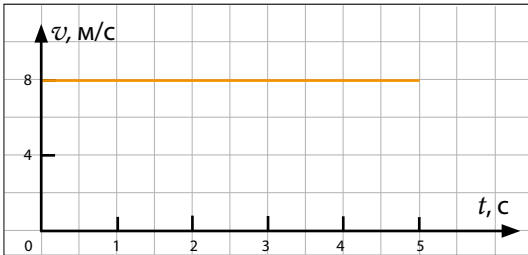


Рис. 8

2. Используя карандаш другого цвета, постройте в той же системе координат график пути, пройденного велосипедистом для случая, когда он движется равномерно со скоростью 10 м/с.

- Сравните полученный график с предыдущим.
- Сформулируйте соответствующий вывод.

3. На рис. 8 изображен график зависимости скорости тела от времени. Как двигалось это тело и какой путь был им пройден за 5 с?

4. На рис. 9 изображен график зависимости пройденного пешеходом пути от времени. Определите скорость пешехода.

5. В таблице представлены численные значения, характеризующие движение двух тел, которые движутся равномерно и в одном направлении.

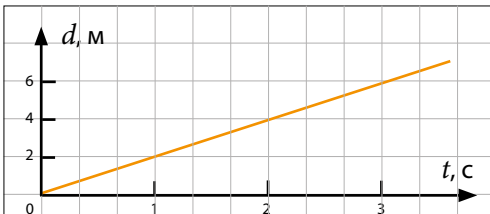


Рис. 9

	$t, \text{ с}$	0	2	4	6	8	10
Тело 1	$d_1, \text{ м}$	0	8	16	24	32	40
Тело 2	$d_2, \text{ м}$	4	10	16	22	28	34

- Представьте в одной системе координат, графики пути пройденного каждым из тел.
- Определите, чья скорость больше.
- На каком расстоянии находятся движущиеся тела относительно друг друга в моменты времени: $t_0 = 0 \text{ с}$, $t_1 = 2 \text{ с}$, $t_2 = 4 \text{ с}$;
- Что означает точка пересечения графиков?

Практическая часть

Найди решение

В этом параграфе представлены различные ситуации, которые могут произойти в повседневной жизни. Их решение основывается на знаниях, полученных на предыдущих уроках физики. Изучите их, рассмотрите, исследуйте и найдите подходящее решение.

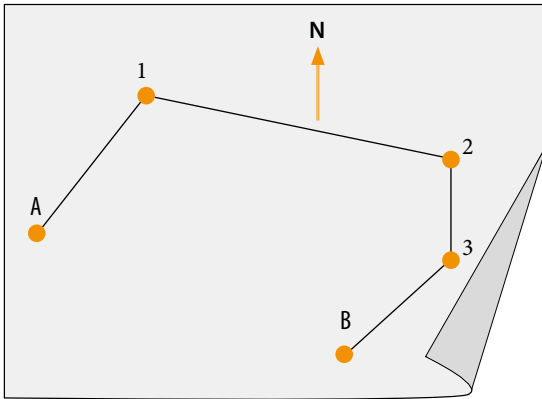
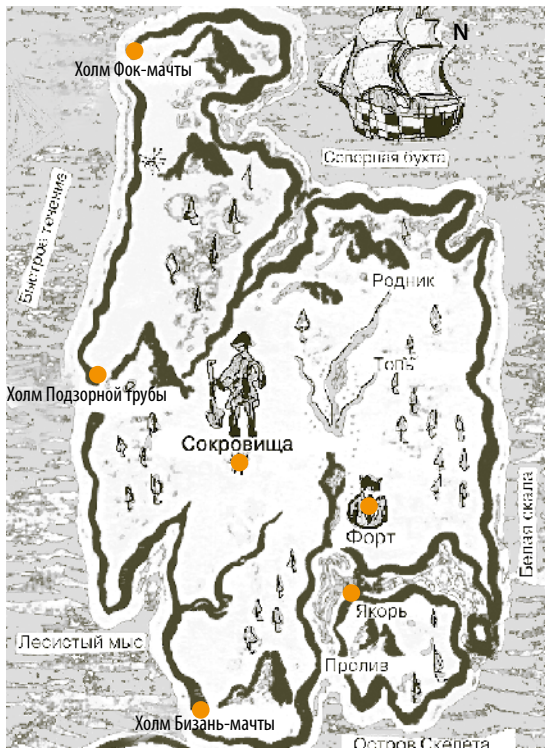


Рис. 1



1. Турист, взяв с собой компас, отправился из пункта *A* в пункт *B* по маршруту, обозначенному на рис. 1. Зная, что каждый сантиметр чертежа соответствует 1 км, определите расстояние, пройденное туристом на каждом отрезке пути, и весь пройденный путь. Определите положения точек 1, 2 и 3 относительно точки отправления.
2. Найдите на карте Республики Молдова свой город или село. Определите ориентацию близлежащих населенных пунктов относительно него и расстояние до них.
3. На рисунке ниже представлена карта острова из знаменитого приключенческого романа Р.Л. Стивенсона „Остров сокровищ”. Опишите положение форта, якоря, холмов Фок-мачты и Бизань-мачты относительно места, где спрятаны сокровища (1 см карты = 1 км).
4. Начертите на отдельном листе бумаги план кабинета физики. С помощью необходимых инструментов определите положение любых трех тел, находящихся в кабинете, и укажите их на плане. Определите положение второго тела относительно первого, а также третьего тела относительно второго.

5. Малыш, который едет с родителями в автобусе, удивленно кричит: «Мама, деревья бегут!». Назовите несколько тел отсчёта, относительно которых деревья движутся. Как вы думаете, почему слова ребёнка нам кажутся на первый взгляд абсурдными?
6. Назовите физические тела:
 - а) находящиеся в состоянии покоя по отношению к Земле, но в то же время движущиеся относительно других тел;
 - б) находящиеся в состоянии движения по отношению к Земле, но в то же время покоящиеся относительно других тел.
7. Автомобиль движется по шоссе. В каких условиях автомобиль может быть принят за материальную точку? Приведите примеры, когда автомобиль не может считаться материальной точкой.
8. Группа туристов прошла 5 км на север, затем 3 км на запад и 1 км на юг. Нарисуйте в тетради схему ее маршрута, вычислите пройденный путь и положение конечного пункта относительно начального.

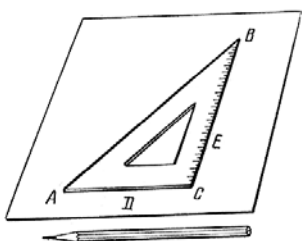


Рис. 2

9. С помощью угольника, карандаша и листа бумаги формата А4 выполните следующий опыт. Положите угольник на лист бумаги и отметьте карандашом точки D и E рядом со сторонами, составляющими прямой угол (рис. 2).

- а) Переместите кончик карандаша из точки D к точке E вдоль сторон треугольника в направлении $DABE$.
- б) Определите путь, пройденный кончиком карандаша.
- в) Сравните пройденный путь с расстоянием DE .

10. С помощью двух одинаковых линеек средней длины (30-35 см) и небольшого деревянного бруска в форме прямоугольного параллелепипеда размерами 40 x 25 x 8 мм выполните следующий опыт. Разместите линейки на столе и брусок сверху одной из линеек, как показано на рис. 3, а. Затем передвиньте свободную линейку вдоль другой линейки на определенное расстояние. То же проделайте с бруском, стоящим на неподвижной линейке (рис. 3, б).

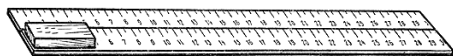
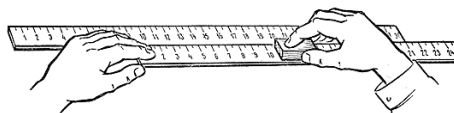


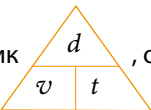
Рис. 3, а)



б)

Определите:

- а) путь, пройденный бруском относительно сдвинувшейся линейки;
- б) путь, пройденный движущейся линейкой относительно другой, находящейся в покое;
- в) путь, пройденный бруском относительно линейки, находящейся в покое.

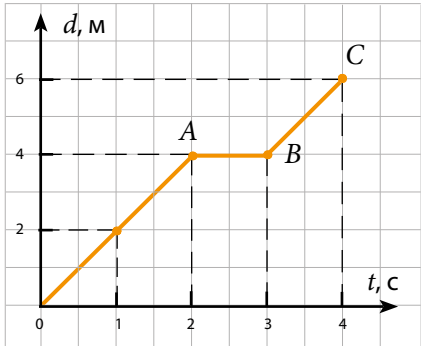
11. Используя мемо-треугольник , определите:

- а) $v =$ б) $t =$ в) $d =$.

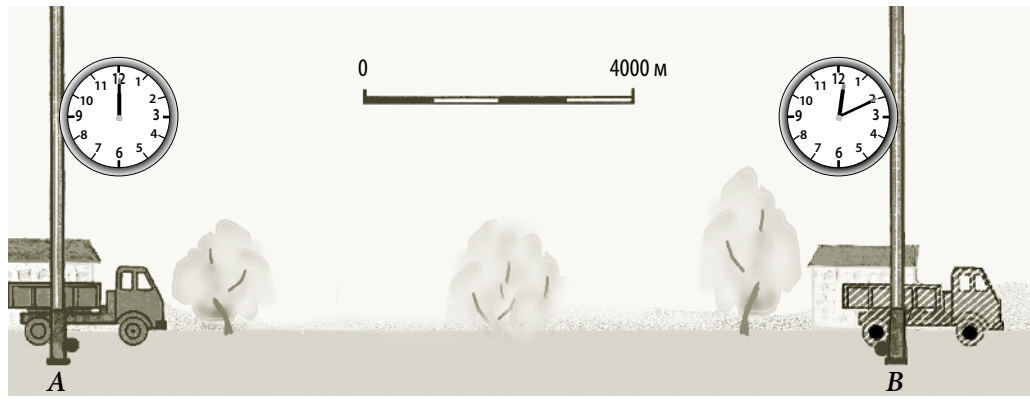
12. Наряду с единицей измерения скорости в СИ (м/с) на практике используется единица км/ч. Переведите 1 км/ч в м/с, и наоборот.
13. Пешеход, двигаясь прямолинейно и равномерно, прошел за 12 мин путь в 360 м. Определите его скорость.
14. Расстояние от Земли до Луны составляет 384 000 км. Определите время, необходимое лучу света для преодоления этого пути, если известно, что скорость света равна 300 000 км/с.
15. Земля движется вокруг Солнца со скоростью 30 км/с. Какой путь проделывает Земля за 1 час?
16. Опишите график движения велосипедиста, представленный на рис. 4.



Рис. 4



17. На рисунке ниже зафиксированы моменты времени, в которые грузовик, двигаясь равномерно, миновал пункты А и В. Используя указанный масштаб, определите скорость грузовика.



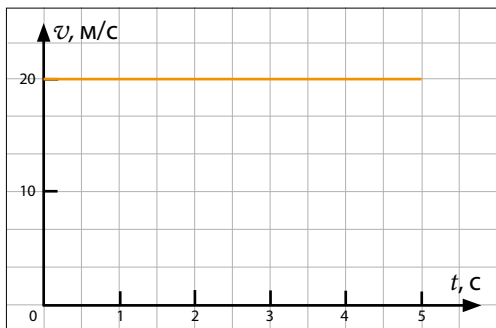


Рис. 5

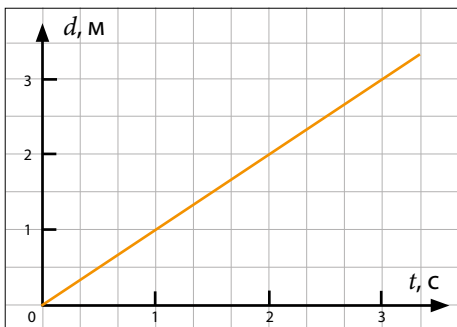


Рис. 6

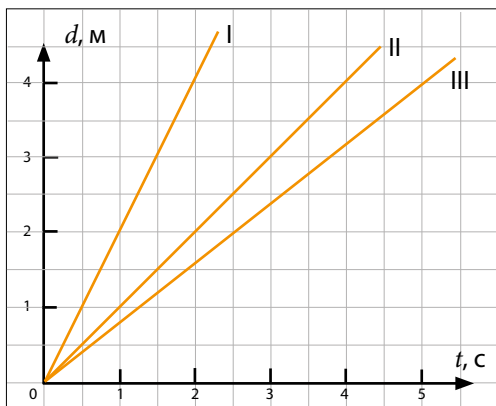


Рис. 7



Рис. 8

18. Самолет летел 30 мин со скоростью 450 км/ч, затем 150 км со скоростью 600 км/ч. Определите:

- его пройденный путь;
- его среднюю скорость.

19. Мотоциклист движется равномерно со скоростью 20 м/с в течение 10 мин, затем останавливается. Отдохнув 5 мин, он снова отправляется в путь и едет в течение 20 мин со скоростью 15 м/с.

- Нарисуйте график движения мотоциклиста.
- Определите его среднюю скорость.



20. На рис. 5 представлен график скорости автомобиля.

- Определите скорость автомобиля.
- Какое расстояние проезжает автомобиль за 5 с?

21. На рис. 6 представлен график равномерного движения пешехода.

- Определите вид движения пешехода.
- Определите его скорость.

22. На рис. 7 представлены графики движения трех тел.

- Какое из этих тел движется с наибольшей скоростью?
- Вычислите скорость каждого тела.
- Каково расстояние между движущимися телами при $t = 2$ с.

23. На рис. 8 представлены графики движения двух тел. Определите:

- их скорость;
- положение тел при $t_0 = 0$;
- время и место встречи;
- * время, когда расстояние между телами будет $d = 20$ м.



24. Мотоциклист отправился из населенного пункта A со скоростью 15 м/с . Через 2 мин из того же населенного пункта отправился со скоростью 20 км/ч автомобиль. Постройте графики пройденного ими пути. Определите:
- время, через которое автомобиль догнал мотоциклиста;
 - на каком расстоянии от населенного пункта A произошла эта встреча.

25. Ученик идет из школы домой со скоростью 1 м/с . Он должен перейти дорогу, по которой едет автомобиль со скоростью 20 м/с . Может ли произойти несчастный случай, если ребенок находится в 20 м , а автомобиль в 400 м от точки пересечения их траекторий? Начертите график движения ученика и автомобиля. Соблюдает ли шофер правила дорожного движения?

26. Велосипедист объехал вокруг жилого дома, имеющего форму квадрата со стороной 250 м .
- Начертите в тетради траекторию движения велосипедиста.
 - Можно ли считать велосипедиста материальной точкой по сравнению с велосипедом? А по сравнению с пройденным путем?
 - Считая движение велосипедиста равномерным, подсчитайте расстояние, проделанное им за $1/2$ общего промежутка времени его пути.

27. Два автомобиля движутся по прямому шоссе в одном направлении таким образом, что расстояние между ними не изменяется. Проанализируйте эту ситуацию и ответьте на вопросы:
- Относительно какого тела второй автомобиль находится в состоянии покоя? А в состоянии движения?
 - Вычислите скорость первого автомобиля, если известно, что за 5 мин он преодолел расстояние в 6 км .
 - Вычислите путь, пройденный вторым автомобилем за 10 мин .
 - Чему равен путь, пройденный каждым автомобилем за 20 мин ?

28. Проанализируйте путь, пройденный пешеходом (рис. 9) и выполните задания.
- Опишите движение пешехода на каждом отрезке дороги.
 - Определите скорость пешехода на каждом отрезке дороги.
 - Вычислите среднюю скорость пешехода на всем протяжении пути.

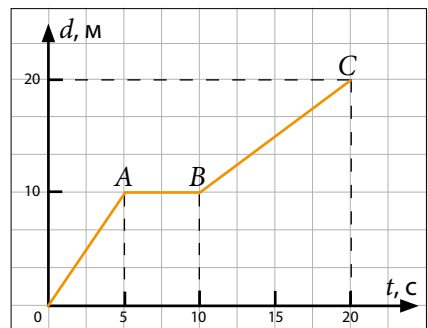


Рис. 9

29. На рис. 10 изображены три тела, движущиеся прямолинейно.

- Определите начальное положение этих трех тел относительно бензозаправки.
- Вычислите, через сколько времени и где встретятся:
 - автомобиль с грузовиком;
 - автомобиль с мотоциклом.

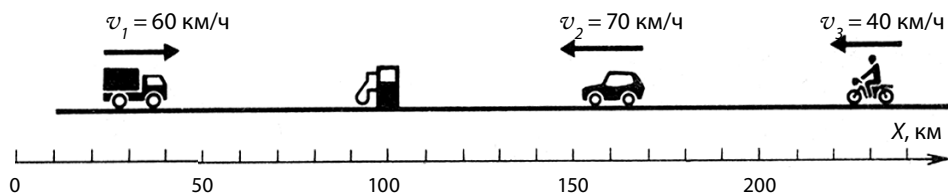
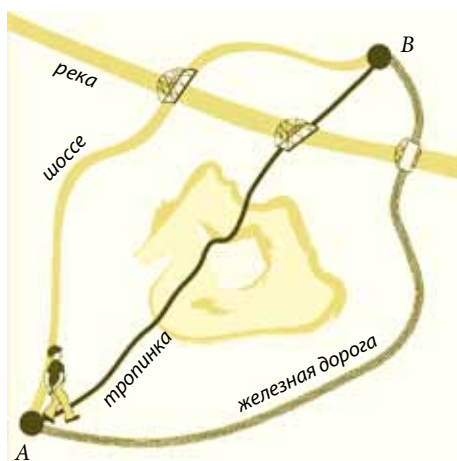


Рис. 10



30. Представьте себе, что вам надо попасть из пункта *A* в пункт *B* (см рис. рядом). Вы можете сделать это разными способами, т.к. в вашем распоряжении имеются:

- велосипед, на котором до пункта *B* можно доехать по шоссе за два часа, а по тропинке – за час;
- поезд, который преодолевает расстояние от пункта *A* до пункта *B* за час.

Какое решение вы примете, чтобы сэкономить время? Проанализируйте два случая:

- ясная погода;
- ненастье, дождь.

Дополнительные условия:

- поезд отправляется из пункта *A* каждые два часа;
- во время дождя на велосипеде можно ехать только по шоссе.

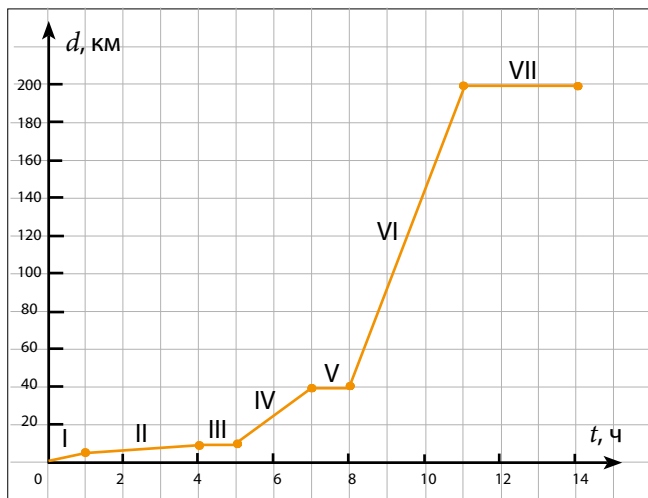


Рис. 11

31. Используя график, приведённый на рис. 11, ответьте на следующие вопросы:

- Какой была скорость туриста на каждом отрезке пути?
- Какова его средняя скорость на всём пути?
- Как вы думаете, каким видом транспорта пользовался турист на каждом отрезке пути?
- Через какое время турист прибыл на место отдыха, и на каком расстоянии от дома оно находится?

Обобщение

Точка взлета для самолета, **станция отправления** для поезда, **линия старта** для велосипедиста представляют собой **тела отсчета**, относительно которых определяется положение каждого из этих тел.

Когда самолет находится на взлетной полосе, поезд – на станции отправления, велосипедист – на линии старта, считается, что эти физические тела находятся **в состоянии покоя**. В то время, когда самолет, поезд и велосипедист **изменяют свое положение** относительно тел отсчета, они находятся **в состоянии движения**. Для определения положения самолета, поезда или велосипедиста во время движения, каждого из них представляют как одно целое, пренебрегая размерами и деталями. Физическое тело, размерами которого можно пренебречь, называют **материальной точкой**.

Линия, по которой относительно тела отсчета движется самолет, поезд или велосипедист, называется **траекторией** движения.

В зависимости от траектории тела его механическое движение определяется как **прямолинейное движение** или **криволинейное**.

Длина траектории, по которой движется тело за промежуток времени t , называется **пройденным путем**. Пройденный путь характеризуется только **численным значением**, которому сопутствует единица измерения длины. На международном уровне единицей измерения длины признан **метр** (м). Таким образом, пройденный путь записывается: 150 м, 300 м и т.д.

Если в каждый из равных интервалов времени $t_1 = t_2 = \dots$ тело проходит равные отрезки пути $d_1 = d_2 = \dots$, будь то по прямолинейной траектории или по криволинейной, такое механическое движение называется **равномерным**. Наоборот, если в каждый из равных интервалов времени $t_1 = t_2 = \dots$ тело проходит неравные отрезки пути $d_1 \neq d_2 \neq \dots$, движение этого тела называется **неравномерным**.

При равномерном движении некоторые тела движутся быстрее, чем другие, например, самолет быстрее, чем поезд, а поезд, в свою очередь, обычно движется быстрее, чем велосипедист. Физическая величина, характеризующая **быстроту** движения физических тел, называется **скоростью**.



$$\text{Скорость} = \frac{\text{пройденный путь}}{\text{промежуток времени}} \quad \text{или} \quad v = \frac{d}{t}.$$

Выражение $d = v \cdot t$ указывает на зависимость пройденного пути от времени.

Графиком прямолинейного равномерного движения тела является **прямая линия**.

При равномерном движении численное значение скорости постоянно. Единицей измерения скорости, согласно Международной системе единиц, является 1 м/с.

Система, состоящая из тела отсчета и инструментов для измерения расстояний, углов и промежутков времени, называется в физике **системой отсчета**.

Дополнение

Характеристики скорости (прямая действия и направление)

Ситуация 1

Футболист может придать мячу определенную скорость в различных направлениях, вдоль различных прямых (рис. 1). Мяч может двигаться вдоль прямых (A), (B), (C) или (D).

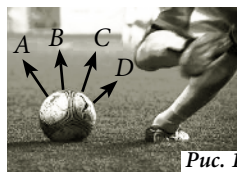


Рис. 1

Определение:

Прямая действия скорости – это прямая, вдоль которой перемещается движущееся тело в данный момент, а также все параллельные ей прямые.

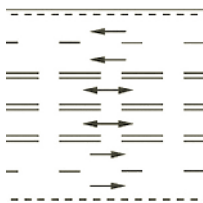
Направление скорости указывает, в какую именно сторону этой прямой перемещается движущееся тело.

Таким образом, одна прямая действия имеет два направления (рис. 2, а, б, в). Пример:

- на шоссе, которое соединяет города Сорока и Кишинэу, есть два направления движения: к Кишинэу и к Сороке;
- в горизонтальном направлении есть понятия „налево“ и „направо“;
- по руслу реки можно двигаться в направлении по течению и против течения.



Рис. 2 а)



б)



в)

Вывод: Скорость движущегося тела характеризуется:

- численным значением;
- единицей измерения;
- прямой действия;
- направлением.

В схемах движения скорость представлена как направленный отрезок прямой. Длина этого отрезка пропорциональна величине скорости (рис. 3).

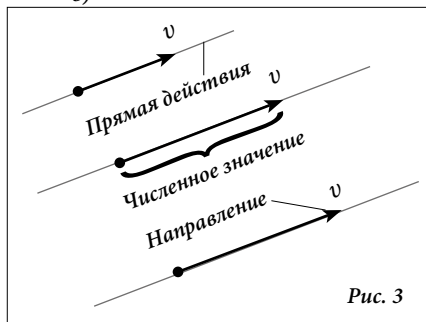


Рис. 3

Сложение коллинеарных скоростей

Если скорости находятся на одной прямой или на параллельных прямых (имеют одну прямую действия), они являются коллинеарными.

Ситуация 1 Скорости v_1 и v_2 , указанные на рис. 4 а, имеют одну прямую действия и одинаковое направление. В этом случае суммарная скорость v имеет ту же прямую действия и имеет то же направление, что и скорости v_1 и v_2 , а ее численное значение складывается из численных значений скоростей v_1 и v_2 . $v = v_1 + v_2$

Ситуация 2 Скорости v_1 и v_2 , указанные на рис. 4 б, имеют одинаковые прямые действия, но направления их противоположны. В этом случае суммарная скорость v будет иметь одинаковую с ними прямую действия, а ее направление будет таким же, как у скорости, чье численное значение больше. Значение суммарной скорости равно разнице между скоростями v_1 и v_2 . $v = v_1 - v_2$

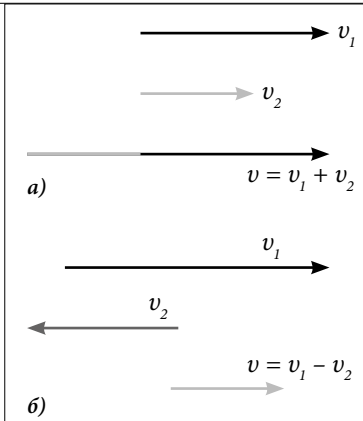


Рис. 4

Закон прямолинейного равномерного движения

Определение:

Величина, которая определяет положение точки на числовой оси относительно ее начала, называется **координатой**.

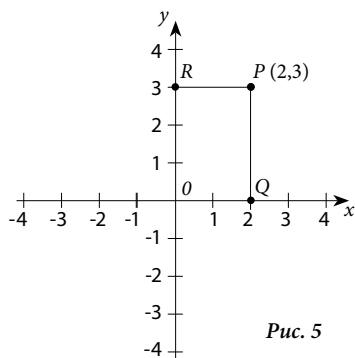
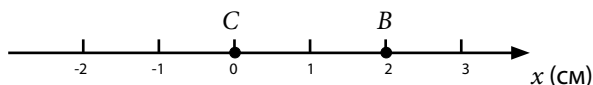


Рис. 5

На рисунке ниже, у точки B координата 2, а у точки C координата 0. Обозначаем $B(2)$ и $C(0)$.



Значение координаты равно расстоянию от начала оси до положения на ней данной точки. На рис. 5 представлены две взаимно перпендикулярные оси OX и OY . Исходные точки этих осей совпадают.

Точка Q имеет координаты $x = 2$ и $y = 0$; $Q(2;0)$.

Точка R имеет координаты $x = 0$ и $y = 3$; $R(0;3)$.

Точка P имеет координаты $x = 2$ и $y = 3$; $P(2;3)$.

Ситуация 3

Мария наблюдает, как движется улитка по прямой горизонтальной доске (рис. 6). Имея под рукой рулетку и секундомер, она измерила и записала данные о расстоянии, на котором находилась улитка относительно нулевой отметки (координата x) в разные моменты времени.

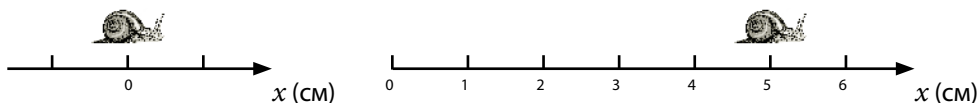


Рис. 6

$t, \text{с}$	0	10	20	30	40	50
$x, \text{см}$	0	5	10	15	20	25

В результате наблюдений, Мария приходит к выводу, что для определения расстояния, пройденного улиткой в определенный промежуток времени (например, с $t_0 = 10$ с до $t = 30$ с) достаточно вычислить разницу между конечной координатой ($x = 15$ см) и начальной ($x_0 = 5$ см) для данного промежутка.

$$d = x - x_0 \quad (1)$$

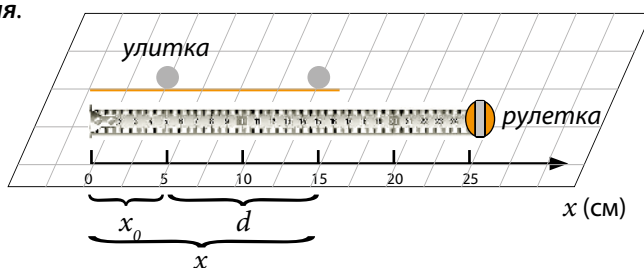
$$d = 15 \text{ см} - 5 \text{ см} = 10 \text{ см}.$$

Подставив уравнение (1) в формулу скорости, получим:

$$v = \frac{d}{t} = \frac{x - x_0}{t - t_0}. \quad (2)$$

Из выражения (2), получаем: $x = x_0 + v \cdot (t - t_0)$. (3)

Выражение (3) представляет собой **Закон равномерного прямолинейного движения**.



Глава 2

ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Теоретическая часть

- 2.1. Взаимодействие.
Эффекты взаимодействия
- 2.2. Сила – векторная величина
- 2.3. Механическое равновесие.
Условие равновесия
- 2.4. Сила тяжести. Вес
- 2.5. Сила упругости
- 2.6. Сила трения
- 2.7. Лабораторная работа
„Градуировка
динамометра”
- 2.8. Абсолютная погрешность
- 2.9. Лабораторная работа
„Определение упругости
пружины”

Практическая часть

- Найди решение
- Обобщение
- Суммативный тест
- Дополнение



Теоретическая часть

2.1. Взаимодействие. Эффекты взаимодействия

Информация ➤ Один из популярных видов спорта в Европе – футбол в баллонах (Bubble football) (рис. 1). Посмотрите внимательно, как взаимодействуют баллоны (рис. 1, а):

- первый баллон действует на второй, вызывая его деформацию;
- второй баллон действует на первый, также вызывая его деформацию;
- в результате изменяется состояние движения обоих баллонов (рис. 1, б).



Рис. 1 б)

Определение: ➤ Воздействие физических тел друг на друга называется **взаимодействием**.

Рассмотренные только что взаимодействия произошли путем прямого контакта между телами.

Информация ➤ Луна – естественный спутник Земли. Земля действует на Луну на расстоянии посредством гравитации. В свою очередь и Луна действует на Землю, вызывая морские приливы и отливы (рис. 2).

Запомни! ➤ *Способность к взаимодействию – это всеобщее свойство физических тел, которое может быть реализовано:*

- при прямом контакте;
- на расстоянии.

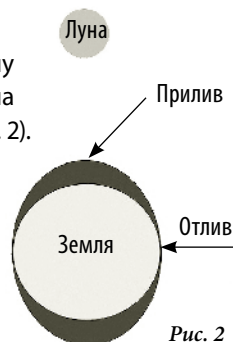
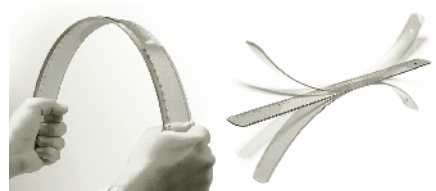


Рис. 2

Эффекты (последствия) взаимодействия тел могут быть двух видов:

- **динамический эффект**, который состоит в изменении характеристик движения тел (скорость, траектория движения);
- **статический эффект**, состоящий в деформации тел, т.е. изменении их формы (размеров).

Определение: ➤ *Изменение формы (размеров) тела под действием других тел называется **деформацией**.*



а)

Деформации делятся на **упругие** и **пластические**:

- деформация, которая исчезает при прекращении взаимодействия (тело возвращается в прежнюю форму), называется упругой деформацией (рис. 3, а);
- деформация, которая остается при прекращении взаимодействия, называется пластической (необратимой) деформацией (рис. 3, б).

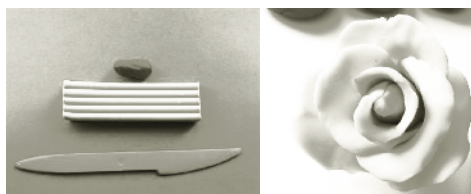


Рис. 3 б)

Эксперимент

Устанавливаем пружину в вертикальном положении (рис. 4). К верхнему концу пружины закрепляем поднос; устанавливаем на него тело массой 1 кг и измеряем, насколько уменьшилась длина пружины. Заменяем груз на тело массой 2 кг и снова измеряем, насколько уменьшилась длина пружины.

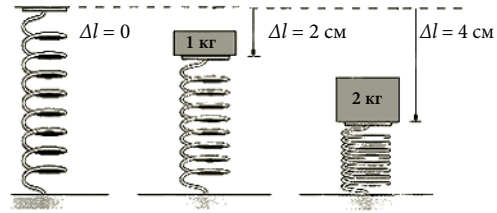
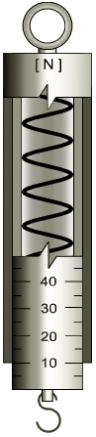


Рис. 4



а)



б) Рис. 5

Вывод: Эффект действия (взаимодействия) тела – деформация пружины – настолько больше, насколько сильнее взаимодействие, т.к. при удвоении массы груза, эффект также удвоился.

Следовательно, мы можем сравнивать взаимодействия между телами, основываясь на их последствиях (эффектах).

Определение: Физическая величина, которая характеризует интенсивность действия одного тела на другое, называется **силой**.

Сила (обозначается буквой F) – это величина взаимодействия тел. Единица измерения силы в СИ называется **ньютон** (Н), в честь знаменитого английского ученого Исаака Ньютона (1642–1727).

$$[F]_{SI} = \text{Н}$$

Сила измеряется с помощью **динамометра** (рис. 5). Слово динамометр происходит от греческих слов „динамис“ – сила и „метреу“ – измеряю. Главной деталью динамометра является упруго деформируемая пружина. Существуют и электронные динамометры (рис. 6).

Запомни! Эффект силы зависит от ее величины.

Проверь свои знания



Рис. 6

1. Что мы называем взаимодействием?
2. Определите:
 - а) статический и динамический эффекты взаимодействий;
 - б) упругую и пластическую деформацию.
3. Как называется физическая величина, которая характеризует интенсивность взаимодействия между телами? Каковы ее единицы измерения? Назовите ее кратные и дольные единицы.
4. Определите: пределы измерения, цену одного деления и абсолютную инструментальную погрешность медицинского динамометра (рис. 7). Запишите результат измерения силы.



Рис. 7

5. Приведите примеры упругих и пластических деформаций из вашего опыта.
6. Выразите в единицах СИ: 200 мН, 0,4 кН, 5 гН, 0,06 МН, 8000 мН, 0,06 кН.

2.2. Сила – векторная величина

Эксперимент

Проанализируем, что происходит с пружиной, закрепленной горизонтально (рис. 1). Если мы действуем на пружину с силой F_1 (в данном случае, силой руки) (рис. 1, а), мы видим, что пружина сокращается. Действуя на пружину с силой F_2 (рис. 1, б), мы удлиняем ее. Под действием силы F_3 (рис. 1, в) пружина удлиняется под углом к горизонтальной поверхности.

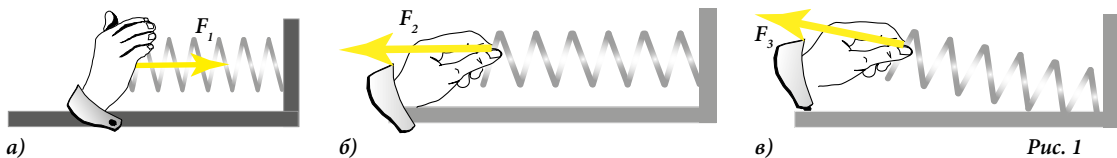


Рис. 1

Вывод: Результат действия силы на упругое тело зависит не только от ее численного значения, но и от прямой, вдоль которой она действует, и направления действия.

Эксперимент

Возьмите деревянный брус и попытайтесь изменить его положение, действуя поочередно с одинаковой силой (например, с помощью карандаша) на его разные точки А, В, С (рис. 2). Как поведет себя брус в этих трех случаях?

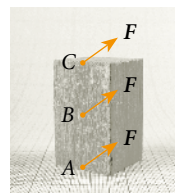


Рис. 2

Вывод: Результат воздействия силы на тело зависит не только от ее величины и направления, но и от точки приложения.

Запомни!

Эффект силы зависит от ее численного значения, прямой, вдоль которой она действует, и направления действия, и от точки, в которой возникает данное взаимодействие (точка приложения) (рис. 3).

Определение:

Физические величины, которые характеризуются не только численными значениями и единицами измерения (как скалярные величины), но и ориентацией (прямая и направление действия), называются векторными физическими величинами.

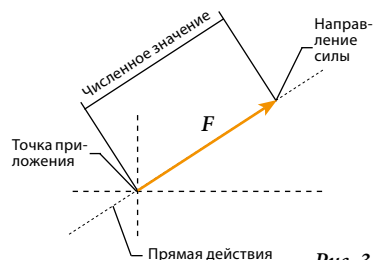


Рис. 3

Сила – это векторная физическая величина и обозначается буквой F со стрелкой сверху (\vec{F}). Как любая векторная величина сила может быть представлена графически (рис. 4) в виде направленного отрезка, который имеет следующие характеристики:

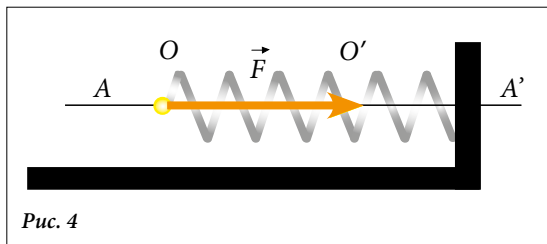
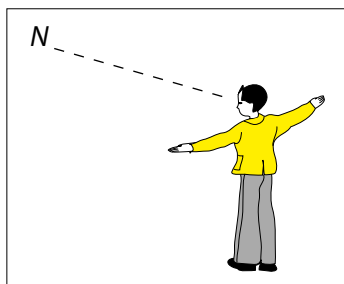


Рис. 4

- **точка приложения** (т. O), которая является началом вектора (специфично для данной физической величины);
- **прямая действия** (прямая AA' , на которой находится направленный отрезок, и все прямые параллельные ей);
- **направление** этого отрезка, которое указывается стрелкой (на рисунке обозначено направление слева направо);
- **численное значение** (длина отрезка OO');
- **единица измерения** (Ньютон).

