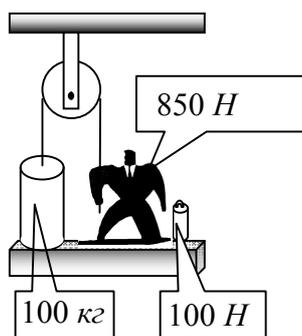


К ЕТЭ ГОТОВ!



Ф И З И К А

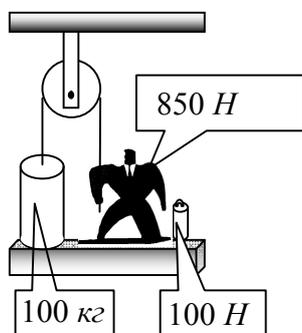
ЧАСТЬ I

Механика

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Санкт-Петербургский государственный университет
технологии и дизайна»

О. Н. Урюпин К. О. Урюпина

К ЕГЭ ГОТОВ!



Ф И З И К А

ЧАСТЬ I

Механика

Утверждено Редакционно-издательским советом
университета в качестве учебного пособия

Санкт-Петербург

2011

УДК 531
ББК 22.3я73
У73

Рецензенты:

доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей
и экспериментальной физики Российского государственного педагогического
университета им. А. И. Герцена

В. М. Грабов;

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики
Санкт-Петербургского государственного университета
технологии и дизайна

Е. П. Романова

Урюпин, О.Н.

У73 К ЕГЭ готов! Физика. Ч. I. Механика: учеб. пособие / О. Н. Урюпин,
К. О. Урюпина. – СПб.: ФГБОУВПО «СПГУТД», 2011. – 122 с.

ISBN 978-5-7937-0631-5

Учебное пособие является первой частью учебного пособия по физике, адресованного слушателям факультета довузовского образования, абитуриентам и выпускникам школ для подготовки к сдаче Единого государственного экзамена. Также может быть полезно студентам технических специальностей 1-го и 2-го курсов для проверки уровня остаточных знаний соответствующего раздела физики перед изучением вузовского курса.

Пособие включает краткое, но емкое изложение теоретических основ механики и практические задания различного уровня сложности от простейших задач с выбором ответа до задач высокого уровня сложности, выстроенных с учетом плавного нарастания умений и навыков, необходимых для их решения с одной стороны, и с учетом требований Единого государственного экзамена, с другой.

УДК 531

ББК 22.3я73

ISBN 978-5-7937-0631-5

© ФГБОУВПО «СПГУТД», 2011

© Урюпин О. Н., Урюпина К. О., 2011

СОДЕРЖАНИЕ

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

Раздел А. М Е Х А Н И К А	5
Введение	5
1. Основы кинематики.	7
2. Основы динамики.	18
3. Статика	27
4. Законы сохранения в механике	27
5. Механическая энергия, работа и мощность	31
6. Виды механической энергии	32
7. Механические колебания	34
8. Механические волны	37
9. Механика жидкостей и газов	38
Раздел Б. ЗАДАЧИ.	44
10. Введение в кинематику.	44
11. Основные понятия кинематики	47
12. Равномерное движение.	51
13. Относительность движения	56
14. Равнопеременное движение	58
15. Свободное падение тел.	63
16. Баллистическое движение	65
17. Периодическое движение.	66
18. Взаимодействие тел	69
19. Закон инерции	70
20. II закон Ньютона	71
21. III закон Ньютона	73
22. Закон всемирного тяготения.	76
23. Силы упругости.	78
24. Сила трения	79
25. Закон сохранения импульса	81
26. Механическая работа. Мощность	82
27. Простые механизмы. Коэффициент полезного действия	84
28. Механическая энергия	85
29. Закон сохранения механической энергии	87
30. Момент силы. Равновесие	89
31. Давление. Закон Паскаля	91
32. Архимедова сила. Плавание тел	93

33.	Механические колебания и волны	94
34.	Задачи повышенного и высокого уровня сложности	97
35.	Справочные данные	103
36.	Ключи к заданиям	104
37.	Заключение	106

ВВЕДЕНИЕ

Данное пособие по механике открывает издание серии учебных пособий по подготовке к Единому государственному экзамену по физике, ориентированных на изучение физики не только на факультете довузовской подготовки, но и при самоподготовке абитуриентов, а также при повторении и закреплении изученных ранее материалов непосредственно перед экзаменом. Особо полезным данная серия пособий окажется для тех, кто в силу различных причин, не имея достаточной школьной подготовки для сдачи ЕГЭ по физике, должен в сжатые сроки освоить большой объем теоретических знаний и получить необходимые для успешной сдачи экзамена навыки по их практическому применению при решении задач различного уровня сложности. Кроме того, у студентов 1-го и 2-го курса появляется возможность проверить свои остаточные знания и умения решать физические задачи перед изучением соответствующих разделов вузовского курса по общей физике и восстановить знания по выявленным проблемным разделам.

Деление серии пособий на традиционные части по механике, молекулярной физике и термодинамике, электричеству, оптике и ядерной физике обеспечивает оптимальную последовательность изучения теоретического курса в сочетании с выполнением посильных практических заданий, выстроенных с учетом нарастания сложности. Основным отличием от традиционных аналогичных пособий является постоянное стимулирование учащихся к использованию наблюдений физических процессов и явлений в окружающей действительности для лучшего понимания теоретических основ физики. Для активного включения обучающихся в познавательный процесс авторам представляется необходимым обращение к учащимся о проведении простейших наглядных физических экспериментов в домашних условиях, сопровождаемое ёмкими объяснениями их физической сущности. Комплексный экспериментально-теоретический подход к построению данного курса повышает, по мнению авторов, интерес к изучению физики и является наиболее эффективным в сложившихся экономических реалиях нынешней системы финансирования образования.

Предлагаемое учебное пособие по механике состоит из теоретических разделов и более 300 заданий различного уровня сложности по темам курса физики: основы кинематики; основы динамики; статика; законы сохранения в механике; механическая энергия, работа и мощность; виды механической энергии; механические колебания; механические волны; механика жидкостей и газов. В теоретических разделах кратко, ясным и доступным языком изложены основные физические понятия и законы.

Тестовые задания для развития умений и навыков в решении физических задач структурированы и выстроены с учетом непрерывного плавного повышения трудности. Каждое задание предполагает выбор правильного ответа из 4-х предлагаемых, что полностью соответствует государственным

стандартам. Оригинальное построение заданий, по мнению авторов, должно способствовать сохранению длительного интереса учащихся к решению физических задач. При включении графических заданий авторами использовался ступенчатый подход постепенного усложнения при необходимости использования результатов решения предыдущего задания для выполнения последующего. Тестовые задания целесообразно выполнять параллельно с изучением теоретических вопросов, с целью оперативно применять полученные теоретические знания на практике и быстро выявить возможные пробелы в знаниях.

Задачи повышенного и высокого уровня сложности выделены в отдельный раздел пособия. Такие задания являются преимущественно комплексными физическими задачами, для решения которых требуется освоение нескольких разделов механики. Поэтому такие задания следует выполнять по окончании изучения теоретических разделов и выполнения тестовых заданий, когда учащиеся приобретают устойчивые навыки в решении базовых физических задач и оказываются подготовленными к качественному переходу на более высокий уровень освоения умений и навыков в анализе физических процессов и решении задач повышенного и высокого уровня сложности.

Требуемые для решения задач физические константы и величины сведены в таблицы, дополнены некоторыми полезными сведениями и приведены в конце сборника. Умение пользоваться этим разделом для поиска требуемых физических констант и величин является необходимым условием успешной подготовки к Единому государственному экзамену и последующему освоению курса общей физики в университете.

Авторы надеются, что данное пособие окажется интересным и полезным не только для учащихся, но и для широкого круга любителей физики.

МЕХАНИКА

Основы КИНЕМАТИКИ

С изучения основ кинематики вы начинаете подготовку к экзамену по физике. Что же называют этим необычным словом «**Кинематика**»?

Кинематикой называют раздел механики только описывающий движение, причем описывающий его упрощенно, без рассмотрения причин, которыми обусловлен характер движения. То есть, при изучении кинематики нам безразлично, почему тело двигается, почему оно остановилось. Нас интересует только ответ на вопрос: «**Как двигалось, или как движется, или как будет двигаться это тело?**» При этом **главной целью** любой задачи в кинематике **является определение местоположения тела в любой момент времени**. Таким образом, если Вы можете сказать, где будет находиться наблюдаемое тело на 3, 20, 100 или любой другой секунде своего движения, то кинематически Вы для этого тела задачу решили.

Из сказанного следует, что кинематика изучает характер движения различных тел. А что же такое движение? И как кинематика относится к неподвижным телам? В этом нам и предстоит разобраться.

Для наглядности возьмите любую книжку. Положите на нее обыкновенную стирательную резинку или карандаш и потяните книгу на себя. Книга движется. А резинка? Она движется так же, как и книга. Значит, с Вашей точки зрения резинка движется.

А теперь представьте, что из этой движущейся книги вылез маленький невзрачный гномик, сел на обложку, облокотился на резинку, посмотрел на Вас, и сказал: «Врете Вы все! Резинка не движется!»