Практическая деятельность

- Рассмотрите внимательно изображение рядом.
- Попробуйте занять то же положение.



- По какой *прямой* ориентированы ваши руки?
- Какое *направление* указывает ваша правая рука? Какое – левая?
- Вдоль какой *прямой* вы смотрите?
- Куда *направлено* ваше лицо? А ваш затылок?
- Вдоль какой *прямой* ориентировано ваше тело?
- Каково *направление* вашей головы? Ваших ног?

Вывод: Любая прямая в пространстве соответствует два противоположных направления.

Численное значение силы обозначается $|\vec{F}|$ или просто F .

Запомни!

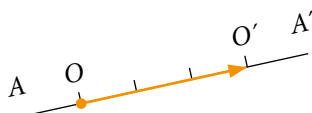


Рис. 5

Векторные величины (рис. 5) характеризуются:

- началом (точка приложения O);
- прямой действия (прямая AA');
- направлением (указывается стрелкой от A до A');
- численным значением (длина отрезка OO');
- единицей измерения.

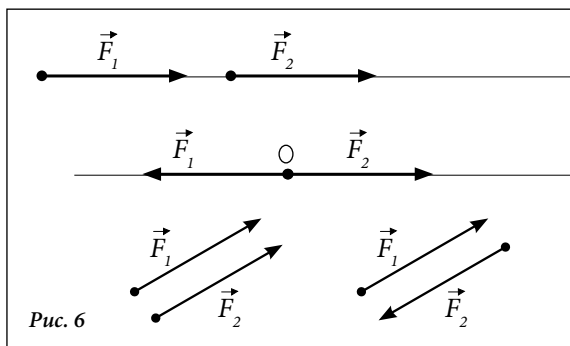
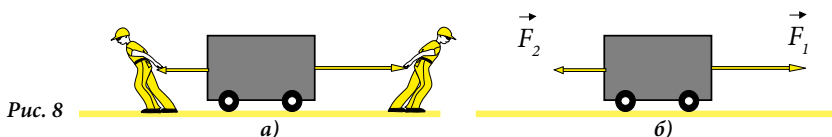
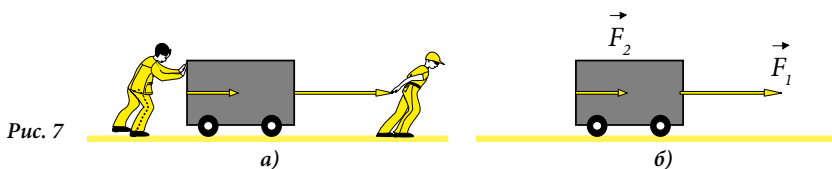


Рис. 6

Коллинеарными силами называются силы, направленные вдоль одной прямой или параллельные друг другу (рис. 6).

В повседневной жизни часто встречаются ситуации, когда на тело одновременно воздействуют две коллинеарные силы, которые могут иметь одно направление (рис. 7 а, б) или *противоположные* направления (рис. 8 а, б).



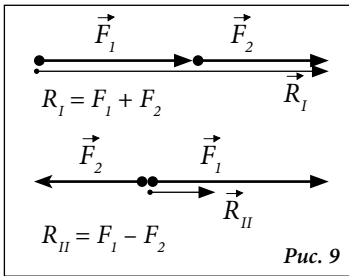
Запомни!

Воздействие обеих сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 может быть выражено с помощью одной силы, называемой *результуирующей силой* \vec{R} .

Эффект этой силы аналогичен эффекту воздействия на это физическое тело двух сил вместе. Численное значение результирующей силы определяется в зависимости от направления этих двух сил. Если их направления совпадают, результирующая сила $R = F_1 + F_2$. Если силы действуют в противоположных направлениях: $R = F_1 - F_2$ (если $F_1 > F_2$) или $R = F_2 - F_1$ (если $F_2 > F_1$).

Решенная задача

Двое рабочих воздействуют на тележку силами равными $F_1 = 50$ Н и $F_2 = 20$ Н (рис. 7 и 8). Найдите численные значения и направления действия результирующей силы в обоих случаях.



Дано:
 $F_1 = 50$ Н
 $F_2 = 20$ Н
 $R_I - ?$
 $R_{II} - ?$

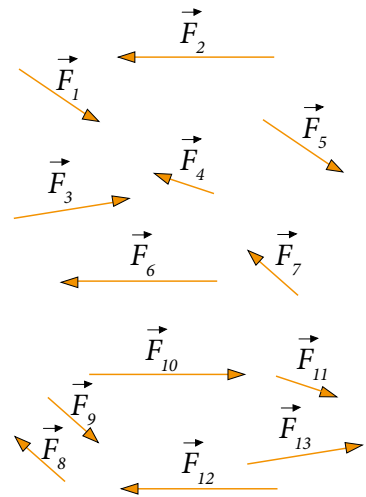
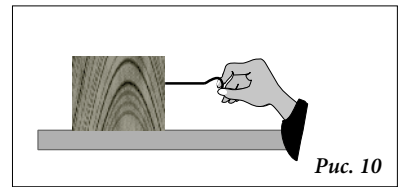
Решение:

Представим схематично действующие силы (рис. 9). Согласно правилам сложения коллинеарных сил, получим: $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$
 $R_I = F_1 + F_2$ $R_I = 50 \text{ Н} + 20 \text{ Н} = 70 \text{ Н}$
 $R_{II} = F_1 - F_2$ $R_{II} = 50 \text{ Н} - 20 \text{ Н} = 30 \text{ Н}$

Ответ: $R_I = 70$ Н, горизонтально направо
 $R_{II} = 30$ Н, горизонтально направо

Проверь свои знания

- Каковы характеристики векторной величины? Какие из изученных физических величин являются векторными? Объясните ответ.
- Каковы правила определения результирующей двух коллинеарных сил?
- Опишите случай или несколько случаев, когда на тело действуют две и более коллинеарные силы; присвойте этим силам численное значение и определите результирующую для этих возможных случаев.
- Деревянный брусок находится в состоянии покоя на горизонтальной поверхности стола (рис. 10).
 - Сдвиньте брусок вправо, взяв его за крючок.
 - Нарисуйте в тетради брусок с крючком и изобразите на рисунке силу, действующую на него.
 - Укажите точку приложения силы, прямую действия силы и ее направление.
- Рассмотрите рис. 11. Какие из векторов, представленных на этом рисунке, имеют:
 - равные численные значения;
 - одинаковые или параллельные прямые действия;
 - противоположные направления;
 - одну прямую действия и одинаковые направления?
- Мама с детьми в саду играют в перетягивание каната (рис. 12). Мама действует на канат с силой 80 Н, Ленуца тянет канат с силой 50 Н, а Александр – с силой 30 Н. Найдите величину результирующей силы и объясните, что происходит с канатом.



2.3. Механическое равновесие. Условие равновесия

Наблюдение > Почему не падает поднятый груз, изображенный на рис. 1? С какими телами он взаимодействует? Представьте графически, в произвольном масштабе, какие силы воздействуют на этот груз. Уточните состояние его движения.



Рис. 1

Вывод: Груз не падает, т.к. его держит спортсменка и он взаимодействует с ней и с Землей. На груз действуют две силы: со стороны Земли сила F_1 , направленная вертикально вниз, а со стороны спортсменки – сила F_2 , направленная вертикально вверх (рис. 2). Т.о. груз находится в состоянии покоя.

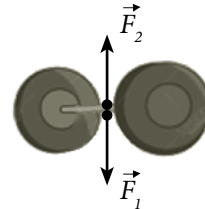


Рис. 2

Две силы, которые действуют на тело по одной прямой и имеют одну величину, но разные направления, взаимопогашаются (уравновешиваются).

Запомни! > Тело, на которое по одной прямой, но в противоположных направлениях действуют две численно равные силы (рис. 2), находится в состоянии покоя или равномерно и прямолинейно движется. Это состояние называется **механическим равновесием**.

Определение: > Условием **механического равновесия** физического тела (состояния покоя или прямолинейного равномерного движения) является нулевая результирующая всех сил, действующих на него.

$$\vec{R} = 0 \quad \text{или} \quad \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0,$$

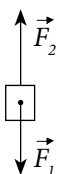
где \vec{R} – результирующая сил $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$, которые действуют на тело.

Запомни! > При решении проблемных ситуаций и задач, когда на тело действуют несколько сил, условие равновесия может быть применено следующим образом: сумма численных значений всех сил, действующих в одном направлении, равна сумме численных значений всех сил действующих в противоположном направлении (*).

Если на тело действует одна сила или две силы – по одной прямой, но в разных направлениях и разной величины ($\vec{R} \neq 0$), тело ускорит свое движение или, наоборот, замедлит.

Решенные задачи > **Задача 1.** Кресло, подвешенное на тросе, притягивается Землей с силой $F_1 = 200$ Н (рис. 3). Определите силу F_2 , с которой трос действует на кресло (силу натяжения троса).

Дано:
 $F_1 = 200$ Н
 $F_2 = ?$



Решение:

Подвесное кресло находится в состоянии покоя (равновесия) относительно Земли.

Применяем условие механического равновесия:

$$\vec{R} = 0. \quad \vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$$

Учитывая противоположные направления сил (*), получим: $F_1 = F_2 = 200$ Н.

Ответ: $F_2 = 200$ Н.



Рис. 3

Задача 2. На соревнованиях по перетягиванию каната (рис. 4) Иону удается уравновесить действия Виорела, Влада и Виктора. Ион действует на канат с силой $F_1 = 800$ Н. Виорел и Влад действуют с силами $F_2 = F_3 = 300$ Н. Определите, с какой силой тянет канат Виктор ($F_4 = ?$).



Рис. 4

Дано:

$$F_1 = 800 \text{ Н}$$

$$F_2 = F_3 = 300 \text{ Н}$$

$$\vec{R} = 0$$

$$F_4 = ?$$

Решение:

Используем условие механического равновесия:

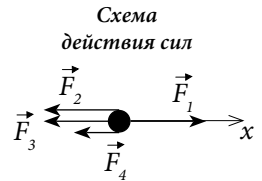
$$\vec{R} = 0. \quad \vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 = 0$$

Учитывая противоположные направления сил (*),

$$\text{получим: } F_1 = F_2 + F_3 + F_4 \Rightarrow F_4 = F_1 - F_2 - F_3$$

$$F_4 = 800 \text{ Н} - 300 \text{ Н} - 300 \text{ Н} = 200 \text{ Н}.$$

Ответ: $F_4 = 200$ Н.



Проверь свои знания

- Люстра, висящая на потолке, находится в равновесии? Объясните свой ответ. Представьте схематично силы, которые действуют на люстру.
- Велосипедист движется по горизонтальному пути прямолинейно и равномерно. Чему равна результирующая сил, действующих на него?
- Автомобиль тянет самолет по взлетной полосе с помощью жесткой штанги (буксировочного водила). При этом движется прямолинейно и равномерно (рис. 5). Автомобиль действует с силой тяги равной $F_1 = F_{\text{тяги}} = 5000$ Н. С какой силой F_2 самолет сопротивляется тяге? Представьте графически, в произвольном масштабе, действующие силы.
- Женщина усаживает маленького ребенка на скамью подвесных качелей. Скамья и ребенок притягиваются к Земле с силой 220 Н. Один конец троса, на котором закреплено сиденье качелей, выдерживает максимальную силу 180 Н. Оба конца троса одинаково натянуты. а) Вычислите силу натяжения концов троса после усаживания ребенка на сиденье. б) Будет ли ребенок в безопасности? Объясните ответ.
- В залах лечебной физкультуры, чтобы снизить нагрузку на пациента при подтягивании на перекладине, используются эластичные ленты (рис. 7). На пациента вертикально вниз действует сила притяжения 700 Н. Эластичная лента, сокращаясь, действует вверх с силой 300 Н. С какой силой должен подтягиваться вверх пациент, чтобы быть в равновесии?



Рис. 5



Рис. 6



Рис. 7

2.4. Сила тяжести. Вес

Информация ➤ Яблоко, которое сначала было в состоянии покоя, падает сразу как только его плодоножка отрывается от ветки (рис. 1). Мяч упадет вниз, если его не держать в руках (например, бросить в корзину, рис. 2). Таких примеров можно привести много. Описанные явления указывают нам на существование определенного силового взаимодействия (определенной силы) между нашей планетой и телами.



Рис. 1



Рис. 2

Вывод: Все тела без воздействия других сил притягиваются Землей.

Определение: ➤ Сила притяжения Земли, действующая на физическое тело, называется **силой тяжести**. Символ силы тяжести – \vec{G} .

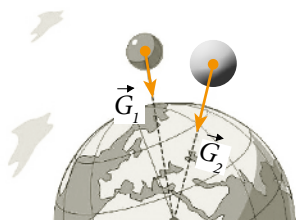


Рис. 3

Сила тяжести, действующая на тело, графически представляется в виде отрезка прямой, направленной к центру Земли. Точка приложения силы тяжести совпадает с центром тяжести тела (рис. 3).

Численное значение силы тяжести определяется с помощью динамометра при подвешивании тела к его крючку. Динамометр при этом должен быть в состоянии равновесия.

Эксперимент ➤ Измерьте динамометром силу тяжести, подвесив к нему попеременно несколько грузов известной массы (или сами определите их массу с помощью взвешивания) (рис. 4). Вычислите для каждого измерения отношение G/m .

Наблюдение ➤ Это отношение имеет одинаковое значение для каждого тела отдельно, примерно равно **9,81 Н/кг**. Если бы наш эксперимент проходил на Луне, это отношение было бы примерно равно **1,62 Н/кг**, а на Марсе – **3,8 Н/кг**.

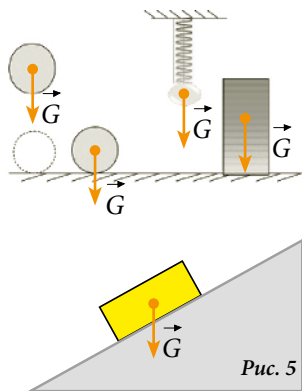
Определение: ➤ Отношение между силой тяжести и массой тела называется **гравитационным ускорением** и обозначается буквой g .

$$g = \frac{G}{m}, \quad [g]_{SI} = \frac{H}{кг}.$$

Запомни! ➤ При решении задач в случае взаимодействия между Землей и телом на ее поверхности, как правило, используется округленное значение гравитационного ускорения $g = 10 \text{ Н/кг}$.



Рис. 4



Запомни!

Характеристики силы тяжести (рис. 5):

- точка приложения силы тяжести совпадает с центром тяжести тела;
- сила тяжести всегда действует вдоль вертикальной прямой, перпендикулярной поверхности планеты;
- сила тяжести направлена вниз, к центру планеты;
- численное значение силы тяжести вычисляется из отношения: $G = m \cdot g$;
- единица измерения этой силы $[G]_{SI} = \text{Н}$.

Информация

Благодаря тому, что на физические тела действует сила тяжести, они в свою очередь, действуют на тела, которые их поддерживают в состоянии покоя, т.е. не дают им упасть вниз. Например, книга, лежащая на парте, действует на нее вертикально вниз с силой, равной величине силы тяжести (рис. 6, б). Т.е. сила тяжести действует на книгу, та в свою очередь действует на парту (опору). Эта сила называется **весом тела** и обозначается буквой P . Таким же образом, подвешенное тело действует на нить (подвес), на которой висит (рис. 6, а), натягивая ее своим **весом** P .

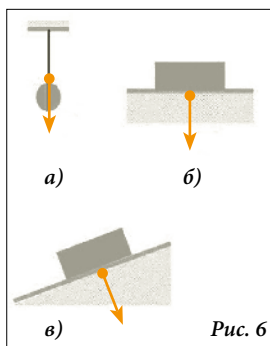
Определение:

Сила, с которой тело действует на опору или подвес, называется **весом** тела.

Запомни!

Характеристики веса:

- точка приложения веса находится на опоре или подвесе в точке контакта;
- прямая действия веса перпендикулярна контактной поверхности (рис. 6, б, в);
- направление веса зависит от направления силы, действующей на тело;
- численное значение веса равно численному значению силы тяжести, действующей на тело (если опора или подвес находятся в состоянии механического равновесия). В этом случае можем использовать уравнение: $P = m \cdot g$;
- единица измерения веса $[P]_{SI} = \text{Н}$.



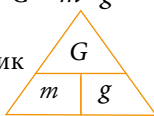
Решенные задачи

Задача 1. Найдите массу аиста (рис. 7), если известно, что он притягивается Землей с силой 90 Н.

Дано:
 $G = 90 \text{ Н}$
 $g = 10 \text{ Н/кг}$
 $m - ?$

Решение:
 Из формулы силы тяжести: $G = m \cdot g$

Используя мемо-треугольник



получим: $m = \frac{G}{g}$.

Подставим численные значения: $m = \frac{90 \text{ Н}}{10 \text{ Н/кг}} = 9 \text{ кг}$

Ответ: $m = 9 \text{ кг}$.

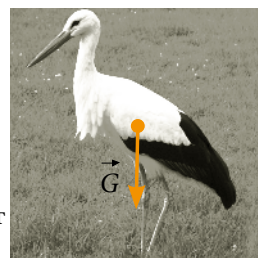
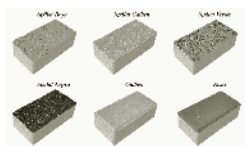


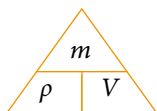
Рис. 7

Задача 2. Тротуарная плитка (рис. 8) имеет плотность равную 2200 кг/м^3 . Используя информацию из рисунка, определите, с какой силой на горизонтальную поверхность земли действует коробка с девятью такими плитками.



Цвета	Размеры $l \times l \times h$
Коричн.	$20 \times 10 \times 6$
Белый	$20 \times 10 \times 6$
Серый	$20 \times 10 \times 6$
Черный	$20 \times 10 \times 8$
Желтый	$20 \times 10 \times 8$
Красный	$20 \times 10 \times 8$

Рис. 8



Дано:
 $L = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$
 $l = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$
 $h = 6 \text{ см} = 0,06 \text{ м}$
 $\rho = 2200 \text{ кг/м}^3$
 $n = 9$
 $g = 10 \text{ Н/кг}$
 $P_{\text{общ}} - ?$

Решение:
 Общий вес кирпичей равен произведению их количества на вес одного кирпича: $P_{\text{общ}} = n \cdot P_1$ (1)
 Вес одного кирпича $P_1 = m \cdot g$ (2)

Из формулы плотности $\rho = \frac{m}{V}$

получим: $m = \rho \cdot V$ (3)

Объем кирпича: $V = L \cdot l \cdot h$ (4)

Подставив формулы (4), (3), (2) в формулу (1), получим:

$$P_{\text{общ}} = n \cdot \rho \cdot L \cdot l \cdot h \cdot g$$

Подставим численные значения:

$$P_{\text{общ}} = 9 \cdot 2200 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,2 \text{ м} \cdot 0,1 \text{ м} \cdot 0,06 \text{ м} \cdot 10 \text{ Н/кг} = 237,6 \text{ Н}$$

Ответ: $P_{\text{общ}} = 237,6 \text{ Н}$.

Проверь свои знания

1. Что называется силой тяжести? Что называется весом тела?
2. Перепишите в тетрадь предложения, дополнив их:
 - а) Прямая действия силы тяжести к поверхности
 - б) Направление силы тяжести планеты.
3. Представьте графически силу тяжести и вес тела в двух случаях:
 - а) тело находится на горизонтальной поверхности;
 - б) тело подвешено вертикально.
4. Чем отличаются сила тяжести и вес тела? В каком случае эти силы равны?
5. Нарисуйте в тетради динамометр, на крючке которого закреплено тело (шар). Укажите на рисунке вектор силы тяжести, действующей на шар, и вектор веса шара.
6. Согласны ли вы с утверждением: „Вес мешка сахара равен 50 кг “? Объясните ответ.
7. Мешок, заполненный сахаром, притягивается Землей с силой 500 Н . Найдите массу мешка. С какой силой действует мешок на горизонтальную поверхность, находясь в состоянии равновесия?
8. С какой силой притягивается к Земле сосуд массой 500 г . Найдите силу притяжения, если сосуд заполнен растительным маслом ($\rho = 900 \text{ кг/м}^3$). Емкость сосуда равна 5 литрам .
9. Алюминиевый куб ($\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$) имеет ребро 20 см . Определите силу, с которой куб действует на горизонтальную плоскость
10. К динамометру подвешено два тела (рис. 9). Прибор показывает 8 Н . Масса первого тела равна 300 г . Найдите массу второго тела.

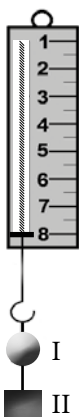


Рис. 9

2.5. Сила упругости

Информация ➤ Известно, что при взаимодействии тела могут деформироваться. Например, пружина удлиняется, если к ней подвешивают груз (рис. 1).

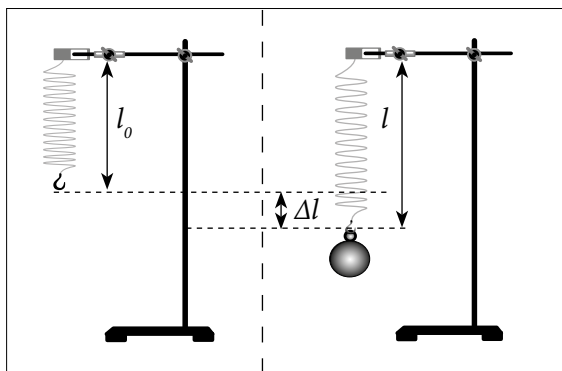


Рис. 1 а)

б)

То же происходит с металлической линейкой, расположенной на двух опорах, если на нее поставить гирю (рис. 2, а). При прекращении воздействия тело принимает исходную форму (рис. 2, б). И пружина и линейка были упруго деформированы.

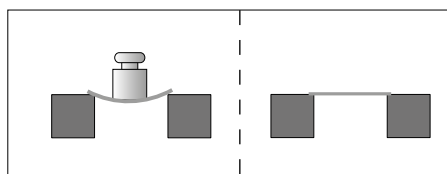


Рис. 2 а)

б)

Вывод: При прекращении действия деформирующей силы упруго деформированное тело под действием другой силы возвращается к исходной форме (или стремится к ней).

Определение: ➤ Сила, под действием которой упруго деформированное тело принимает (или стремится принять) исходную форму, называется **силой упругости**.

Сила упругости обозначается $\vec{F}_{упр}$ и, как любая сила, характеризуется:

- **точкой приложения**, которая совпадает с точкой приложения деформирующей силы;
- **прямой действия**, которая совпадает с прямой действия деформирующей силы;
- **направлением вектора**, который противоположен направлению вектора деформирующей силы;
- **численным значением**, которое равно численному значению деформирующей силы ($F_{упр} = F_{деф}$);
- **единицей измерения** (Н).

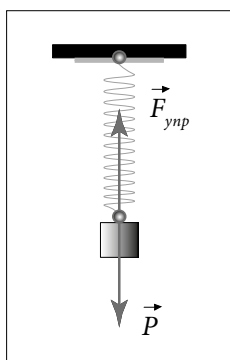


Рис. 3

Например, если к пружине подвесить тело массой m , пружина деформируется (рис. 3). Сила упругости имеет ту же величину, ту же точку приложения и направлена вдоль той же прямой действия, что и деформирующая сила (вес тела, в данном случае), но ее направление противоположно направлению деформирующей силы.

Эксперимент ➤ Экспериментальная установка представлена на рис. 1.

l_0 – начальная длина пружины, l – конечная длина пружины, $\Delta l = |l - l_0|$ – абсолютное удлинение или сжатие (в случае сжатия пружины, ее конечная длина короче начальной).

Ход работы:

1. Измерьте линейкой начальную длину пружины (l_0);
2. Подвесьте к динамометру тело и измерьте длину деформированной пружины (l);
3. Запишите в таблицу значения l_0 , l и показания динамометра ($P = F_{\text{деф}} = F_{\text{упр}}$);
4. Повторите действия из пунктов 2 и 3 для двух других тел;
5. Вычислите для каждого случая отношение $\frac{F_{\text{упр}}}{\Delta l}$ и запишите результаты в таблицу.

№ измерения	l_0 (м)	l (м)	$F_{\text{el}} = P$ (Н)	$\Delta l = l - l_0$ (м)	$\frac{F_{\text{упр}}}{\Delta l}$ ($\frac{\text{Н}}{\text{м}}$)

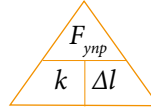
Наблюдение > Это отношение имеет одинаковое значение для каждого тела в отдельности и представляет собой особую характеристику пружины.

Определение: > Величина k , равная отношению деформирующей силы $F_{\text{деф}}$ к абсолютному удлинению тела Δl , называется **коэффициентом упругости тела**.

$$\text{Коэффициент упругости тела} = \frac{\text{Деформирующая сила}}{\text{Абсолютное удлинение}}$$

Математически это утверждение записывается следующим образом ($F_{\text{упр}} = F_{\text{деф}}$):

$$k = \frac{F_{\text{упр}}}{\Delta l}$$



Единица измерения коэффициента упругости k в СИ:

$$[k]_{\text{СИ}} = \frac{[F_{\text{упр}}]_{\text{СИ}}}{[\Delta l]_{\text{СИ}}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

Коэффициент **упругости** характеризует упругость тела. Его также называют **жесткостью тела**.

Запомни! > Абсолютная деформация пропорциональна деформирующей силе, то есть: $\Delta l \sim F_{\text{упр}}$.

Эта зависимость действительно для малых деформаций, в пределах эластичности данного тела.

Так как сила упругости $F_{\text{упр}}$ равна по модулю деформирующей силе $F_{\text{деф}}$, то

$$F_{\text{упр}} = k \Delta l.$$

Это соотношение называется **законом упругой деформации**. На основе этого закона изготавливаются **приборы для измерения силы**.

Информация > Если тело подвешено на нити, противодействующая деформации сила (сила упругости), называется **силой натяжения нити** (обозначается T , рис. 4). Если тело давит на опору, противодействующая деформации сила (сила упругости), называется **силой нормальной реакции опоры** (обозначается N , рис. 5).



Рис. 4

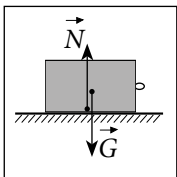


Рис. 5

Решенные задачи

Задача 1. На пружину, закрепленную вертикально, установлено тело массой 60 кг. Коэффициент упругости пружины 15 000 Н/м. Найдите абсолютное сжатие пружины. Представьте действующие силы в виде схемы, в произвольном масштабе.

Дано:

$m = 60 \text{ кг}$

$k = 15\,000 \text{ Н/м}$

$\Delta l = ?$

Решение:

При состоянии равновесия $P = F_{\text{упр}}$ (1)

Вес $P = m \cdot g$ (2), а сила упругости $F_{\text{упр}} = k \cdot \Delta l$ (3)

Подставим (3), (2) в (1), $m \cdot g = k \cdot \Delta l$

Получим соотношение для вычисления абсолютного сжатия: $\Delta l = \frac{m \cdot g}{k}$

Подставляем численные значения: $\Delta l = \frac{60 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг}}{15\,000 \text{ Н/м}} = 0,04 \text{ м}$

Ответ: $\Delta l = 0,04 \text{ м}$.

Задача 2. Определите массу тела, подвешенного к динамометру, если длина пружины увеличилась с 10 см до 15 см. Коэффициент упругости пружины равен 50 Н/м.

Дано:

$l_0 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$

$l = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м}$

$k = 50 \text{ Н/м}$

$m = ?$

Решение:

При состоянии равновесия $P = F_{\text{деф}} = F_{\text{упр}}$ (1)

Абсолютное удлинение: $\Delta l = |l - l_0|$ (2)

Вес $P = m \cdot g$ (3)

Сила упругости $F_{\text{упр}} = k \cdot \Delta l$ (4)

Подставим (4), (3) и (2) в (1), $m \cdot g = k \cdot |l - l_0|$

Получим соотношение для вычисления массы: $m = \frac{k \cdot |l - l_0|}{g}$

Подставляем численные значения: $m = \frac{50 \text{ Н/м} \cdot |0,15 \text{ м} - 0,1 \text{ м}|}{10 \text{ Н/кг}} = 0,25 \text{ кг}$

Ответ: $m = 0,25 \text{ кг}$.

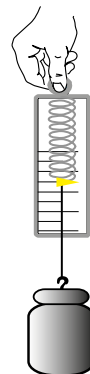


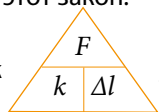
Рис. 6

Проверь свои знания

1. Что такое сила упругости?
2. Назовите характеристики силы упругости.
3. На пружину с рис. 7 в точке приложения А действует деформирующая сила F направленная а) вправо; б) влево. Нарисуйте в тетради пружину и укажите деформирующую силу и силу упругости для обоих случаев.

4. Напишите математическое выражение закона упругой деформации и назовите физические величины, характеризующие этот закон.

5. Используя мемо-треугольник



определите: а) $k =$ б) $\Delta l =$ в) $F =$

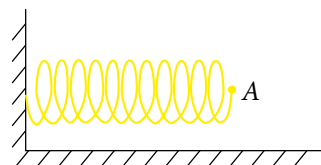


Рис. 7

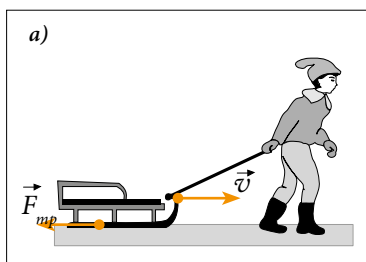
6. Какая сила действует на пружину с коэффициентом упругости 10 Н/м, если её абсолютное удлинение равно 2 см?
7. Каков коэффициент упругости резинового шпэгата, если под действием тела массой 60 кг он удлиняется на 10 см?
8. Тело весом 60 Н действует на пружину, чей коэффициент упругости равен 1200 Н/м. Определите произведенную деформацию (абсолютное удлинение).

2.6. Сила трения

Информация > Вы могли наблюдать, как движутся некоторые тела по поверхности земли. К примеру, на ледяной горке сани скользят очень быстро, но все-таки через какое-то время их движение замедляется и они останавливаются. Это происходит, поскольку на сани действует сила, противоположная направлению движения.

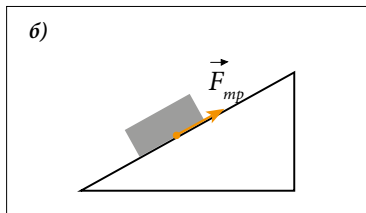


Определение: > Сила, которая противодействует движению одного тела по поверхности другого, называется **силой трения**.



Сила трения обозначается $\vec{F}_{тр}$.

Сила трения при скольжении действует вдоль прямой движения тела, но в противоположном ему направлении (рис. 1, а).



Если тело находится в состоянии покоя, сила трения направлена в сторону, противоположную возможному движению тела (рис. 1, б). Именно благодаря силе трения мы не скользим при ходьбе по льду, посыпанному песком, вбитый гвоздь не выходит из доски, завязанные шнурки не развязываются самостоятельно и т.д.

Какие причины приводят к появлению силы трения?

- Одна из причин – существование шероховатостей на соприкасающихся телах (рис. 2, а), даже на тех поверхностях, которые нам кажутся очень гладкими. Силу трения можно существенно уменьшить, если между трущимися поверхностями твердых тел поместить тонкий слой смазывающей жидкости (например, масла) (рис. 2, б).

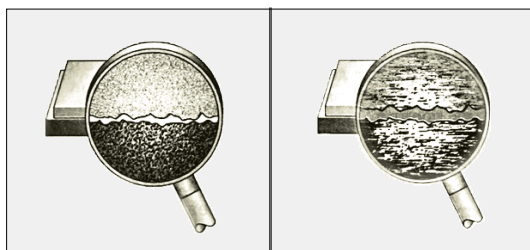


Рис. 2 а)

б)

Силу трения можно и увеличить. При этом шероховатости делаются более выраженными. Например, во время гололеда на колеса автомашин надеваются цепи (рис. 3, а), а зимняя обувь изготавливается с рифленой подошвой, чтобы вероятность поскользнуться на льду была минимальной (рис. 3, б).

- Другая причина силы трения – взаимное притяжение молекул соприкасающихся

тел, которые находятся в непосредственном контакте.

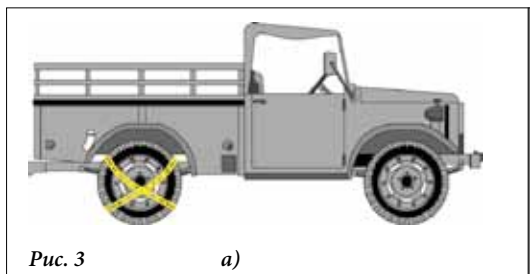
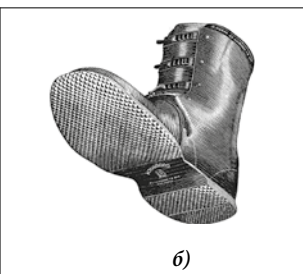


Рис. 3 а)

а)



б)

Практическая деятельность

Необходимые приборы и материалы: динамометр, деревянный брусок с крючком, маркированные грузы, валик.

Ход работы:

- Зацепите динамометр к крючку деревянного бруска, на котором расположен груз, и плавно потяните за динамометр (рис. 4). Что вы наблюдаете?

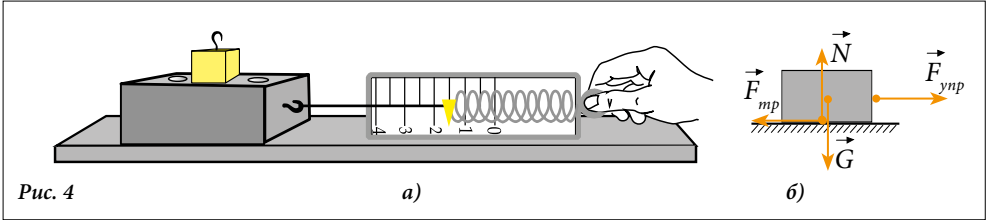


Рис. 4

Тяните динамометр таким образом, чтобы скольжение бруска было равномерным. Из условия равновесия $\vec{R} = 0$, получим $F_{упр} = F_{тр}$, $N = G$. В этом случае динамометр указывает величину силы трения.

- Повторите эксперимент, положив брусок на меньшую из его боковых сторон. Зависит ли сила трения от площади соприкасающихся поверхностей? Повторите эксперимент, прикрепив к крючку динамометра валик той же массы, что и брусок (рис. 5). Сравните показания динамометра в двух случаях:
 - валик катится по столу (трение качения);
 - валик скользит по поверхности стола (трение скольжения).
- Приведите примеры использования цилиндров (или шариков) для уменьшения силы трения.
- Сформулируйте соответствующие выводы.

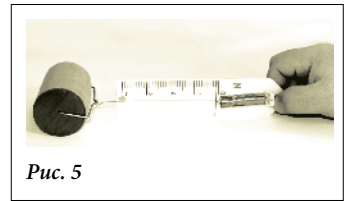
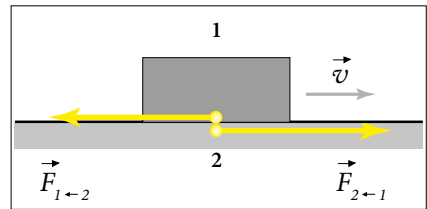


Рис. 5

Узнай больше!

При соприкосновении двух тел, которые скользят одно относительно другого, появляются две силы трения, называемые **силами трения скольжения** (см. рисунок рядом). Эти силы имеют одинаковые численные значения, действуют вдоль контактной плоскости и направлены в противоположные стороны.



Решенные задачи

Задача 1. Определите силу, необходимую для равномерного прямолинейного перемещения деревянной колоды массой 100 кг по горизонтальной поверхности (рис. 6, а). Сила трения составляет 40% от ее веса.

Дано:
 $m = 100 \text{ кг}$
 $F_{тр} = 0,4 P$
 $F_{тяги} = ?$

Решение:
 Представим схематично силы, действующие на колоду (рис. 6, б). Используя условие равновесия $R = 0$, получим:

$$F_{тяги} = F_{тр} \quad N = G$$

Поверхность, на которой стоит колода, горизонтальна и находится в равновесии. Следовательно, ее вес: $P = m \cdot g$

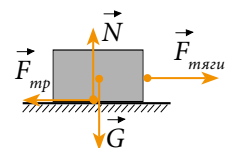
Сила тяги: $F_{тяги} = F_{тр} = 0,4 \cdot P = 0,4 \cdot m \cdot g$

Вычисляем: $F_{тяги} = 0,4 \cdot 100 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} = 400 \text{ Н}$

Ответ: $F_{тяги} = 400 \text{ Н}$.



а)



б)

Рис. 6

Задача 2. С помощью пружины с коэффициентом упругости 40 Н/м по горизонтальной поверхности тянут деревянный параллелепипед (рис. 7, а). Определите массу деревянного тела, если известно, что пружина деформировалась на 3 см, а сила трения составляет 30% от его веса.

Дано:

$$k = 40 \text{ Н/м}$$

$$F_{\text{мп}} = 0,3 P$$

$$\Delta l = 3 \text{ см} = 0,03 \text{ м}$$

m – ?

Решение:

Представим схематично силы, действующие на параллелепипед (рис. 7, б). Используя условие равновесия $R = 0$, получим: $F_{\text{унр}} = F_{\text{мп}}$ и $N = G$ (1)

Поверхность, на которой стоит

параллелепипед, горизонтальна и находится в равновесии, следовательно его вес $P = m \cdot g$

$$\text{Сила тяги, здесь } F_{\text{унр}} = F_{\text{мп}} = 0,3 P = 0,3 m \cdot g \quad (2)$$

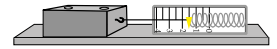
$$\text{Известно также, что сила упругости } F_{\text{унр}} = k \cdot \Delta l \quad (3)$$

$$\text{Из (3) и (2) получим: } k \cdot \Delta l = 0,3 m \cdot g$$

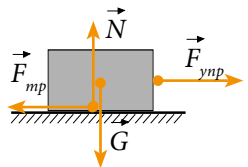
$$\text{Масса параллелепипеда: } m = \frac{k \cdot \Delta l}{0,3 g}$$

$$\text{Вычисляем: } m = \frac{40 \text{ Н/м} \cdot 0,03 \text{ м}}{0,3 \cdot 10 \text{ Н/кг}} = 0,4 \text{ кг}$$

Ответ: $m = 0,4 \text{ кг}$.