Кто же прав? Он или Вы? Оказывается, **правы оба!** Потому что относительно Вас, стола, стула, на котором Вы сидите, резинка действительно движется, а относительно гнома она неподвижна. Значит, на вопрос, движется ли этот предмет, не торопитесь с ответом. Сначала Вы должны уточнить, относительно какого тела рассматривается движение, и только после этого можно будет ответить на вопрос правильно. **В этом и заключается суть относительности движения.**

А теперь запишем определение механического движения.

Механическое движение – это изменение взаимного расположения разных тел или частей одного и того же тела с течением времени в пространстве.

В этом определении мы уже кое-что разобрали, поэтому уточним о движении частей одного и того же тела. Возьмите опять книгу и раскройте ее. Вот она лежит на столе раскрытая и не двигается. Переверните страницу. Книга осталась неподвижной, а часть ее – одна страница, изменила свое расположение относительно других страниц, т. е. перевернулась. Следовательно, двигаться может не только целое тело, но и часть неподвижного тела.

О том, что любое движение возможно только во времени и пространстве Вам, конечно, известно. Любые физические тела могут существовать только во времени и пространстве, т. е. изучение кинематики вне времени и пространства теряет всякий смысл.

Кажется, все понятно с движением? Тогда положите на середину обложки книги рядом резинку, ручку и карандаш, а теперь одновременно двумя руками переместите резинку и карандаш к противоположным краям обложки. И резинка, и карандаш передвинутся на одинаковые расстояния за одинаковое время относительно одного и того же тела - ручки. Следовательно, они опять должны находиться вместе, а на самом деле, этого не наблюдается. Они до начала движения были рядом, а теперь разбежались в разные стороны. Что же мы не учли? Мы же выбрали неподвижное тело – ручку, измерили расстояние, затем время движения, а место положения предметов определили неправильно. Оказывается, мы забыли про направление движения и выбор ориентиров. Все это вместе с ручкой создает систему отсчета, без которой в кинематике невозможно изучать движение тел.

Что же такое система отсчета? Система отсчета – это тело или система взаимно неподвижных тел вместе с системой ориентиров по отношению, к которым мы будем задавать «адреса» всех остальных тел.

Разберем это определение. Система отсчета – это тело или система неподвижных тел, т. е. за систему отсчета можно взять не только одно тело, а и несколько тел, которые относительно друг друга неподвижны. Но оказывается, этого мало. Чтобы тело называть системой отсчета необходимо его связать с системой ориентиров. В подавляющем большинстве случаев такой системой ориентиров является система координат, позволяющая определить направление движения. Связав прямоугольную систему координат с ручкой, выбрав положительное направление осей, мы получим систему отсчета, а определив изменения координат перемещаемых предметов, легко вычислим расстояние между ними.

Ну, уж теперь то, верно, можно и закончить с движением тел, думаете Вы? Не торопитесь. Рассмотрим еще один пример. Попробуйте стирательную резинку положить на стол и по ней перемещать книгу. О месте положении движущейся книги относительно неподвижной резинки в этом случае очень тяжело сказать что-либо определенное. Почему так получилось? Потому что линейные размеры книги значительно превосходят расстояние, на которое мы ее перемещаем. Чтобы избегать таких ситуаций в физике вводят понятие материальной точки – $M(\bullet)$. **Материальной точкой** называют тело, размеры, формы и внутренняя структура которого в данной задаче несущественны. Из этого определения видно, что у тела, которое мы собираемся принять за материальную точку, надо иметь возможность пренебречь не только размерами, но и формой и внутренней структурой.

Представьте, что Вы решаете задачу о перемещении поезда из Москвы в Петербург. При этом поезд Вы можете считать материальной точкой. Ведь Вам

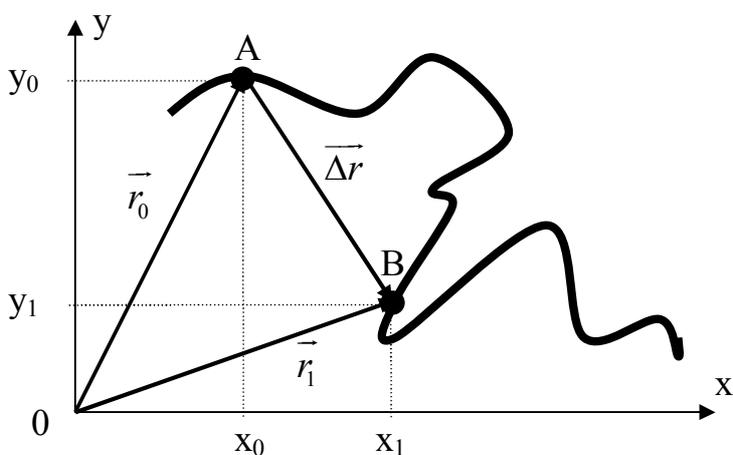
все равно, сколько в этом поезде вагонов, 15 или 17 – значит, Вы пренебрегаете размерами и внутренней структурой. Также не имеет значение, какие формы имеют вагоны и сколько пассажиров в них разместилось. Однако если бы Вам предложили решить задачу о том, за какое время этот состав покинет платформу, то Вы уже не сможете считать поезд материальной точкой, так как при решении этой задачи необходимо учесть длину поезда и длину платформы.

Следовательно, одно и то же тело в разных физических задачах может быть принято за материальную точку, а в других – не может. Приступая к решению любой физической задачи Вы, прочтя условие, должны определить, какое из тел можно принять за материальную точку, потому что от этого будет зависеть правильность решения задачи.

Часто тела считают материальной точкой, если линейные размеры тел малы по сравнению с расстоянием между ними, а вращение тел вокруг осей, проведенных через них, нас в задаче не интересует. Постарайтесь при решении задач этим и руководствоваться.

Ну что ж, пусть тело, которое мы можем принять за материальную точку, движется, система отсчета выбрана, ну а что дальше? С чего начать описание движения? Прежде всего, необходимо провести анализ линии, вдоль которой движется тело. Такую линию в физике принято называть траекторией движения. Следовательно, **траектория** – это кривая, вдоль которой движется тело.

Посмотрите на *рис. 1*. Жирная кривая – это и есть траектория некоторой материальной точки $M(\bullet)$. Однако понятие траектории не позволяет определить длину участка траектории между интересующими нас точками $A(x_0; y_0)$ и $B(x_1; y_1)$. Это делается с помощью другого понятия – понятия пути. То есть **путь** – это длина l_{AB} отрезка кривой, вдоль которой движется материальная точка.

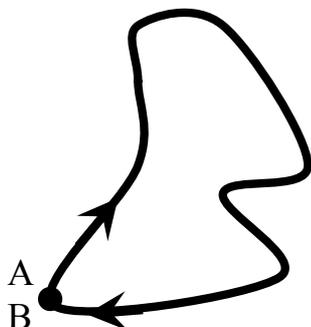


$$\vec{S} \equiv \vec{\Delta r} = \vec{r}_1 - \vec{r}_0 \quad (1)$$

$$|\vec{S}| = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2} \quad (1a)$$

Рис. 1. Описание движения $M(\bullet)$ в системе координат

Но путь не дает представления о том, далеко ли удалилось тело от его начального положения, ибо траектория может быть сильно искривлена, вплоть до слияния начального и конечного пунктов движения, как это изображено на *рис. 2*. Поэтому следует ввести еще одно новое понятие – понятие **перемещения**.



Путь
 $l_{AB} \neq 0$.

Перемещение
 $\vec{S}_{AB} = 0$.

Рис. 2. Движение по замкнутой траектории

Перемещение – это вектор $\vec{S} \equiv \overline{\Delta r}$, соединяющий на *рис. 1* и *2* начальную точку *A* с конечной точкой *B* и направленный из начальной точки в конечную.

Выделим особенности введенных сейчас понятий:

траектория - всего лишь кривая линия;

путь - скаляр, длина участка траектории;

перемещение – вектор, кратчайшее расстояние между начальной и конечной точками движения.

Уравнение (1) (*см. рис. 1*.) показывает, что вектор перемещения $\vec{S} \equiv \overline{\Delta r}$ может быть представлен как разность радиус-вектора \vec{r}_1 , соединяющего начало отсчета с конечной точкой движения *B*, и радиус-вектора \vec{r}_0 , соединяющего также начало отсчета, но с начальной точкой *A*. Длина вектора $|\vec{S}|$ вычисляется по уравнению (1а) (*см. рис. 1*.). Из *рис. 2* видно, что в случае замкнутой траектории перемещение $\vec{S}_{AB} = 0$, так как точки *A* и *B* совпадают, но длина пути при этом не равна нулю $l_{AB} \neq 0$. Этот пример хорошо иллюстрирует принципиальность отличия перемещения от пути, хотя и та и другая величины измеряются в метрах. А могут ли путь и величина перемещения совпадать? Это возможно только при прямолинейном поступательном движении в одном направлении. Что такое поступательное? Это движение, при котором все точки тела описывают конгруэнтные траектории, например – движение поршня велосипедного насоса.

Давайте воспользуемся **прямолинейным поступательным движением**.

На прямой и свободной улице вы видели, что пешеходы движутся медленнее велосипедистов, велосипедисты – медленнее автобусов, автобусы – медленнее автомобилей.

Какой же характеристикой различаются движения этих тел? Скоростью, скажете Вы, и будете правы. А вот определение скорости помнят, возможно, немногие. **Скорость** – одна из основных кинематических характеристик движения, определяемая отношением перемещения ко времени, в течение которого оно произошло. Скорость – величина векторная, и вектор скорости по направлению совпадает с вектором перемещения.