а)



б)

Рис. 7

Проверь свои знания

1. Назовите причины возникновения сил трения.
2. Что такое сила трения?
3. В каком случае сила трения больше: при качении или при скольжении?
4. Как измеряется сила трения?
5. Назовите характеристики силы трения.
6. Приведите примеры из техники, когда силу трения намеренно увеличивают или уменьшают.

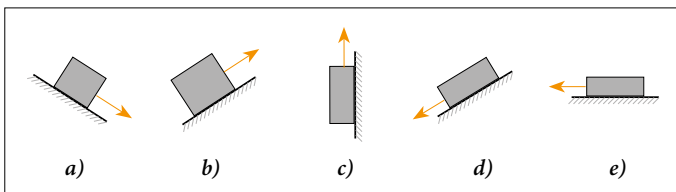
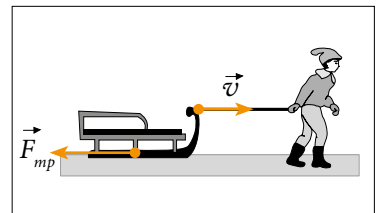


Рис. 8



Рис. 9

7. Представьте графически силы трения, действующие на тела, указанные на рис. 8 (стрелки показывают направление движения тел).
8. Посмотрите на рисунок 9. Как направлены силы трения во время движения лыжницы?
9. Ребенок тянет сани – прямолинейно и равномерно по горизонтальной поверхности – прилагая силу 40 Н, направленную горизонтально.
 - а) найдите силу трения,
 - б) найдите массу саней, если известно, что сила трения составляет 10% от их веса.



2.7. Лабораторная работа „Градуировка динамометра“

Цель работы: Изучение конструкции динамометра и его сборка из составных частей, градуировка динамометра и измерение веса.

Необходимые приборы и материалы: штатив, пружина или динамометр (его шкала закрывается бумагой), прозрачная клейкая лента, 4 маркированных груза по 102 г каждый, миллиметровая линейка, картон, ножницы, карандаш, пробное тело неизвестной массы (с крючком).

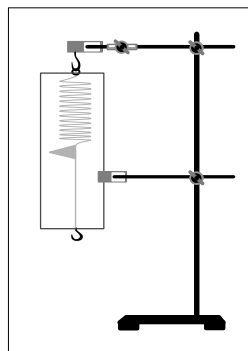


Рис. 1

Ход работы:

1. Закрепите на штативе пружину (динамометр) (рис. 1).
2. Вырежьте из картона прямоугольник и закрепите его прищепкой позади пружины (если используете динамометр, прямоугольник должен закрывать полностью его шкалу).
3. Горизонтальной линией длиной 15-20 мм обозначьте на картоне начальное положение стрелки динамометра.
4. Подвешивайте по очереди за крючок пружины (динамометра) груз, каждый раз добавляя по одной маркированной массе (102 г) и отмечая положение стрелки, которая будет соответствовать делениям 1 Н, 2 Н, 3 Н, 4 Н.
5. Разделите расстояние между двумя соседними делениями на пять равных частей (или другое количество, по указанию преподавателя). Эти деления отметьте горизонтальными линиями длиной 10-15 мм.
6. Определите пределы измерений, цену (величину) одного деления (F_0) и абсолютную инструментальную погрешность динамометра ΔF , полученную вами.

$$F_{\min} =$$

$$F_0 =$$

$$F_{\max} =$$

$$\Delta F =$$

7. Подвесьте пробное тело к динамометру и определите его вес (P).
8. Запишите заключительный результат:
 $P_x = (P \pm \Delta P) = (\text{_____} \pm \text{_____}) \text{ Н.}$
9. Сформулируйте вывод.

2.8. Абсолютная погрешность

Информация

При выполнении лабораторной работы Валерия определила плотности трех тел, изготовленных из одного и того же вещества. Вычисляя плотность каждого из тел, она получила три разных результата:

$$\rho_1 = 2670 \text{ кг/м}^3, \rho_2 = 2720 \text{ кг/м}^3, \rho_3 = 2740 \text{ кг/м}^3.$$

И задалась вопросом, какой результат может быть зафиксирован, как правильный.



Запомни!

Истинное значение физической величины, которую определяют экспериментально, наиболее близка к **среднему значению** данной величины, которое равно среднему арифметическому всех опытных данных (обозначается X_{cp} или \bar{X}).

$$X_{cp} = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{3}$$

Валерия вычислила среднее значение плотности:

$$\rho_{cp} = \frac{2670 + 2720 + 2740}{3} \text{ кг/м}^3 = 2710 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{cp} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3}$$

Запомни!

Для оценки ошибки, произведенной при каждом измерении (**абсолютной погрешности ΔX**), следует вычислить модуль разницы между средним значением (X_{cp}) и значением полученным при данном измерении (X). $\Delta X = |X_{cp} - X|$

Соблюдая теоретические положения, Валерия выполнила следующие вычисления:

$$\Delta \rho_1 = |2710 - 2670| \text{ кг/м}^3 = 40 \text{ кг/м}^3$$

$$\Delta \rho_2 = |2710 - 2720| \text{ кг/м}^3 = 10 \text{ кг/м}^3$$

$$\Delta \rho_3 = |2710 - 2740| \text{ кг/м}^3 = 30 \text{ кг/м}^3$$

Средняя абсолютная погрешность (ΔX_{cp} , $\Delta \rho_{cp}$) характеризует точность определения плотности и равна среднему арифметическому абсолютных погрешностей каждого измерения:

$$\Delta X_{cp} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3}{3}$$

$$\Delta \rho_{cp} = \frac{\Delta \rho_1 + \Delta \rho_2 + \Delta \rho_3}{3}$$

Вычислив и это, Валерия получила следующий результат:

$$\Delta \rho_{cp} = \frac{40 + 10 + 30}{3} \text{ кг/м}^3 \approx 27 \text{ кг/м}^3.$$

Запомни!

В ходе любого эксперимента получается целый ряд значений. Заключительный ответ пишется в такой форме:

$$X = (X_{cp} \pm \Delta X_{cp}) = (\text{_____} \pm \text{_____}) \quad \text{или} \quad X_{cp} - \Delta X_{cp} \leq X \leq X_{cp} + \Delta X_{cp}$$

Этот интервал представляет собой все значения, которые может иметь искомая физическая величина.

Как результат эксперимента, Валерия записала ответ согласно правилам обработки экспериментальных данных: $\rho = (\rho_{cp} \pm \Delta \rho_{cp}) = (2710 \pm 27) \text{ кг/м}^3.$

Получив окончательный результат и проверив его по таблице плотности, Валерия сформулировала вывод, согласно которому веществом исследуемых тел является либо алюминий, либо мрамор ($\rho_M = \rho_{Al} = 2700 \text{ кг/м}^3$).

Запомни!

Вывод лабораторной работы должен содержать: описание источников погрешностей и предложения по их уменьшению (если возможно), качественную и (или) количественную оценку полученного результата, предложения о других методах определения данной величины (если позволяет случай).

2.9. Лабораторная работа „Определение коэффициента упругости пружины“

Цель работы: Определение коэффициента упругости пружины школьного динамометра.

Необходимые приборы и материалы: школьный динамометр, грузы с крючком разные по массе, чей вес можно измерить данным динамометром, миллиметровая линейка.

Ход работы:

1. Измерьте линейкой начальную длину недеформированной пружины (l_0);
2. Подвесьте к крючку динамометра один груз и измерьте длину деформированной пружины (l);
3. Запишите в таблицу №1 значение l_0 , l и показания динамометра ($P = F_{\text{деф}} = F_{\text{упр}}$);
4. Повторите действия 2 и 3 для двух других тел;
5. Вычислите для каждого случая коэффициент упругости $k = \frac{F_{\text{упр}}}{\Delta l}$ и запишите результаты в таблицу №1;
6. Вычислите среднее значение коэффициента упругости и абсолютные погрешности;
7. Занесите полученные результаты в таблицу №1;
8. Напишите примеры вычислений, окончательный результат и сформулируйте соответствующие выводы.

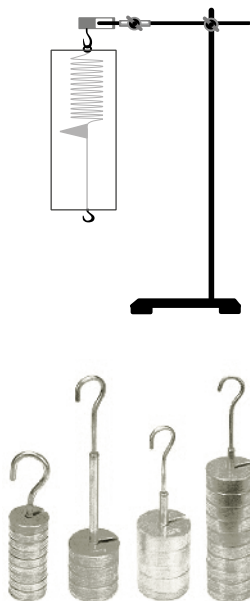


Таблица 1. Результаты измерений и выполненных вычислений

№	l_0 , м	l , м	Δl , м	P , Н	k , Н/м	Δk , Н/м
1						
2						
3						
Средние значения						

Примеры вычислений, вычисление погрешностей:

$$g = 9,81 \text{ Н/кг}, \quad k = F_{\text{упр}} / \Delta l = m g / \Delta l, \quad \Delta k = |k_{\text{cp}} - k_1|$$

$$\begin{array}{l} k_1 = \quad \quad \quad \Delta k_1 = \\ k_2 = \quad \quad \quad \Delta k_2 = \\ k_3 = \quad \quad \quad \Delta k_3 = \\ k_{\text{cp}} = \quad \quad \quad \Delta k_{\text{cp}} = \end{array}$$

Окончательный результат:

$$k = (k_{\text{cp}} \pm \Delta k_{\text{cp}}) = (\text{-----} \pm \text{-----}) \text{ Н/м}$$

Выводы:

5. Определите численное значение результирующей R двух коллинеарных сил $F_1 = 8$ Н и $F_2 = 4$ Н для двух случаев (рис. 2, а, б).

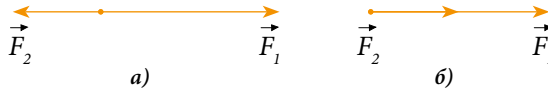
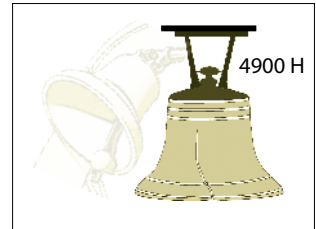


Рис. 2

6. Нарисуйте два коллинеарных вектора, которые соответствуют силам 3 Н и 5 Н. Определите их результирующую \vec{R} для двух случаев:

- а) векторы направлены одинаково;
 б) векторы направлены противоположно.

7. Колокол действует на подвес с силой 4900 Н. Определите массу колокола.
 8. Космический аппарат, с помощью которого Нейл Армстронг и Эдвин Элдрин 20 июля 1969 г. приземлились на Луне, был массой 14 700 кг. Определите вес этого аппарата на Луне. Насколько он отличается от веса на Земле? ($g_{\text{л}} = 1,6$ Н/кг, $g_{\text{з}} = 10$ Н/кг)



9. Динамометр, к которому подвешено тело, показывает 16 Н. Какими были бы его показания на Луне?
 10. Заполните таблицу:

	g , Н/кг	m , кг	G , Н
Земля		5	
Луна		7	
Марс			228

11. Деревянный брусок имеет размеры 10 x 4 x 3 см. Найдите объем бруска, его массу и вес на горизонтальной плоскости, если известно, что плотность дерева равна 500 кг/м³.

12. Какой должна быть масса скафандра, чтобы вес астронавта на Луне был равен весу его собственного тела на Земле? Масса тела астронавта $m = 80$ кг.

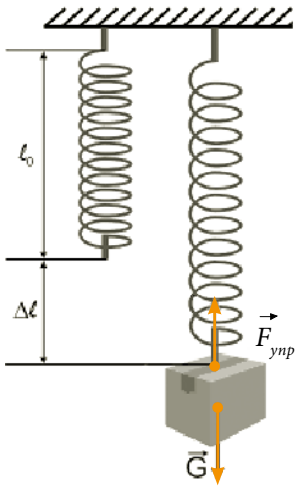
13. Вычислите разницу между весом одной тонны угля на Северном полюсе и на экваторе.

$$g_{\text{PN}} = 9,83 \text{ Н/кг}; \quad g_{\text{E}} = 9,78 \text{ Н/кг}.$$

14. На пружину действует сила 20 Н, под действием которой она удлиняется на 4 см. Определите ее коэффициент упругости.



15. На сколько сантиметров удлинится пружина, на которую действует сила 4 Н, если ее коэффициент упругости $k = 40$ Н/м?

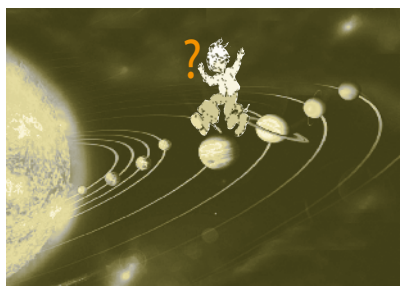


16. На пружину действует сила 15 Н, удлиняя ее на 3 см. На сколько сантиметров удлинится пружина, если на нее будет действовать сила 25 Н? Какая сила действует на пружину, если она удлиняется на 4 см?
17. К пружине подвешено тело объемом 0,001 м³ и плотностью 500 кг/см³. Определите удлинение пружины, если ее коэффициент упругости равен 100 Н/м.
18. К крючку динамометра подвешен другой динамометр, а к нему, в свою очередь, подвешен груз массой 100 г. Определите разницу показаний динамометров, учитывая, что масса второго динамометра равна 20 г.
19. Представьте графически силу трения между подошвой обуви и полом в двух случаях:
 – в начале движения; – при торможении.
20. В каком случае сила трения между двумя свинцовыми пластинами больше: когда пластины отшлифованы или когда они не отшлифованы? Объясните ответ.
21. Санки движутся равномерно и прямолинейно по горизонтальной поверхности под действием силы 250 Н, направленной в сторону движения. Определите величину силы трения.
22. Определите величину силы, необходимую для равномерного прямолинейного передвижения каменного блока массой 100 кг по горизонтальной поверхности. Сила трения составляет 40% от веса блока.
23. Деревянный блок передвигают по горизонтальной поверхности с помощью пружины с коэффициентом упругости 50 Н/м. Определите массу блока, если известно, что пружина удлинилась на 2,5 см, а сила трения составляет 20% от веса тела.
24. Изготовьте из картона две стрелки и расположите их так, чтобы:
 а) их точки приложения и ориентация совпали;
 б) их точки приложения совпали, а прямые действия были взаимно перпендикулярны;
 в) точки приложения совпали, а направления были противоположны;
 г) точка приложения первой стрелки совпала с концом второй стрелки;
 д) точки приложения не совпали, а прямые действия и направления были одинаковы.
25. Изготовьте динамометр, в котором пружина заменена упругой металлической линейкой.



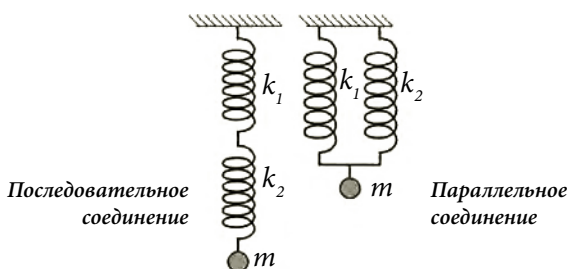
26. У вас в распоряжении два одинаковых динамометра. Каждый из них предусмотрен для измерения сил от 0 до 4 Н. Можно ли с помощью этих динамометров измерить силу в 5 Н и 10 Н?

27. Изготовьте из подручного материала катапульту. Перечислите ее характеристики. Что можно предложить для улучшения ее характеристик?
28. Отвинтите шуруп, затем смажьте его техническим маслом и закрутите обратно. Сравните свои усилия при отвинчивании и закручивании этого шурупа.
29. Имея в распоряжении динамометр и деревянный брусок, определите силу трения, возникающую между бруском и столом. Как изменится эта сила, если поверхность стола будет стеклянной?
30. Напишите сообщение об истории инструментов для измерения силы.



31. Определите вес своего тела на поверхности различных планет. На какой планете ваш вес будет наибольшим?
32. В начальный момент движения лифта вверх мы чувствуем, что будто **притягиваемся** полом. Изменяется ли при этом:
 - сила тяжести, действующая на нас;
 - наш вес;
 - наша масса?

33. Найдите данные об античных катапультах. Что использовалось в них в качестве упругого тела?
34. Имея в распоряжении два динамометра и тело, которое имеет вес, больший, чем максимальная сила, измеряемая одним динамометром, предложите план эксперимента по определению веса тела.
35. Имея в распоряжении две пружины с одинаковым коэффициентом упругости и один маркированный груз, определите, как изменяется коэффициент упругости пружин при их последовательном и параллельном соединении при подвешивании груза.



36. Положите на один конец линейки коробок спичек. Приподнимайте этот конец до тех пор, пока коробок не начнет скользить по линейке. Изобразите на рисунке: линейку, коробок, силу трения, действующую на коробок, силу трения, действующую на линейку, силу тяжести, вес и силу реакции опоры.
37. При строительстве египетских пирамид использовались огромные каменные блоки. Найдите информацию о том, как их перемещали. Предложите свой способ изменения положения массивного предмета мебели.

Обобщение

В природе все тела взаимодействуют. Взаимодействие и движение являются фундаментальными физическими понятиями.

Изменение формы (размеров) тела под действием других тел называется **деформацией**.

Свойство физического тела или явления, которое можно измерить, называется **физической величиной**. Физическая величина, которая характеризуется численным значением, единицей измерения, точкой приложения и ориентацией (прямой и направлением действия), называется **векторной физической величиной**.

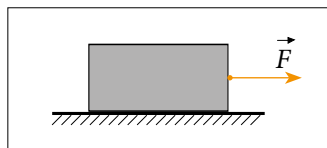
Физическая величина, характеризующая степень воздействия одного тела на другое, называется **силой**. Сила является векторной физической величиной, обозначается буквой \vec{F} . Численное значение силы обозначается $|\vec{F}|$ или F .

Единица измерения силы в СИ – **ньютон (Н)**.

Численное значение силы определяют с помощью динамометра.

Вектор силы, как любая векторная физическая величина, характеризуется:

- **численным значением;**
- **единицей измерения;**
- **началом (точкой приложения);**
- **прямой действия;**
- **направлением действия.**



Для механического равновесия тела (состояние покоя или равномерного прямолинейного движения) необходимым условием является равная нулю результирующая всех сил, действующих на него.

В механике различают такие виды сил:

- сила тяжести;
- вес;
- сила упругости (в т.ч. сила натяжения нити, сила реакции опоры);
- сила трения.

Сила тяжести является силой действия на расстоянии, а вес, сила упругости и сила трения – контактными силами.

Сила тяжести возникает в результате притяжения Земли, при этом *сила тяжести* является *силой*, с которой тело притягивается Землей, а *вес* этого тела является *силой*, с которой оно действует на опору или подвес.

Силой упругости называется сила, под действием которой упруго деформированное тело принимает исходную форму или противодействует деформирующей силе.

Силой трения называется сила, противодействующая движению одного тела по поверхности другого.

Дополнение

Сложение разнонаправленных сил. Правило параллелограмма

Правило параллелограмма: Для сложения двух сил (рис. 1), надо в произвольной точке отложить векторы слагаемых сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , и построить на их основе параллелограмм. Для этого из конечных точек векторов каждой из сил надо провести пунктирную линию, параллельную вектору другой силы. Вектором результирующей силы (\vec{R}) будет диагональ параллелограмма, проведенная из точки соединения (точки приложения) этих сил.

$$\text{Для векторов: } \vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

Внимание! Численное значение результирующей силы не равно арифметическому сложению сил. $R \neq F_1 + F_2$

Численное значение результирующей зависит от угла, формируемого прямыми действия этих двух сил и, конечно, от их численных значений. Таким образом:

- значение результирующей уменьшается по мере увеличения угла между действующими силами и увеличивается, если угол между слагаемыми силами уменьшается;
- значение результирующей также увеличивается, если численные значения сил увеличиваются (при условии, что угол между силами остается неизменным);
- значение результирующей имеет минимальное значение, $R_{\min} = |F_1 - F_2|$, если силы коллинеарны и имеют противоположное направление, и имеет максимальное значение, $R_{\max} = F_1 + F_2$, если силы коллинеарны и имеют одинаковое направление.

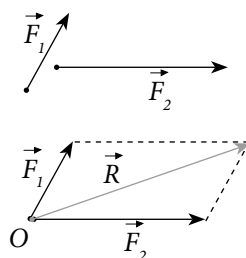


Рис. 1

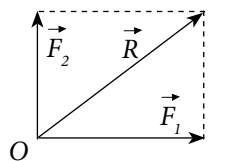
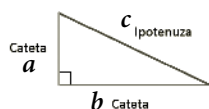


Рис. 2



$$(ip)^2 = (c_1)^2 + (c_2)^2$$

$$c^2 = a^2 + b^2$$

Рис. 3

Частный случай: Векторы сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 формируют угол 90° (рис. 2). В этом случае вектор результирующей силы представляет собой диагональ прямоугольника или квадрата (для $F_1 = F_2$). Значение результирующей силы может быть найдено с помощью теоремы Пифагора (рис. 3): $R^2 = F_1^2 + F_2^2$

Разложение силы на две взаимно перпендикулярные прямые действия

В ситуации, представленной на рисунке 4 а, сила тяги, которая действует на санки (сила натяжения троса), формирует определенный угол с прямой движения. Для применения условия равновесия поступаем следующим образом: силу, с которой действует на санки привязанный к ним трос, заменяем двумя силами: одна действует в направлении движения саней (\vec{F}_x), а другая перпендикулярно прямой движения (\vec{F}_y) (рис. 4, б).

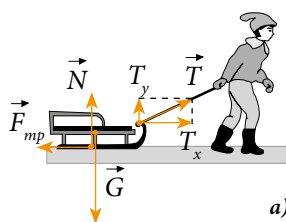
F_x и F_y называются составляющими силы \vec{F} .

Коэффициент трения скольжения

Численное значение силы трения скольжения прямо пропорционально численному значению силы, которая перпендикулярно давит на поверхность, равно значению нормальной реакции опоры N и выражается математическим уравнением:

$$F_{mp} = \mu \cdot N, \text{ где } \mu - \text{коэффициент трения скольжения.}$$

Этот коэффициент является постоянным для данных двух сил, не зависит от размеров и выражает зависимость силы трения скольжения от качества обработки соприкасающихся поверхностей.



а)

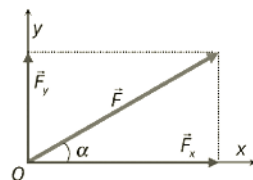


Рис. 4 б)

Глава 3

СТАТИКА ЖИДКОСТЕЙ

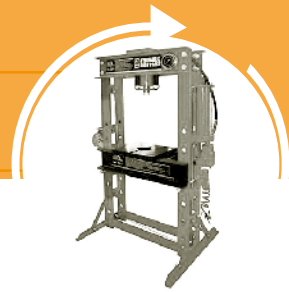
Теоретическая часть

- 3.1. Давление твердых тел
- 3.2. Гидростатическое давление
- 3.3. Атмосферное давление
- 3.4. Давление в газах.
Закон Паскаля
- 3.5. Сообщающиеся сосуды.
Гидравлические системы.
- 3.6. Сила Архимеда. Плавание тел
- 3.7. Лабораторная работа
„Определение плотности
неизвестной жидкости с
помощью закона Архимеда“

Практическая часть

- Найди решение
- Обобщение
- Суммативный тест
- Дополнение





Теоретическая часть

3.1. Давление твердых тел

Информация > Из §3 предыдущей главы вы уже знаете, что результат воздействия силы зависит не только от её величины, но и от направления. На этом уроке мы ответим на один очень важный вопрос: как зависит результат воздействия силы от площади контакта с телом, на которое она действует.

Ответ на этот вопрос можно найти, выполнив следующий эксперимент.

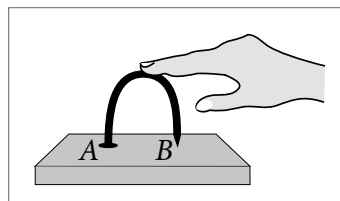


Рис. 1

Эксперимент > Нажмите на согнутый в виде буквы **U** гвоздь, опирающийся обоими концами на резиновую поверхность (рис. 1). Какой конец гвоздя легче войдет в резину, если в точках **A** и **B** действуют равные силы.

Вывод: Результат действия данной силы зависит не только от ее численной величины и направления, но также и от площади поверхности, на которую эта сила действует. Насколько ее площадь меньше, настолько результат действия силы будет больше.

Для характеристики **эффекта силы**, действующей перпендикулярно к поверхности, необходимо ввести новую физическую величину.

Определение: > Скалярная физическая величина, равная отношению силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности, называется **давлением**.

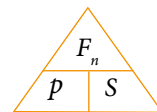
Из определения ясно, что давление вычисляется при помощи формулы:

$$\text{Давление} = \frac{\text{нормальная сила}}{\text{площадь поверхности}}.$$

Нормальная сила – это сила, которая действует перпендикулярно поверхности.

Если обозначим давление буквой p , то это утверждение математически будет представлено следующим образом:

$$p = \frac{F_n}{S}, \quad (1)$$



где F_n – это сила, действующая перпендикулярно к поверхности, а S – площадь поверхности.

Единицей измерения давления в системе СИ является паскаль (Па).

Определение:

1 Па – это давление, производимое силой 1 Н, действующей перпендикулярно к поверхности площадью 1 м².

$$[p]_{СИ} = \frac{[F_n]_{СИ}}{[S]_{СИ}} = \frac{Н}{м^2}. \quad \text{Следовательно: } 1\text{Па} = 1 \frac{Н}{м^2}.$$

Пример: Давление, передаваемое телом массой 102 г на поверхность площадью 1 м², равно 1 Па.

В практике наряду с паскалем используются и другие единицы измерения давления:

$$1 \text{ торр (торр)} = 1 \text{ мм ртут. столба} = 13,6 \text{ мм } H_2O \approx 133,3 \text{ Па};$$

$$1 \text{ атм (физическая атмосфера)} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$$1 \text{ ат (техническая атмосфера)} = 98066,5 \text{ Па};$$

$$1 \text{ бар (бар)} = 100000 \text{ Па}.$$

Кроме этих единиц измерения используются производные паскаля: гектопаскаль (гПа), килопаскаль (кПа) и др.

$$1 \text{ гПа} = 100 \text{ Па};$$

$$1 \text{ кПа} = 1000 \text{ Па}.$$

Историческая справка

Единица измерения *паскаль* названа в честь знаменитого французского ученого **Блеза Паскаля**.

Блез Паскаль (1623 – 1662) – выдающийся французский ученый, который внес ценный вклад в математику, физику и технику. Еще в возрасте 12 лет он заново открыл геометрические теоремы Евклида. В физике Блез Паскаль сделал два фундаментальных открытия в области гидростатики: открыл закон о давлении в жидкостях и газах, который носит его имя, и дал научное объяснение атмосферному давлению. Он сконструировал гидравлический пресс, который и по сей день широко используется в технике.



Блез Паскаль в своей научной деятельности поддерживал идею о том, что в основе изучения физики должен быть эксперимент.

Решенная задача

Спортсмен-конькобежец производит на лед давление в 500 кПа. Определите массу спортсмена, если известно, что длина конькового лезвия равна 40 см, а ширина – 3 мм.

Дано:

$$p = 500 \text{ кПа} = 500\,000 \text{ Па}$$

$$l_1 = 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м}$$

$$l_2 = 3 \text{ мм} = 0,003 \text{ м}$$

$m - ?$

Решение:

$$\text{Спортсмен действует на лед давлением } p = \frac{mg}{S},$$

$$\text{где } S \text{ – площадь контактной поверхности. } S = l_1 \cdot l_2 \quad (1)$$

$$\text{Из мемо-треугольника } \begin{array}{c} pS \\ m \quad g \end{array} \text{ получаем: } mg = p \cdot S,$$

$$\text{отсюда выводим уравнение массы: } m = \frac{pS}{g}.$$

$$\text{Имея в виду уравнение (1), } m = \frac{p l_1 l_2}{g} = \frac{500\,000 \text{ Па} \cdot 0,4 \text{ м} \cdot 0,003 \text{ м}}{10 \text{ Н/кг}} = 60 \text{ кг}$$

Ответ: $m = 60 \text{ кг}$.

Проверь
свои знания

1. Вычислите давление, производимое жалом оси с площадью острия $2,5 \cdot 10^{-16} \text{ см}^2$, если её жало действует с силой $0,0001 \text{ Н}$.
2. Молотком ударили по гвоздю и по шурупу (рис. 2). Какой из этих предметов произвел большее давление на доску, если удары были сделаны с одинаковой силой? Объясните ответ.
3. Внимательно рассмотрите иллюстрации, расположенные ниже.

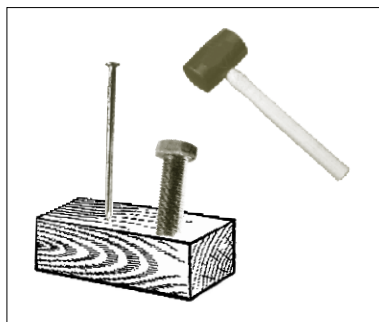
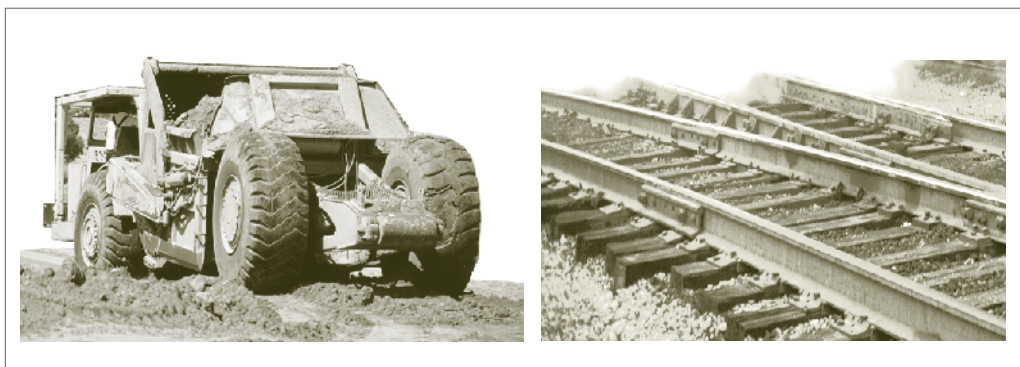


Рис. 2



- а) Почему у тяжелых грузовиков широкие колеса?
 - б) Почему железнодорожные рельсы крепятся на широких шпалах?
 - в) Что бы произошло, если колеса грузовика или шпалы были узкими?
 - г) Приведите подобные примеры.
4. Объясните назначение наперстка (рис. 3).
 5. Определите давление, оказываемое ведром массой 10 кг на стул, если площадь контактной поверхности составляет 400 см^2 .*
 6. Определите площадь поверхности лыж, если известно, что масса лыжника 64 кг , а давление, оказываемое им на снег, равно 2 кПа .
 7. Площадь контактной поверхности кирпича с полом равна 200 см^2 . Определите массу кирпича, если известно, что он оказывает на пол давление равное 1 кПа .
 8. Определите давление, оказываемое кубом массой 500 г и длиной ребра 10 см .



Рис. 3

* Здесь и далее $g = 10 \text{ Н/кг}$.

3.2. Гидростатическое давление

Информация > На предыдущем уроке вы изучали давление твердых тел. Оказывает ли жидкость, находящаяся в сосуде, давление на его стенки и дно?
Для ответа на этот вопрос обратимся к мысленному эксперименту.

Эксперимент > Допустим, что в сосуд цилиндрической формы мы налили воду (рис. 1). Вода действует на поверхность сосуда с силой $P = mg$, направленной перпендикулярно к поверхности площадью S . Как следствие, жидкость оказывает на дно сосуда давление равное

$$p = \frac{P}{S} = \frac{mg}{S} \quad (1), \quad \text{где } m = \rho V \quad (2)$$

Объем жидкости в цилиндре:

$$V = S \cdot h \quad (3)$$

где h – высота столба жидкости (рис. 1).

Подставив выражения (2) и (3) в (1), получим:

$$p = \frac{\rho \cdot S \cdot h \cdot g}{S} = \rho h g.$$

Значит: $p = \rho g h$

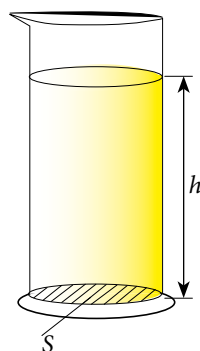


Рис. 1

Запомни! > Давление, производимое жидкостью, не зависит от площади основания сосуда. Оно зависит только от высоты столба жидкости и от ее плотности.

Определение: > Давление, производимое жидкостью, находящейся в состоянии покоя, называется **гидростатическим давлением**.

Производит ли жидкость такое же давление на стенки сосуда, как и на его дно? А на тело, находящееся в ней (в жидкости)?

Для ответа на эти вопросы нам необходимо измерить давление внутри жидкости. Для измерения давления применяется манометр. Одним из самых простых таких приборов является жидкостный манометр (рис. 4).

Практическая деятельность > **Измерение давления с помощью манометра**

Необходимые приборы и материалы: жидкостный манометр, шприц (2-5 мл).

Ход работы:

- Изучите составные части жидкостного манометра.

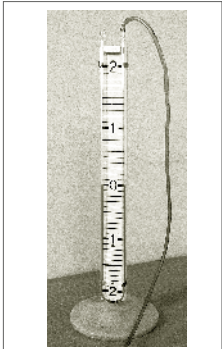


Рис. 2

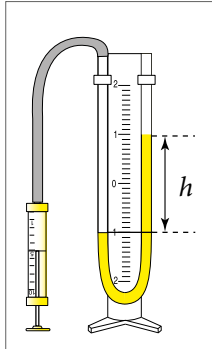


Рис. 3

На рис. 2 вы видите, что жидкостный манометр состоит из:

- стеклянной трубки в форме буквы U;
- подкрашенной жидкости внутри трубки;
- шкалы;
- резиновой трубки.
- Изучите принцип действия манометра:
 - соедините резиновую трубку со шприцем;
 - медленно нажмите на поршень шприца.
- Что вы наблюдаете?

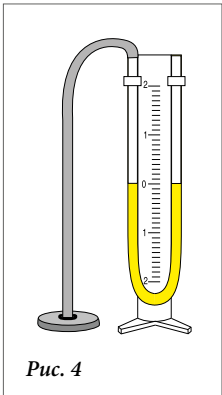


Рис. 4

Давление, производимое воздухом на жидкость в левом колене манометра, равно давлению, производимому столбом жидкости высотой h (рис. 3). Допустим, что $h = 2$ см. Тогда давление, указанное манометром, будет:

$$p = \rho g h = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 0,02 \text{ м} \approx 200 \text{ Па.}$$

Запомни!

Снижение уровня подкрашенной воды в трубке на 1 см указывает на то, что действует давление ≈ 100 Па.

- Соедините манометрическую капсулу с резиновой трубкой (рис. 4).
- Продемонстрируйте, что на одинаковой глубине давление одинаково.
- Как изменяется давление с увеличением глубины?
- Сформулируйте вывод.

Решенная задача

В сосуд налита вода до высоты 45 см. До какого уровня следует налить в другой сосуд масло, чтобы давление на дно этих сосудов было одинаковым?

Дано:

$$\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$h_1 = 45 \text{ см} = 0,45 \text{ м}$$

$$\rho_2 = 900 \text{ кг/м}^3$$

$$p_1 = p_2$$

$$h_2 = ?$$

Решение:

Давление, производимое водой $p_1 = \rho_1 g h_1$ (1)

Давление, производимое маслом $p_2 = \rho_2 g h_2$ (2)

Из условия задачи: $p_1 = p_2$ (3)

Подставив (1) и (2) в (3), получим:

$$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 \text{ или } \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

$$\text{Отсюда } h_2 = \frac{\rho_1 h_1}{\rho_2} = \frac{1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,45 \text{ м}}{900 \text{ кг/м}^3} = 0,5 \text{ м}$$

Ответ: $h_2 = 0,5$ м.

Проверь
свои знания >

1. Вычислите гидростатическое давление на дне Марианской впадины, если ее глубина составляет 11 022 м, а плотность воды $\rho = 1\,026 \text{ кг/м}^3$, $g = 10 \text{ Н/кг}^*$.
2. В один из сосудов налили чистую воду, а в другой такой же – соленую. Где давление жидкости на дно сосуда будет больше, если известно, что уровень воды в сосудах одинаков?
3. Определите давление, оказываемое водой на рис. 5, на уровне верхнего основания погруженного цилиндра (а) и на уровне нижнего основания цилиндра (б).
4. Какое давление указывает манометр с рис. 3?
5. Определите среднее давление стоячей воды бассейна глубиной 5 м:
 - а) на дно бассейна,
 - б) на половине его глубины.
6. Французский ученый Блез Паскаль в 1648 году проделал следующий опыт. Он присоединил к полной бочке узкую высокую трубку (рис. б) и с высоты балкона налил в нее воду. Бочка не выдержала и лопнула. Объясните, почему так случилось.
7. Какое давление оказывает на воду в бочке столб воды в трубке (рис. б), если известно, что высота столба жидкости 4 м?
10. Объясните, каким образом измеряется давление с помощью жидкостного манометра.