Однако если Вы когда-нибудь ездили на велосипеде в магазин, то в начале пути Вы разгонялись, а в конце – тормозили. И на вопрос какая же у Вас была скорость во время поездки, нужно было ответить, что скорость была разная. Чтобы избежать такого неопределенного ответа, хитрые физики ввели понятие **средней скорости**.

Средняя скорость – это вектор, показывающий, какое перемещение совершит тело в среднем за единицу времени. Уравнение (2) описывает математически это определение.

$$\vec{v}_{\text{cp}} = \frac{\vec{S}}{\Delta t}. \quad (2)$$

Если всё перемещение складывается из нескольких участков, то для определения средней скорости нужно всё перемещение, т.е. векторную сумму перемещений всех участков, разделить на всё время движения. Только так можно правильно вычислить среднюю скорость. Уравнение (3) написано именно для такого случая:

$$\vec{v}_{\text{cp}} = \frac{\vec{S}_1 + \vec{S}_2 + \dots + \vec{S}_n}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_n} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{S}_i}{\sum_{i=1}^n t_i}. \quad (3)$$

Однако, зная среднюю скорость, нельзя определить положение тела в каждый момент времени, т. е. главная задача кинематики опять может оказаться нерешенной даже для примера с поездкой в магазин. Чтобы эти трудности преодолеть, вводится понятие мгновенной скорости и его определение необходимо знать.

Мгновенная скорость – вектор, численно равный пределу, к которому стремится средняя скорость при неограниченном уменьшении времени движения. Уравнение (4) иллюстрирует это определение:

$$\vec{v}_{\text{мгн}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{v}_{\text{cp}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{S}}{\Delta t} = \frac{d\vec{S}}{dt}. \quad (4)$$

Надеюсь, что все приведенные математические знаки и буквы Вам знакомы. Если кто-то подзабыл их, советую сразу заглянуть в математические справочники или учебники. Там же можно уточнить порядок сложения векторов, а ведь скорости складываются как вектора по правилу треугольника или параллелограмма.

Ну вот, со скоростями вроде бы разобрались, а теперь нам надо вспомнить, что в физике процесс увеличения скорости называется ускорением. При уменьшении скорости тела часто говорят о замедлении его движения или отрицательном ускорении. Для описания процессов ускорения и замедления вводят понятия среднего и мгновенного ускорения. Их определения аналогичны по построению соответствующим определениям скорости.

Среднее ускорение – это вектор, равный изменению вектора скорости в среднем за единицу времени.

Этому определению соответствует уравнение

$$\vec{a}_{\text{ср}} = \frac{\overrightarrow{\Delta v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}. \quad (5)$$

Мгновенное ускорение – вектор, численно равный пределу, к которому стремиться среднее ускорение при неограниченном уменьшении интервала времени. Этому ускорению соответствует уравнение

$$\vec{a}_{\text{мгн}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{a}_{\text{ср}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overrightarrow{\Delta v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}. \quad (6)$$

Направление вектора ускорения, а значит, и знак величины уравнения, определяется вектором изменения скорости тела.

Вы не забываете определения и формулы? Нет? Тогда продолжим.

Рассмотрим **понятия равномерного и равноускоренного прямолинейного движения.**

Любое движение будет прямолинейным, если вектор скорости направлен вдоль траектории. При таком движении одну из осей системы отсчета, например ось ОХ, можно направить вдоль траектории. Остается уточнить, что при равномерном движении вектор скорости не меняется и, как следствие, вектор ускорения равен нулю.

Уравнение равномерного прямолинейного движения записано под номером (7):

$$\vec{S} = \vec{v}_0 t. \quad (7)$$

При таком движении путь численно равен проекции вектора перемещения на ось ОХ и уравнение для расчета длины пути имеет номер (8):

$$S = v_{0x} t. \quad (8)$$

Особенностью равноускоренного движения является неизменность вектора ускорения, и уравнения для такого движения приобретают следующий вид:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t. \quad (9)$$

Уравнение (9) показывает, как зависит вектор скорости движения от начальной скорости v_0 , ускорения a и времени движения t .

$$\vec{S} = \vec{v}_0 t + \vec{a}t^2 / 2. \quad (10)$$

Уравнение (10) показывает характер зависимости вектора перемещения от тех же величин.

$$\vec{S} = \frac{\vec{v} + \vec{v}_0}{2} \Delta t, \quad (11)$$

$$S = \frac{v_{\text{кон}}^2 - v_0^2}{2a}, \quad (12)$$

где v_0 – начальная скорость движения, а $v_{\text{кон}}$ – конечная.

Уравнение (11) и (12) очень помогают при решении физических задач. Но перед использованием их надо научиться выводить из уравнений (9) и (10). Обязательно попробуйте это сделать самостоятельно.

Так как о сложении скоростей мы уже говорили, то перейдем непосредственно к графическим представлениям равномерного и равноускоренного движения.

Возможно **построение графиков** трех кинематических величин от времени. Это графики ускорения, скорости и пути от времени.

Рассмотрим **особенности построения этих графиков для равномерного движения**.

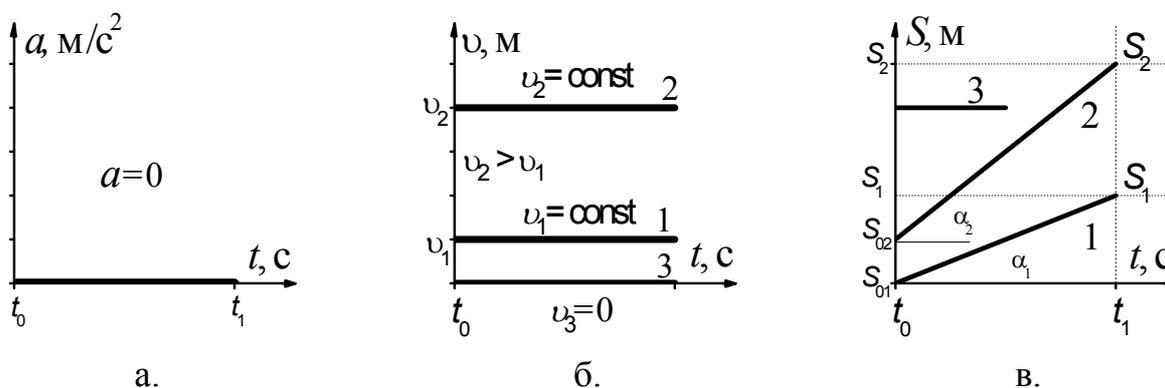


Рис. 3. Графики равномерного движения

Начнем с графика ускорения, представленного на *рис. 3,а*. В рассматриваемом равномерном движении ускорение всегда равно нулю.

Значит, график ускорения всегда будет совпадать с осью времени, ибо время изменяется, а ускорение при таком движении сколько угодно долго остается равным 0.

График скорости на *рис. 3,б* выглядит посложнее. Для равномерного движения величина скорости не меняется во времени, т. е. скорость – это константа, и график скорости будет идти параллельно оси времени. Но тело может в одном случае двигаться с малой скоростью (график 1), а в другом – с большей (график 2). Как же по графику определить, где скорость больше? Чем выше проходит линия графика, тем больше скорость тела. Следовательно, на *рис. 3,б* скорость второго тела больше скорости первого $\vec{v}_2 > \vec{v}_1$. Величины путей пройденных телами численно равны площади под каждым из графиков их скоростей. Поэтому сразу видно, что за одинаковое время $S_2 > S_1$, а $S_3 = 0$.

А как будут выглядеть графики пути для этих тел? Они представлены на *рис. 3,в*. Так как скорость не меняется по величине, а время увеличивается линейно, то график пути любого равномерного прямолинейного движения, кроме случая, когда скорость $\vec{v} = 0$, будет представлять наклонную прямую. Угол наклона α характеризует скорость движения. Это проиллюстрировано уравнением (13):

$$\operatorname{tg} \alpha = S/\Delta t = v. \quad (13)$$

Чем больше угол наклона, тем выше скорость, и т.к. $\alpha_2 > \alpha_1$ на *рис. 3,в*, то и $\operatorname{tg} \alpha_2 > \operatorname{tg} \alpha_1$. Поэтому $v_2 > v_1$.

Если же скорость движения $v = 0$, как это представлено на графике 3 *рис. 3,в*, тело покоится и график пути будет параллелен оси времени. Если же скорость отрицательна, т. е. тело движется в сторону, противоположную направлению оси ОХ, то графики скорости и пути будут зеркальны к рассмотренным. Чтобы их увидеть – поставьте зеркало вдоль оси времени.

Теперь перейдем к **рассмотрению графиков** равноускоренного, а лучше сказать **равнопеременного движения**. Количество кинематических величин при этом не изменяется, не изменится, следовательно, и количество возможных графических зависимостей.

Итак, график ускорения от времени для случая равнопеременного движения, представленный на *рис. 4,а* показывает, что ускорение у нас от времени не меняется и график всегда параллелен оси времени. Если график проходит над осью времени, то движение равноускоренное, если под этой осью – равнозамедленное. Чем дальше находится график от оси времени, тем выше абсолютное значение ускорения. Таким образом, можно сказать, что для графика на *рис. 4,а* величина $|\vec{a}_1| > |\vec{a}_2|$.