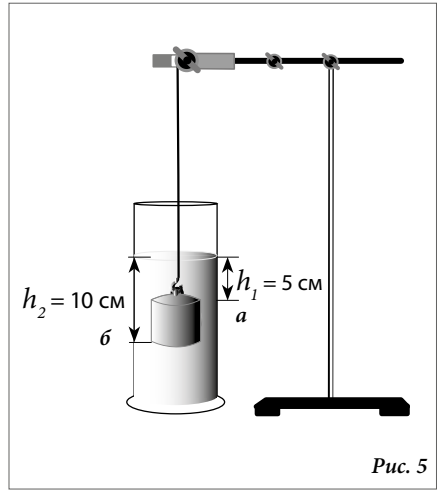


Рис. 5

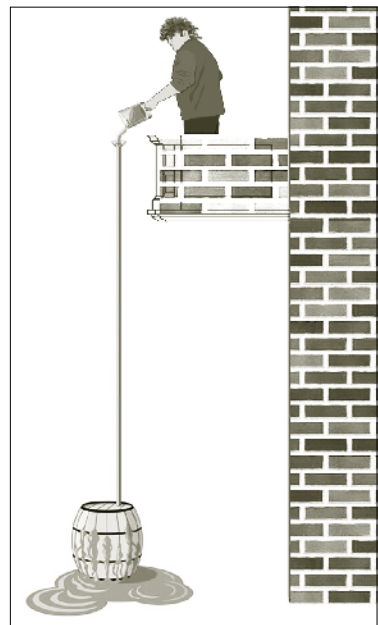


Рис. 6

* Здесь и далее $g = 10 \text{ Н/кг}$.

3.3. Атмосферное давление

Информация > Известно, что воздух обладает массой. Чтобы убедиться в этом, взвесим сначала сосуд с воздухом, а затем откачаем из него воздух и снова взвесим. Именно таким образом было определено, что масса 1 м^3 сухого воздуха при температуре 20°С составляет примерно 1,2 кг. В курсе «Познание мира» вы учили, что Земля окружена атмосферой – слоем воздуха толщиной в десятки километров. Эта воздушная оболочка производит давление на все тела, находящиеся внутри нее, точно так же, как вода – на тела, находящиеся в ней.

Определение: > Давление, производимое на тела атмосферой, называется **атмосферным давлением**.

Историческая справка > Понятие «атмосферное давление» было введено в науку учеником Галилео Галилея **Евангелистой Торричелли (1608-1647)**. Он также первым предложил метод измерения атмосферного давления.



В 1643 г. Торричелли выполнил следующий эксперимент. Трубка длиной $\approx 1 \text{ м}$, запаянная с одного конца, была наполнена ртутью. Незапаянный конец трубки, плотно заткнутый пальцем, был погружен в сосуд с ртутью (рис. 1).

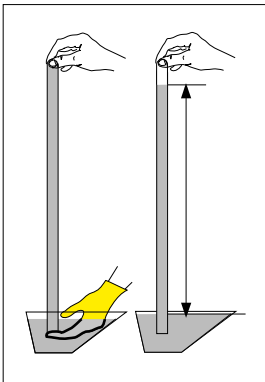


Рис. 1

Палец убрали, и часть ртути вытекла из трубки. При этом в верхней части трубки образовалось вакуумное пространство, получившее название «Торричеллиева пустота». Определили, что высота ртутного столба приблизительно равна $h \approx 760 \text{ мм}$ относительно уровня ртути в сосуде.

Мы уже знаем, что гидростатическое давление имеет одинаковое значение в любой точке горизонтальной поверхности. Следовательно, на уровне свободной поверхности давление столбика ртути, находящегося в трубке, равно атмосферному давлению.

Таким образом:

$$p_0 = p g h = 13595,1 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,80665 \text{ Н/кг} \cdot 0,76 \text{ м} = 101325 \text{ Па.}$$

Такое давление названо **нормальным атмосферным давлением**.

Выполняя наблюдения несколько дней подряд, Торричелли доказал, что атмосферное давление изменяется. Он также предположил, что изменение атмосферного давления связано с изменением погоды. В пасмурную погоду атмосферное давление меньше, чем обычно. В 1648 г. в ходе опытов с «трубкой Торричелли» оказалось, что атмосферное давление уменьшается с увеличением высоты над уровнем моря. Для демон-

страции этого явления Блез Паскаль предложил измерить атмосферное давление у подножия горы и на ее вершине. Высота ртутного столба на вершине горы уменьшилась на 84,4 мм. Причина этого в уменьшении толщины и плотности воздушного слоя, который давит на этом уровне.

На практике для измерения атмосферного давления применяется барометр aneroid (рис. 2).

Принцип действия барометра aneroid



Рис. 2

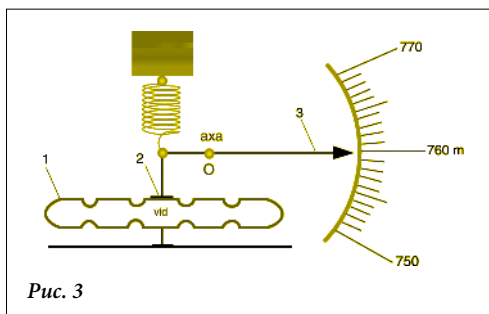


Рис. 3

Из металлической коробки 1 выкачивается часть воздуха (рис. 3). Если атмосферное давление увеличивается, мембрана 2 перемещается вниз, увлекая за собой указательную стрелку 3. Напротив, когда атмосферное давление уменьшается, пружина, прикрепленная к основанию, перемещает мембрану вверх. Показания барометра также уменьшаются.

Проверь свои знания

1. Сосуд с воздухом весит 210 г, после извлечения из него воздуха – 206,4 г. Какова масса извлеченного воздуха?

- Какие из трубок, изображенных на рис. 4, могут быть использованы для измерения атмосферного давления?
- Какой длины пришлось бы сделать стеклянную трубку из опыта Торичелли, если бы ртуть заменили водой?*
- Артериальное давление здорового человека варьируется между 70 и 120 мм ртутного столба. Переведите эти величины в систему СИ.
- На рис. 5 изображены шары с водородом, находящиеся на разной высоте относительно уровня моря. Какой из шаров находится на наибольшей высоте?
- Почему не вытекает вода из этой трубки (рис. 6)?
- Почему атмосферное давление уменьшается при увеличении влажности воздуха?

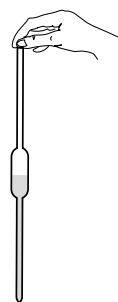
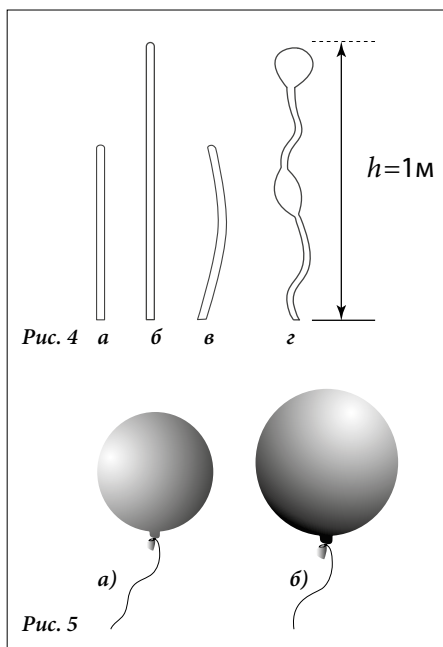


Рис. 6

* Здесь и далее плотность ртути $\rho_{\text{Hg}} = 13\,600 \text{ кг/м}^3$.

3.4. Давление в газах. Закон Паскаля

Вы уже знаете, что газообразные тела состоят из мельчайших частиц. Частицы постоянно движутся и взаимодействуют не только друг с другом, но и со всем, что их окружает, например, со стенками сосуда (рис. 1).

Ударяясь о стенки сосуда, частица действует на нее с очень маленькой силой. Но поскольку число частиц огромно, действие их на стенки сосуда создаёт значительное давление.

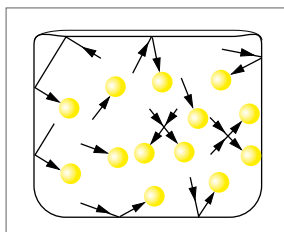


Рис. 1



Так, давление, производимое воздухом в шине автомобиля, составляет примерно две технические атмосферы (ок. 200 кПа). Факт, что давление в газах обусловлено ударами частиц, находящихся в постоянном движении, о стенки сосуда, подтверждается следующим экспериментом.

Эксперимент

Резиновый шарик с небольшим количеством воздуха в нем, помещается под стеклянный колокол (рис. 2, а). При выкачивании воздуха из-под колокола шарик увеличивается в объеме (рис. 2, б).

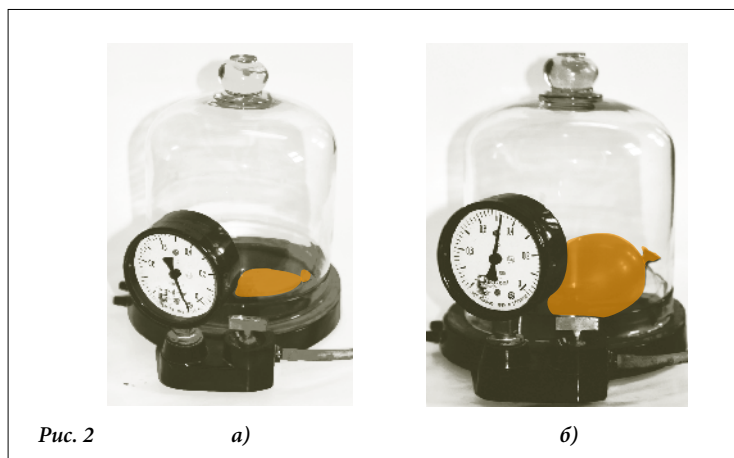


Рис. 2

а)

б)

Запомни!

Давление, производимое газом, обусловлено ударами его частиц о стенки сосуда (шарика).

При выкачивании воздуха шар под колоколом приобретает сферическую форму. Это доказывает, что газ действует на поверхность шара одинаково во всех направлениях.

А как передается давление, производимое на жидкость?

Эксперимент

- Возьмите шприц объемом 20 мл и наполните его наполовину водой.
- Затем поверните шприц наконечником для иглы вверх и увеличьте до предела объем цилиндра.
- Проколите толстой иглой 3-4 отверстия на боковой поверхности шприца (вблизи отметок 5 и 10).
- Закройте пальцем отверстие шприца и поверните шприц вниз, резко нажав на поршень (рис. 3). Что наблюдаете?
- Сформулируйте вывод.

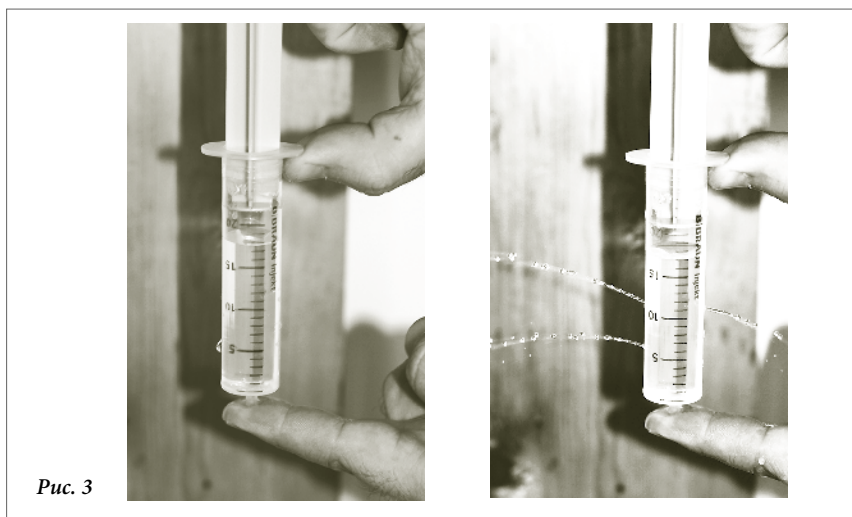


Рис. 3

Запомни!

Давление, производимое на жидкость или газ, передается одинаково во всех направлениях.

Это утверждение называется законом Паскаля.

Давление жидкостей и газов измеряется с помощью манометров (рис. 5). Принцип работы манометра можно проиллюстрировать игрушкой-язычком (рис. 6).

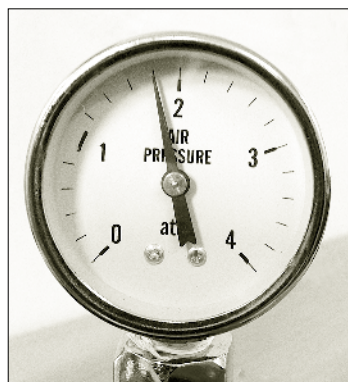


Рис. 5



Рис. 6

Манометр обычно снабжен гибкой металлической трубкой в форме лука (рис. 7), которая растягивается при увеличении давления, передвигая стрелку по шкале.

Такими манометрами, как правило, измеряется давление масла в двигателях, давление воздуха в накачанных автомобильных камерах и т. п.



Рис. 7

Проверь свои знания

1. Рассмотрите иллюстрации, расположенные ниже. Давит ли воздух изнутри на стенки этих мячей и шаров? А снаружи?



Рис. 8



Рис. 9

2. Как изменяется давление воздуха в шинах грузовика при его разгрузке (рис. 8)?
3. В каком случае давление воздуха в камере автомобильной шины будет больше: когда стоите на ней или когда лежите?
4. Почему баллоны с газом не рекомендуется хранить на солнце?
5. Объясните, почему мыльные пузыри (рис. 9) имеют сферическую форму.
6. Галилео Галилей заметил интересное явление: если ударить деревянным брусом по стеклянной бутылке, она останется целой. Но если ее наполнить водой и закрыть пробкой, а затем ударить по пробке с такой же силой, то бутылка разобьётся. Объясните, почему.
7. Какое давление указывает манометр с рис. 5? Переведите это значение давления в единицы СИ.

3.5. Сообщающиеся сосуды. Гидравлические системы

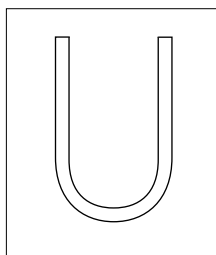
Информация

Из курса VI-го класса вы знаете, что жидкости не имеют собственной формы. Они приобретают форму сосуда, в котором находятся.

Особый интерес представляет то, каким образом распределяется жидкость в сосудах, которые сообщаются, например, в чайнике с длинным носиком.

Анализируй ситуацию!

- Рассмотрите иллюстрации, расположенные ниже.



- Что можно сказать об уровне воды в различных частях (сосудах), из которых состоит чайник?
- А об уровне воды в частях поливальной лейки?

Определение:

Сосуды, соединенные между собой, называются **сообщающимися сосудами**.

Рис. 1

Эксперимент

- Возьмите прозрачную трубку в форме буквы **U** (рис. 1). Налейте воду в одно из ее колен. Что вы наблюдаете?
- Наклоните трубку вправо, затем влево.
- Сформулируйте вывод.

Запомни!

В сообщающихся сосудах с однородной жидкостью свободные поверхности жидкости всегда находятся на одном уровне.

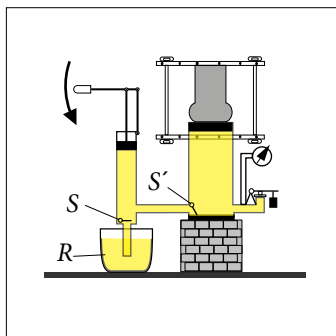


Рис. 2

Это утверждение и есть **закон сообщающихся сосудов**.

На основе этого закона действуют системы водоснабжения, фонтаны, шлюзы и мн. др.

Гидравлический пресс. Это устройство состоит из двух цилиндров различного диаметра, сообщающихся между собой (рис. 2). Цилиндры снабжены поршнями. Пространство под поршнями заполняется жидкостью (минеральным маслом). Устройство имеет два клапана S и S' и резервуар R . При движении малого поршня вверх клапан S открывается, а клапан S' закрывается. Таким образом, часть масла из резервуара попадает в маленький цилиндр. При движении малого поршня вниз клапан S закрывается, а клапан S' открывается. Часть масла переходит в большой цилиндр, увеличивая давление на второй поршень.

На законе Паскаля основывается и действие других гидравлических систем. Одной из самых распространенных таких систем является **гидравлический тормоз**, которым оснащаются велосипеды. Одна из его составных частей – *главный тормозной цилиндр* (1), находящийся на рукоятке велосипедного руля (рис. 3). Он нагнетает с желаемой силой *тормозную жидкость* на *колесный цилиндр* (2) (рис. 3, 4), что заставляет *тормозные колодки* (3) сжать *барабан* (4), закрепленный на колесе. Главный цилиндр может действовать сразу на два и больше колесных цилиндра, что используется в автомобильных тормозах (рис. 4).

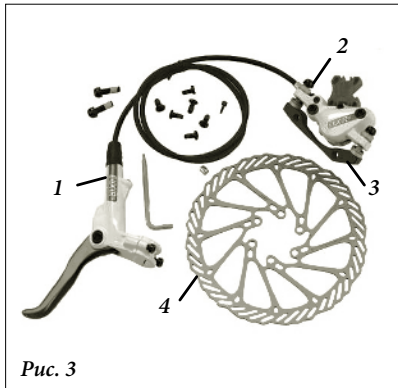


Рис. 3

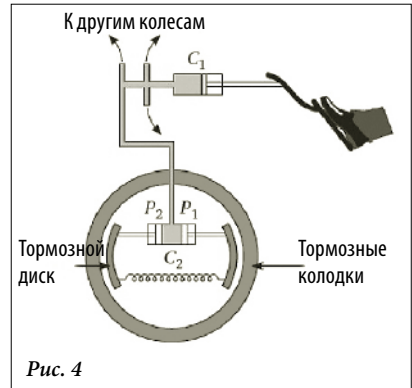


Рис. 4

Проверь свои знания ➤

1. Приведите три примера сообщающихся сосудов, которые можно найти в вашем доме.

2. Какая из леек, представленных на рис. 5, имеет лучшую конструкцию? Объясните свой ответ.



Рис. 5 а)

б)

в)

3. Опишите систему водоснабжения жилого дома (рис. 6).

4. Объясните принцип действия гидравлического пресса.

5. Объясните принцип действия автомобильного гидравлического тормоза (рис. 4).

6. Определите давление воды в кране, если он находится на 20 м ниже уровня воды в резервуаре водопровода.

7. В фонтане вода бьет под давлением 350 кПа. Определите уровень воды в системе, подающей воду в фонтан.

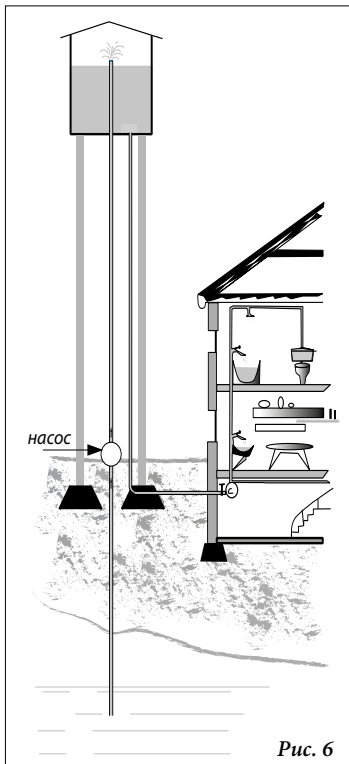


Рис. 6

3.6. Сила Архимеда. Плавание тел

Информация

Вы наверняка заметили, что вес любого тела в воде меньше, чем в воздухе. Это происходит потому что на тела, погруженные в воду, действует сила, направленная вверх.



Запомни!

На тела, погруженные в жидкость, действует сила, направленная вверх, называемая **силой Архимеда** (обозначается \vec{F}_A).

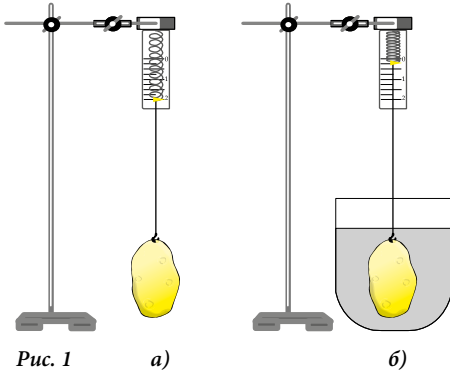


Рис. 1

а)

б)

Далее определим эту силу с помощью эксперимента.

Закрепим к крючку динамометра картофельный клубень (рис. 1, а). Вес клубня $P_1 = 2$ Н. При погружении в сосуд с водой вес картофеля изменяется, $P_2 = 0,2$ Н (рис. 1, б). Вес картофельного клубня изменился под действием силы Архимеда. Следовательно,

$$F_A = P_1 - P_2 \quad (1)$$

Формула (1) выражает простой **метод определения силы Архимеда**, который заключается в измерении веса тела в воздухе и в воде и вычислении разницы. Полученная разница веса совпадает с величиной силы Архимеда.

Для определения отношений между силой Архимеда и весом жидкости, вытесненной телом, сделаем следующий эксперимент.

Эксперимент

- Подвесим к динамометру ведро Архимеда, а к нему – цилиндр (рис. 2, а). Отметим показания динамометра.
- Погрузим цилиндр в сосуд с боковым сливом. Сосуд был заранее наполнен водой до уровня отверстия (рис. 2, б). Жидкость, вытесненная цилиндром, собирается в стакан. При этом по показаниям динамометра мы видим, что вес цилиндра при его погружении в жидкость уменьшается благодаря действию силы Архимеда.
- Вытесненную цилиндром жидкость нальем в ведро Архимеда, подвешенное к динамометру. Его показания становятся прежними (рис. 2, в). Следовательно, вес жидкости, вытесненной цилиндром, компенсировал силу Архимеда, т.е.

$$F_A = P_{ж} = m_{ж} \cdot g = \rho_{ж} V_{в} g.$$



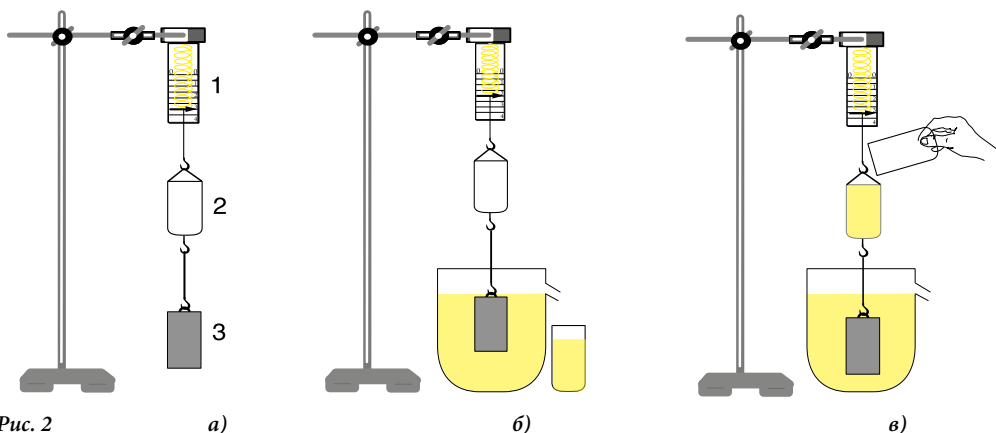


Рис. 2

Запомни!

На тело, погруженное в жидкость (или газ), действует сила, направленная вертикально вверх и равная по величине весу жидкости (или газа), вытесненной этим телом.

Этот закон был открыт знаменитым древнегреческим ученым **Архимедом**.

Историческая справка

Архимед (287-212 до н.э.) – знаменитый древнегреческий математик и физик, считается одним из величайших ученых древности. Он родился в Сиракузах, на острове Сицилия.

В физике Архимед открыл закон рычага и является автором закона, носящего его имя.



Узнай больше!

Допустим, тело, имеющее форму правильного параллелепипеда, погружено в сосуд с водой (рис. 3).

На верхнюю грань параллелепипеда действует сила:

$$F_1 = p_1 \cdot S = \rho g h_1 \cdot S,$$

где S – площадь грани, а h_1 – высота столба воды над этой гранью.

На нижнюю грань параллелепипеда действует сила:

$$F_2 = p_2 S = \rho g h_2 \cdot S.$$

Так как $h_2 > h_1$, то и $F_2 > F_1$. Разница этих сил и есть величина силы Архимеда. То есть:

$$F_A = F_2 - F_1 = \rho \cdot g \cdot S \cdot (h_2 - h_1).$$

Произведение $S \cdot (h_2 - h_1)$ составляет объём тела, а также определяет объём жидкости, вытесненной телом из сосуда.

Значит, сила Архимеда:

$$F_A = \rho_{ж} g V_{в}. \quad (1)$$

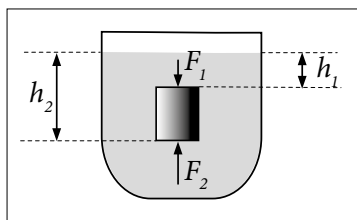


Рис. 3

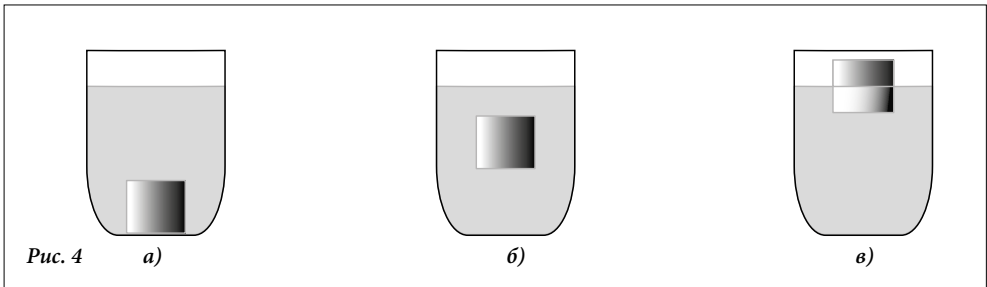
Учитывая, что $\rho_{ж} \cdot V_{\text{в}} -$ масса вытесненной жидкости, можем записать:

$$F_A = m g \quad \text{или} \quad F_A = P_{ж}. \quad (2)$$

Применение закона Архимеда

Закон Архимеда даёт возможность объяснить плавание тел.

Допустим, сила тяжести погруженного тела больше силы Архимеда, то есть $G > F_A$. В этом случае тело опустится на дно сосуда (рис 4, а).



Если сила тяжести тела равна силе Архимеда ($G = F_A$), тело находится в равновесии на определенном уровне в жидкости (рис. 4 б).

Из этого равенства получается, что $\rho_m V_m g = \rho_{ж} V_{\text{в}} g$, где объем тела равен объему вытесненной жидкости $V_{\text{в}}$. Сократив объем и гравитационное ускорение, получим:

$$\rho_m = \rho_{ж}$$

Вывод: Если плотность тела равна плотности жидкости, тело будет плавать внутри жидкости.

Аналогично можно продемонстрировать, что при плотности тела меньше плотности жидкости, $\rho_m < \rho_{ж}$, тело будет плавать на поверхности, находясь частично в воде (рис. 4, в).

Представляет интерес соотношение между объемом части тела, находящейся в жидкости, и общим объемом тела. Например, в озере лежит

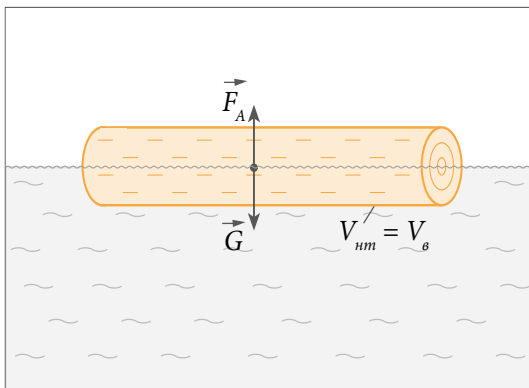


Рис. 5

бревно (рис. 5). На него действует сила Архимеда $F_A = \rho_{ж} V_{нт} g$, где $V_{нт}$ – объем той части бревна, которая погружена в воду. Бревно действует на воду с силой, которая равна силе тяжести $G = m_m g = \rho_m V_m g$, где V_m – общий объем бревна. Так как численные значения этих двух сил, равны, следовательно $\rho_{ж} V_{\text{в}} g = \rho_m V_m g$, или $\rho_{ж} V_{\text{в}} = \rho_m V_m$.

Значит:

$$\frac{V_{\text{в}}}{V_m} = \frac{\rho_m}{\rho_{ж}}$$

Запомни!

Соотношение между объемом части тела, находящейся в жидкости, и общим объемом плавающего тела равно соотношению между плотностью тела и плотностью жидкости.

Решенная задача

Алюминиевый куб с ребром 5 см погружен в воду. Определите: а) силу Архимеда, б) вес куба в воде.

Дано:

$$l = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$$

$$\rho_a = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$$

а) F_A - ?

б) P_0 - ?

Решение:

а) Сила Архимеда, которая действует на куб

$$F_A = \rho_a V g, \text{ где } V = l^3$$

$$F_A = \rho_a l^3 g = 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,05^3 \text{ м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг} = 1,25 \text{ Н}$$

б) $F_A = P - P_0$ (1),

где P - вес куба в воздухе

$$P = m g; \quad P = \rho V g$$

Вес куба в воде выводим из уравнения (1):

$$P_0 = P - F_A = \rho V g - F_A = 2700 \text{ кг/м}^3 \cdot 25 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг} - 1,25 \text{ Н} = 2,125 \text{ Н}$$

Ответ: а) $F_A = 1,25 \text{ Н}$;

б) $P_0 = 2,125 \text{ Н}$.

Проверь свои знания

1. К крючку динамометра подвешен маркированный груз. Показания динамометра – 1 Н. При его погружении в воду динамометр показывает 0,8 Н. Определите силу Архимеда.
2. Клубень картофеля погрузили сначала в воду, затем в спирт. В каком случае сила Архимеда оказалась больше?
3. Определите силу Архимеда, которая действует на металлический цилиндр объемом 10 см^3 , погруженный в масло ($\rho_{\text{масла}} = 900 \text{ кг/м}^3$).
4. Почему человек свободно держится на поверхности Мертвого моря, а на поверхности других морей – нет?
5. Бутылка, наполненная водой, полностью погружается в сосуд с водой. Погрузится ли полностью бутылка, наполненная ртутью, в сосуд с ртутью?
6. В сосуд с рис. 6 налиты три жидкости: вода, масло и ртуть. Определите:
 - а) в каком порядке расположились эти жидкости;
 - б) какое из тел, находящихся внутри сосуда, изготовлено из стали, какое – из пробки, а какое – из парафина.
7. Чему равен объем куса льда, плавающего в воде, если его часть, находящаяся над уровнем воды, имеет объем 50 м^3 . Плотность воды – 1000 кг/м^3 , а льда – 900 кг/м^3 .

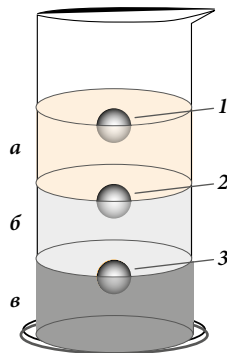


Рис. 6

3.7. Лабораторная работа „Определение плотности неизвестной жидкости с помощью закона Архимеда”

Цель работы: Определение плотности раствора поваренной соли с помощью закона Архимеда.

Необходимые приборы и материалы: динамометр, градуированный цилиндр (250 мл), три разных тела, снабженные крючками, штатив, нить, салфетки, раствор поваренной соли неизвестной концентрации.

Теоретические данные: Согласно закону Архимеда:

$$F_A = \rho g V_g \quad (1) \quad \text{или} \quad F_A = P - P_0$$

Из (1) плотность жидкости:

$$\rho = \frac{F_A}{gV_g}$$

Объем вытесненной телом жидкости: $V_g = V - V_0$ (V – конечный объем, V_0 – начальный объем жидкости в сосуде)

Ход работы:

1. С помощью нити подвесьте тело к крючку динамометра и измерьте вес тела в воздухе P_{01} .
2. Налейте в градуированный сосуд неизвестный раствор и занесите в таблицу начальное значение объема жидкости V_{01} .

3. Полностью погрузите сухое тело в исследуемую жидкость, без того, чтобы оно касалось внутренних стенок сосуда. Измерьте вес погруженного тела P_1 .
4. Измерьте и занесите в таблицу объем жидкости (с погруженным телом) V .
5. Занесите в таблицу значение веса тела в воздухе и воде (P_{01} и P_1).
6. Вычислите и занесите в таблицу значение силы Архимеда F_{A1} .
7. Вычислите и занесите в таблицу значение объема вытесненной жидкости V_g .
8. Выньте тело из воды и обсушите салфеткой.
9. Повторите и для других двух тел измерения, описанные в пунктах 1-8.
10. Вычислите плотность неизвестного раствора для каждого отдельного случая, среднее значение плотности и абсолютные погрешности.
11. Занесите полученные данные в таблицу 1.
12. Запишите примеры вычислений, окончательный результат и сформулируйте выводы.

Таблица 1. Результаты выполненных измерений и вычислений

№	P_0 , Н	P , Н	F_A , Н	V_0 , м ³	V , м ³	V_g , м ³	ρ , кг/м ³	$\Delta\rho$, кг/м ³
1.								
2.								
3.								
Средние значения:								

Примеры вычислений:

$$F_{A1} =$$

$$V_{g1} =$$

$$\rho_1 =$$

$$\Delta\rho_1 =$$

$$F_{A2} =$$

$$V_{g2} =$$

$$\rho_2 =$$

$$\Delta\rho_2 =$$

$$F_{A3} =$$

$$V_{g3} =$$

$$\rho_3 =$$

$$\Delta\rho_3 =$$

$$\bar{\rho} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3}$$

$$\Delta\rho = |\bar{\rho} - \rho|$$

$$\Delta\bar{\rho} = \frac{\Delta\rho_1 + \Delta\rho_2 + \Delta\rho_3}{3}$$

Окончательный результат:

$$\rho = (\bar{\rho} \pm \Delta\bar{\rho}) = (\dots \pm \dots) \text{ кг/м}^3.$$

Выводы:

Практическая часть

Найди решение

1. Лед на реке выдерживает максимальное давление в 70 кПа. Выдержит ли лёд, если по нему пройдет трактор массой 5 200 кг и с площадью гусениц $1,4 \text{ м}^2$? ($g = 9,8 \text{ Н/кг}$)
2. Определите массу ящика с основанием $30 \times 50 \text{ см}$, если он оказывает на пол давление 500 Па .*
3. Отец массой 80 кг и сын массой 40 кг стоят на лыжах. Чьи лыжи больше углубились в снег? Известно, что лыжи отца имеют длину 2 м и ширину 8 см, а лыжи сына, соответственно, 1,6 м и 6,25 см.
4. Определите длину ребра куба массой $m = 500 \text{ г}$, если давление, оказываемое им на горизонтальную поверхность стола, равно 1 кПа.
5. Турист несет на спине рюкзак массой 10 кг. Определите массу туриста, если, находясь в состоянии покоя, он производит на поверхность давление в 15 кПа. Площадь подошвы его обуви составляет 600 см^2 .
6. В сосуд массой 2,1 кг налили 6 л растительного масла. Определите площадь дна сосуда, если давление, производимое сосудом на поверхность стола, равно 1,3 кПа.
7. На какой глубине находится батискаф (рис. 1), если давление, производимое на него, составляет $10,2 \cdot 10^6 \text{ Па}$? $\rho = 1020 \text{ кг/м}^3$.
8. Давление жидкости на дно сосуда равно 900 Па. Определите плотность жидкости, если высота ее в сосуде составляет 10 см.
9. Во сколько раз изменится давление жидкости на дно сосуда, если воду в нем заменить на растительное масло того же объема?

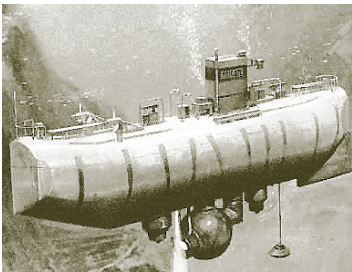


Рис. 1

10. Вычислите максимальное давление, которое можно измерить с помощью манометра, изображённого на рис. 2, если в качестве жидкости используется: а) вода; б) растительное масло, в) спирт. Одно деление манометра в случае воды – 100 Па ($g = 9,8 \text{ Н/кг}$).
11. Определите силу, с которой бензин действует на пробку площадью 8 см^2 , находящуюся на дне сосуда. Расстояние от пробки до верхнего уровня жидкости составляет 20 см

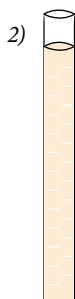
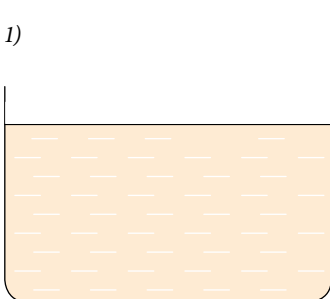


Рис. 3

12. В сосуды на рис. 3 налита одна и та же жидкость. Масса жидкости в первом сосуде в 10 раз больше, чем во втором. В каком сосуде жидкость оказывает большее давление на дно?

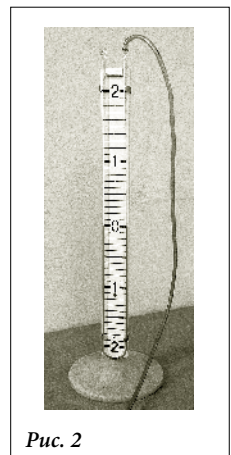
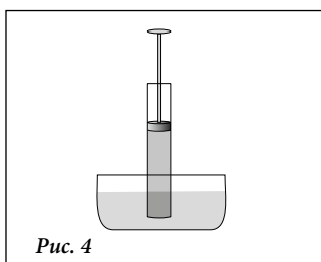


Рис. 2

* Здесь и далее гравитационное ускорение $g = 10 \text{ Н/кг}$.

13. Для демонстрации того, что воздух имеет определенный вес, стеклянная колба объемом 1,23 л была взвешена с воздухом и после его откачивания. Измерения показали разницу в 1,36 г. Определите плотность воздуха, используя данные этого эксперимента.
14. В XIX веке атмосферное давление измеряли с помощью стеклянной трубки, заполненной минеральным маслом ($\rho_{\text{м}} = 850 \text{ кг/м}^3$). Какой высоты был столб этого масла при нормальном давлении ($p = 760 \text{ мм ртутного столба}$)? Считать $g = 9,8 \text{ Н/кг}$.
15. С какой силой действует атмосфера на стол размерами 2 x 0,8 м при нормальном атмосферном давлении ($p = 760 \text{ мм рт. ст.}$)?
16. Определите силу, с которой действует атмосфера Земли: а) на тетрадь; б) на круглый стол с диаметром 1 м. $p_0 = 101\,325 \text{ Па}$.



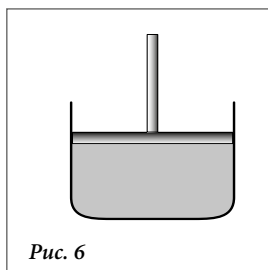
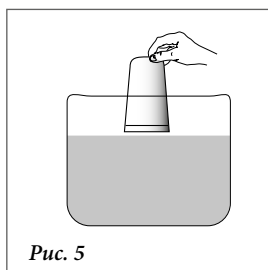
17. Цилиндр с поршнем опущен в сосуд с ртутью (рис. 4). Поршень был поднят до самого высокого уровня цилиндра. Какие данные необходимы для ответа на вопрос, до какого уровня поднялась ртуть в цилиндре?
18. На первом этаже здания барометр показывает 760 мм рт. ст., а на крыше – 758 мм рт. ст. Определите высоту здания, если средняя плотность воздуха составляет $\rho_{\text{в}} = 1,23 \text{ кг/м}^3$.
19. На какой высоте летит самолет, если барометр на его борту показывает 670 мм рт. ст., а на поверхности земли – 750 мм рт. ст.?
20. При движении автомобиля по песку рекомендуется выпустить из колесных камер часть воздуха. Объясните, почему.
21. Давление воды в водопроводной системе на втором этаже жилого дома равно 300 кПа. Определите, на каком уровне относительно этого этажа находится вода в емкости, из которой происходит водоснабжение дома. Сможет ли подняться вода из этой емкости до 16-го этажа? Высота одного этажа 3 м.
22. Сила Архимеда, действующая на куб, подвешенный к пружине и погруженный в воду, равна 2 Н. Определите вес куба в воздухе, зная, что его вес в воде равен 0,5 Н.
23. Вес подвешенного цилиндра в воздухе равен 1,5 Н. Какой вес будет у него при погружении в жидкость? Известно, что сила Архимеда, действующая на него при этом равна 0,9 Н.
24. К крючку динамометра подвешен камень. Когда камень находится в воздухе, динамометр показывает 50 Н, а при погружении камня в воду – 18,75 Н. Вычислите: а) вес воды, вытесненной камнем; б) объем камня; в) плотность камня.
25. Сила Архимеда, действующая на погруженную в воду корону массой 603,7 г, равна 0,525 Н. Из какого металла изготовлена корона?

* Здесь и далее средняя плотность воздуха $\rho_{\text{в}} = 1,23 \text{ кг/м}^3$.

26. Определите объем металлического шара, если при погружении в воду на него действует сила Архимеда равная 11,7 Н.
27. Цилиндр массой $m = 270$ г подвешен к динамометру. При погружении цилиндра в воду динамометр показывает 1,7 Н. Каковы будут показания динамометра при погружении цилиндра в бензин ($\rho_6 = 750$ кг/м³)?
28. Цилиндр массой 100 г подвешен к динамометру. При погружении цилиндра в воду, показания динамометра уменьшаются на 0,4 Н. Определите:
 - а) плотность вещества, из которого изготовлен цилиндр;
 - б) вес цилиндра в масле ($\rho_м = 900$ кг/м³).
29. Вес цинковой сферы в воздухе составляет 3,6 Н, а в воде 2,8 Н. Есть ли внутри сферы полость?
30. 70% общего объема однородного тела находится в воде. Определите плотность тела.
31. Куб льда плавает в воде. Определите общий объем куба, если объем его части, погруженной в воду, составляет 7 200 см³.
32. Деревянный брусок плотностью 500 кг/м³ плавает на поверхности жидкости. Определите плотность жидкости, если известно, что объем бруска над ее поверхностью составляет 36% от общего его объема.



33. Какую площадь должна иметь льдина толщиной 40 см, чтобы выдержать на себе человека массой 80 кг?
34. Вычислите плотность своего тела. Сравните её с плотностью обычной морской воды ($\rho = 1010$ кг/м³) и плотностью воды Мертвого моря ($\rho = 1200$ кг/м³).
35. Имея в распоряжении деревянный брусок в форме правильного параллелепипеда, миллиметровую линейку и весы, вычислите давление, производимое бруском на поверхность стола в различных положениях.
36. Вычислите давление, производимое вашим собственным телом на поверхность пола, когда вы находитесь в состоянии покоя:
 - а) стоите на одной ноге;
 - б) на обеих ногах.
37. Изготовьте из пластиковой бутылки устройство, которое демонстрирует, что гидростатическое давление растет вместе с увеличением глубины.
38. У вас в распоряжении есть прозрачная трубка длиной 1 м. Какое максимальное давление может быть измерено жидкостным манометром, изготовленным из этой трубки. В качестве жидкости используйте воду.
39. В прозрачный сосуд с водой погрузите перевернутый вверх дном пустой стакан (рис. 5). Что наблюдаете? Объясните увиденное.
40. В цилиндре под поршнем находится газ (рис. 6). Предложите различные способы изменения давления этого газа.
41. Предложите опыт, с помощью которого можно продемонстрировать действие закона Паскаля в газах.



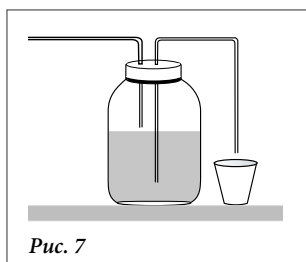


Рис. 7

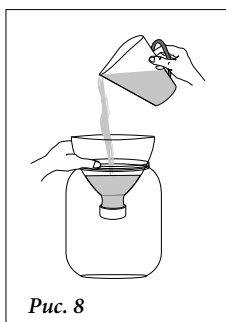


Рис. 8



Рис. 9

42. Как перелить воду из сосуда в стакан (рис. 7), не открывая крышки и не наклоняя сосуда?
43. Имея в распоряжении два шприца разных диаметров, изготовьте гидравлический пресс.
44. Имея в распоряжении U-образную трубку, линейку, воду и растительное масло, составьте и решите несколько экспериментальных задач.
45. Сделайте из пластиковой бутылки объемом 1,5 л воронку. В крышке воронки проделайте отверстие диаметром 3-5 мм. Плотно приклейте воронку к краям банки (рис. 8) и попробуйте с ее помощью наполнить банку водой. Что наблюдаете? Объясните увиденное.
46. Положите лист плотной бумаги на стакан, наполненный водой. Переверните стакан вверх дном, поддерживая листок рукой. Уберите руку (рис. 9). Что наблюдаете? Сформулируйте вывод.
47. Имея в распоряжении линейку, гирию в 50 г, резиновый шнур, штатив и стакан с водой, определите силу Архимеда, которая действует на клубень картофеля, помещенный в стакан.
48. Имея в распоряжении динамометр, маркированный груз массой в 100 г и сосуд с водой, определите плотность груза.
49. Рассмотрите рисунок. Как бы вы предотвратили этот несчастный случай? Как вы поступите, чтобы помочь этому человеку?

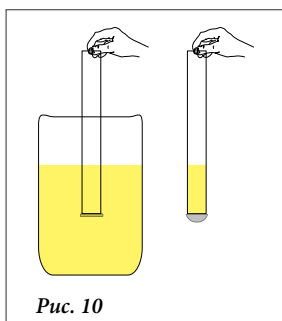


Рис. 10

50. В цилиндрический сосуд с радиусом дна R налита вода до высоты h . Сравните давление воды на дно сосуда со средним давлением, производимым водой на боковые стенки.
51. Имея в распоряжении прозрачную трубку, один конец которой закрыт пленкой (рис. 10), продемонстрируйте, что на определенной глубине давление, производимое жидкостью сверху вниз, равно давлению, производимому жидкостью, снизу вверх.

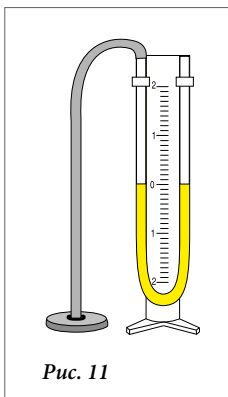


Рис. 11

52. С помощью жидкостного манометра, манометрической капсулы, одного сосуда с водой и другого – с соляным раствором, произведите следующий эксперимент. Присоедините манометрическую капсулу к резиновой трубке (рис. 11). Продемонстрируйте, что на одной глубине в данном сосуде давление одинаково, независимо от направления. Определите:

- как изменяется давление при увеличении глубины;
- в каком из сосудов давление на такой же глубине больше.

53. Напишите сообщение об использовании гидравлических систем в промышленности и в повседневной жизни.

54. Как определить уровень жидкости в непрозрачном сосуде при помощи тонкой эластичной трубки, присоединенной к отверстию в его дне?

55. Познакомьтесь с принципом действия шлюзов (рис. 12).

56. Подберите из различных источников описание опытов, которые подтверждают существование атмосферного давления.

57. Изготовьте игрушку, которая известна под названием „картезианский водолаз“ (рис. 13). Продемонстрируйте с ее помощью условия плавания тел.

58. Сконструируйте весы, работа которых основана на применении силы Архимеда. Установите, от чего зависит точность и предел измерения таких весов.

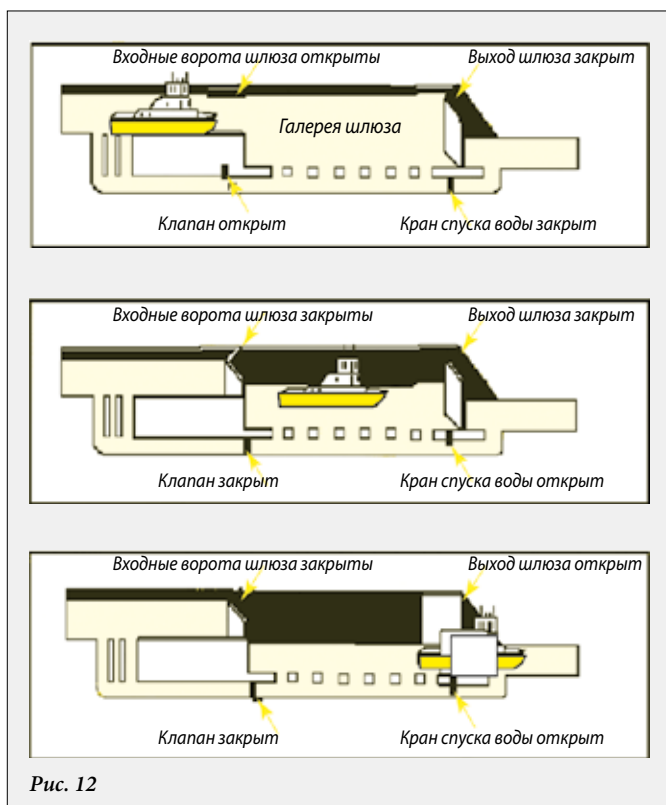


Рис. 12

59. Продемонстрируйте с помощью «картезианского водолаза» действие закона Паскаля.

60. Предложите, как можно изменить трубку с рис. 10 для демонстрации того факта, что давление в жидкости на определенной глубине одинаково во всех направлениях.

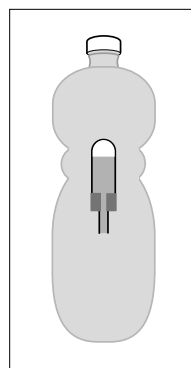


Рис. 13

Обобщение

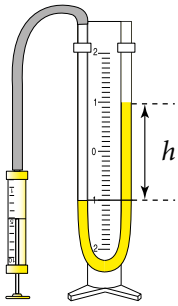


Рис. 1



Рис. 2

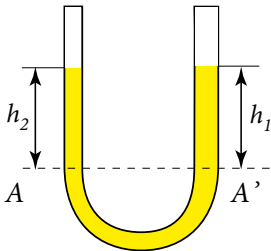


Рис. 3

Давление – это физическая величина, которая характеризует эффект силы, действующей перпендикулярно на поверхность.

Давление твердых тел вычисляется по формуле $p = F_n / S$, где F_n – это нормальная сила, действующая перпендикулярно поверхности, а S – площадь поверхности.

Гидростатическое давление не зависит от площади основания сосуда. Оно зависит только от высоты столба жидкости и ее плотности, $p = \rho g h$.

Давление газа на сосуд объясняется ударами его молекул о стенки сосуда.

Согласно закону Паскаля, давление, оказываемое на жидкость или газ, передается одинаково во всех направлениях. Закон Паскаля лежит в основе работы гидравлического пресса, гидравлического тормоза и др. систем.

Давление жидкостей и газов измеряется **манометрами**. Жидкостный манометр (рис. 1) измеряет излишек давления, оказываемого газом на жидкость, находящуюся в трубке U-образной формы. Оно равно давлению столба жидкости высотой h (рис. 1). Деформационные манометры, снабженные гибкой металлической трубкой в форме лука, действуют благодаря упругой деформации трубки при повышении давления. В результате этой деформации стрелка прибора движется по шкале (рис. 2).

Представляет интерес то, как распределяется жидкость в сообщающихся сосудах. Свободные поверхности однородной жидкости в таких сосудах всегда находятся на одном уровне (рис. 3).

Давление, производимое на тело воздухом, называется **атмосферным давлением**. Оно обусловлено весом воздуха. На поверхности Земли мы находимся на дне воздушного океана. Нормальное атмосферное давление равно $p_0 = 101\,325$ Па. В пасмурную погоду атмосферное давление снижается, поскольку воздух с большой концентрацией испарений воды становится легче. В ясную погоду атмосферное давление больше нормального, т. к. сухой воздух тяжелее. Атмосферное давление измеряется с помощью **барометра анероида**.

Благодаря разнице давления, оказываемого на различные части тела, погруженного в жидкость или газ, на него действует сила, называемая **силой Архимеда**. Величина силы Архимеда определяется при измерении веса тела в воздухе P_1 и в жидкости P_2 и вычислении их разницы: $F_A = P_1 - P_2$. Согласно закону Архимеда эта сила равна весу жидкости, вытесненной этим телом: $F_A = m_{ж} g = \rho_{ж} V_{\text{в}} g$.

Закон Архимеда позволяет объяснить условие плавания тел.

Отношение объема части тела, находящейся в жидкости, к общему объему тела равно отношению плотности тела к плотности жидкости.

$$\frac{V_{nm}}{V_m} = \frac{\rho_m}{\rho_{ж}}$$

СУММАТИВНЫЙ ТЕСТ

Данный тест предлагается для определения уровня знаний и умений, приобретенных вами при изучении этой главы

№	Задания	Баллы
I. В заданиях 1-3 дайте краткий ответ согласно предложенным условиям:		
1.	Продолжите утверждения так, чтобы они были правильными: а) Давление, оказываемое на жидкость или газ, передается б) Давление, производимое газом, обусловлено в) Давлением называется физическая величина, которая выражает	L 0 1 2 3
2.	С помощью стрелок установите соответствие между физическими величинами и единицами их измерения: сила Архимеда см ³ объем Н/кг давление Н кПа	L 0 1 2 3
3.	Определите правильность данных утверждений, отметив П, если утверждение правильно, и Н, если неправильно: а) Давление, оказываемое жидкостью на стенки сосуда, не зависит от формы сосуда П Н б) Сила Архимеда, которая действует на тело, погруженное в жидкость (или газ), равна объему вытесненной им жидкости (или газа) П Н	L 0 1 2
II. В заданиях 4-7 напишите полное решение задач и проблемных ситуаций:		
4.	Разница значений атмосферного давления на вершине Эйфелевой башни и у ее основания равна 3,906 кПа. Определите высоту башни. ($g = 9,8 \text{ Н/кг}$, $\rho_g = 1,23 \text{ кг/м}^3$)	L 0 1 2
5.	При погружении цилиндра было вытеснено 20 мл воды. Определите: а) Силу Архимеда, которая действует на цилиндр в воде. б) Вес цилиндра в воде, учитывая, что он изготовлен из стали ($\rho_c = 7800 \text{ кг/м}^3$).	а) б) L L 0 0 1 1 2 2 3 3
6.	Две трети объема плавающего в воде тела находится под водой. а) Представьте схематично силы, действующие на это тело; б) Определите плотность тела.	а) б) L L 0 0 1 1 3 2 2 4
7.	Имея в распоряжении динамометр, сосуд с неизвестной жидкостью и металлический цилиндр, предложите план исследования по определению плотности этого вещества. Выведите рабочую формулу.	L 0 1 2 3 4

Дополнение

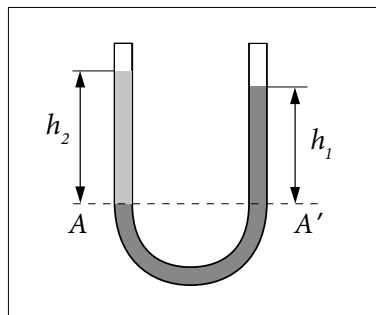


Рис. 1

Сообщающиеся сосуды

Закон сообщающихся сосудов действителен только в том случае, если сосуды наполнены одной и той же жидкостью. Если в них налиты жидкости разной плотности (к примеру, вода и растительное масло), свободные поверхности этих жидкостей находятся на разных уровнях (рис. 1).

Обозначим AA' линию разделения воды и масла. Так как ниже этой линии находится вода, давление, производимое столбами воды и растительного масла высотой h_1 и h_2 на уровне AA' , одинаково.

То есть: $p_1 = p_2$

Так как $p_1 = \rho_1 g h_1$, а $p_2 = \rho_2 g h_2$,

то $\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2$.

Или

$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 .$$

Из данного равенства получаем: $\frac{h_2}{h_1} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$ (1)

Запомни! >

В сообщающихся сосудах высоты столбов разнородных жидкостей над уровнем их раздела обратно пропорциональны плотностям этих жидкостей.

Гидравлический пресс

Согласно закону Паскаля, в гидравлическом прессе давление в рабочем теле (масле) передается во всех направлениях одинаково. Следовательно, давление, производимое маслом на поршни, будет одинаково $p_1 = p_2$.

Поскольку

$$p_1 = \frac{F_1}{S_1}, \quad \text{а} \quad p_2 = \frac{F_2}{S_2},$$

получается, что: $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$. Или $\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$ (2)

Если пренебречь силой трения, можно утверждать:

Запомни! >

Гидравлический пресс дает выигрыш в силе во столько раз, во сколько площадь большого поршня больше площади малого поршня.

Продолжим наши рассуждения.

Допустим, малый поршень переместился вниз на расстояние h_1 . Тогда большой поршень переместится вверх на расстояние h_2 .

Объем жидкости, вытесненной из малого цилиндра в большой, равен: $S_1 h_1 = S_2 h_2$.

Следовательно
$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{h_1}{h_2} \quad (3)$$

Заменяв выражение (3) в (2), получим:
$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{h_1}{h_2} \quad (4)$$

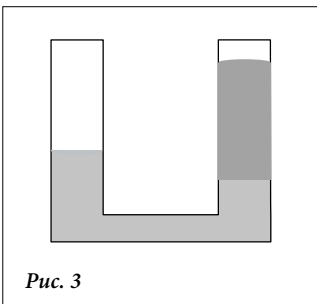
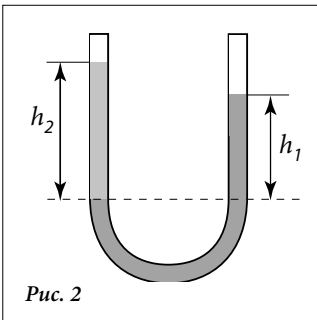


Во сколько раз выигрываем в силе, во столько раз теряем в расстоянии

Это **Золотое правило механики**.

Найди решение

1. В трубку U-образной формы налили воду и машинное масло ($\rho = 900 \text{ кг/м}^3$). Определите высоту водяного столба, находящегося над линией раздела воды и масла, если известно, что высота масляного столба – 15 см.
2. Соотношение между плотностями двух жидкостей, налитых в сообщающиеся сосуды, составляет 1,7. Каково соотношение между высотами столбов жидкостей, находящихся выше границы их раздела?
3. Какая жидкость добавлена в левое колено сообщающихся сосудов, если в них первоначально была только вода (рис. 2)? Используйте линейку и таблицу плотности жидкостей.



4. В сообщающихся сосудах (рис. 3) находятся ртуть и вода. Высота водяного столба – 68 см. Какой высоты должен быть столб керосина, налитого в левое колено, чтобы уровень ртути в обоих коленах стал одинаковым? ($\rho_{\text{керосин}} = 800 \text{ кг/м}^3$)
5. В цилиндрические сообщающиеся сосуды налили воду. Площадь поперечного сечения широкого цилиндра в четыре раза больше узкого цилиндра. В узкий цилиндр налили керосин до высоты 20 см. Насколько увеличился уровень воды в широком цилиндре? И насколько уменьшился в узком цилиндре? ($\rho_{\text{керосин}} = 800 \text{ кг/м}^3$)
6. Площадь малого поршня гидравлического пресса равна 5 см^2 , а большого – 500 см^2 . Малый поршень действует с силой 500 Н. Какая сила действует на большой поршень?
7. Под действием силы в 5 Н малый поршень гидравлического пресса сместился на 10 см. Какая сила действует на большой поршень, если он сместился на 1 см?

Глава 4

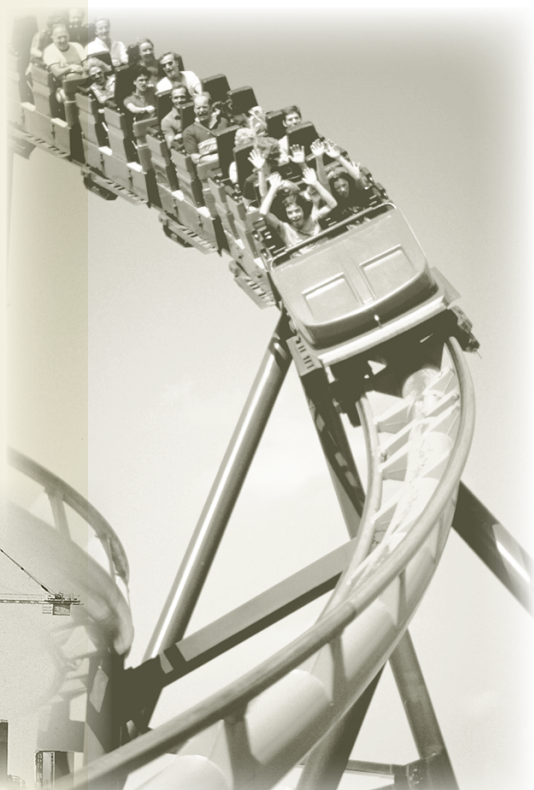
МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА, МОЩНОСТЬ И МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ

Теоретическая часть

- 4.1. Механическая работа
- 4.2. Механическая мощность
- 4.3. Механическая энергия
- 4.4. Сохранение механической энергии

Практическая часть

- Найди решение
- Обобщение
- Суммативный тест
- Дополнение



Глава 4. МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА, МОЩНОСТЬ И МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ



Теоретическая часть

4.1. Механическая работа

Информация > Каждый человек ежедневно выполняет какие-либо действия. К примеру, поднимается по ступенькам своего подъезда, несет из магазина покупки, вскапывает землю в саду, поднимает грузы на стройке, распиливает доски, везет коляску с ребенком и делает многое другое.

Что общего во всех этих примерах?

В каждом случае на тело, приводимое в движение, воздействуют с определенной силой. Во всех этих случаях можно сказать, что человек выполняет определенную **работу**.

Анализируй ситуацию! > • Внимательно рассмотрите прилагаемые иллюстрации.



Рис. 1

- Под воздействием каких сил движутся тела?
- Сохранят ли эти тела скорость, если на них не будут оказывать действие соответствующие силы? Почему?

Определение: > Сила, которая действует на тело, приводя его в движение, называется **силой тяги**.

Во всех случаях, приведенных выше, тела перемещаются под действием силы тяги по прямой и в направлении ее действия. Таким образом, сила тяги выполняет **механическую работу**.

Определим работу силы для самого простого случая механического движения: тело движется **прямолинейно** под действием постоянной силы, по ее прямой действия и в том же направлении (рис. 2).

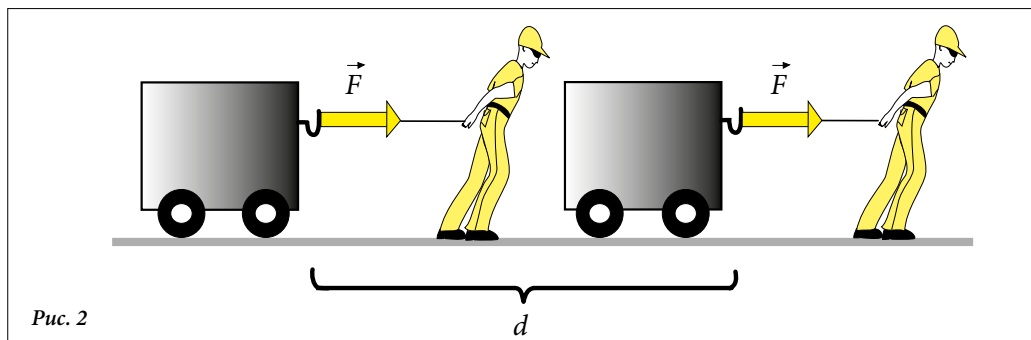


Рис. 2

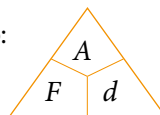
Определение: *Механическая работа, выполненная постоянной силой, которая перемещает тело по прямой и в направлении ее действия, является величиной равной произведению численного значения этой силы на путь, пройденный телом.*

Из определения следует:

Механическая работа = сила • пройденный путь.

Если обозначить механическую работу буквой A , то:

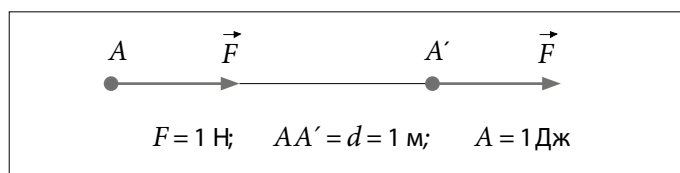
$$A = F \cdot d \quad (1)$$



Опираясь на формулу (1), можно написать выражение единицы измерения механической работы A в СИ:

$$[A]_{СИ} = [F]_{СИ} \cdot [d]_{СИ} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}. \quad \text{Таким образом: } 1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м}.$$

Определение: *1 джоуль представляет собой механическую работу, совершенную силой в 1 Н при перемещении тела в направлении действия силы на расстояние равное 1 м.*



Историческая справка

Джеймс Джоуль (1818–1869), английский физик, один из тех, кто открыл закон сохранения энергии. Первые уроки физики получил у Джона Дальтона. В 1841 году открыл закон зависимости количества теплоты, выделяемой в проводнике при прохождении через него электрического тока (закон Джоуля). В 1843 г. экспериментально доказал, что тепло можно получить при выполнении механической работы. В 1845 году аргументировал теорию, согласно которой внутренняя энергия идеального газа не зависит от его объема. В 1848 году рассчитал зависимость скорости движения молекул газа от его температуры.



На практике часто пользуются единицами производными от **джоуля**:
1 гДж (гектоджоуль) = 100 Дж; 1 кДж (килоджоуль) = 1 000 Дж; 1 МДж (мегаджоуль) = 1 000 000 Дж.

Формула вычисления работы (1) действительна только для самых простых случаев, когда приложенная сила \vec{F} коллинеарна скорости тела \vec{v} . В этом случае работа силы имеет положительное значение: $A = F \cdot d$.

Но возможны и другие случаи, когда сила действует на тело под определенным углом относительно направления движения, и в этом случае значение может быть и положительным, и отрицательным, и равным нулю (рис. 3).

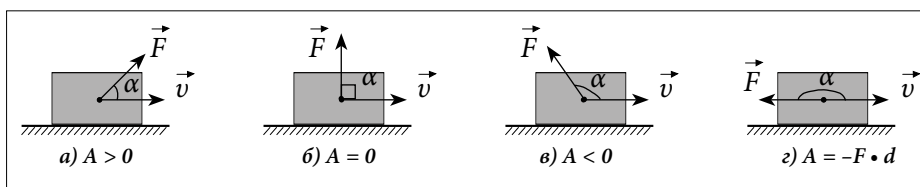


Рис. 3

Любая сила, которая влияет на механическое состояние движущегося физического тела, выполняет механическую работу. Так, не только сила тяги, под действием которой тело движется, выполняет работу, но и сила трения, которая противодействует движению этого тела, уменьшая его скорость, выполняет определенную механическую работу.

Например:

1. Сила тяжести, действующая на тело, которое находится в состоянии покоя или движется по горизонтальной поверхности, не совершает механической работы.
2. Человек, стоящий на месте, даже если он держит какой-либо груз, не производит никакой механической работы (рис. 4).

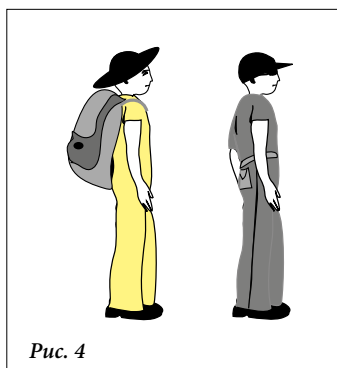


Рис. 4

Решенная задача

Алюминиевый шар объемом 5 см^3 подброшен вертикально вверх до высоты 4 м относительно начальной точки. Найдите механическую работу силы тяжести: а) во время подъема шара до максимальной высоты; б) во время падения до точки броска.

Дано:

$$V = 5 \text{ см}^3 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$$

$$h = 4 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ Н/кг}$$

$$A_G = ?$$

Решение:

а) Тело поднимается: Так как сила тяжести постоянна, можем использовать уравнение: $A = -F \cdot d$, $A_G = -G \cdot h$ (1)
Сила тяжести: $G = m \cdot g$ (2)
Масса шара: $m = \rho \cdot V$ (3)

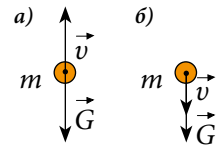


Для механической работы получаем: $A_G = -\rho \cdot V \cdot g \cdot h$
Вычисляем: $A_G = -2700 \text{ кг/м}^3 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 4 \text{ м}$
 $A_G = -0,54 \text{ Дж}$

б) Тело падает. При падении сила тяжести имеет то же направление, что и направление движения:

$$A = F \cdot d, \quad A_G = G \cdot h, \quad A_G = 0,54 \text{ Дж}$$

Ответ: а) $A_G = -0,54 \text{ Дж}$; б) $A_G = 0,54 \text{ Дж}$.



Проверь свои знания

1. При каких условиях механическую работу можно вычислить по формуле $A = F \cdot d$?
2. Сформулируйте определение единицы измерения механической работы.
3. В каком случае сила тяжести выполняет работу, а в каком – нет. Приведите примеры.
4. В четырех случаях, представленных на рис. 5, указаны сила \vec{F} и траектория точки ее приложения, которая двигалась из пункта А в пункт В. В каких случаях сила \vec{F} совершила механическую работу? Объясните свой ответ. Напишите уравнение работы для каждого случая.

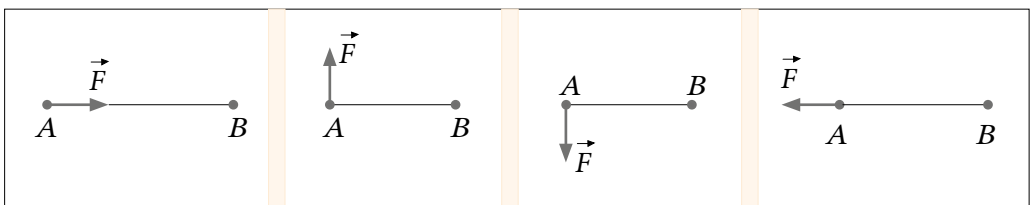


Рис. 5 а) б) в) г)

5. Приведите примеры сил, выполняющих механическую работу.
6. Два ученика поднялись по лестнице с первого этажа школы на второй. Можно ли утверждать, что работа, выполненная ими, одинакова. Объясните свой ответ.
7. Почему, подымаясь в гору, мы выполняем большую работу, чем проходя то же расстояние по ровной местности?
8. Тело продвинулось прямолинейно на расстояние 15 м по направлению действия силы 20 Н . Определите выполненную механическую работу.
9. Найдите величину силы, которая перемещает тело прямолинейно на расстояние 80 см , выполняя механическую работу 40 Дж .

4.2. Механическая мощность

Информация > Наряду с физическим понятием «механическая работа», с которым вы познакомились на прошлом уроке, используется еще один термин «механическая мощность».

При определении механической работы мы говорили, что значение этой физической величины определяется численным значением силы, действующей на тело, и путем, пройденным под действием этой силы.

Быстрота выполнения работы также имеет значение, поэтому учет **времени** необходим в практической деятельности.

Например, рабочий, поднимающий мешок массой 30 кг на третий этаж за 2 мин или за 3 мин, выполняет одинаковую механическую работу, но **затраченное** при выполнении этой работы **время** в этих случаях отличается.

Анализируй ситуацию! > • Внимательно рассмотрите рисунки, расположенные ниже.

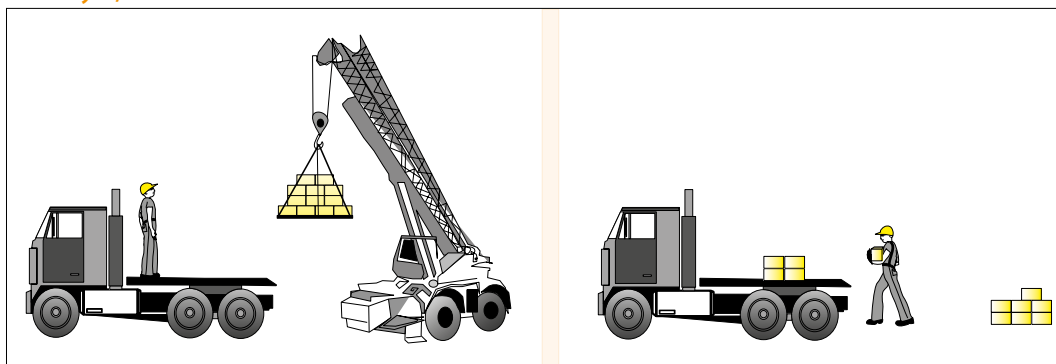


Рис. 1

- В каком из этих двух случаев одинаковая механическая работа будет совершена быстрее?
- Объясните ответ.

Вывод: При совершении механической работы немаловажную роль играет **время**.

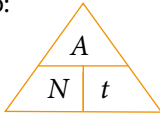
Следовательно, необходима физическая величина, характеризующая быстроту совершения механической работы. Эта физическая величина называется **механической мощностью**.

Определение: > Физическая величина, равная отношению механической работы к интервалу времени, за которое эта работа совершена, называется **механической мощностью**.

Из определения следует:

$$\text{мощность} = \frac{\text{механическая работа}}{\text{время}}$$

Если обозначим механическую мощность буквой N , то:

$$N = \frac{A}{t} \quad (1)$$


На основе отношения (1) можно вывести выражение единицы измерения механической мощности в СИ:

$$[N]_{\text{СИ}} = \frac{[A]_{\text{СИ}}}{[t]_{\text{СИ}}} = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = \text{Вт}. \quad \text{То есть: } 1\text{Вт} = \frac{1\text{Дж}}{1\text{с}}.$$

Определение:

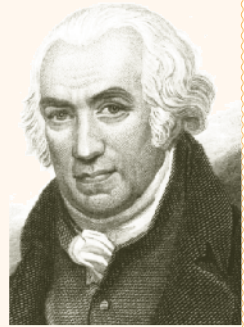
Один ватт – это механическая мощность, развитая при выполнении работы в 1 Дж за 1 секунду времени.

Историческая справка

Джеймс Уатт (1736-1819) – шотландский изобретатель. В 1769 г. сконструировал универсальный паровой двигатель.

Изобретение Дж. Уатта привело к постепенной замене ручного труда машинным. Уже в 1782 году одна паровая машина приводила в движение до 40 ткацких станков.

Эти машины работали на фабриках и заводах, пароходах, поездах и электростанциях.



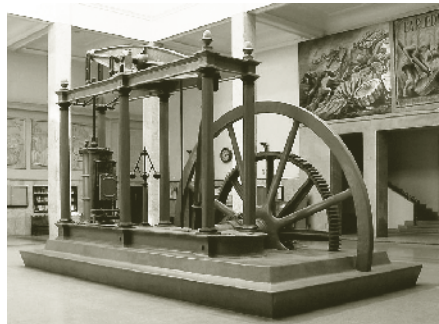
Узнай больше!

Из формулы $N = \frac{A}{t}$ следует, что механическая работа $A = N \cdot t$. Поэтому на практике часто используется дополнительная единица измерения работы, названная **киловатт-часом** (кВт-час), которую можно преобразовать в джоули:

$$1 \text{ кВт-час} = 1\,000 \text{ Вт} \cdot 3\,600 \text{ с} = 3\,600\,000 \text{ Дж} = 3,6 \text{ МДж}$$

Таким образом, 1 кВт-час = 3,6 МДж.

Для измерения мощности тепловых двигателей используется также внесистемная единица измерения, называемая лошадиная сила (л.с.). Она определяется как мощность, необходимая для поднятия тела массой 75 кг за 1 с на высоту 1 м. 1 л.с. \approx 736 Вт.



Паровая машина Джеймса Уатта, хранящаяся в Высшей Технической школе в Мадриде.

Узнай больше! Известно, что скорость равномерного движения тела определяется выражением $v = d / t$.

Когда точка приложения силы F , совершающей механическую работу A , перемещается равномерно и прямолинейно, мощность равна:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot d}{t} = F \cdot v. \quad \text{Таким образом: } N = F \cdot v \quad (2)$$

Запомни! **Механическая мощность, развитая телом, равна произведению ее численного значения на величину скорости движения ее точки приложения.**

Решенная задача Определите время, которое потратит двигатель подъемного крана мощностью 20 мВт при равномерном поднятии медного тела объемом 2 см^3 на высоту 1 м?