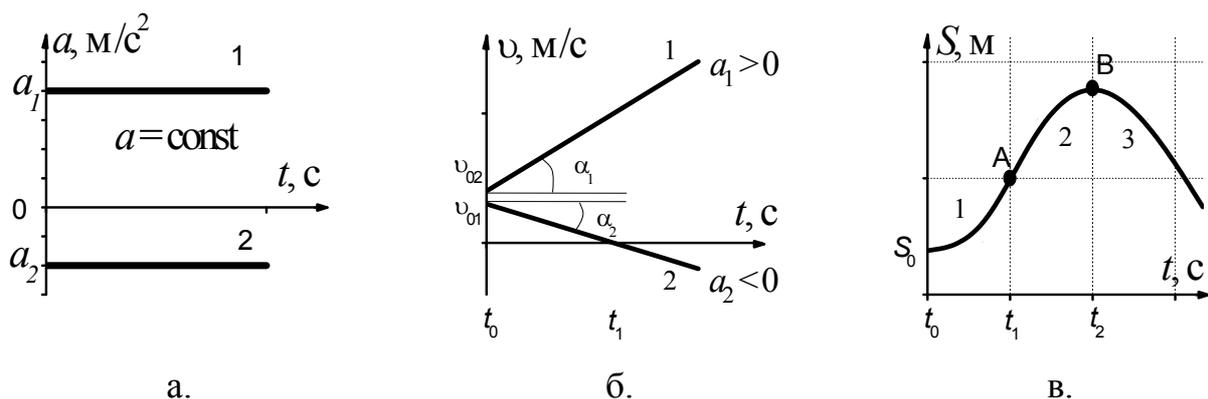


Рис. 4. Графики равнопеременного движения

График скорости для этих двух случаев будет соответствовать *рис. 4,б*. Угол наклона графика α определяется величиной ускорения, т. е. аналогично уравнению (13): чем больше абсолютное значение ускорения, тем больше угол наклона графика скорости. Знак ускорения $+$ или $-$ определяет соответственно рост или снижение этого графика. В точке пересечения графика 2 с осью времени, а на *рис. 4,б* эта точка соответствует времени t_1 , тело меняет знак скорости с $+$ на $-$, т. е. меняет направление своего движения на противоположное, начинает возвращаться назад. На дальнейшем участке этой зависимости скорость тела начинает увеличиваться по величине, знаки скорости и ускорения совпадают. Величины путей, пройденных телами численно равны площади под каждым из графиков их скоростей, считая площадь от оси времени. Поэтому сразу видно, что за одинаковое время (к примеру $-t_1$) $S_1 > S_2$. Угол наклона α характеризует ускорение тела:

$$\operatorname{tg} \alpha = \Delta v / \Delta t = a. \quad (14)$$

Чем больше угол наклона, тем выше ускорение, и т.к. на *рис. 4,а* $|\bar{a}_1| > |\bar{a}_2|$, то и на *рис. 4,б* $\operatorname{tg} \alpha_1 > \operatorname{tg} \alpha_2$.

Теперь рассмотрим самый необычный, но легко узнаваемый график – это график пути для равнопеременного движения. Его кривизна обусловлена квадратичной зависимостью пути от времени согласно уравнению (15):

$$S = v_0 t \pm at^2/2. \quad (15)$$

На первом участке представленного на *рис. 4,в* графика движение равноускоренное, на втором участке – равнозамедленное, а на третьем – равноускоренное, но в обратном, противоположном направлении. Следовательно, в $(\bullet)A$ скорость у тела была максимальной $v_A = \max$, так как после этого тело начало замедление. А в $(\bullet)B$ тело, перед возвратным движением имело скорость $v_B = 0$.

Мы с Вами рассмотрели шесть рисунков с графиками, и смею Вас уверить, что графики сложных разнообразных движений, которые могут встретиться в задачах, будут состоять из элементов, уже изученных нами.

Чтобы правильно решить графическую задачу, прежде всего надо уточнить кинематическую величину, отложенную по вертикальной оси, так как по горизонтальной оси у нас всегда откладывается время. Затем следует разделить весь график на участки с однообразным характером движения и сопоставить эти участки с теми графиками, которые мы изучили.

Теперь немного о **свободном падении тел**. Все вы видели, как свободно падает снег; некоторые наблюдали, как свободно падает град, а вот я один раз видел, как на тротуар совершенно свободно упал балкон. Он отвалился от дома и чудом никого не раздавил.

Но физики в понятие свободного падения вкладывают несколько иной смысл. Они определили свободное падение как частный случай равнопеременного прямолинейного движения с **ускорением свободного падения** обозначенного буквой g и равного примерно $g \approx 9,8 \text{ м/с}^2$. Такое ускорение всегда направлено к центру Земли, а свободно падающее тело в своем движении подчиняется уравнениям (16) и (17):

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t, \quad (16)$$

$$\vec{H} = \vec{v}_0 t + \vec{g}t^2 / 2. \quad (17)$$

Хорошо видно, что эти уравнения полностью идентичны уравнениям (9) и (10).

Для вычисления величины скорости при этом следует воспользоваться уравнением (18), а для определения высоты местоположения или пройденного телом расстояния от исходного уровня – (19):

$$v = v_0 \pm gt, \quad (18)$$

$$H = v_0 t \pm gt^2 / 2. \quad (19)$$

Если ускорение свободного падения совпадает по направлению с величиной v_0 , то в этих уравнениях надо оставить +, если не совпадает, то –.

Недавно, кажется, мы начали изучать кинематику, а вот уже и добрались к ее последнему разделу – криволинейному движению. Однако остановимся мы только на простейшем криволинейном движении – **равномерном движении по окружности**.

При изучении этого вида движения удобно воспользоваться понятием радиус-вектора. То, что при вращении тела поворачиваются на некоторый угол, это вам известно, но как физически связать этот угол с радиус-вектором? Взгляните на *рис. 5*.

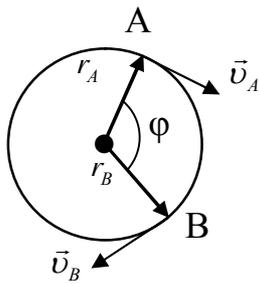


Рис. 5.

$$\begin{aligned} \cup AB &= l \\ \overline{AB} &= \vec{S} \\ v &= \frac{l}{t} \\ \vec{v}_A &\neq \vec{v}_B, \\ v_A &= v_B \end{aligned}$$

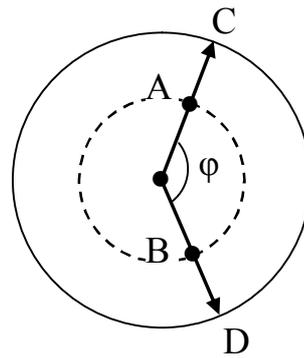


Рис. 6.

$$\begin{aligned} \cup AB &= l_1 \\ \cup CD &= l_2 \\ l_1 < l_2, \quad t_1 = t_2 = t \\ \frac{l_1}{t} = v_1 &< v_2 = \frac{l_2}{t} \\ \varphi_1 = \varphi_2 &= \varphi \end{aligned}$$

Угол поворота φ – это угол между начальным и конечным положениями радиус-вектора \vec{r} . Радиус-вектор был в положении \vec{r}_A перед началом движения, а в положении \vec{r}_B оказался по окончании движения. Хорошо видно, что угол поворота φ численно равен отношению длины дуги окружности l к величине радиус-вектора, то есть, радиусу окружности r . Это и записано в уравнении (20):

$$\varphi = \frac{l}{r}. \quad (20)$$

Перемещение $M(\bullet)$ при движении по окружности, после каждого полного оборота, оказывается равным нулю, так как начальная и конечная точки движения совпадают. Следовательно, определение скорости через перемещение для такого движения теряет смысл. Однако можно определить для вращательного движения скорость, как отношение пройденной длины дуги l ко времени движения t :

$$v = \frac{l}{t}. \quad (21)$$

Это соотношение записано уравнением (21) и называется оно **линейной скоростью** v . Почему линейной? Потому что у вращающихся тел есть еще одна скоростная характеристика. Дело в том, что линейная скорость для описания движения вращающихся тел не очень удобна.

Представьте себе, что тело с края вращающегося диска переместили ближе к середине. В этом случае изменится его линейная скорость, так как уменьшится длина дуги, которую проходит тело за единицу времени. Это показано на *рис. 6*.

Значит каждая $M(\bullet)$ вращающегося диска, расположенная вдоль радиуса, имеет собственную линейную скорость. И на вопрос: «Какова линейная скорость вращающегося диска?» - ответ дать невозможно. Но как же сравнить скорости вращающихся тел? Ведь ясно же всем, что один диск может вращаться быстрее, а другой медленнее? Для этого физики придумали понятие угловой скорости.

Угловая скорость ω – это физическая величина, измеряемая за единицу времени углом поворота радиус-вектора, соединяющего центр вращения с $M(\bullet)$, движение которой мы рассматриваем.

Действительно, из *рис.6* видно, что изменение длины дуги не приводит к изменению угла поворота и, следовательно, все $M(\bullet)$ диска будут иметь одинаковую угловую скорость:

$$\omega = \varphi/\Delta t. \quad (22)$$

Легко связать введенную угловую скорость с линейной:

$$v = \omega r. \quad (23)$$

Для описания движения по окружности надо уметь пользоваться понятием **периода обращения** T как временем, в течении которого $M(\bullet)$ совершает один оборот. Связь периода с угловой скоростью дана в уравнении (24):

$$T = 2\pi/\omega. \quad (24)$$

Необходимо также помнить, что **частота вращения** ν – это величина, обратная периоду и определяемая как количество оборотов $M(\bullet)$ за единицу времени. Это отражено в (25) уравнении:

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}. \quad (25)$$

Вот на этом к всеобщей радости можно было бы и остановиться при изучении равномерного движения по окружности, но пора вспомнить про **центростремительное ускорение** $a_{цс}$. Обратите внимание, что ускорение это появляется при равномерном движении, то есть величина скорости не меняется, а ускорение $a \neq 0$! Как же так? За счет чего появляется это ускорение? Здесь надо вспомнить, что скорость это вектор и имеет не только величину, но и направление. Вектор линейной скорости всегда направлен по касательной к окружности, он не меняет величину, но меняет направление от одной (\bullet) к другой. Следовательно, ускорение появляется при изменении направления вектора скорости, а центростремительным оно названо потому, что при равномерном движении по окружности вектор ускорения всегда направлен к центру окружности. Величина этого ускорения вычисляется в соответствии с уравнением (26):

$$a_{цс} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r. \quad (26)$$

Ну, а теперь можете покричать «Ура!» и поплясать перед решением задач, ибо основы теории кинематики мы рассмотрели, а впереди нас ждут новые разделы механики.

Основы ДИНАМИКИ

Динамика дополнит описание движения тел изучением причин движения и влияния на движущиеся тела других тел.

Начнем с **первого закона Ньютона**, который гласит, что всякое тело или система тел сохраняет состояние покоя или прямолинейного равномерного движения до тех пор, пока на это тело (или систему тел) не подействуют другие тела.

Рассмотрим содержание закона:

во-первых, закон утверждает, что всякое тело сохранит то состояние, в котором оно находится, если на него не подействуют другие тела;

во-вторых, он утверждает, что покой можно рассматривать как частный случай равномерного прямолинейного движения со скоростью $v = 0$;

в-третьих, закон утверждает, что у всех тел есть общее свойство – сохранять свое кинематическое состояние. Это свойство назвали инерцией. И закон этот иногда называют **законом инерции**.

Когда какая-нибудь посвященная личность спросит у Вас, чем закон инерции отличается от первого закона Ньютона, Вы можете смело отвечать, что это один и тот же закон. А когда этот приставунчик начнет выяснять, каким же опытом или экспериментом можно проверить этот закон, твердо стойте на том, что первый закон Ньютона на практике проверить невозможно. А вот почему это так, постарайтесь догадаться сами. Особое внимание в своих раздумьях обратите на условия, при которых была бы возможна проверка.

Вернемся, однако, к инерции – мы ведь еще не дали определение этому понятию.

Инерция – это свойство тела сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения. Ею обладают все тела, где бы они не находились.

А теперь ответьте, случалось ли Вам в поезде наблюдать, как при резком торможении с верхних полок вдруг начинают сыпаться мелочи, типа чемоданов, матрасов, одеял? Или ощущать как при резком торможении автомобиля или автобуса Вас невольно влечет вперед?

В этих примерах ни на Вас, ни на чемодан никакие новые тела не начинали действовать, а Вы из состояния покоя начинали двигаться. Так может первый закон Ньютона не справедлив?

Оказывается, что все дело в особенностях систем отсчета, которые мы использовали в примерах. Первый закон Ньютона поделил их на два противоположных лагеря: на системы, в которых справедлив закон инерции, такие называют **инерциональными системами отсчета** и на все остальные – их называют **неинерциальными**.

Всякая неинерциальная система отсчета оказывается связанной с телом, движущимся с ускорением. Вспомните наши примеры: там и поезд и автомобиль тормозили, следовательно имели отрицательное ускорение. Значит,

для систем отсчета, связанных с этими телами, первый закон Ньютона не справедлив, поэтому и наблюдается самопроизвольное изменение состояние тел. Но как только автомобиль и поезд начнут двигаться равномерно и прямолинейно, с ними можно будет связать систему отсчета, в которой закон инерции вновь обретет свои права. Значит любые системы отсчета, движущиеся прямолинейно и равномерно, инерциальные.

Однако Галилей расширил рамки представлений об особенностях инерциальных систем и сформулировал свой принцип относительности – **принцип относительности Галилея**.

Этот принцип утверждает, что все законы механики в инерциальных системах отсчета записываются одинаково, т. е. на любой механический закон и описывающее его уравнение не влияет, с какой скоростью движется выбранная система отсчета, лишь бы она двигалась прямолинейно и равномерно.

Теперь поговорим о силе. В том, что вы ребята крепкие и сильные, я не сомневаюсь, но сомневаюсь, что эти ребята помнят определения силы. Поэтому напоминаю, что сила – это векторная величина, характеризующая воздействие одного или нескольких тел на какое-то другое тело.

Но сила – это особый вектор. Кроме величины и направления для силы важна еще и точка приложения к телу. Возьмите для разминки свой стул и поднимите его за спинку. Спасибо, не надо так высоко, его можно уже поставить. А теперь возьмите тот же стул за ножку со стороны сидения и попробуйте еще раз поднять. Потяжелее стало? То-то. Значит, при решении задач силы надо очень грамотно расставлять и складывать как вектора. Но никогда нельзя складывать вектора сил, приложенных к разным телам. Складывать можно только те силы, которые приложены к одному и тому же телу. При этом если на тело действует несколько сил, их действия заменяют одной, называемой **равнодействующей силой**, а складываемые силы называют составляющими. Значит, **сложение сил** – это замена составляющих равнодействующей.

В механике рассматриваются **три типа сил**:

I тип – силы взаимного притяжения – **гравитационные**, они действуют даже на больших расстояниях;

II тип – силы деформации соприкасающихся тел – **упругие силы**;

III тип – силы **трения**.

Любые типы сил обычно обозначаются F и измеряются в Ньютонах. На этом мы закончим знакомство с силами, но нас ждет новая незнакомка – **масса**.

Чтобы ввести понятие массы как меры инертности тела, необходимо сначала определить само **понятие инертности**. Из опытов по ускорению тел внешними силами определили, что отношение действующей на тело силы к величине ускорения для каждого из тел есть величина постоянная, т. е. тела по разному сопротивляются изменению их скорости. Вот это-то свойство тел, сопротивляться изменению имеющейся уже скорости и называется

инертностью. Таким образом, инертность - физическое свойство тела, от которого зависит величина ускорения, приобретаемого телом под воздействием других тел.

Инертность нельзя путать с инерцией, поскольку инертность – величина количественная, а инерция – величина качественная, она присуща всем телам, но численных значений не имеет.

Не очень внимательным читателям вынужден указать, что понятие массы мы уже ввели: масса – это мера инертности тел, измеряемая в кг.

А теперь, закончив разговор о силе и массе, сформулируем **II закон Ньютона**:

Если на материальную точку с массой m действует сила F , то скорость материальной точки меняется, то есть она приобретает ускорение a . Вектор ускорения сонаправлен с вектором силы, а величина ускорения прямо пропорциональна величине силы и обратно пропорциональна массе. Уравнение II закона Ньютона имеет вид

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}. \quad (27)$$

Следствием из этого закона является уравнение (28):

$$\vec{F} = m\vec{a}. \quad (28)$$

Сразу хочу Вас предупредить что нельзя, формулируя II закон Ньютона, пользоваться уравнением (28), хотя Вы его так любите при решении задач. Сила, с которой какое-то внешнее тело, например кулак вашего соседа по парте, действует Вам на голову, не зависит ни от Вашей массы, ни от ускорения с которым Ваша голова уйдет в плечи, а определяется только силой Вашего соседа. Значит, именно ускорение зависит от того, какова была сила воздействия, а не наоборот.

Если же на тело действует несколько сил, то **II закон Ньютона справедлив для равнодействующей** и примет несколько иной вид:

$$\vec{a} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{F}_i}{m}. \quad (29)$$

Вы продолжаете запоминать определения? Ну и прекрасно, обратимся к **третьему закону Ньютона**. Этот внешне простой и неприметный закон на самом деле замечателен. Он утверждает, что действия тел друг на друга всегда равны по величине и противоположны по направлению. При этом силы приложены к разным телам и никак не могут уравновешиваться. Этот закон записан уравнением (30) и проиллюстрирован на *рис. 7*:

$$\vec{F}_{\text{действия}} = -\vec{F}_{\text{противодействия}} \quad (30)$$

Вообще-то этот закон противоречит «бытовому здравому смыслу», поэтому многим трудно применять его правильно. За собой не замечали такого? Тогда разберите ситуацию, когда мама тянет упирающегося малыша домой. Ведь по третьему закону Ньютона, с какой силой родители будут малыша тянуть вперед, с такой же он будет тащить их назад. И так как эти силы равны, но противоположно направлены, то родителям с ребенком не справиться! Но ведь в жизни не так! Подавляющее большинство мам успешно справляются с этой задачей.