Дано:

$$N = 20 \text{ мВт} = 0,02 \text{ Вт}$$

$$\rho = 8900 \text{ кг/м}^3$$

$$h = 1 \text{ м}$$

$$V = 2 \text{ см}^3 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$g = 10 \text{ Н/кг}$$

$$t - ?$$

Решение:

$$N = \frac{A}{t} \Rightarrow t = \frac{A}{N} \quad (1)$$

$$A = F_{\text{тяги}} \cdot d, \quad F_{\text{тяги}} = G, \quad d = h, \quad \text{получим: } A_G = G \cdot h \quad (2)$$

$$\text{Сила тяжести: } G = m \cdot g \quad (3)$$

$$\text{Масса тела: } m = \rho \cdot V \quad (4)$$

$$\text{Подставляем (2), (3) и (4) в (1): } t = \frac{\rho \cdot V \cdot g \cdot h}{N}$$

$$\text{Вычисляем: } t = \frac{8900 \text{ кг/м}^3 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 1 \text{ м}}{0,02 \text{ Вт}} = 8,9 \text{ с}$$

Ответ: $t = 8,9 \text{ с}$



Проверь свои знания

- Используя единицы измерения работы и времени, объясните физический смысл выражения «мощность машины равна 60 кВт».
- Один подъемный кран поднимает груз на седьмой этаж за 60 с, а другой – такой же груз на ту же высоту – за 90 с. У какого подъемного крана мощность больше и во сколько раз?
- Два одинаковых теплохода проходят в одинаковых условиях расстояние между двумя портами за разные промежутки времени. Какой из теплоходов развивает большую мощность? Объясните ответ.
- Двое учащихся, второклассник и восьмиклассник, вместе поднимаются на второй этаж школы. Можно ли сказать, что их механическая мощность одинакова? Объясните ответ.
- Моторная лодка перегоняет морское судно гораздо большей мощности, чем она. Объясните, при каких условиях это возможно. Приведите подобные примеры.
- До второго этажа мальчик поднимался неспеша, но, услышав звонок на урок, он быстро взбежал на третий этаж. Сравните выполненную работу и механическую мощность мальчика на обоих участках его пути.
- Мощность двигателя равна 1 кВт. Определите механическую работу, совершенную им за 10 мин.
- Автомобиль движется по шоссе со скоростью 90 км/ч. Найдите силу тяги его двигателя, если известно, что автомобиль развивает мощность 75 кВт.

4.3. Механическая энергия

Информация > Любой предмет, падая с высоты, развивает определенную скорость и способен подействовать на другие предметы (физические тела), производя динамические или статические изменения. Например, камень, упавший на колышек, вгоняет его глубже в землю.

Другими словами, тело, находящееся в движении, получает способность действовать с силой, которая на определенном участке способна выполнять механическую работу.

Выскажи свое мнение > Внимательно рассмотрите иллюстрации расположенные ниже, и проанализируйте представленные в них ситуации.

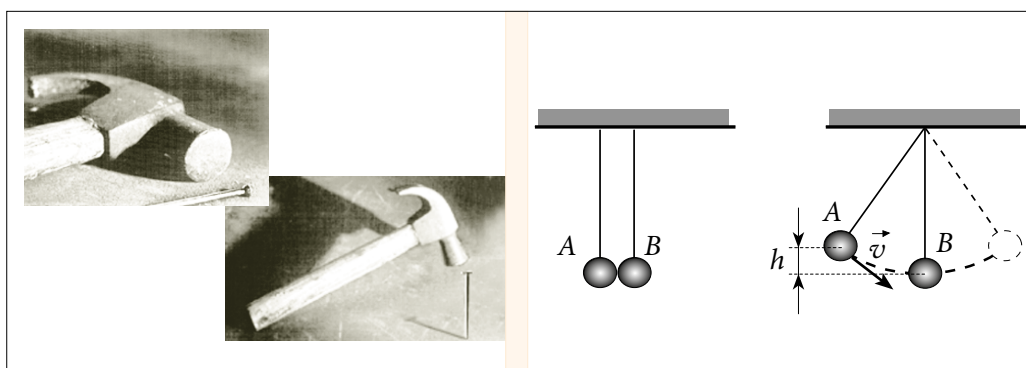


Рис. 1

а)

б)

- Какую способность приобретают молоток и шар, переходя из состояния покоя в состояние движения?
- Обсудите с коллегой по парте свойства движущегося тела.

Вывод: Физические тела, находящиеся в состоянии движения, приобретают способность совершать механическую работу.

Определение: >

- Физическая величина, выражающая способность тела совершать механическую работу, называется **механической энергией**.
- Энергию, которую приобретает тело вследствие своего движения, называют **кинетической энергией** (или **энергией движения**).

Кинетическая энергия обозначается E_k .

Историческая справка

Термин «энергия» был впервые употреблен в 1807 г английским ученым Томасом Юнгом (1773-1829). Но широко использоваться он стал только спустя 50 лет, благодаря шотландскому физику Уильяму Ранкину, который писал: «Термин «энергия» предполагает любое состояние вещества, которое обладает способностью совершать работу».



Слово «энергия» происходит от греческого слова «energeia», что означает «действие», а «кинетика» происходит от греческого слова «kinetikos» и означает «движение».

От чего зависит кинетическая энергия тела?

Эксперимент

- Установите у основания наклонной плоскости деревянный брусок.
- (А) С одной и той же высоты наклонной плоскости ($h_1 = h_2$) спустите поочередно два стальных шара с разными массами ($m_1 < m_2$) (рис. 2).
 - Сравните пути d_1 и d_2 , проделанные деревянным бруском после удара каждым из шаров.
- (Б) Поочередно спустите два одинаковых стальных шара ($m_1 = m_2$) по наклонной плоскости, но с разной высоты ($h_1 < h_2$) (рис. 3).

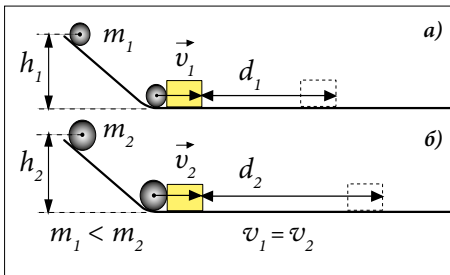


Рис. 2

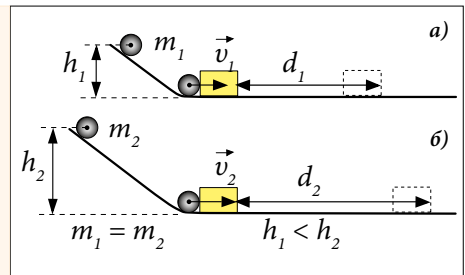


Рис. 3

- Сравните пути d_1 и d_2 , проделанные деревянным бруском после удара каждым из шаров.
- Сформулируйте выводы.

Запомни!

Кинетическая энергия тела тем больше, чем больше его масса и его скорость.

Из многочисленных опытов было установлено следующее математическое выражение кинетической энергии:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

Например:

Из двух автомобилей одинаковой массы m один движется со скоростью 60 км/час, а другой – 120 км/час.

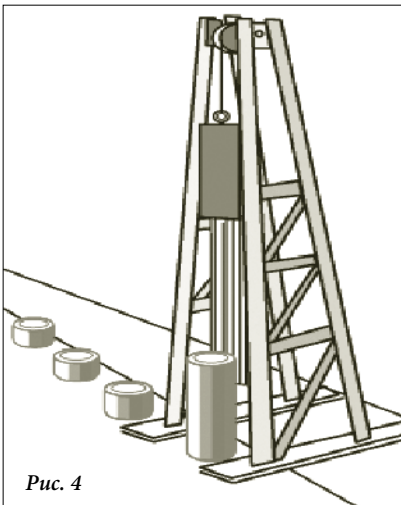
Исходя из формулы, кинетическая энергия второго автомобиля в 2² раза больше, чем у первого, то есть в 4 раза.

Известно, что тело может изменить скорость под действием силы. В этом случае сила выполняет над телом механическую работу, изменяя его кинетическую энергию.

Кинетическая энергия измеряется, как и работа, в джоулях (Дж).



Запомни! Кинетическая энергия тела изменяется на 1 Дж, если результирующая сила совершила над ним работу в 1 Дж.



Наряду с кинетической энергией (энергией движения), состояние тела характеризуется и энергией положения, называемой потенциальной энергией.

Например, состояние тела в системе «физическое тело-Земля» характеризуется потенциальной энергией, определяемой положением тела относительно Земли, а именно – высотой над Землей.

Таким образом, если тело поднято на высоту h (рис. 4), оно приобретает способность совершить работу, равную работе силы тяжести

$$G = m \cdot g.$$

Эта работа определяется выражением:

$$A = G \cdot h = m g h.$$

То есть:

$$A = m g h . \quad (2)$$

Вывод: Тело массой m , поднятое на некоторую высоту h , обладает способностью совершать механическую работу, а значит – обладает энергией.



Определение: Энергия, полученная телом вследствие своего положения относительно Земли, называется **гравитационной потенциальной энергией** (или **энергией положения**).

Следовательно, потенциальная энергия характеризует систему тел, в данном случае систему «тело–Земля». Эта энергия обозначается E_n . Потенциальная энергия тела, находящегося на высоте h над Землей, определяется формулой:

$$E_n = m g h . \quad (3)$$

Потенциальная энергия, как и механическая работа, измеряется в джоулях (Дж).

Запомни!

Различают два вида механической энергии:
– кинетическая энергия;
– потенциальная энергия.

Понятия кинетической и потенциальной энергии введены в физику для количественного выражения способности одного тела или системы тел совершать механическую работу при изменении своей скорости или/и при изменении своего положения.

Кинетическая энергия вместе с потенциальной энергией составляют механическую энергию тела, которую обозначают буквой E .

Таким образом: $E = E_k + E_n$. (4)

Решенные задачи

1. Мяч под ударом Роналду получил скорость 113 км/ч – таково название одной статьи. Найдите массу футбольного мяча, если в этот момент его кинетическая энергия равнялась 225 Дж.

Дано:
 $v = 113 \text{ км/ч} \approx 31,4 \text{ м/с}$
 $E_k = 225 \text{ Дж}$
 $m - ?$

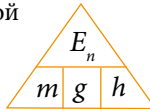
Решение:
 $E_k = \frac{m v^2}{2} \Rightarrow m = \frac{2 E_k}{v^2}$
Вычисление: $m = \frac{2 \cdot 225 \text{ Дж}}{(31,4 \text{ м/с})^2} \approx 0,456 \text{ кг}$
Ответ: $m = 0,456 \text{ кг}$.



2. На какой высоте относительно земли находится фонарь весом 10 кг, если его потенциальная энергия равна 800 Дж?

Дано:
 $E_n = 800 \text{ Дж}$
 $m = 10 \text{ кг}$
 $g = 10 \text{ Н/кг}$
 $h - ?$

Решение:
Из формулы потенциальной энергии $E_n = m \cdot g \cdot h$,
используя мемо-треугольник:
получаем выражение высоты:



$h = \frac{E_n}{m g}$, вычисляем: $h = \frac{800 \text{ Дж}}{10 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг}} = 8 \text{ м}$
Ответ: $h = 8 \text{ м}$.



Проверь свои знания

1. Какие физические величины определяют величину кинетической энергии тела? А величину потенциальной энергии?
2. Приведите три примера физических тел (или систем тел), обладающих кинетической энергией и другие три примера тел с потенциальной энергией.
3. Два ученика различной массы влезли на дерево и обладают теперь одинаковыми потенциальными энергиями относительно поверхности Земли. В каком случае это возможно? Объясните ответ.
4. Объясните, в каком случае два тела с разными массами могут обладать одинаковыми кинетическими энергиями?
5. Автомобиль массой 1,5 т движется со скоростью 72 км/ч. Вычислите кинетическую энергию автомобиля.
6. Рабочий поднимает на третий этаж (высота 10 м) груз массой 15 кг. На сколько увеличивается при этом потенциальная энергия груза?

4.4. Сохранение механической энергии

Информация > Часто в природе, в технике, в повседневной жизни наблюдаются превращения одного вида механической энергии в другой: потенциальной – в кинетическую и наоборот. Это явление можно наблюдать в ходе следующего эксперимента.

- Эксперимент** >
- Диск, зафиксированный на оси, подвешиваем на двух нитях к подставке. В исходном положении механическая энергия диска равна 0 по отношению к уровню OO' , так как он находится в покое и не может опуститься ниже этого уровня (рис. 1, а).
 - Нити, на которые подвешена ось с диском, накручиваем на эту же ось и поднимаем диск до верхней части подставки (до высоты h) (рис. 1, б). Таким образом, совершаем механическую работу. В этом положении диск обладает потенциальной энергией. Ее можно вычислить, если известна масса диска m и высота h , на которую его подняли.
 - Отпускаем диск. С этого момента он начинает, вращаясь, падать. По мере падения потенциальная энергия диска уменьшается. Одновременно с этим растет его кинетическая энергия. В конце падения (уровень OO') диск обладает максимальной кинетической энергией, а его потенциальная энергия уменьшается до нуля. Затем диск опять поднимается вверх почти до прежней высоты h .

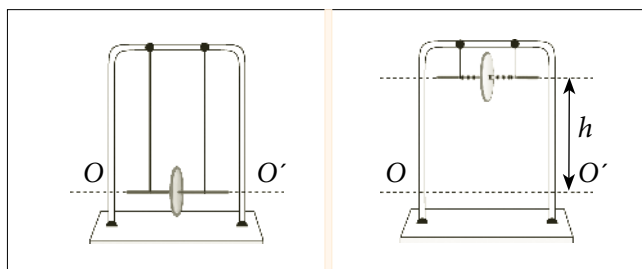


Рис. 1

а)

б)

Вывод: При движении диска **вниз** происходит превращение потенциальной энергии в кинетическую энергию, и наоборот, при движении его **вверх** кинетическая энергия превращается в потенциальную энергию.

Практическая деятельность > **Проект исследования**

Исследование процесса превращения и сохранения механической энергии

Задачи исследования:

1. Наблюдение и описание процесса превращения потенциальной энергии в кинетическую и наоборот для системы из двух тел (два подвешенных шара).
2. Вычисление потенциальной энергии, кинетической энергии и механической энергии этой системы тел.

Эксперимент

- На тонких нитях подвесьте к штативу два одинаковых шара. В этом состоянии механическая энергия созданной системы равна нулю, так как шары находятся в состоянии покоя и не могут опуститься ниже, чем им позволяют нити (уровень OO') (рис. 2, а)
- Отодвинем шар A влево на некоторую высоту h (рис. 2, б) и отпустим его. Что наблюдаем?

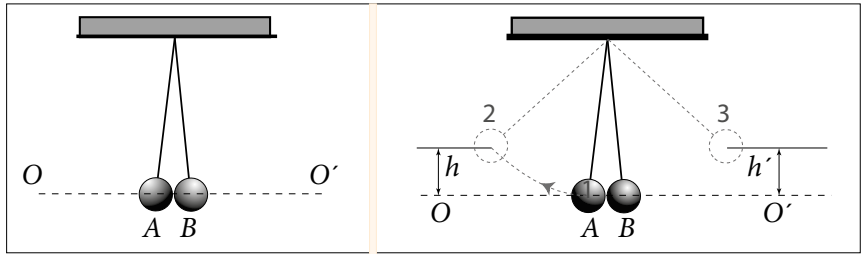


Рис. 2

- Перепишите в тетрадь этот текст, заполнив свободные места изученными понятиями. „Отодвинув влево шар A , мы совершили В положении 2 шар A обладает Освободившись, шар A начинает ..., следовательно, приобретает ..., одновременно обладая и В положении 1 кинетическая энергия шара A ..., а потенциальная энергия равна... . Следовательно, потенциальная энергия шара превратилась в Вследствие столкновения шара A и шара B (положение 1) последний начинает движение, то есть приобретает При его движении вправо кинетическая энергия шара B ..., а его потенциальная энергия В положении 3, на высоте h' , шар B обладает максимальной ..., а его ... равна нулю.“
- Какое соотношение возникнет между высотами h и h' , если эти два шара будут взаимодействовать в отсутствие сопротивления воздуха?

<p>1) $m_A = m_B = 400$ г, $h = 4$ см Шар A сдвинут влево на высоту h.</p> <p>Определите:</p> $E_n =$ $E_k =$ $E =$	<p>3) Шар A сталкивается с шаром B. Шар B приобретает скорость v.</p> <p>Определите:</p> $E_n =$ $E_k =$ $E =$
<p>2) Шар A свободен. В начальном положении (1) он приобретает скорость v.</p> <p>Определите:</p> $E_n =$ $E_k =$ $E =$	<p>4) Шар B смещается вправо до высоты $h' = h$.</p> <p>Определите:</p> $E_n =$ $E_k =$ $E =$

- Сформулируйте выводы.

Запомни!

Механическая энергия изолированной системы тел всегда **сохраняется постоянной**.

$$E = E_k + E_n = \text{const.}$$

Это **закон сохранения механической энергии**.

Решенная задача

Яблоко висит на дереве на высоте 3 м от земли. В определенный момент яблоко срывается с ветки и падает на землю. Найдите скорость яблока в момент столкновения с землей и в момент прохождения точки, находящейся в 1 м от поверхности земли. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Дано:

$$h_0 = 3 \text{ м}$$

$$v_0 = 0 \text{ м/с}$$

$$h_1 = 0 \text{ м}$$

$$h_2 = 1 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ Н/кг}$$

$$v_1 - ?$$

$$v_2 - ?$$

Решение:

На яблоко в падении действует только сила тяжести.

Запишем закон сохранения энергии (ЗСЭ) для общего случая:

$$E_{k0} + E_{n0} = E_k + E_n$$

Применим ЗСЭ при падении яблока на землю:

$$E_{k0} + E_{n0} = E_{k1} + E_{n1} \Rightarrow 0 + E_{n0} = E_{k1} + 0$$

Подставим $E_k = \frac{m v^2}{2}$, $E_n = m \cdot g \cdot h$, в ЗСЭ: $m \cdot g \cdot h_0 = \frac{m v_1^2}{2} \Rightarrow v_1 = \sqrt{2gh_0}$

Вычисляем: $v_1 = \sqrt{2 \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 3 \text{ м}} \approx 7,75 \text{ м/с}$

Применим ЗСЭ для вычисления скорости яблока:

$$E_{k0} + E_{n0} = E_{k2} + E_{n2} \Rightarrow 0 + E_{n0} = E_{k2} + E_{n2}$$

$$m \cdot g \cdot h_0 = \frac{m v_2^2}{2} + m \cdot g \cdot h_2 \Rightarrow v_2 = \sqrt{2g(h_0 - h_2)}$$

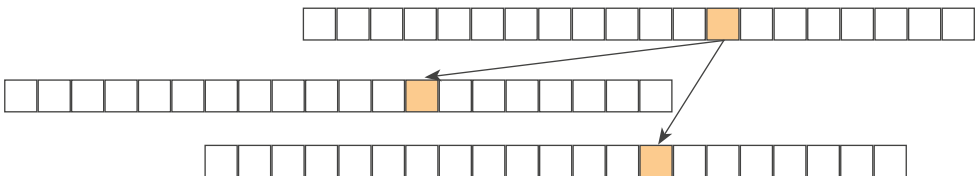
Вычисляем: $v_2 = \sqrt{2 \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 2 \text{ м}} \approx 6,32 \text{ м/с}$

Ответ: $v_1 \approx 7,75 \text{ м/с}$, $v_2 \approx 6,32 \text{ м/с}$.



Проверь свои знания

1. Заполните пустые клетки новыми понятиями из этого урока:



2. Объясните, какие превращения энергии происходят в следующих случаях:

- при бросании мяча вертикально вверх;
- при падении воды с плотины.

3. Ученик бросил мяч вверх, затем поймал его. Объясните, какие превращения механической энергии произошли во время подъема и падения мяча. Приведите подобные примеры.

4. Три тела с одинаковыми массами, но с разными объемами, свободно падают в воздухе. Будут ли равны значения их потенциальных энергий на одной и той же высоте? А значения их кинетических энергий на этой высоте будут равны?

5. Спортсмен разбегается, чтобы его тело приобрело необходимую для прыжка в высоту скорость. Какие превращения механической энергии происходят при этом?
6. Баскетбольный мяч свободно падает с высоты 3,5 м. Может ли мяч подняться на высоту 365 см после столкновения с поверхностью Земли? Аргументируйте свой ответ.
7. Два автомобиля одной марки, один с грузом, а другой порожняком, движутся с одинаковой скоростью. Если каждый из них столкнется с препятствием (например, бетонным столбом), какой из автомобилей будет сильнее поврежден? Почему?

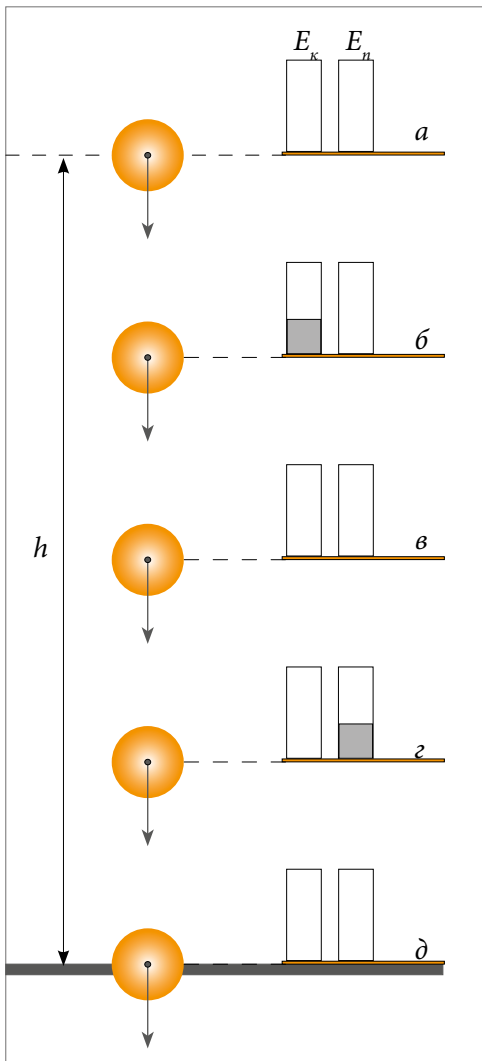


Рис. 3

8. Кинетическая энергия теннисного мяча, брошенного вертикально вверх, через некоторое время уменьшилась на 70%. На сколько процентов увеличилась потенциальная энергия системы «мяч-земля»?
9. Зарисуйте упрощённые траектории лыж при спуске с горы и во время прыжка с трамплина. Опишите превращения механической энергии, которые происходят в подобных случаях.
10. Какие превращения энергии происходят, когда мы качаемся на качелях?
11. Металлический шар свободно падает с высоты h на землю (рис. 3). В любой момент времени система тел «шар-земля» характеризуется потенциальной энергией E_n и кинетической энергией E_k . На рисунке 3 представлены диаграммы значений E_k и E_n для пяти различных положений шара относительно земли. Заштрихуйте диаграммы энергии, соответствующие каждому положению. Сравните значения энергий для каждого положения. Объясните выводы о превращении и сохранении энергии шара относительно земли.

Практическая часть

Найди решение

1. Тело переместилось по направлению действия силы на расстояние 50 м. Зная, что работа силы составляет 2 кДж, найдите ее численное значение.
2. Под действием силы в 400 Н была совершена механическая работа в 1600 кДж. Определите пройденный путь.
3. Яблоко упало с дерева с высоты 3 м. Найдите работу силы тяжести, если известно, что масса яблока – 200 г (здесь и ниже $g = 10 \text{ Н/кг}$).
4. Вычислите механическую работу, необходимую для прямолинейного равномерного перемещения тележки на расстояние 6 м, если сила трения при этом равна 500 Н.
5. На какую высоту можно равномерно поднять тело массой 5 кг, совершив механическую работу в 100 Дж?
6. Лифт равномерно поднялся на высоту 9 м. Найдите его массу, если известно, что сила тяги выполнила механическую работу в 36 кДж.

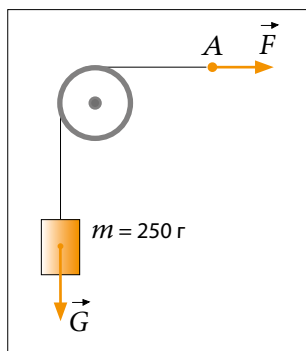


Рис. 1

7. Точка приложения A силы F (рис. 1) перемещается горизонтально с постоянной скоростью на расстояние 2 м. Вычислите механическую работу, совершенную силой F .
8. Для равномерного передвижения порожнего грузовика на расстояние 100 м сила тяги его двигателя выполнила работу в 1,6 МДж, а после загрузки грузовика – 2 МДж. Во сколько раз выросла сила тяги во втором случае?
9. Определите механическую работу, совершенную трактором (рис. 2), который вспахал участок площадью 1 га, если ширина плуга 1,2 м, а сила тяги $F_{\text{тяги}} = 15\,000 \text{ Н}$.
10. Лошадь равномерно со скоростью 0,8 м/с тянет карету, действуя при этом с силой 400 Н, направленной горизонтально (рис. 3). Определите механическую работу, совершенную лошадью в течение часа, когда повозка двигалась прямолинейно и равномерно.



Рис. 2



Рис. 3

11. Микроавтобус двигался 1 км под действием силы тяги 2 кН. Определите расстояние, пройденное микроавтобусом под действием силы 1250 Н. Выполненная механическая работа в обоих случаях одинакова.
12. Под действием силы тяги $F_1 = 2000$ Н автобус проехал определенное расстояние. Оставшийся путь автобус преодолел под действием силы $F_2 = 1,6$ кН. Во сколько раз первая часть пути больше второй, если механическая работа, выполненная на первом отрезке пути, в два раза больше, чем та, что была выполнена на втором отрезке пути?
13. Электродвигатель игрушечной машины, совершая работу в 15 Дж, заставляет ее ехать в течение 10 с. Определите механическую мощность, развитую этим двигателем.
14. Тяжелоатлет поднял груз 180 кг на высоту 2 м за 3 с. Вычислите механическую мощность спортсмена, развитую им при этом.
15. Самолет, взлетая, за 30 с преодолевает расстояние 1,2 км. Сила тяги его двигателя равна $2 \cdot 10^5$ Н. Какую среднюю мощность развивает двигатель самолета при взлете?
16. Для того чтобы сохранять постоянной скорость автомобиля, равную 108 км/час, необходима сила тяги 500 Н. Какую мощность развивает двигатель автомобиля, чтобы сохранить эту скорость?
17. Мощность двигателя равна 1 Вт. Определите механическую работу, совершенную им за 1 час.
18. Мощность машины равна 8 кВт. Определите механическую работу, совершенную ею за 5 часов 30 мин.
19. Какую мощность развивает человек, поднимая за 10 с ведро воды весом 100 Н из колодца глубиной 15 м?
20. Рассчитайте, какую мощность может развить двигатель трактора, который движется равномерно по прямой дороге, если сила тяги равна 1,2 кН, а путь, пройденный им за час, равен 3,6 км.
21. Ученик равномерно поднимает ведра с водой из колодца. Первое ведро он поднял за 20 с, а второе – за 30 с. В каком случае ученик развил большую мощность и во сколько раз, если он каждый раз прилагал ту же силу?



Рис. 4

22. Мощность космического корабля $1,6 \cdot 10^7$ кВт. Чему равна сила тяги двигателей этого корабля, если за 1 с он равномерно проходит 8 км?
23. Игрушечная машинка массой 400 г движется со скоростью 0,5 м/с. Найдите ее кинетическую энергию.
24. Кинетическая энергия автомобиля при скорости 72 км/ч равна 300 кДж. Определите массу автомобиля.
25. Ледокол массой 20 000 т раскалывает лед благодаря своей кинетической энергии (рис. 4). Определите скорость ледокола, при которой кинетическая энергия в 1000 МДж будет достаточной для прохода сквозь льды.

26. Рабочий поднял груз массой 15 кг на высоту 12 м от земли. Определите потенциальную энергию этого груза относительно земли.
27. Стрела, выпущенная из лука вертикально вверх, приобрела максимальную потенциальную энергию 20 Дж. Найдите массу стрелы, если известно, что она поднялась на высоту 25 м.
28. На какую высоту поднялся вертолет массой 7,5 т, если его потенциальная энергия увеличилась на 15 МДж?
29. По канату, подвешенному к потолку, ученик весом 48 кг поднимается за 10 сек со скоростью 0,45 м/с. Насколько увеличится потенциальная энергия системы «ученик-земля»?
30. На некоторое тело массой m_1 действует горизонтальная сила $F_1 = 5$ Н, которая перемещает тело на расстояние $d_1 = 12$ м. На каком расстоянии должна действовать горизонтальная сила $F_2 = 15$ Н на другое тело массой m_2 , чтобы в конечной точке кинетические энергии этих тел были равны? Известно, что до начала воздействия сил оба тела были в состоянии покоя.
31. Яблоко свободно упало с высоты 3,2 м. С какой скоростью оно столкнулось с поверхностью земли? Какие из яблок, упавших с этого же дерева, повредились больше и почему?
32. Мяч был брошен вертикально вверх со скоростью 10 м/с. Какой высоты он достигнет, если пренебречь действием воздуха?
33. Кинетическая энергия тела, падающего с высоты 2,4 м, в определенный момент становится в 3 раза больше потенциальной. Определите скорость тела и высоту, на которой это происходит.
34. Определите механическую работу, совершенную при перемещении тела. Приготовьте необходимое для этого оборудование: линейку, деревянный брусок в виде правильного параллелепипеда, набор маркированных грузов по 102 г, динамометр.

Ход работы:

- Прикрепите динамометр к бруску и равномерно тяните его по столу (рис. 5).

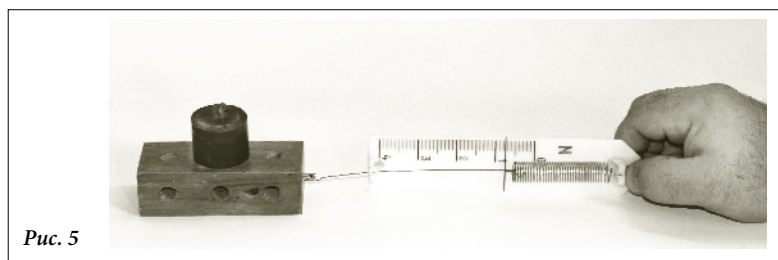


Рис. 5

- Запишите показания динамометра и измерьте пройденный путь бруска.
- Повторите эксперимент, добавляя к бруску по одному маркированному грузу.
- Полученные результаты занесите в таблицу.

Номер измерения	Сила тяги F , Н	Пройденный путь d , м	Механическая работа A , Дж
1			
2			
3			

– Сформулируйте выводы.

35. Определите механическую работу, совершенную при перемещении тележки и прицепа, используя данные, представленные на рисунке 6.

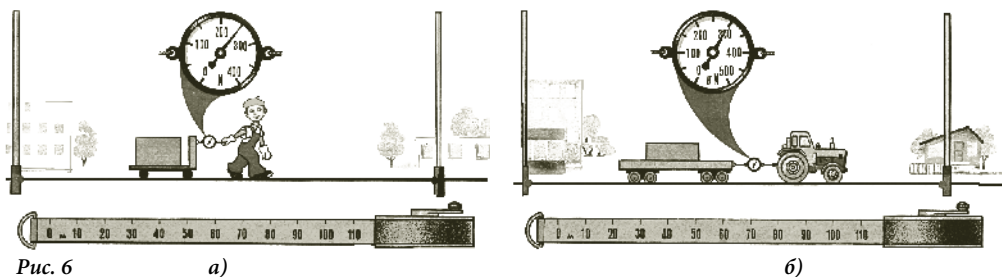
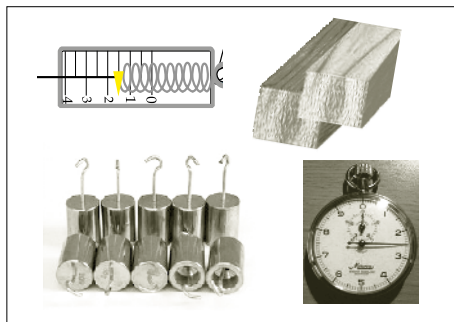


Рис. 6

а)

б)

36. Определите в ходе эксперимента механическую мощность при перемещении тела. Приготовьте необходимое для этого оборудование: линейку, деревянный брусок в форме правильного параллелепипеда, 3-4 маркированных груза по 102 г, динамометр, секундомер.



Ход работы:

- Прикрепите динамометр к бруску и равномерно тяните его.
- Запишите показания динамометра и измерьте пройденный путь бруска и время, за которое он был пройден.
- Повторите эксперимент, добавляя к бруску по одному маркированному грузу.
- Полученные результаты занесите в таблицу.
- Сформулируйте выводы.

Номер измерения	Сила тяги, F , Н	Пройденный путь, d , м	Время, t , с	Механическая работа, A , Дж	Механическая мощность, N , Вт
1					
2					
3					

37. Определите мощности, которые могут развить двигатели грузовика и трактора, используя данные, представленные на рис. 7.

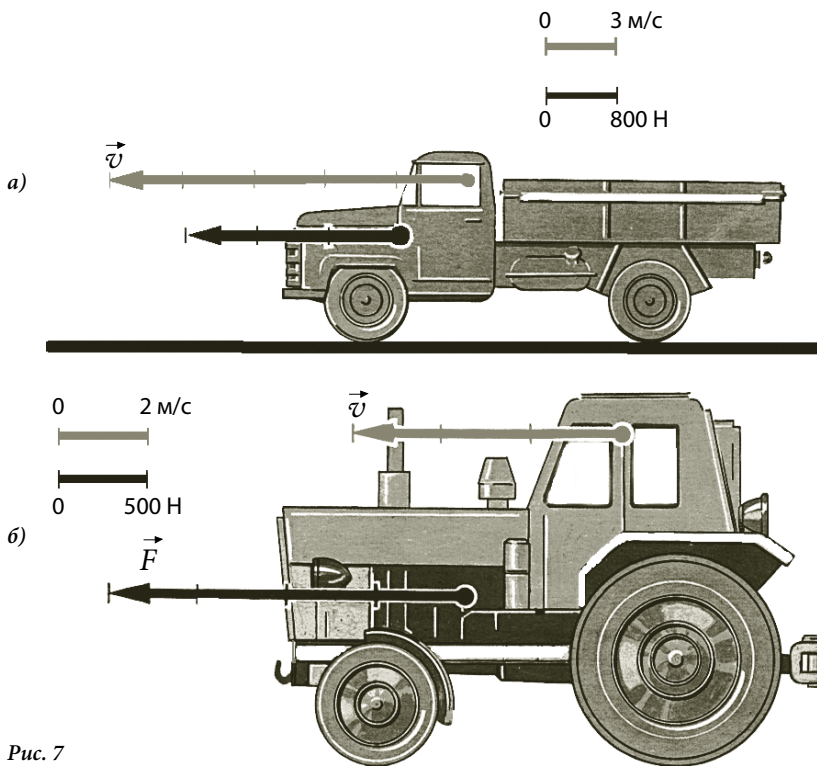


Рис. 7

38. Подвесьте к штативу с помощью длинной нити маленький шар или любое другое тело, которое можно считать материальной точкой. Затем выведите шар из состояния покоя и оставьте свободно колебаться. Опишите, какие превращения механической энергии происходят в системе «шар-земля». Приведите примеры похожих превращений в аналогичных системах.
39. Предложите способы экспериментального определения и сравнения механической мощности нескольких учащихся. Перечислите необходимые для этого материалы.
40. Возможно ли, чтобы сила действовала на тело, но не изменяла его кинетическую энергию? Приведите примеры.
41. Опишите превращения механической энергии тела при его скольжении по наклонной плоскости (рис. 8).

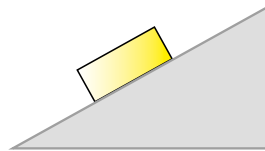


Рис. 8

42. Какие превращения энергии происходят во время движения качелей (рис. 9)?
43. Для разрушения ветхих зданий часто используют машины с подвешенным массивным грузом (рис. 10). Объясните, используя изученные понятия, как именно действуют такие машины.
44. Перед тем как построить здание, строительную площадку подготавливают, уплотняя почву с помощью специальных машин, оснащенных массивными грузами. Объясните принцип их действия.
45. Какие энергетические превращения происходят при столкновении автомобиля с препятствием? Перечислите скрытые опасности быстрой езды, используя такие понятия как «излишек кинетической энергии», «значительная потенциальная энергия».
46. Известно, насколько опасны снежные лавины в горах (рис. 11). Опишите, используя изученные понятия, процесс увеличения снежных масс и, соответственно, их скорости при падении с горных склонов. Приведите подобные примеры.
47. Какие энергетические превращения происходят при выбросе лавы и камней из извергающегося вулкана и, затем, при их падении на землю?
48. Значительную или небольшую потенциальную энергию приобретают водные массы при движении в реках и водопадах (рис. 12)? Какой берег, низкий или высокий, может быть сильнее поврежден наводнением или цунами? Что следует предпринять для безопасности во время подобных стихийных бедствий?
49. Почему прыгун в длину считается и хо-рошим бегуном на короткие дистанции (100 м)?



Рис. 9

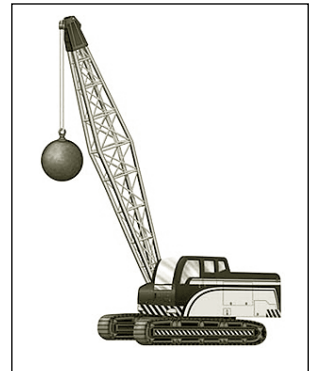


Рис. 10

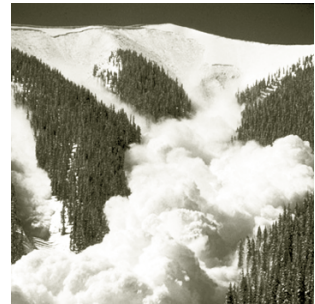


Рис. 11



Рис. 12

Обобщение

Из предыдущих уроков вы уже знаете, что физические тела могут находиться в различных механических состояниях: в покое или в движении по отношению к другим телам (телам отсчета). Изменение механического состояния означает увеличение или уменьшение скорости и происходит благодаря воздействию на тело сил, выполняющих при этом определенную механическую работу. Таким образом, существуют силы, способствующие движению тел. Они называются силами тяги. Векторы этих сил совпадают с вектором скорости тела по прямой действия и направлению или формируют с вектором скорости острые углы (рис. 1). Работа этих сил имеет положительные величины.

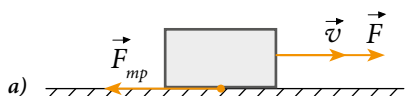


Рис. 1

Работа этих сил имеет положительные величины.

Но существуют силы, тормозящие движение – силы сопротивления, которые действуют в противоположном ему направлении или под тупым углом относительно вектора скорости. Примером таких сил является сила трения. Работа сил сопротивления всегда имеет отрицательную величину. Если сила действует перпендикулярно движению тела, она не выполняет механическую работу, и это значит, что ее действие не влияет на состояние тела. В случае, представленном на (рис. 1, а), такой силой является сила тяжести.

- Развитая мощность настолько больше, насколько быстрее выполняется работа. То есть, сравнив мощности двух машин, выполняющих одну и ту же работу, но за разные промежутки времени, согласно формуле $N = A/t$, можно утверждать, что машина, затратившая меньше времени, обладает большей мощностью.
- При равномерном прямолинейном движении тела мощность может быть выражена и другой формулой, с использованием таких физических величин как сила и скорость: $N = F \cdot v$. Эта формула отражает другой аспект мощности, как физической величины. При постоянной мощности двигателя автомобиля сила и скорость являются обратно пропорциональными величинами. То есть, для того, чтобы двигатель действовал с наибольшей силой, скорость должна быть меньшей. Поэтому на крутом подъеме или на трудно проходимой дороге, когда двигатель должен работать в полную силу, скорость автомобиля следует снизить.
- Находясь в движении, тела обладают особым свойством: они получают способность выполнять механическую работу над другими телами. Движущиеся тела обладают кинетической энергией. Это скалярная физическая величина, которая зависит от массы и скорости тела: $E_k = mv^2/2$. На сколько больше масса и скорость движущегося тела, на столько больше его кинетическая энергия.
- Тело, находящееся в покое на определенной высоте h над поверхностью земли, также обладает механической энергией. Данная форма механической энергии называется потенциальной гравитационной энергией: $E_n = mgh$. Ее величина растет одновременно с увеличением высоты, на которой находится тело, и уменьшается с ее уменьшением.
- Механическая энергия замкнутой системы тел остается постоянной во времени. Она может превращаться из одной формы в другую или переходить от одного тела к другому в рамках данной системы, но общая величина механической энергии в этой системе останется неизменной.

Дополнение

Механическая работа, выполненная переменными силами. Потенциальная энергия упругой деформации.

В § 4.1 данной главы дано определение механической работы, выполненной постоянной силой. В самом простом случае, зная величину силы и путь, пройденный телом в направлении ее действия, можем определить величину механической работы, используя формулу ее вычисления.

Но тела могут двигаться и под действием переменных сил, и в этом случае известная нам формула механической работы недействительна. Следует выработать другой метод определения выполненной работы.

Изучим движение тела под действием силы упругости, которая является переменной, т.к. ее значение изменяется в процессе деформации физического тела и его возвращения в прежнее состояние.

Пусть на горизонтальной поверхности гладкого бруса расположена упругая пружина, левый конец которой закреплен, а на правом конце зафиксировано тело, которое может скользить вдоль бруса (рис. 1).

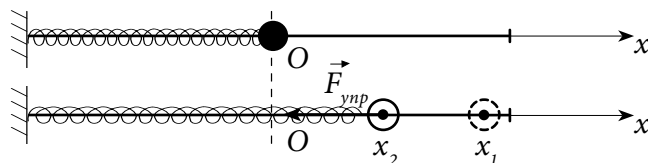


Рис. 1

Правый конец пружины сначала совпадает с нулевой координатой на оси Ox , направленной тоже вправо. При растягивании пружины, величина деформации Δl будет совпадать с координатой ее правого конца, то есть можно записать, что $\Delta l = x$. При удлинении пружины под действием деформирующей силы, в ней возникает сила упругости, направленная противоположно деформирующей силе и направлению оси Ox . Отпущенная пружина возвращается в начальное состояние под действием силы упругости, которая вместе с этим перемещает закрепленное на пружине тело, выполняя над ним механическую работу.

Из изученного ранее вы знаете, что при малых деформациях сила упругости пропорциональна величине деформации: $F_{\text{упр}} = k \Delta l$. (1)

Следовательно, при изменении величины деформации изменяется и сила упругости, таким образом, перемещая тело в отрезке между точками с координатами x_1 и x_2 , сила упругости изменяется от $F_{\text{упр}1}$ к $F_{\text{упр}2}$.

Поэтому работа силы упругости вычисляется как произведение между средней величиной силы упругости $F_{\text{упр} \text{ ср}}$ и путем, пройденным телом, равным разнице координат $x_1 - x_2$:

$$A = F_{\text{упр} \text{ ср}} \cdot (x_1 - x_2) \quad (2).$$

Среднее численное значение силы упругости: $F_{\text{упр} \text{ ср}} = \frac{k\Delta l_1 + k\Delta l_2}{2}$ (3)

$$\text{или: } F_{\text{упр} \text{ ср}} = \frac{kx_1 + kx_2}{2} \quad (4).$$

Заменив (4) в (2), получим выражение работы силы упругости:

$$A = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2} \quad (5).$$

Анализируя формулу (5), мы видим, что работа силы упругости равна разнице между значениями некоторой физической величины в положении 1 и 2. Эта величина называется **потенциальной энергией упругой деформации** и характеризует состояние упруго деформированного тела:

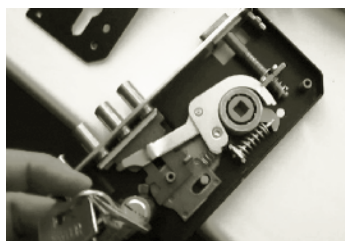
$$E_n = \frac{kx^2}{2} \quad (6).$$

Формулы (5) и (6) показывают, что $A_{\text{упр}} = E_{n1} - E_{n2}$ (7).

Запомни!

Работа силы упругости зависит только от начального и конечного состояния упруго деформированного тела и равна разнице между значениями потенциальной энергии, соответствующими этим состояниям.

Используя накопленную в процессе деформации потенциальную энергию, упругое тело может выполнять механическую работу над какими-либо телами, возвращаясь при этом в исходное состояние. Работа сил упругости широко используется в различных устройствах и механизмах, которые являются частями более сложных машин и оборудования (рис. 2).



а) Замок



б) Спортивный лук



в) Механические часы

Рис. 2

Проверь свои знания

1. Стальная пружина удлинилась на 3 см под действием деформирующей силы 150 Н. Определите потенциальную энергию пружины при ее удлинении на 10 см, считая деформацию упругой.
2. Пружина игрушечного пистолета была сжата на 4 см под действием деформирующей силы 30 Н. Какую потенциальную энергию при этом она накопила?
3. Для того, чтобы растянуть пружину на 5 мм, была выполнена механическая работа равная 0,06 Дж. Найдите значение работы, которую надо будет выполнить для удлинения этой пружины на 2 см.
4. Эластичная пружина была растянута на 10 см под действием деформирующей силы 20 Н. Найдите значение потенциальной энергии, приобретенной при этом пружиной. Какую работу выполнит сила упругости над телом, закрепленным на этой пружине при перемещении из точки с координатой $x_1 = 10$ см в точку с координатой $x_2 = 4$ см?

Глава 5

ВРАЩАТЕЛЬНОЕ РАВНОВЕСИЕ

Простые механизмы

Теоретическая часть

5.1. Рычаг

5.2. Блок

5.3. Наклонная плоскость

5.4. Лабораторная работа
„Определение работы
активной силы и работы
силы сопротивления,
сравнение полученных
значений”

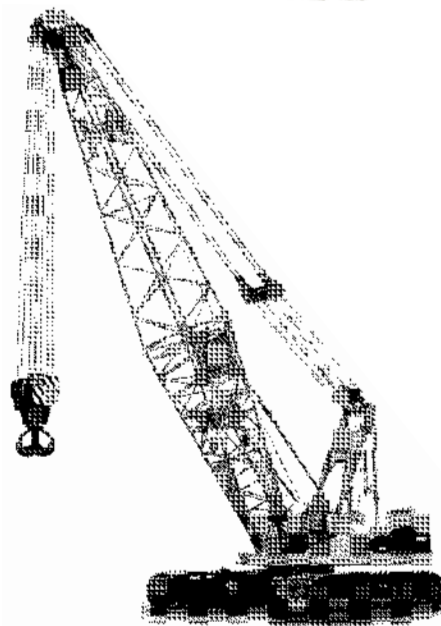
Практическая часть

Найди решение

Обобщение

Суммативный тест

Дополнение



Глава 5. ВРАЩАТЕЛЬНОЕ РАВНОВЕСИЕ

Простые механизмы



Теоретическая часть

Информация > Наверное, вы уже наблюдали как для перемещения тел, обладающих значительной массой, используются другие тела или различные механизмы. Например, для того, чтобы сдвинуть с места каменный блок используется лом (длинный металлический шест); чтобы поднять большой груз на определенную высоту используют систему из дисков и канатов или наклонную плоскость, по которой груз либо толкают, либо катят (рис. 1).

Действительно, на практике часто возникает необходимость преобразовать (увеличить или уменьшить) силу, прилагаемую к телу. Для этой цели были изобретены различные приспособления; о некоторых из них вы узнаете далее.

Сделай открытие! > • Внимательно рассмотрите рис. 1, Определите силы, которые действуют на лом (рис. 1, а) и на бочку (рис. 1, б).

- Сравните силу, приложенную человеком для подъема каждого из этих тел, с весом этого тела.
- Какое усилие пришлось бы приложить для поднятия этих тел в отсутствие лома и наклонной лестницы?

Целью использования этих приспособлений является выполнение механической работы, требующей большой силы, действуя малыми силами, которые может развить человек в данных условиях. Как следствие, эти приспособления преобразуют силу, приложенную к телу: изменяют ее численное значение и/или направление ее действия.



а)

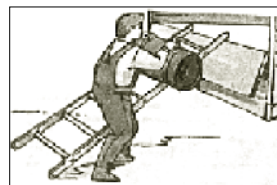


Рис. 1 б)

Определение: > *Устройства, которые служат для преобразования прилагаемой силы, называются механизмами.*

Самыми простыми и часто использующимися в практике механизмами являются: рычаг, блок, наклонная плоскость, клин, ворот и шуруп. Эти механизмы были изобретены многие тысячи лет назад и до сих пор служат человечеству.

Историческая справка >



Пирамида Хеопса

Всем известны знаменитые египетские пирамиды, построенные за несколько тысячелетий до н. э. Самая большая из них – пирамида Хеопса – имеет высоту 147 м и состоит из 2 300 000 кубических блоков. Каждый блок весит в среднем 2,5 т. Согласно Геродоту на строительстве этой пирамиды в течение 30 лет постоянно работало около 100 000 человек, которые сменялись каждые 3 месяца. Строители пирамид использовали для перемещения этих массивных блоков такие простые механизмы, как наклонная плоскость, рычаг и др.

Простые механизмы, как компоненты сложных конструкций применяют и сейчас в машинах и промышленном оборудовании.

5.1. Рычаг

Определение:

Простой механизм, представляющий собой твердое тело (чаще всего, перекладину), имеющее ось вращения, называется **рычагом**.

Как и любой простой механизм, рычаг служит для преобразования воздействия, оказываемого на тело.

На рычаг действуют, как правило, две силы: **активная сила** \vec{F}_1 (сила, которая прилагается к рычагу для воздействия на тело) и **сила сопротивления** \vec{F}_2 (сила, которую надо преодолеть) (рис. 1, а, б, в). Эти силы имеют и другие обозначения: активная сила – \vec{F}_A , сила сопротивления – \vec{R} . В данном случае в понятие силы сопротивления мы не включаем силу трения и вес самого рычага, считая их ничтожно малыми. В зависимости от расположения точек приложения этих сил **относительно оси вращения** O различаются:

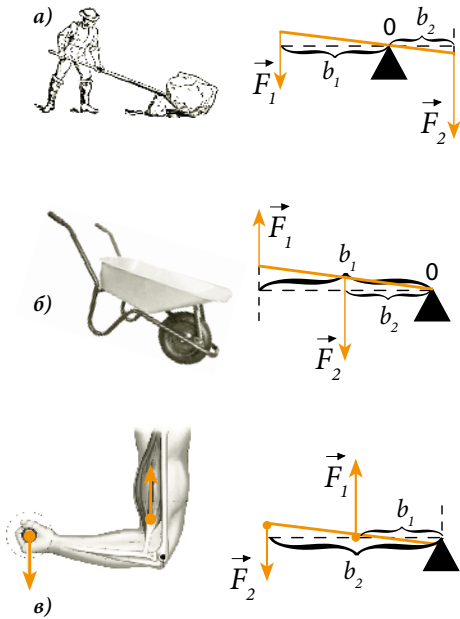


Рис. 1

- рычаг первого рода: точка опоры O находится между точками приложения активной силы и силы сопротивления (рис. 1, а);
- рычаг второго рода: точка приложения силы сопротивления находится между точкой опоры O и точкой приложения активной силы (рис. 1, б);
- рычаг третьего рода: точка приложения активной силы находится между точкой приложения силы сопротивления и точкой опоры O (рис. 1, в).

В зависимости от значения и соотношения сил, рычаг может находиться в различных механических состояниях. Как правило, опора рычага может считаться материальной точкой, и рычаг вращается вокруг оси, проходящей через эту точку, либо находится в состоянии покоя.

Вращательное движение – это движение твердого тела, при котором все его точки описывают круговые траектории, центр которых находится на общей прямой, перпендикулярной плоскости описанных кругов. Эта прямая называется **осью вращения**. Состояние покоя или равномерного вращения твердого тела вокруг оси называется вращательным равновесием.

Таким образом, рычаг может находиться в состоянии вращательного равновесия, как любое тело с осью вращения. Это состояние зависит от сил, действующих на рычаг, в частности, от плеча силы.

Определение:

Наименьшее расстояние между осью вращения и прямой, на которой находится вектор силы, называется **плечом силы**.

Плечо силы b равно длине перпендикуляра, опущенного из точки опоры (на оси вращения) на прямую, где находится вектор силы. На рис. 1 представлены плечи активной силы и силы сопротивления. Представляет интерес соотношение между отношением сил и отношением плечей этих сил в каждом из этих случаев. Установим это соотношение опытным путем.

Эксперимент

- Используя рычаг, маркированные грузы и динамометр, определите силу сопротивления, активную силу и плечи этих сил в случае, когда на рычаг в состоянии покоя действуют две силы:
 - направленные одинаково (рис. 2, а);
 - направленные противоположно (рис. 2, б).
- Какова связь между отношением сил, действующих на рычаг, и отношением плечей этих сил?

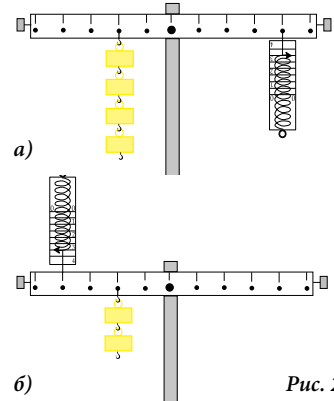


Рис. 2

Запомни!

Рычаг, на который действуют две силы, находится в равновесии, если отношение этих сил обратно пропорционально отношению плечей этих сил.

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{b_2}{b_1}$$

(1), отсюда: $F_1 b_1 = F_2 b_2$ (2).

Выражение (1) представляет собой **условие равновесия рычага**, на который действуют две силы. Оно показывает, что рычаг преобразует прилагаемую силу во столько раз, во сколько отличаются размеры плеча активной силы и плеча силы сопротивления. Следовательно, выигрыш в силе при работе с рычагом можно регулировать, подбирая подходящую длину того или другого рычажного плеча. Отношение (1) отражает общее правило для всех простых механизмов.

Таким образом, с помощью рычага можно преодолеть малыми усилиями большую силу, переместив тело и тем самым выполнив такую механическую работу, которую нельзя выполнить голыми руками, то есть без использования каких-либо механизмов.

Узнай больше!

Может возникнуть вопрос: если есть выигрыш в силе, есть ли выигрыш в работе?

Ответ на этот вопрос можно получить, анализируя движение и путь, проделанный концами рычага под действием активной силы \vec{F}_1 и силы сопротивления \vec{F}_2 . С помощью простого чертежа, где указаны пройденные пути точек приложения сил, можно определить отношение между этими путями d_1 и d_2 и плечами сил b_1 и b_2 . Используя формулу (1) и работу каждой силы: $A_1 = F_1 \cdot d_1$, $A_2 = F_2 \cdot d_2$, установите математическое отношение между A_1 и A_2 . Сформулируйте вывод.

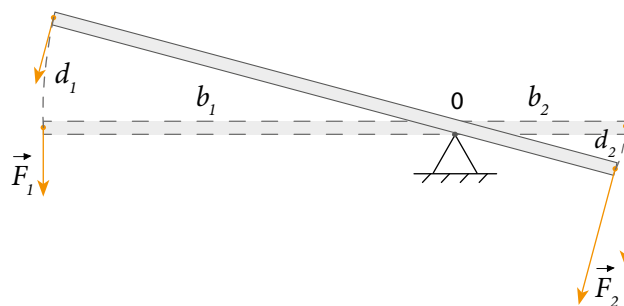


Рис. 3

Запомни!

- Рычаг не дает выигрыша в работе.
- Во сколько раз выигрываем в силе, во столько раз теряем в расстоянии.

Это правило установлено великим ученым античности Архимедом и получило название «Золотое правило механики». Оно действительно для любого простого механизма и подтверждается вековым человеческим опытом.

Решенная задача

Гвоздодер представляет собой рычаг с плечами 3 см и 40 см. Для того, чтобы вытащить гвоздь, к большему плечу прикладывается сила 27 Н. Найдите силу, которая удерживает гвоздь в доске.

Дано:

$$b_1 = 3 \text{ см} = b_R$$

$$b_2 = 40 \text{ см} = b_F$$

$$F = 27 \text{ Н}$$

$$R = ?$$

Решение:

$$F \cdot b_F = R \cdot b_R$$

$$R = \frac{F \cdot b_F}{b_R}$$

$$R = \frac{27 \text{ Н} \cdot 40 \text{ см}}{3 \text{ см}} = 360 \text{ Н}$$

Ответ: $R = 360 \text{ Н}$.



Проверь свои знания

1. В чем состоит физический смысл «золотого правила механики»?
2. Почему при разрезании металлического листа ножницы должны быть раскрыты как можно шире? Что достигается при этом?
3. Какова роль противовеса при подъеме воды из колодца-журавля? Объясните действие каждой силы в этой системе (рис. 4).
4. Объясните принцип действия консервного ножа (рис. 5).
5. К концу рычага приложены две силы: $F_1 = 15 \text{ Н}$ и $F_2 = 20 \text{ Н}$. Вычислите длину большого плеча, если длина меньшего плеча равна 12 см.



Рис. 4

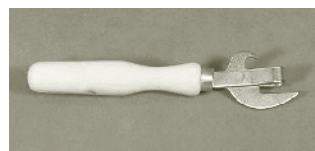
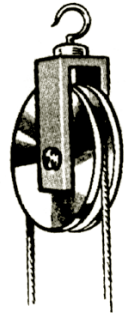


Рис. 5

5.2. Блок

Информация > На рисунке рядом вы видите изображение блока. Этот простой механизм представляет собой колесо с желобом по окружности, вращающееся вокруг своей оси. По желобу проходит канат. К оси прикреплена скоба с крючком.



Сделай открытие! >

- Рассмотрите внимательно рис. 1, а и б.
- В чем различие этих блоков?

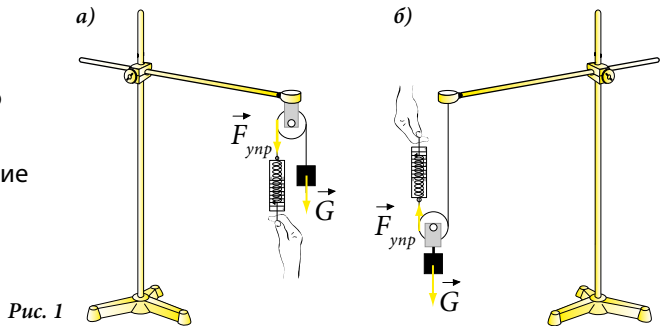


Рис. 1

Определения: >

- Простой механизм, представляющий собой диск с желобом, вращающийся вокруг своей оси, называется **блоком**.
- Блок, ось которого находится в состоянии покоя, называется **неподвижным блоком**.
- Блок, ось которого находится в движении, называется **подвижным блоком**.

Каково назначение каждого из этих двух видов блоков?

Ответ на этот вопрос можно получить экспериментально.

Эксперимент >

- Закрепите блок к штативу, как это показано на рис. 2. К одному концу веревки подвесьте маркированный груз 100 г , который создаст силу сопротивления $\vec{F}_2 = \vec{G} = m\vec{g}$, а к другому — динамометр, который создаст активную силу \vec{F}_1 .
- Зафиксируйте показания динамометра, поддерживая систему в равновесии. Затем добавьте по одному и другие грузы, всякий раз фиксируя показания динамометра.

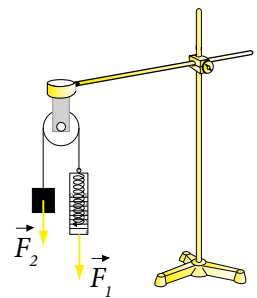


Рис. 2

- Занесите полученные результаты в таблицу.

№ эксперимента	Масса m , г	Сила F_2 , Н	Сила F_1 , Н	Отношение между активной силой F_1 и силой сопротивления F_2
1.				
2.				
3.				

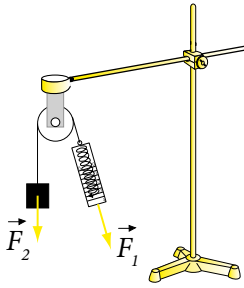


Рис. 3

- Каково отношение между силами F_1 и F_2 ?
- Измените направление действия силы F_1 (рис. 3). Изменяется ли при этом ее величина?
- Можно ли получить выигрыш в силе с помощью неподвижного блока?
- Каково назначение такого блока?
- Какая характеристика силы изменяется при использовании неподвижного блока?

Запомни!

- Неподвижный блок не дает выигрыша в силе, он используется только для изменения прямой действия и направления активной силы.
- Численное значение активной силы F_1 равно численному значению силы сопротивления F_2 в том случае, если неподвижный блок находится в равновесии.

Эксперимент

- Используя подвижный блок, постройте установку, как показано на рис. 4.
- Закрепите один конец веревки за штатив (т. С). Для создания силы сопротивления подвесьте на крючок блока маркированный груз 100 г, а к свободному концу веревки прикрепите крючок динамометра, который измеряет активную силу \vec{F}_1 .
- Посмотрите показания динамометра. Повторите эксперимент для различных значений силы \vec{F}_2 .
- Занесите полученные результаты в таблицу.

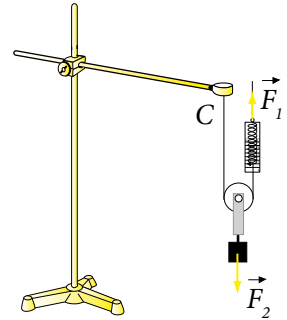


Рис. 4

№ эксперимента	Масса m , г	Сила F_2 , Н	Сила F_1 , Н	Отношение между активной силой F_1 и силой сопротивления F_2
1.				
2.				
3.				

- Какое отношение существует между силами F_1 и F_2 в подвижном блоке?
- Получается ли выигрыш в силе с помощью такого блока?
- Проверьте отношение сил, меняя направление активной силы относительно вертикали.
- Сформулируйте выводы.

Запомни!

В подвижном блоке активная сила F_1 в два раза меньше силы сопротивления F_2 : $F_1 = \frac{F_2}{2}$

Подвижный блок дает двойной выигрыш в силе.

И на примере блока можем проверить «золотое правило механики».

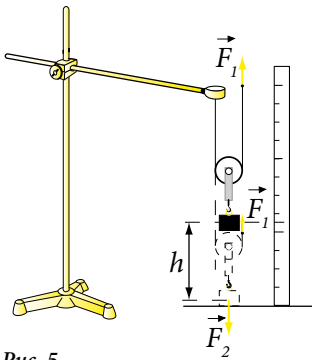


Рис. 5

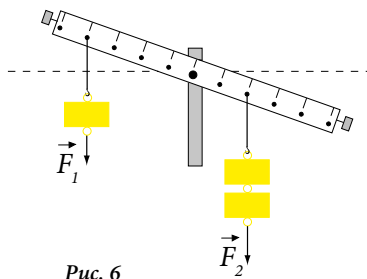


Рис. 6

Повторив эксперимент с подвижным блоком, можем сравнить расстояния, пройденные точками приложения сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 (рис. 5). Устанавливаем, что расстояние, пройденное точкой приложения активной силы \vec{F}_1 , в два раза больше расстояния,

пройденного точкой приложения силы сопротивления \vec{F}_2 . Следовательно, получен двойной выигрыш в силе при двойном проигрыше в расстоянии. Таким образом подтверждается «золотое правило механики».

Внимательно рассмотрев рис. 6, можно убедиться, что золотое правило механики справедливо и для рычага, как было сказано в предыдущем параграфе.

Узнай больше!

„Золотое правило механики“ открытое Архимедом, а также различные способы его применения произвели огромное впечатление на его современников. Архимед писал царю Сиракуз Гиерону, что если бы существовала другая Земля и можно было бы достигнуть ее, он смог бы сдвинуть нашу Землю. В истории остался афоризм: «Дайте мне точку опоры, и я сдвину Землю». Современные вычисления доказывают невозможность осуществления идеи древнегреческого ученого. На выполнение такой задачи потребовался бы огромный промежуток времени $\approx 3 \cdot 10^{13}$ лет. Выполните сами эти вычисления, считая, что Архимед должен был бы приложить силу 600 Н, чтобы сдвинуть на 1 см Землю массой $\approx 6 \cdot 10^{24}$ кг.

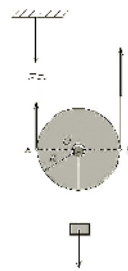
Решенная задача

Найдите массу груза, поднятого с помощью подвижного блока весом 10 Н, если на свободный конец блочного троса приложена сила 150 Н. Силой трения пренебречь.

Дано:
 $P_6 = 10 \text{ Н}$
 $F = 150 \text{ Н}$
 $F_{\text{тр}} = 0 \text{ Н}$
 $g = 10 \text{ Н/кг}$
 $m - ?$

Решение:
 $F = \frac{R}{2} \Rightarrow R = 2F$
 $R = P_6 + G, \quad G = m \cdot g \quad 2F = P_6 + mg$
 $m = \frac{2F - P_6}{g} = \frac{2 \cdot 150 \text{ Н} - 10 \text{ Н}}{10 \text{ Н/кг}} = 29 \text{ кг}$

Ответ: $m = 29 \text{ кг}$.



Проверь свои знания

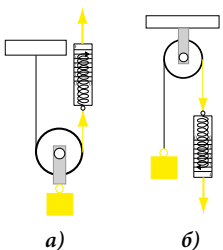
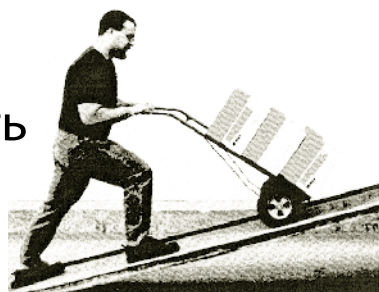


Рис. 7

1. Чем отличаются подвижный и неподвижный блоки? Для чего они предназначены. Проведите аналогию между блоком и рычагом.
2. Какой вид блока дает выигрыш в силе и во сколько раз?
3. Дает ли блок выигрыш в механической работе? Объясните ответ.
4. В каких случаях используются системы нескольких блоков? Расскажите о преимуществах таких систем.
5. Определите показания динамометра с рис. 7, если вес тела равен 15 Н. На какую высоту поднимется тело в каждом случае, если свободный конец шнура перемещается на 2 м? Определите работу активной силы в каждом случае.

5.3. Наклонная плоскость

В некоторых случаях проблема передвижения массивных тел решается с помощью наклонной плоскости.

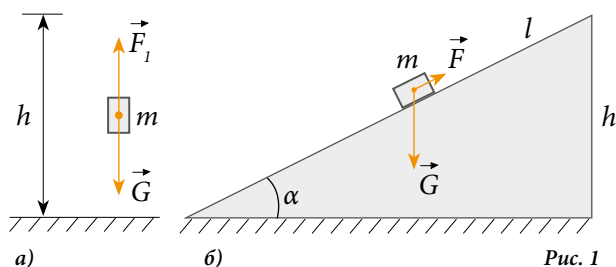


Определение:

Плоскость, которая образует с горизонтальной поверхностью острый угол, называется **наклонной плоскостью**.

Допустим, что брус массой m должен быть равномерно поднят над определенным уровнем на высоту h . К брусу можно приложить вертикально действующую силу \vec{F} , численно равную его весу, но имеющую противоположное направление (рис. 1, а). В этом случае работа, произведенная этой силой будет равна: $A = m g h$ (1).

Но этот брус можно поднять и с гораздо меньшей силой, используя при этом наклонную плоскость с высотой h и длиной l . Для этого на брус воздействуют активной силой \vec{F} , направленной вдоль наклонной плоскости.



Работа, выполненная активной силой при равномерном поднятии бруса по наклонной плоскости, вычисляется по уже известной формуле:

$$A = F \cdot l \quad (2).$$

Так как в обоих случаях тело поднимается на ту же высоту, величина выполненной работы остается такой же. Значит:

$$F l = m g h \quad (3).$$

Из (3) можно выделить выражение силы \vec{F} .

$$F = m g \cdot \frac{h}{l} \quad (4).$$

Так как $h < l$, отношение $\frac{h}{l} < 1$. Исходя из формулы (4), активная сила F меньше силы тяжести G во столько раз, во сколько длина наклонной плоскости больше ее высоты: $\frac{G}{F} = \frac{l}{h}$. Именно поэтому грузы легче поднимать по более длинным, а значит пологим наклонным плоскостям.

Продемонстрируйте, что и в случае наклонной плоскости соблюдается «золотое правило механики».

Запомни!

- С помощью наклонной плоскости достигается выигрыш в силе во столько раз, во сколько раз активная сила \vec{F} меньше силы тяжести \vec{G} .
- Отношение между этими силами равно отношению между длиной и высотой наклонной плоскости: $\frac{G}{F} = \frac{l}{h}$.

Сделай открытие!

Подготовка сообщения

Использование простых механизмов

План работы:

1. Изучите дополнительные источники информации по этой теме.
2. Выберите необходимую информацию.
3. Сравните вашу информацию с тем, что нашли одноклассники, и проверьте ее точность. В случае необходимости, посоветуйтесь с учителем.
4. Изложите ваше сообщение письменно ясно и кратко, расположив подобранные материалы в логической последовательности и используя схемы, таблицы, графики, диаграммы и пр.
5. Оцените собственный труд.

Решенная задача

Какова масса тела, равномерно поднятого по наклонной плоскости, если при этом действовала активная сила в 3 Н, направленная параллельно этой плоскости, и выигрыш в силе был в 4 раза? (Силой трения – пренебречь).

Дано:

$$x = 4$$

$$F_p = 0 \text{ Н}$$

$$F = 3 \text{ Н}$$

$$\frac{g = 10 \text{ Н/кг}}{m - ?}$$

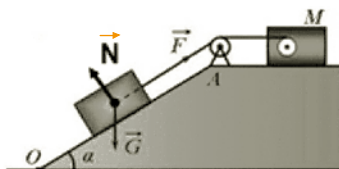
Решение:

$$x = \frac{G}{F} = \frac{L}{h}$$

$$G = m \cdot g \quad x = \frac{m \cdot g}{F}$$

$$m = \frac{F \cdot x}{g} = \frac{4 \cdot 3 \text{ Н}}{10 \text{ Н/кг}} = 1,2 \text{ кг}$$

Ответ: $m = 1,2 \text{ кг}$.



Проверь свои знания

1. Что такое наклонная плоскость?
2. Приведите примеры использования наклонной плоскости в технике и в быту.
3. Объясните, почему в многоэтажных домах используются наклонные лестницы, а не вертикальные.
4. Какого типа дорогу обычно прокладывают от подножия горы до ее вершины? Почему?
5. При поднятии грузов с помощью наклонной плоскости выигрывают в расстоянии, в силе или в механической работе?
6. Укажите силы, действующие на тело, которое тянут за веревку по наклонной плоскости?
7. Во сколько раз выигрывают в силе с помощью наклонной плоскости в зависимости от ее размеров?
8. Высота наклонной плоскости – 1,5 м, а ее длина – 3 м. Какой будет выигрыш в силе?



5.4. Лабораторная работа „Определение работы активной силы и работы силы сопротивления, сравнение полученных значений”

Цель работы: Определение работы активной силы (A_A), работы силы сопротивления (A_R), сравнение значений, полученных при равномерном поднятии тела по наклонной плоскости (A_R/A_A).

Необходимые приборы и материалы: штатив с принадлежностями, трибометр, деревянный брус с крючком, набор маркированных грузов, динамометр, линейка или рулетка.

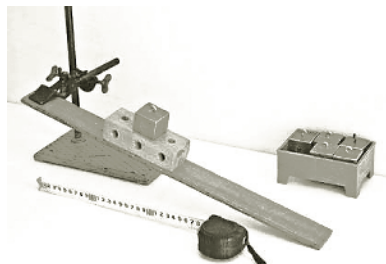


Рис. 1

Теоретические данные:

Работа активной силы: $A_A = F_A \cdot d$.

Работа силы сопротивления: $A_R = G \cdot h$.

Ход работы:

1. Определите с помощью динамометра вес тела (брус и маркированные грузы), которое будет поднято по наклонной плоскости. Этот вес (в состоянии равновесия) будет равен силе тяжести G .
2. Закрепите трибометр на штативе в наклонной позиции и поместите тело на наклонную плоскость (рис. 1).
3. С помощью динамометра равномерно переместите тело по наклонной плоскости от основания вверх. Зафиксируйте значение активной силы F_A .
4. Измерьте с помощью линейки или рулетки расстояние, пройденное телом по плоскости (d), и высоту, на которое тело поднялось (h).
5. Вычислите работу активной силы (A_A), работу силы сопротивления (A_R) и их соотношение (A_R/A_A).
6. Повторите шаги 1-5, изменяя количество закрепленных к брусу маркированных грузов.
7. Запишите полученные данные в таб. 1, а также запишите примеры вычислений и сформулируйте соответствующие выводы.

Таблица 1. Результаты выполненных измерений и вычислений

№	G , Н	h , м	F , Н	d , м	A_A , Дж	A_R , Дж	A_R/A_A , Дж
1.							
2.							
3.							

Примеры вычислений:

$$\begin{array}{lll}
 A_{A1} = & A_{R1} = & A_{R1}/A_{A1} = \\
 A_{A2} = & A_{R2} = & A_{R2}/A_{A2} = \\
 A_{A3} = & A_{R3} = & A_{R3}/A_{A3} =
 \end{array}$$

Выводы.

Практическая часть

Найди решение

1. Плечи сил, которые действуют на рычаг, находящийся в равновесии, равны соответственно 15 см и 90 см. Меньшая из действующих сил, равна 1,2 Н. Определите величину наибольшей силы.
2. Тяжелые предметы можно сдвинуть с места или приподнять с помощью металлического лома, который дает выигрыш в силе до 20 раз. Определите массу тела, которое может быть сдвинуто ломом, если допустить, что на него действуют с силой 600 Н (здесь и далее $g = 10 \text{ Н/кг}$).
3. На концы рычага действуют силы 25 Н и 150 Н. Плечо большей силы равно 3 см. Определите длину рычага, если известно, что под действием этих сил он расположен горизонтально и находится в равновесии.
4. На концы рычага действуют силы 2 Н и 18 Н. Длина рычага равна 1 м. Определите, где расположена точка опоры, относительно точки приложения большей силы, если известно, что рычаг находится в равновесии.

5. На какую высоту поднимется тело массой m , когда свободный конец шнура переместится вниз на 2 м (рис. 1)?

6. Какой вес может быть поднят с помощью подвижного блока, если его собственный вес равен 20 Н, а к свободному концу шнура прилагается сила 210 Н? Силой трения пренебречь.

7. С помощью подвижного блока весом 20 Н при приложении активной силы 100 Н поднято тело весом 165 Н. Определите величину силы трения.

8. Ящик с кирпичами был поднят с помощью подвижного блока на высоту 12 м за 0,5 мин. Чему равна мощность, развитая при подъеме ящика, если величина приложенной силы равна 320 Н?

9. Планка AC , весом которой можно пренебречь, подвижно закреплена в точке C и сохраняет равновесие системы грузов m_1 и m_2 (рис. 2). Определите массу m_2 , если $m_1 = 2 \text{ кг}$, общая длина планки $AC = l$, а $BC = 1/3 l$.

10. Высота наклонной плоскости – 3 м, а длина – 6 м. Какой выигрыш в силе можно получить с помощью этой плоскости? Силой трения пренебречь.

11. Одна наклонная плоскость имеет длину 6 м и высоту 1,5 м, а другая – длину 7,2 м и высоту 1,8 м. Какая из этих плоскостей дает больший выигрыш в силе? Силой трения пренебречь.