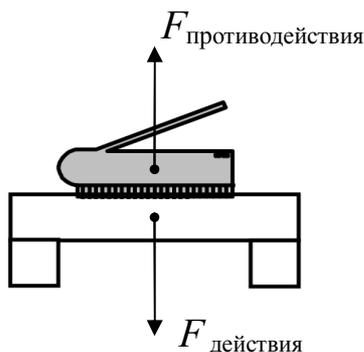


Рис. 7

Или вот лошадь и телега. По третьему закону Ньютона, с какой силой лошадь тянет телегу вперед, с такой же силой и телега тянет лошадь назад. Значит, по третьему закону Ньютона лошадь никогда не сдвинет телегу. А ежедневно такой вывод опровергают тысячи лошадей. Как же разрешить эти противоречия?

Из формулировки третьего закона Ньютона видно, что закон описывает взаимодействие двух тел. Если же взаимодействует несколько, то третий закон

Ньютона следует применять последовательно для каждой пары взаимодействующих тел.

Если лошадь с телегой подвесить в воздухе, то лошадь на самом деле никогда не сдвинет телегу с места, ибо мы имеем два взаимодействующих тела, и тогда справедлив третий закон Ньютона. Но, если лошадь и телега находятся на Земле, то появляется третье тело – Земля. Лошадь отталкивается от Земли, а телега просто действует на Землю с силой тяжести. Следовательно, с какой силой лошадь будет отталкивать Землю назад, с такой же силой Земля будет толкать лошадь вперед. Это проиллюстрировано на рис. 8.

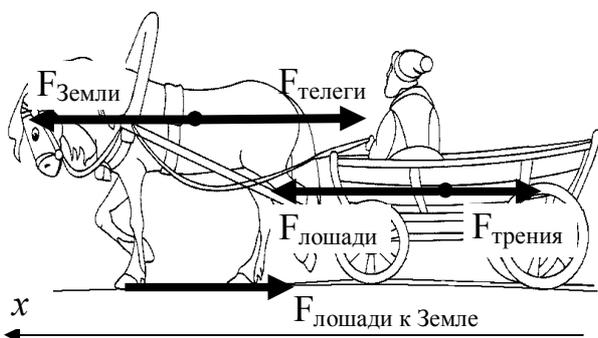


Рис. 8

отталкиванию и начинает двигаться упряжка. На упряжку действуют силы:

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_3 + \vec{F}_{\text{ТЕЛ}} + \vec{F}_\Lambda + \vec{F}_{\text{Тр}}.$$

Так как $\vec{F}_{\text{ТЕЛ}} = -\vec{F}_\Lambda$, то

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_3 + \vec{F}_{\text{Тр}} = \vec{ma}.$$

В проекциях на ось OX

$$F_3 - F_{\text{Тр}} = ma. \quad (31)$$

Так что третий закон Ньютона справедлив, но применять его надо в этой задаче последовательно для трех систем: телега – лошадь, лошадь – Земля, телега – Земля. Выводом уравнения (31) сказанное и доказано.

Задачу про малыша и маму разберите самостоятельно. Теперь это будет для Вас значительно проще.

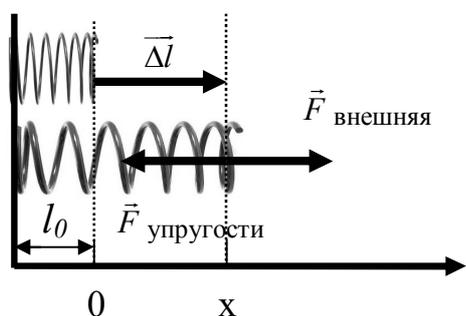
А у нас пришла пора рассмотреть типы механических сил. Первой в списке стоят силы упругости.

Силы упругости – это силы, возникающие при деформации тела и направленные в сторону, противоположную перемещению частиц тела при деформации.

Деформация тел может быть незаметной глазу. Например, книга, лежащая на горизонтальном столе, вызывает его деформацию (прогиб), и эта деформация увеличивается до тех пор, пока сила упругости стола не сравняется с силой тяжести книги.

Для одномерных упругих деформаций типа растяжения или сжатия (а есть еще изгиб, кручение и сдвиг) при малых удлинениях тел справедлив **закон Гука**, утверждающий, что сила упругости пропорциональна вектору удлинения и противоположна ему по направлению.

Для иллюстрации сказанного дан *рис. 9*, а уравнение (32) соответствует математической записи закона Гука.



$$\vec{F}_{\text{упругости}} = -k\vec{\Delta l}. \quad (32)$$

$$F_{\text{упругости}} = -kx, \quad (32a)$$

где k - коэффициент упругости.

Рис. 9

Перейдем теперь к вопросу о **силе трения**. Под силой трения понимают силу, препятствующую перемещению тела относительно другого тела.

В механике рассматриваются три вида сил трения: силы трения покоя, скольжения и качения. Из них самая хитрая – **сила трения покоя**, так как, возникая между неподвижными телами, постоянно равна по величине силе тяги, а своим направлением препятствует движению.

$$\vec{F}_{\text{трения покоя}} = -\vec{F}_{\text{тяги}}. \quad (33)$$

Из уравнения (33) видно, что с изменением силы тяги будет также меняться и сила трения покоя. Но это будет длиться, пока сила трения покоя не достигнет максимального значения и, следовательно, прекратит свой рост. Тогда сила тяги, увеличиваясь, превысит максимальную силу трения покоя и тело начнет двигаться.

От чего же зависит **сила трения скольжения** и чему она равна?

Эта сила равна максимальной силе трения покоя и с начала движения не меняется. Так как трение скольжения зависит от природы и качества обработки материалов, то между различными телами трение будет различным. Но у всех у них величина силы трения скольжения окажется прямо пропорциональной силе нормального давления тела N на поверхность скольжения. Окончательный вид уравнения для величины силы трения скольжения представлен уравнением (34), в нем μ – это коэффициент трения, который для решения задач берется из таблиц и зависит от природы и качества обработки материалов.

$$F_{\text{трения скольжения}} = \mu N. \quad (34)$$

Последний тип сил, который нам осталось рассмотреть в механике – это **гравитационные силы**. Об основной особенности этих сил – действовать даже на больших расстояниях - мы уже упоминали. Характерный пример действия таких сил – это приливы и отливы воды на берегу океана. Эти перемещения воды связаны с движением Луны вокруг Земли и объясняются стягиванием воды в зону наибольшего притяжения Луны. Где же сила притяжения больше, а где меньше? И от чего вообще зависит ее величина? Ответить на эти вопросы нам поможет **закон всемирного тяготения**. Он формулируется так:

Все тела притягиваются друг к другу с силой, величина которой прямо пропорциональна произведению масс этих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

Уравнение, описывающее этот закон, записывается так:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}. \quad (35)$$

Гравитационные силы или силы притяжения направлены вдоль линии, соединяющей центры тяжести взаимодействующих тел, и поэтому входят в разряд центральных сил. По третьему закону Ньютона эти силы приложены к каждому из взаимодействующих тел, противоположно направлены и равны по величине.

Из уравнения (35) видно, что силы всемирного тяготения пропорциональны массе каждого взаимодействующего тела и быстро увеличиваются при уменьшении расстояния между этими телами. Буквой G в формуле обозначен коэффициент пропорциональности, одинаковый для всех тел в природе. Этот коэффициент называют постоянной всемирного тяготения или гравитационной постоянной. Чтобы определить его величину, достаточно выбрать два тела массами по одному килограмму, разнести их на один метр и измерить силу их взаимного притяжения. Из уравнения (35) хорошо видно, что при подстановке перечисленных нами единиц в эту формулу сила притяжения тел оказывается равной G - гравитационной постоянной. Из сказанного следует вывод, что постоянная всемирного тяготения G численно равна величине силы

притяжения между двумя $M(\bullet)$ с массой по одному килограмму каждая, расположенными на расстоянии один метр. Это и записано в уравнении (36):

$$G = \frac{F_{12}r^2}{m_1m_2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2. \quad (36)$$

Теперь рассмотрим один за другим вопросы **о силе тяжести и весе тела**.

Некоторые из Вас склонны отождествлять эти понятия. Однако многие неоднократно наблюдали по телевизору космонавтов в состоянии невесомости. Значит, вблизи поверхности Земли (а 300 км – это совсем немного, учитывая, что радиус Земли можно приравнять к 6300 км) возможны условия, при которых вес тела равен нулю, но сила тяжести при этом непрерывно действует на космонавтов, да и всю космическую станцию.

Чем же различаются сила тяжести и вес тела?

Сила тяжести – это сила, с которой Земля притягивает к себе любые тела. Она определяется уравнением (37):

$$\vec{F} = \overline{mg}, \quad (37)$$

где m – масса притягиваемого тела, g – ускорение свободного падения.

Приравняв эту силу силе притяжения из только что изученного закона (36), получим выражение (38) для ускорения свободного падения:

$$F = G \frac{M_3 m_{\text{ТЕЛА}}}{R_3^2} = g m_{\text{ТЕЛА}} \Rightarrow g = G \frac{M_3}{R_3^2}, \quad (38)$$

где M_3 – это масса Земли; $m_{\text{ТЕЛА}}$ – масса притягиваемого к Земле тела; R_3 – расстояние между центром тяжести Земли и центром тяжести тела.

Хорошо видно, что любые тела, расположенные на равном расстоянии от центра Земли под действием силы тяжести будут приобретать одинаковые ускорения независимо от различия в массах этих тел. Ну вот, теперь мы знаем, что сила тяжести – это сила притяжения. Разобрались с силой тяжести? Тогда решим задачу.

По закону всемирного тяготения Вы притягиваетесь к Земле с такой же силой, с какой Земля притягивает к вам. Значит, если Вы спрыгиваете с забора, то летите вниз к земле под действием силы притяжения. Но при этом Земля испытывает точно такую же силу притяжения к Вам! Значит, она точно так же должна лететь к Вам навстречу? Почему же этого не наблюдается? Чтобы ответить на этот вопрос посчитайте, какое ускорение приобретает Земля под действием этой силы притяжения. Свое ускорение можете не считать, оно равно $9,8 \text{ м/с}^2$!

А что же вес? Вы еще не забыли про него?

Вес тела – это сила, с которой тело действует на опору или подвес из-за наличия силы тяжести. Из определения видно, что вес можно определить только на пружинных или рычажных весах.

Но прежде чем углубиться в проблемы взвешивания, давайте уточним понятие свободного падения и невесомости.

Свободное падение – это движение тела под действием силы тяжести. Как мы уже выяснили, все тела свободно падают на Землю с постоянным ускорением. Характерным для свободного падения является равноускоренное движение тел, равенство ускорения величине g и различие значений ускорения свободного падения в различных точках поверхности Земли.

Невесомость же наступает тогда, когда неинерциальная (ускоряющаяся) система тел движется относительно Земли с ускорением равным g .

Такое движение ускоряющейся системы может быть как прямолинейным при вертикальном падении на Землю, так и криволинейным, если космический корабль движется по орбите.

Вот теперь, вернувшись к взвешиваниям, я хочу задать Вам следующий вопрос: «Что будут показывать весы, расположенные в лифте, который из-за обрыва троса падает в шахте, если на весы положили 2 кг яблок? Весы покажут 0 кг».

А вот, почему это так, постарайтесь сначала объяснить, а затем с карандашом в руке и доказать сами. Весы для простоты возьмите пружинные. Заодно прикиньте, что будет чувствовать человек в космическом корабле, летящем к Земле с ускорением $2g$. Не гнушайтесь при решении рисунками – это основа успеха. Правильно расставьте действующие на тела силы и воспользуйтесь вторым законом Ньютона.

Да, мы с Вами упомянули о космическом корабле. А Вы знаете, что для преодоления силы Земного притяжения и запуска искусственного спутника Земли на самую низкую круговую орбиту требуется разогнать его до первой космической скорости? Если тело достигло этой скорости, то оно будет двигаться по окружности, плоскость которой проходит через центр Земли. Формула для расчета первой космической скорости имеет номер (39).

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM_3}{R_3 + h}} = \sqrt{\frac{GM_3}{R_3}} = \sqrt{gR_3} \cong 8 \text{ км/с}, \quad (39)$$

где M_3 – масса Земли; R_3 – радиус Земли; h – высота орбиты над поверхностью Земли, которая незначительна по сравнению с R_3 .

Следовательно, минимальное значение скорости, необходимое ракете для выхода на околоземную орбиту, составляет примерно 8 км/с. Если скорость будет меньше – ракета упадет на Землю, а если больше – то орбита начнет вытягиваться и станет эллиптической.

Вот и подошла к концу наша беседа о динамике. Пришло время для музыкальной паузы, а после нее Вам предстоит переход к очередному разделу механики.

СТАТИКА

Статика – это часть механики, которая изучает сложение сил и **условия равновесия тел**. Однако о равновесии тел можно говорить только в том случае, когда приложенных к телу сил не менее двух.

Не вращающееся тело находится в равновесии, если равнодействующая сил, приложенных к телу, равна нулю. При этом в любой инерциальной системе это равновесие будет сохраняться.

А как обстоит дело с равновесием вращающихся тел? Прежде всего, перейдем на физическую лексику, ведь в физике называют любое твердое тело, имеющее ось, вокруг которой тело может вращаться, **рычагом**. Значит, и вопрос можно поставить об условиях равновесия рычага.

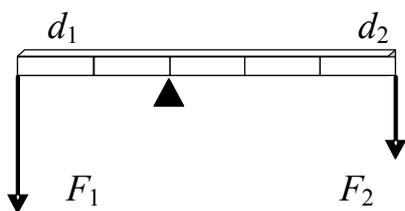


Рис. 10

$$M = Fd, \quad (40)$$

$$\sum_{i=1}^n M_i = 0, \quad (41)$$

$$\sum_{i=1}^n M_i = F_1 d_1 - F_2 d_2 = 0. \quad (41a)$$

Из опыта известно, что такие тела уравновешены, если равнодействующая сила проходит через ось вращения. Если равнодействующая или ее продолжение минует эту ось, то тело начинает вращаться. При наличии оси вращения (*рис. 10*) воздействие на тело характеризуются не только силой \vec{F} , но и плечом силы d , размер которого совпадает с длиной перпендикуляра, опущенного с линии действия силы на ось вращения. Произведение величины вектора силы $|\vec{F}|$ на его плечо d называют моментом силы M . Все сказанное проиллюстрировано на *рис. 10* и уравнением (40).

Равенство моментов сил, направленных по часовой стрелке и против часовой, есть **условие равновесия рычага**. Этот вывод записан уравнением (41). Надо только учесть при подсчете, что если моменты сил, направленные против часовой стрелки, имеют знак плюс, то моменты сил по часовой стрелке должны иметь знак минус. Для случая, изображенного на *рис. 10* условие равновесия сводится к выражению (41a).

В заключение статики несколько слов о **центре тяжести**. Центром тяжести тела называется точка, относительно которой сумма моментов сил тяжести всех частиц тела равна нулю.

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

Первым в нашей программе стоит **закон сохранения импульса**. Чтобы разобраться в этом законе, необходимо определить понятие импульса тела, выяснить, отчего импульс может меняться, а в каких случаях он гарантировано остается неизменным.

Импульсом тела в физике называют вектор, численно равный произведению массы тела на его скорость

$$\vec{p} = m\vec{v}. \quad (42)$$

Вектор импульса обозначается буквой \vec{p} и всегда направлен вдоль вектора скорости. Из формулы (42) ясно, что если у тела изменилась скорость или масса, то можно смело утверждать, что импульс тела также изменился. Однако, взяв некое тело постоянной массы m , мы увидим, что импульс этого тела может измениться только за счет изменения скорости, т. е. за счет придания этому телу некоего ускорения. Что же получается? По второму закону Ньютона (вспомните уравнение (29)) ускорение тела равно отношению суммы всех сил, на него действующих, к массе тела.

Если в этой формуле (29) с учетом уравнения (5) заменить ускорение отношением вектора изменения скорости ко времени этого изменения, то мы получим уравнение (43)

$$\left. \begin{aligned} \vec{a} &= \frac{\sum_{i=1}^n \vec{F}_i}{m} \\ \vec{a}_{\text{ср}} &= \frac{\overline{\Delta v}}{\Delta t} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\overline{\Delta v}}{\Delta t} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{F}_i}{m} \Rightarrow m\overline{\Delta v} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i \Delta t, \quad (43)$$

$$\overline{m\Delta v} = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1 = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \overline{\Delta p}. \quad (44)$$

Выражения, обозначенные номером (44), хорошо иллюстрируют утверждение о том, что произведение массы тела на вектор изменения скорости этого тела является вектором изменения импульса.

А какой смысл имеет в правой части (43) уравнения произведение результирующей силы $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i$ на время Δt , в течение которого происходило воздействие внешних сил? Эта величина тоже должна быть импульсом! Ведь силу мы можем приравнять только силе, скорость – только скорости, а импульс – только импульсу. Произведение силы на время ее действия \overline{Ft} называют **импульсом силы**.

Вот теперь, когда мы разобрались в понятиях импульсов, можно, наконец, подступить к **закону сохранения импульса**.

Любое тело является системой более мелких тел. Например, тетрадь состоит из страниц, авторучка – из стержня, корпуса, колпачка, пружины и т.д. Взаимодействие между составными частями одного тела называют **внутренними силами**, а воздействие других тел – **внешними силами**. Ваша рука и бумага – это внешние силы для авторучки, а действие ее пружины на стержень и корпус – внутренние.

Величина внешних сил, действующих на авторучку, зависит от внешних факторов: силы Вашей руки и жесткости бумаги – и может быть различной по величине. А внутренние силы по третьему закону Ньютона попарно равны между собой и противоположно направлены, ибо с какой силой стержень давит на пружину, с такой же пружина давит на стержень.

Изменение импульса всей системы, а именно оно нас и интересует, можно получить, просуммировав изменения импульсов отдельных составных частей системы. В результате сложения все внутренние силы взаимно компенсируются и никакого влияния на изменения импульса всего сложного тела не оказывают. Значит, **изменение импульса системы тел равно импульсу внешних сил.**

Это одна из формулировок закона сохранения импульса. Но что же все-таки в этом законе сохраняется и при каких условиях?

Если сумма всех внешних сил, действующих на систему, окажется равной нулю $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$, а такую **систему называют замкнутой**, т. е. не имеющей

общения с внешней средой, то изменение импульса внешних сил $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i \Delta t = 0$.

Согласно формуле (43) изменение импульса системы тоже будет равно $\sum \overline{m_i \Delta v_i} = 0$. Вот что сохраняется в законе сохранения импульса – **импульс замкнутой системы**. Это и отражает уравнение(45).

$$\text{В замкнутой системе тел} \quad \sum \overline{m_i v_i} = \text{const.} \quad (45)$$

Прежде чем перейти к изучению реактивного движения, рассмотрим старт ракеты. Мы уже знаем, что для того, чтобы тело получило ускорение, необходимо на него воздействовать какой-то внешней силой. И вот на старте ракета, изображенная на *рис. 11*. На нее действует сила тяжести и сила упругости Земли. Эти силы равны и противоположно направлены, значит, за счет этих сил ракета не может сдвинуться с места.