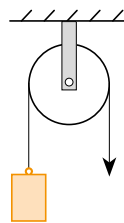


Рис. 1

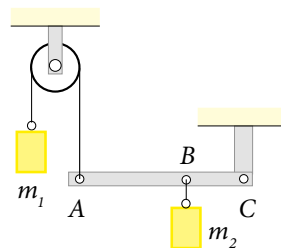


Рис. 2

12. Какой должна быть длина наклонной плоскости высотой 1 м для равномерного подъема по ней груза массой 90 кг под действием силы 180 Н?
13. Каково соотношение высоты и длины наклонной плоскости (h/l), если выигрыш в силе при ее использовании составляет 5 раз?
14. Тело массой 400 г равномерно поднимается по гладкой наклонной плоскости длиной 0,5 м и высотой 20 см. Какая сила параллельная плоскости должна быть приложена при этом?
15. Рабочий равномерно поднимает тело массой 100 кг, используя наклонную плоскость длиной 2 м и высотой 1 м. Определите численное значение активной силы, прилагаемой рабочим.
16. Какова масса тела поднимаемого равномерно по наклонной плоскости, если под действием активной силы 2 Н, направленной параллельно плоскости, выигрыш в силе составляет 5 раз? Силой трения пренебречь.
17. По наклонной плоскости длиной 16 м равномерно поднимается на высоту 8 м тело массой 500 кг. Вычислите работу активной силы, если сила трения равна 1кН (рис. 3).

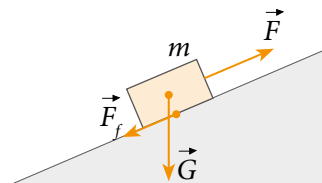


Рис. 3

18. Изготовьте рычаг и продемонстрируйте экспериментально такое соотношение двух сил, при котором его плечи находятся в положении равновесия.
19. Выберите из числа школьных принадлежностей предметы, которыми вы пользуетесь как рычагами. Представьте некоторые из них в действии.
20. Перечислите материалы необходимые для изготовления рычажных весов и изготовьте такие весы.
21. Перечислите предметы, которые бы вы взяли в поход для использования в качестве рычагов.
22. С какой силой следует потянуть шнур, чтобы поднять тело массой 500 г (рис. 4)? Выполните эксперимент, используя маркированные грузы по 100 г, и проверьте правильность вычислений с помощью динамометра, прикрепленного к шнуру.
23. Проверьте экспериментально, на какое расстояние по горизонтальной плоскости переместится тело весом N , если свободный конец шнура опустится вниз на 0,4 м (рис. 5)?

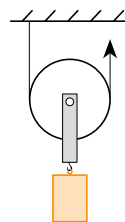


Рис. 4

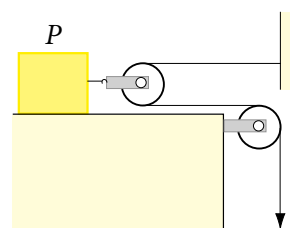


Рис. 5

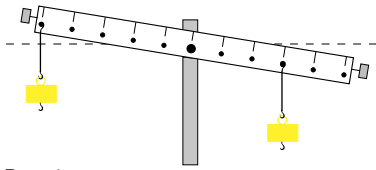
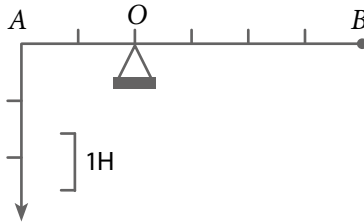


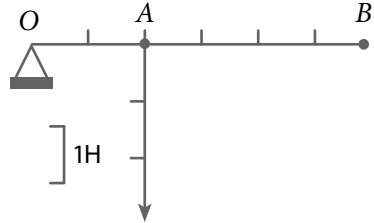
Рис. 6

24. Находится ли в равновесии рычаг, изображенный на рис. 6? Нарисуйте его в тетради и отметьте плечи сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 . Определите величину отношений F_1/F_2 и b_2/b_1 . Сравните их и сформулируйте вывод.

25. С какими силами надо действовать на точку B рычагов, изображенных на рис. 7 а и б для того, чтобы они находились в состоянии покоя?



а)



б)

Рис. 7

26. Нарисуйте модели рычагов аналогичных по функциям с неподвижным блоком и с подвижным.

27.* Рабочий должен поднять груз на определенную высоту с помощью рычага. Он может использовать в качестве рычага стальную перекладину или алюминиевую, одинаковую со стальной по размерам. Какой из этих вариантов более выгоден с точки зрения величины КПД и почему?

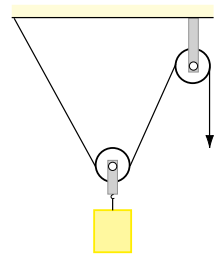


Рис. 8

28. Дает ли двойной выигрыш в силе использование подвижного блока в системе с рис. 8? Объясните ответ. Изменяется ли численное значение активной силы во время подъема груза и как именно? Силой трения и весом самого блока пренебречь.

29. Какова роль длинного шеста в руках эквилибриста, идущего по натянутому канату под куполом цирка?

30. Перечислите механизмы автомобилей или других машин, выполняющих роль рычага.

31. Объясните принцип действия качелей с рис. 9, используя знания о простых механизмах.



Рис. 9

Обобщение

В данном разделе детально описаны три типа простых механизмов: рычаг, подвижный и неподвижный блоки, наклонная плоскость. Установлены закономерности, характеризующие каждый из них: выигрыш в силе, для рычага и других механизмов, функции подвижного и неподвижного блоков, роль наклонной плоскости в поднятии тяжелых грузов и др. Для всех простых механизмов общим является «золотое правило механики»: «Во сколько раз выигрываем в силе, во столько раз проигрываем в расстоянии».

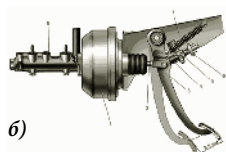
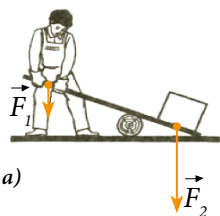


Рис. 1

- Простые механизмы были изобретены для облегчения физического труда, для того чтобы малыми усилиями преодолевать значительные силы сопротивления. Обобщая, можно сказать, что простые механизмы предназначены для преобразования действующих (активных) сил.

В исследованных на уроках случаях качестве силы сопротивления чаще всего выступал вес поднимаемого тела (рис. 1, а). В деталях машин и технических устройств сила сопротивления может быть и другого рода. Например, в конструкции автомобильных педалей, пневматических и гидравлических устройств, клапанов паровых котлов используется рычаг, и в качестве силы сопротивления выступает сила упругости пружины, подерживающая рычаг в определенном положении (рис. 1, б).

Конечно, можно встретить и другие варианты устройств, использующих рычаг в различных формах.

- Выигрывая в силе, не выигрываем в работе. Действительно, точки приложения активной силы и силы сопротивления передвигаются на различные расстояния, и отношение этих расстояний равно отношению плечей сил. Следовательно, эти силы выполняют одинаковую по величине работу.
- В случаях, когда возникает необходимость изменить не численное значение силы, а ее прямую действия и направление, используется неподвижный блок. Он не дает выигрыш в силе, но позволяет выбрать более удобное для данной ситуации направление воздействия. Таким образом, решается проблема подъема груза вверх при условии, что активная сила может быть направлена только вниз. Неподвижный блок также используется в подъемных кранах для перенаправления тросов (рис. 2, б) и для силовых тренировок (рис. 2, а).

Подвижный блок используется для поднятия грузов, если достаточен выигрыш в силе в два раза. Этот простой механизм широко используется в подъемных кранах и различных технических устройствах.

- Наклонная плоскость широко используется для подъема и передвижения грузов значительной массы путем их перекачивания или скольжения. В этом случае изменяется как численное значение активной силы относительно силы сопротивления, так и направление ее действия. Выигрыш в силе определяется отношением длины плоскости к ее высоте: $G/F = l/h$. Наклонная плоскость используется для перемещения грузов на складах, на стройках, в строительстве и т.п.



Рис. 2

СУММАТИВНЫЙ ТЕСТ



Данный тест предназначен для определения уровня знаний и умений, приобретенных вами при изучении этой главы

№	Задания	Баллы	
I. В заданиях 1-3 дайте краткий ответ согласно предложенным условиям.			
1.	Продолжите утверждения так, чтобы они были правильными:	L	
	а) Блок, чья ось находится в движении, называется блоком.	0	
	б) Наклонная плоскость формирует острый угол с	1	
	в) Отношение двух сил, действующих на рычаг в равновесии, обратно пропорционально отношению	2 3	
2.	С помощью стрелок установите соответствие между физическими величинами и единицами их измерения:	L	
	сила	см	1
	плечо силы	Н/кг	2
	работа	Н	3
		кДж	
3.	Определите правильность данных утверждений, отметив П, если утверждение правильно, и Н, если неправильно:	L	
	а) Во сколько раз выигрываем в силе, во столько раз теряем в работе.	0	
		П Н	1 2
	б) Неподвижный блок используется для изменения направления активной силы.	П Н	
II. В заданиях 4-7 напишите полное решение задач и проблемных ситуаций:			
4.	Тело массой 50 кг равномерно поднимается с помощью подвижного блока. Определите величину активной силы	L 0 1 2 3	
5.	Определите максимальную высоту, на которую рабочий поднимет груз массой 250 кг, используя наклонную плоскость длиной 6,25 м и прилагая силу в 200 Н.	L 0 1 2 3 4	
6.	К концам рычага длиной 1 м, находящегося в равновесии, подвешены два груза массами 0,5 кг и 2 кг. На каком расстоянии от конца с более легким грузом находится точка опоры рычага?	L 0 1 2 3 4 5	
7.	Имея в распоряжении подвижный блок и рычаг с левым плечом b_1 и правым плечом b_2 ($b_1 = 2b_2$), предложите план определения работы активной силы при подъеме ящика массой m на высоту h :	L 0 1 2 3 4	
	а) каждым механизмом в отдельности;		
	б) комбинацией из двух механизмов.		
	Представьте на рисунке силы и выведите формулы вычисления.		

Дополнение

Информация

КПД простых механизмов

Изучая простые механизмы, мы исследовали идеальные случаи, в которых активная сила использовалась только для преодоления силы сопротивления, которую в большинстве случаев представлял вес тела. На практике, используя такие механизмы, надо рассчитывать, что придется преодолевать не только силу сопротивления самого тела, обычно, гравитационного происхождения, но и другие силы. Например, при поднятии тела с помощью подвижного блока, активная сила преодолевает вес тела и вес блока, а также силы трения (между канатом и блоком, между блоком и осью, на которой он закреплен).

Определения:

- *Механическая работа, выполненная простым механизмом непосредственно для достижения поставленной цели, называется **полезной работой**.*
- *Механическая работа, выполненная активной силой, называется **полной (затраченной) работой**.*

Полезная работа равна увеличению потенциальной энергии тела относительно ее значения в его начальном положении.

Например, при поднятии тела массой m по наклонной плоскости высотой h , полезная работа равна $A_n = mgh$. А затраченная работа вычисляется как произведение активной силы F на длину плоскости l : $A_з = F \cdot l$.

Для оценки эффективности работы механизма или машины используется величина, называемая коэффициентом полезного действия (КПД).

Определение:

*Отношение полезной механической работы к затраченной механической работе называется **коэффициентом полезного действия (КПД)**.*

Коэффициент полезного действия обозначается греческой буквой η («эта») и определяется отношением:

$$\eta = \frac{A_n}{A_з} \quad \text{или} \quad \eta = \frac{A_n}{A_з} \cdot 100\%.$$

Таким образом, КПД показывает процентную долю полезной работы в полной затраченной работе.

Практическая деятельность

Обсудите с одноклассниками предложенные вопросы и дайте ответ:

- Может ли КПД механизма быть больше 100%?
- Каким образом можно увеличить КПД простых механизмов?
- Соблюдается ли на практике «золотое правило механики»?
- От чего зависит КПД наклонной плоскости?

Лабораторная работа

Определение КПД наклонной плоскости

Необходимые приборы и материалы: трибометр, штатив, динамометр, деревянный брусок, маркированные грузы по 100 г.

Ход работы:

- Закрепите трибометр на штативе и по получившейся наклонной плоскости равномерно с помощью динамометра тяните брусок. Запишите величину активной силы, показанную динамометром.

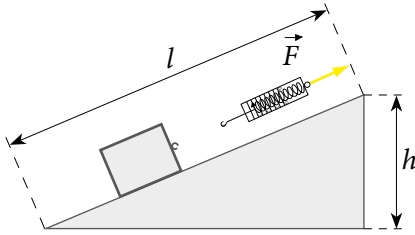


Рис. 1

- Измерьте динамометром вес тела $P = mg$, а также измерьте линейкой длину l и высоту h наклонной плоскости (рис. 1).
- Повторите эксперимент несколько раз, добавляя к бруску маркированные грузы.
- Обработайте результаты измерений и заполните таблицу:

№ экс.	F , Н	$P = mg$, Н	l , м	h , м	Полез. работа $A_n = mgh$, Дж	Затрач. работа $A_s = Fl$, Дж	КПД $\eta = \frac{A_n}{A_s} \cdot 100\%$
1.							
2.							
3.							

- Сравните численные значения полезной работы и затраченной.
- Вычислите КПД наклонной плоскости для каждого случая.
- Сформулируйте вывод.

Решенная задача

Высота наклонной плоскости равна 1,8 м, а длина ее – 8,1 м. Для поднятия тела массой 81 кг по этой наклонной плоскости была затрачена сила в 240 Н. Найдите КПД наклонной плоскости и значение силы трения.

Дано:

$$h = 1,8 \text{ м}$$

$$l = 8,1 \text{ м}$$

$$m = 81 \text{ кг}$$

$$F_a = 240 \text{ Н}$$

$$\eta - ?$$

$$F_{тр} - ?$$

Решение:

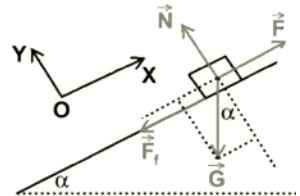
$$\eta = \frac{A_n}{A_s} \quad A_n = R \cdot d_R = G \cdot h \quad A_s = F \cdot d_F = F \cdot l$$

$$\eta = \frac{Gh}{Fl} = \frac{mgh}{Fl} = \frac{81 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 1,8 \text{ м}}{240 \text{ Н} \cdot 8,1 \text{ м}} = 0,75 \text{ (75\%)}$$

$$F = F_{тр} + F = F_{тр} + \frac{mgh}{l} \Rightarrow F_{тр} = F - \frac{mgh}{l}$$

$$F_{тр} = 240 \text{ Н} - \frac{81 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 1,8 \text{ м}}{8,1 \text{ м}} = 60 \text{ Н}$$

Ответ: $\eta = 75\%$, $F_{тр} = 60 \text{ Н}$.



Проверь свои знания

1. Раскройте физический смысл коэффициента полезного действия механизма или машины.
2. Что такое механический КПД?
3. Как определить затраченную работу при поднятии грузов с помощью простого механизма? А как определить полезную работу в этом случае?
4. Величина КПД может быть равна единице, меньше единицы или больше единицы? Объясните ответ.
5. КПД одного рычага равен 90%, а другого – 95%. Что определяет эту разницу? С каким из этих рычагов можно поднять больший груз, прилагая одинаковую активную силу?

6. Зная, что неподвижный блок изменяет только направление действия активной силы при поднятии грузов, а точки приложения активной силы и силы сопротивления проходят равные расстояния, объясните, почему затраченная работа больше, чем работа полезная.
7. Проанализируйте действие двух блоков, изображенных на рис. 2, поднимающих груз на одинаковую высоту. Зная, что силы трения между диском и канатом в обоих блоках равны, определите, какой из этих блоков обладает большим КПД. Объясните ответ.
8. Рабочий поднимает ведро с цементным раствором массой 20 кг с помощью неподвижного блока, прилагая при этом силу 220 Н. Определите КПД этого блока.
9. Для поднятия ящика массой 40 кг на высоту 50 см была использована в качестве наклонной плоскости доска длиной 2 м. Вычислите КПД получившегося простого механизма, если известно, что для равномерного перемещения ящика была приложена сила тяги равная 125 Н.
10. С помощью рычага было равномерно поднято на высоту 1 м тело массой 152 кг. Зная, что сила, приложенная к большему плечу рычага, выполнила работу 1,6 кДж, найдите КПД этого простого механизма.
11. С помощью рычага, КПД которого равно 80%, было поднято на высоту 40 см тело массой 120 кг. На какое расстояние сместилось большее плечо рычага, если величина приложенной силы равна 420 Н?
12. Подвижный блок с КПД 70% поднимает тело на высоту 2 м. Найдите массу тела, если к свободному концу каната прилагается сила 500 Н.
13. С помощью двух блоков, подвижного и неподвижного, поднят равномерно на высоту 8 м груз весом 80 Н. Какая сила была приложена к свободному концу шнура и какая работа затрачена при поднятии груза, если КПД данного механизма составляет 80%.
14. Груз весом 3,5 кН поднят по наклонной плоскости на высоту 1,8 м. Зная, что КПД наклонной плоскости равен 60%, найдите работу, выполненную при этом активной силой.
15. Высота наклонной плоскости 1,2 м, а длина ее – 10,8 м. Для поднятия тела массой 180 кг по этой плоскости была приложена сила 250 Н. Определите КПД наклонной плоскости и силу трения.
16. Имея в распоряжении доску, деревянный брусок, линейку, резинку и тела известной массы, опишите способ определения КПД наклонной плоскости.
17. Груз может быть поднят на определенную высоту двумя способами: с помощью неподвижного блока и с помощью блока подвижного. Известно, что оба блока одинаковы, и силы трения, возникающие при их работе, равны. Можно ли сказать, что их КПД одинаковы? Объясните ответ.

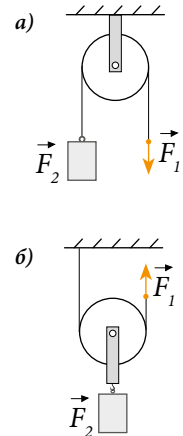


Рис. 2

Лабораторная работа „Определение КПД простого механизма“

Цель работы: Определение коэффициента полезного действия рычага.

Необходимые приборы и материалы: штатив с принадлежностями, рычаг, набор маркированных грузов, динамометр, линейка.

Ход работы:

1. Закрепите стержень, вокруг которого будет вращаться рычаг на штативе и уравновесьте рычаг.
2. Подвесьте к одному концу рычага груз известной массы и с помощью динамометра с противоположного конца (на ваш выбор, рекомендуется b_F больше b_R), уравновесьте рычаг (сохраняя его стремление поднять груз вверх). Запишите значение массы и показания динамометра в таблицу 1.
3. Измерьте линейкой плечи обеих сил, действующих на рычаг (рис. 1). Запишите данные в таблицу 1.
4. Повторите два раза шаги 2 и 3, изменяя положение груза (приближая и удаляя его от оси вращения);
5. Вычислите КПД рычага и абсолютную погрешность измерений. Запишите примеры вычислений и сформулируйте соответствующие выводы.
6. Запишите полученные данные в таблицу 1.

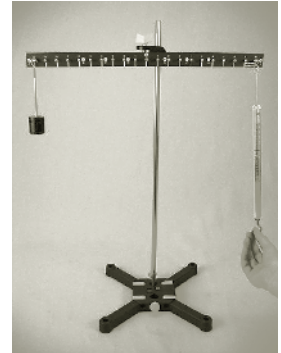


Рис. 1

Таблица 1. Результаты выполненных измерений и вычислений

№	F , Н	m , кг	R , Н	b_F , м	b_R , м	η	η_{cp}	$\Delta\eta$	$\Delta\eta_{cp}$
1.									
2.									
3.									

Примеры вычислений:

$$R = m \cdot g, \quad \eta = R b_R / (F b_F)$$

$$R_1 = \quad \eta_1 = \quad \Delta\eta_1 =$$

$$R_2 = \quad \eta_2 = \quad \Delta\eta_2 =$$

$$R_3 = \quad \eta_3 = \quad \Delta\eta_2 =$$

$$\quad \eta_{cp} = \quad \Delta\eta_{cp} =$$

Конечный результат:

$$\eta = (\eta_{cp} \pm \Delta\eta_{cp}), = (\quad \pm \quad)$$

Выводы:

Основные физические понятия, изучаемые в курсе 7-го класса

А

Атмосферное давление > Давление, производимое на тела воздухом.

Б

Блок > Простой механизм, представляющий собой диск с желобом, вращающийся вокруг своей оси.

В

1 Ватт (Вт) > Механическая мощность силы, которая за одну секунду совершает работу в 1 джоуль.

Векторные физические величины > Физические величины, которые характеризуются не только численными значениями и единицами измерения (как скалярные величины), но также ориентацией (прямая и направление действия) и точкой приложения.

Вес тела > Сила, с которой тело действует на опору или подвес вследствие притяжения к Земле.

Взаимодействие > Воздействие физических тел друг на друга.

Г

Гидростатическое давление > Давление, производимое жидкостью, находящейся в состоянии покоя.

Д

Давление > Скалярная физическая величина, равная отношению силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности.

Деформация > Изменение формы и размеров тела.

1 Джоуль (1 Дж) > Механическая работа, совершенная силой в 1 Н при перемещении тела в направлении действия силы на расстояние равное 1 м.

Динамический эффект > Последствие взаимодействия тел, состоящее в изменении их состояния движения.

Динамометр > Инструмент для измерения силы.

- Закон Архимеда** ➤ На тело, погруженное в жидкость (газ), действует сила, направленная вертикально вверх, равная по величине весу жидкости (газа), вытесненной этим телом.
- Закон Паскаля** ➤ Давление, производимое на жидкость или газ, передается одинаково во всех направлениях.
- Закон сохранения механической энергии** ➤ Механическая энергия E замкнутой системы тел остается неизменной: $E = E_k + E_n = const$.
- Закон упругой деформации** ➤ Деформация прямо пропорциональна деформирующей силе, то есть: $\Delta l \sim F$ или $F_{упр} = k \Delta l$.
- Замкнутая (изолированная) система** ➤ Система тел, которые не взаимодействуют с другими телами извне.
- Затраченная (полная) работа** ➤ Механическая работа, выполненная активной силой ($A_3 = F \cdot l$).
- Золотое правило механики** ➤ Во сколько раз выигрываем в силе, во столько раз теряем в расстоянии.

К

- Кинетическая энергия** ➤ Энергия, которую приобретает тело вследствие своего движения.
- Коллинеарные силы** ➤ Силы, направленные вдоль одной прямой или параллельные друг другу.
- Коэффициент упругости тела (жесткость)** ➤ Величина k , равная отношению деформирующей силы F к абсолютному удлинению тела Δl ($k = F_{упр} / \Delta l$).
- КПД (коэффициент полезного действия)** ➤ Отношение между полезной механической работой и затраченной ($\eta = A_n / A_3$ или $\eta = A_n / A_3 \cdot 100\%$).
- Криволинейное движение** ➤ Движение, при котором траекторией движущегося тела является кривая линия.

М

- Материальная точка** ➤ Тело, размерами которого в данных условиях можно пренебречь.
- Механизмы** ➤ Устройства, которые служат для преобразования прилагаемой силы.

- Механическая мощность** > Физическая величина, равная отношению механической работы к промежутку времени, за которое эта работа была совершена.
- Механическая работа постоянной силы** > Скалярная физическая величина, равная произведению численного значения силы на путь, пройденный телом в направлении действия этой силы.
- Механическая энергия** > Физическая величина, выражающая способность тела совершать механическую работу.
- Механическое движение** > Изменение положения тела во времени относительно других тел.
- Механическое равновесие** > Состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

Н

- Наклонная плоскость** > Плоскость, которая образует с горизонтальной плоскостью острый угол ($G / F = l / h$).
- Неподвижный блок** > Блок, ось которого находится в состоянии покоя ($F_1 = F_2$ или $F_A = R$).
- Неравномерное движение** > Движение, при котором физическое тело проходит за одинаковые промежутки времени различные расстояния.

П

- 1 Паскаль (1Па)** > Давление, производимое силой 1 Н, действующей перпендикулярно к поверхности площадью 1 м².
- Пластическая деформация** > Деформация, которая сохраняется при прекращении взаимодействия.
- Плечо силы** > Наименьшее расстояние между осью вращения и прямой, на которой находится вектор силы.
- Подвижный блок** > Блок, ось которого находится в движении ($F_1 = F_2/2$ или $F_A = R/2$).
- Полезная работа** > Величина механической работы, выполненной простым механизмом непосредственно для достижения поставленной цели.
- Положение тела** > Место тела в пространстве.
- Потенциальная гравитационная энергия** > Энергия, полученная телом вследствие своего положения относительно Земли (или другого тела).
- Пройденный путь (пройденное расстояние)** > Длина траектории.

Прямолинейное движение > Движение, при котором траекторией движущегося тела является прямая линия.

P

Равномерное движение > Движение, при котором физическое тело проходит равные отрезки пути за равные промежутки времени.

Рычаг > Простой механизм, представляющий собой твердое тело (чаще всего, переключину), имеющее ось вращения.

C

Сила трения > Сила, которая противодействует движению одного тела по поверхности другого.

Сила тяги > Сила, которая поддерживает состояние движения тела.

Сила тяжести > Сила, с которой Земля притягивает физические тела.

Сила упругости > Сила, под действием которой упруго деформированное тело принимает (или стремится принять) исходную форму.

Система отсчета > Тело отсчета вместе с инструментами для измерения расстояний, углов и промежутков времени.

Скорость тела > Физическая величина, которая характеризует быстроту движения тела.

Сообщающиеся сосуды > Сосуды, соединенные между собой.

Статический эффект > Последствие взаимодействия тел, состоящее в изменении их формы (размеров).

T

Тело отсчета > Тело, относительно которого определяется положение других тел.

Траектория > Линия, описываемая телом во время движения.

y

Упругая деформация > Деформация, которая исчезает при прекращении взаимодействия тел.

Условие равновесия > Результирующая действующих сил $R = 0$.

Условие равновесия рычага > Отношение сил, действующих на рычаг, обратно пропорционально отношению плечей этих сил, $F_1 / F_2 = b_2 / b_1$.

План исследования в рамках проекта STEAM

(Естественные науки, Технология,
Инженерия, Математика)

1. Обсудите с преподавателем по физике и с преподавателями других дисциплин (математика, химия, биология и др.) тему и заглавие своего проекта STEAM. Тема должна быть актуальной, интересной и иметь связь с повседневной действительностью.
2. Определите задачу исследования и как можно яснее сформулируйте ее.
3. Изучите имеющуюся информацию по теме, используя разнообразные источники – статьи в научно-популярных и специальных журналах, материалы on-line, базы данных и др.
4. Анализируйте существующие решения задачи, поставленной в исследовании.
5. Объясните подробно и доступно решение, предлагаемое вашей командой. Решение может состоять в разработке устройства или его модели, которая иллюстрирует работу настоящего устройства, в составлении плана необходимых действий.
6. Докажите, что решение, предложенное вашей командой, содействует росту качества жизни, улучшая уже существующие решения данной задачи либо предлагая совершенно новые.
7. Рассмотрите факторы, влияющие на внедрение вашего решения (стоимость, целевая группа, сложность выполнения и др.).
8. Творчески представьте результаты ваших исследований, используя разнообразные средства, будь то постер, слайд-шоу, видеоролик и т.п.
9. Постарайтесь ознакомить с вашими исследованиями тех, кого они могут заинтересовать, кому они могут принести пользу (органы местного управления, производители, эксперты и др.).

План подготовки сообщения

1. Обсудите с преподавателем тему, содержание и цель сообщения, которое вы будете готовить персонально или в группе одноклассников.
2. Если будете готовить групповое сообщение, распределите объем работы между всеми участниками.
3. Отберите информацию по теме сообщения, используя различные источники информации.
4. Представьте найденную и отобранную информацию в логической последовательности, иллюстрируя ее разнообразными способами: с помощью схем, изображений, диаграмм, таблиц и т.п.
5. Отдельное внимание уделите презентации сообщения: разработайте оригинальную творческую версию и представьте ваше сообщение аудитории.
6. Ответьте на вопросы и оцените сами ваш труд и уровень творческого подхода.

Таблица плотности веществ, ρ , кг/м³ (при 20°C)

Твердые тела	
Алмаз – 3400-3600	Отруби – 150
Алюминий – 2700	Парафин – 870-920
Бетон – 1800-2800	Платина – 21460
Бронза – 8300-8700	Пробка – 220-260
Бумага – 700-1200	Резина – 910-1400
Воск – 960-980	Рубин – 4000
Золото – 19320	Сахар – 1600
Картон – 690	Свинец – 11300
Кирпич – 1800	Серебро – 10500
Лед – 900	Соль поваренная – 2200
Медь – 8900	Сталь – 7800
Мел – 1800-2600	Стеарин – 970-1000
Мука – 400-500	Стекло оконное – 2400-2700
Нафталин – 1150	Фарфор – 2200-2500
Никель – 8900	Цинк – 7100
Олово – 7300	Шифер – 2800
Оргстекло – 1180	Янтарь – 1100
Жидкости	
Ацетон – 781	Масло машинное – 900-920
Бензин – 710-750	Масло подсолнечное – 926
Вода пресная – 1000	Мед – 1345
Вода морская – 1010-1050	Молоко сгущенное с сахаром – 1280
Глицерин – 1260	Нефть – 730-940
Керосин – 790-820	Ртуть – 13600
Кровь – 1050	Спирт этиловый – 790
Мазут – 890-1000	Эфир этиловый – 710

Ответы к упражнениям и задачам

Глава 1. ДВИЖЕНИЕ И ПОКОЙ

- с. 15. **7.** а) 9 км; 3,6 км, 236° .
- с. 19. **6.** 2400 с; **7.** 50,4 км/ч или 14 м/с.
- с. 24. **1.** а) 7,5 м; 27,5 м; 2,5 м; б) 2 с; **3.** 40 м; **4.** 2 м/с; **5.** б) первое тело, в) 4 м, 2 м, 0 м.
- с. 26. **8.** 9 км, 5 км, 323° .
- с. 27. **13.** 0,5 м/с; **14.** 1,28 с; **15.** 108 000 км; **16.** $\Delta t_1 = 2$ с, $d_1 = 4$ м, равномерно с $v_1 = 2$ м/с, $\Delta t_2 = 1$ с, $d_2 = 0$ м, состояние покоя $v_2 = 0$ м/с, $\Delta t_3 = 1$ с, $d_3 = 2$ м, равномерно с $v_3 = 2$ м/с; **17.** 20 м/с.
- с. 28. **18.** 375 км, 500 км/ч; **19.** 15 м/с; **20.** 20 м/с, 100 м; **21.** 1 м/с, равномерное движение; **22.** а) первое тело, б) 2 м/с, 1 м/с, 0,8 м/с в) $d_{12} = 2$ м, $d_{13} = 2,4$ м, $d_{23} = 0,4$ м; **23.** а) 10 м/с, 5 м/с.
- с. 29. **24.** 360 с, 7,2 км; **25.** Если водитель не предпримет необходимых мер, произойдет несчастный случай; водитель не соблюдал правила дорожного движения, т.к. разрешенная скорость передвижения в населенных пунктах не более 50 км/ч; **26.** в) 500 м; **27.** а) относительно первого автомобиля; относительно других объектов на шоссе, б) 20 м/с, в) 12 км, г) 24 км; **28.** а и б) $\Delta t_1 = 5$ с, $d_1 = 10$ м, равномерно с $v_1 = 2$ м/с, $\Delta t_2 = 5$ с, $d_2 = 0$ м, состояние покоя $v_2 = 0$ м/с, $\Delta t_3 = 10$ с, $d_3 = 10$ м, равномерно с $v_3 = 1$ м/с, в) 1 м/с.

Глава 2. ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- с. 37. **4.** $F_{\min} = 0$ даН; $F_{\max} = 52$ даН; $F_0 = 1$ даН; $\Delta F = 0,5$ даН; $F = (11,5 \pm 0,5)$ даН. **6.** 0,2 Н; 400 Н; 500 Н; 60 000 Н; 8 Н; 60 Н.
- с. 40. **6.** $R = 0$, состояние покоя.
- с. 42. **3.** $F_2 = 5000$ Н; **4.** а) 110 Н; б) Да; **5.** 400 Н.
- с. 45. **7.** 50 кг, 500 Н; **8.** 5 Н, 9,5 Н; **9.** 216 Н; **10.** 0,5 кг.
- с. 48. **6.** 0,2 Н; **7.** 6000 Н/м; **8.** 5 см.
- с. 51. **9.** 40 Н, 40 кг.
- с. 56. **5.** 4 Н, 12 Н; **6.** 8 Н, 2 Н; **7.** 490 кг; **8.** 23,52 кН, 123,48 кН; **9.** 2,56 Н; **11.** 120 см³, 0,06 кг, 0,6 Н; **12.** 420 кг; **13.** 50 Н; **14.** 500 Н/м; **15.** 0,1 м.
- с. 57. **16.** 5 см, 20 Н; **17.** 0,05 м; **18.** 0,2 Н; **21.** 250 Н; **22.** 400 Н; **23.** 0,625 кг.

Глава 3. СТАТИКА ЖИДКОСТЕЙ

- с. 65. **1.** $400 \cdot 10^9$ Па; **5.** 2500 Па; **6.** 0,32 м²; **7.** 2 кг; **8.** 500 Па;
- с. 68. **1.** $\approx 113,1$ МПа; **3.** а) 500 Па; б) 1000 Па; **5.** а) 50 кПа; б) 25 кПа; **7.** 40 кПа.
- с. 70. **1.** 3,6 г; **3.** $\approx 10,3$ м; **4.** 520 Па; 16 320 Па.
- с. 73. **10.** 1,8 атм; $\approx 1,82 \cdot 10^5$ Па.

- с. 75. **6.** 200 кПа; **7.** $h = 35$ м.
- с. 79. **1.** 0,2 Н; **3.** 9 Н; **7.** 500 м^3 .
- с. 81. **1.** Да; **2.** 7,5 кг; **3.** Лыжи отца; **4.** 7,1 см; **5.** 80 кг; **6.** $0,05 \text{ м}^2$; **7.** 1 км;
8. 900 кг/м^3 ; **9.** Уменьшилось в 1,1 раза; **10.** а) 4000 Па; б) 3600 Па;
в) 160 Па; **11.** 1,2 Н.
- с. 82. **13.** $1,11 \text{ кг/м}^3$; **14.** 12,16 м; **15.** 165,4 кН; **16.** б) 79,54 кН; **18.** 884,6 м;
19. 22,11 м; **21.** 30 м; Нет; **22.** 2,5 Н; **23.** 0,6 Н; **24.** а) 30 Н; б) 3 л;
в) 1600 кг/м^3 ; **25.** 900 кг/м^3 ; **26.** $1,17 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.
- с. 83. **27.** 1,95 Н; **28.** а) 2500 кг/м^3 ; б) 0,64 Н; **29.** Да; **30.** 700 кг/м^3 ;
31. 8000 см^3 ; **32.** $781,25 \text{ кг/м}^3$; **33.** 2 м^2 .
- с. 89. **1.** 13,5 см; **2.** 0,59 или 1,7; **3.** Бензин или нефть; **4.** 85 см; **5.** 3,2 см; 12,8 см;
6. 50 кН; **7.** 50 Н.

Глава 4. МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА, МОЩНОСТЬ И МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ

- с. 94. **4.** В случаях а) и г); **8.** 300 Дж; **9.** 50 Н.
- с. 97. **2.** У первого, в 1,5 раза; **7.** 600 кДж; **8.** 3 кН.
- с. 101. **5.** 300 кДж; **6.** 1470 Дж.
- с. 104. **4.** Да.
- с. 105. **6.** Нет; **7.** Автомобиль с грузом; **8.** Увеличилась на 70%.
- с. 106. **1.** 40 Н; **2.** 4000 м; **3.** 6 Дж; **4.** 3 кДж; **5.** 2 м; **6.** 400 кг; **7.** 5 Дж; **8.** 4 кН;
9. 125 МДж; **10.** 1152 кДж.
- с. 107. **11.** 1,6 км; **12.** В 1,6 раза; **13.** 1,5 Вт; **14.** 1,2 кВт; **15.** 8 МВт; **16.** 15 кВт;
17. 3,6 кДж; **18.** 158,4 МДж; **19.** 150 Вт; **20.** 1,2 кВт; **21.** В первом
случае, в 1,5 раза; **22.** 2 МН; **23.** 0,05 Дж; **24.** 1,5 т; **25.** 10 м/с.
- с. 108. **26.** 1,8 кДж; **27.** 80 г; **28.** 200 м; **29.** 2,16 кДж; **30.** 4 м; **31.** 8 м/с; **32.** 5 м;
33. 6 м/с; 60 см.
- с. 110. **37.** 36 кВт; 12 кВт.
- с. 115. **1.** 25 Дж; **2.** 0,6 Дж; **3.** 0,96 Дж; **4.** 1 Дж; 0,84 Дж.

Глава 5. ВРАЩАТЕЛЬНОЕ РАВНОВЕСИЕ

Простые механизмы

- с. 120. **5.** 16 см.
- с. 123. **5.** а) 7,5 Н; 1 м; 15 Дж; б) 15 Н; 2 м; 30 Дж.
- с. 125. **8.** В 2 раза.
- с. 127. **1.** 7,2 Н; **2.** 1,2 т; **3.** 21 см; **4.** 0,1 м; **5.** 2 м; **6.** 40 кг; **7.** 15 Н; **8.** 256 Вт;
9. 6 кг; **10.** В 2 раза; **11.** КПД одинаков, в 4 раза.
- с. 128. **12.** 5 м; **13.** 0,2; **14.** 1,6 Н; **15.** 500 Н; **16.** 1 кг; **17.** 56 кДж; **22.** 2,5 Н;
23. 0,2 м.
- с. 134. **8.** $\approx 91\%$; **9.** 80%; **10.** 95%; **11.** 1,2 м; **12.** 58,8 кг; **13.** 50 Н; 800 Дж;
14. 10,5 кДж; **15.** 80%; 50 Н.