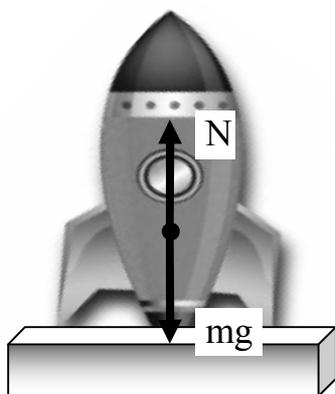


Рис. 11

$$\sum \overline{mv} \text{ до старта} = \sum \overline{mv} \text{ после старта}; \quad (47)$$

$$\begin{aligned} \sum \overline{mv} \text{ до старта} &= \\ &= m_{\text{корпуса}} \overline{v_0} + m_{\text{горючего}} \overline{v_0} = 0. \end{aligned} \quad (48)$$

\Downarrow $\quad \quad \quad \Downarrow$
 0 км/с $\quad \quad \quad$ 0 км/с

Если бы ракета была игрушечной и запускалась за счет сжатия пружины, действовала бы внешняя сила, ускоряющая ракету. А у настоящей ракеты? Там таких внешних сил нет. Следовательно, по закону сохранения импульса импульс ракеты не должен меняться. Неужели ракета никуда не полетит? А как же тогда салюты и фейерверки? Может обман? Оказывается, нет. И разгадка кроется в конструкции ракеты.

Ракета не монолитное тело, а сложная система, которую можно считать состоящей из оболочки или, иначе говоря, корпуса и горючего, которое, сгорая в работающем двигателе, превращается в движущийся газ.

Действительно, по закону сохранения импульса импульс ракеты при скомпенсированности внешних сил не должен меняться, то есть импульс ракеты до старта должен быть равен импульсу ракеты после старта. Это и отражает уравнение (47).

При этом, однако, надо помнить о сложной структуре ракеты. До старта скорость корпуса ракеты была равна нулю, двигатель не работал, и скорость частиц горючего тоже была равна 0. Следовательно, справедливо уравнение (48).

После старта корпус ракеты улетает от Земли, при этом мощная струя газа движется в обратном направлении (рис. 12). Значит, импульс ракеты после старта можно представить уравнением (49). Нулю это выражение равно, ибо импульс всей ракеты не изменялся, так как ракета – это система замкнутая.

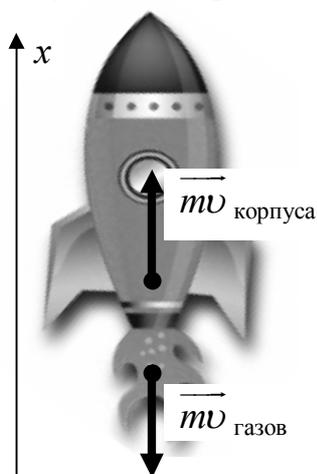


Рис. 12

Согласно (47): $\sum \overline{mv}$ после старта = 0,

$$\begin{aligned} \sum \overline{mv} \text{ после старта} &= \\ &= \overline{mv}_{\text{корпуса}} + \overline{mv}_{\text{газов горючего}} = 0, \end{aligned} \quad (49)$$

$$\begin{aligned} \sum mv_x &= mv_x \text{ корпуса} - mv_x \text{ газов,} \\ mv_x \text{ корпуса} &= mv_x \text{ газов,} \end{aligned} \quad (49a)$$

$$v_x \text{ корпуса} = \frac{mv_{x\text{газов}}}{m_{\text{корпуса}}}. \quad (50)$$

Понятно теперь, почему реактивное движение это особый вид движения? Не вся ракета улетает от Земли, а только ее корпус. При этом импульс корпуса равен импульсу истекающих из сопла двигателя газов по величине, но противоположен по направлению.

Из уравнения (49) легко получит зависимость для скорости корпуса ракеты – она описана уравнением (50). Из этой формулы видно, что для увеличения скорости корпуса ракеты надо увеличить скорость истекания газов

из сопла двигателя. Такое возможно за счет увеличения температуры сгорания топлива и является сложной технической задачей.

А что же другие факторы? Увеличение массы истекающих газов $m_{\text{газов}}$ приведет к быстрому расходу топлива, а уменьшение массы корпуса $m_{\text{корпуса}}$ уменьшит полезную нагрузку ракеты. Видно, что при изменении этих величин трудно получить однозначный выигрыш.

Как исторический факт следует отметить заслуги К. Э. Циолковского, который в 1908 году сформулировал основы теории реактивного движения.

Ну что же, мы с Вами проделали большую работу по изучению механики. Осталось приложить немного усилий и нам удастся этот рубеж преодолеть. Но постойте?! Я только что сказал о проделанной работе! А что же такое работа? И всякий ли работающий совершает работу с точки зрения механики? Эти-то вопросы мы еще и не рассмотрели.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ, РАБОТА И МОЩНОСТЬ

Итак, **работа в механике** – это мера изменения механической энергии, измеряемая в Джоулях (Дж). Простое, но очень емкое определение. По этому определению механическая работа всегда равна изменению механической энергии. Если энергия у тела не меняется, то такое тело механическую работу совершить не может по определению.

Пытливый читатель, наверное, уже ворчит: объясните про энергию, чтобы определение работы было бы понятнее. Ну что ж, давайте определим механическую энергию тела как его способность производить работу над другими телами. Любое тело, обладающее механической энергией, может совершать работу над другими телами, пока его энергия не обратится в 0.

Как же рассчитать величину выполненной работы? Для этого надо взять скалярное произведение вектора силы \vec{F} , действующей на тело, и перемещения тела \vec{S} под действием этой силы. Это и отражено в уравнении (51):

$$A = (\vec{F} \cdot \vec{S}) = F \cdot S \cdot \cos(\vec{F} \wedge \vec{S}) = F \cdot S_F, \quad (51)$$

где S_F – проекция перемещения на направление силы \vec{F} . Из этого уравнения хорошо видно, что при взаимной перпендикулярности векторов силы \vec{F} и перемещения \vec{S} , величина работы A окажется равной нулю, так как $\cos 90^\circ = 0$. Неужели с точки зрения механики никакой работы не совершил тот, кто сходил в магазин по просьбе родителей? Ведь действия его усилий по удержанию покупок перпендикулярно направлению движения. Почему же люди, несущие большой груз быстро устают? С точки зрения механики человек при ходьбе совершает систематические колебательные движения тела, ставя ноги с пятки на носок, приподнимая при каждом шаге свой центр тяжести, а следовательно, и взятый груз. Именно с этими перемещениями и совпадают по направлению вертикальные усилия человека.

Однако в технике понятием работы пользуются редко. Ведь и самый немощный человек теоретически может выполнить ту же работу, что и экскаватор, загружающий самосвал. Только этому бедняге потребуется уйма времени, чтобы заполнить кузов. Следовательно, работающих лучше сравнивать не по величине совершенной работы, а по производительности – работе, совершаемой в единицу времени. Такая величина и называется мощностью. Именно мощностью экскаватор значительно превосходит человека.

Итак, **мощность** N – физическая величина, характеризующая быстроту совершения работы, равная отношению работы ко времени, за которое она совершена (52) и измеряемая в Ваттах (Вт).

$$N = \frac{A}{\Delta t} = \frac{FS_F}{\Delta t} = F \cdot v_F, \quad (52)$$

где v_F – скорость перемещения, совпадающая по направлению с силой F .

Из уравнения видно, что мощность равна скалярному произведению силы на скорость перемещения объекта, в направлении действия силы. Ну что ж, мы с Вами разобрались в понятиях механической работы и мощности, определили механическую энергию как способность тела производить работу, но не разобрались в различных видах энергии.

ВИДЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

В механике рассматриваются **два вида энергии** – кинетическая и потенциальная. Как же их различать?

Кинетическая энергия тела массой m , движущегося со скоростью v , равна работе, которую должна совершить внешняя сила, чтобы этому телу из состояния покоя сообщить ту скорость v , с которой оно сейчас движется.

Из определения видно, что кинетической энергией могут обладать только материальные тела, т. е. тела, имеющие массу больше нуля, и при этом только движущиеся тела, имеющие скорость не равную нулю. Из сказанного вытекает относительность величины кинетической энергии, так как в разных системах отчета она может оказаться различной для одного и того же тела. Преобразования, записанные в уравнение (53), основаны на определении кинетической энергии W_K и используют приобретенные Вами знания по кинематике (см. (12)) и динамике (см. (28)):

$$A = F \cdot S_F = ma_F \cdot S_F = m \frac{v_2^2 - v_1^2}{2S_F} \cdot S_F = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = \Delta W_K, \quad (53)$$

где a_F – ускорение, приобретаемое телом под действием силы F

Эти преобразования приводят к выводу формулы для расчета значений кинетической энергии:

$$W_K = \frac{mv^2}{2}. \quad (54)$$

Для общего случая, когда работа совершается над движущимся телом, имеющим начальную скорость, отличную от нуля, работе будет равно изменение кинетической энергии данного тела (55):

$$\Delta W_K = W_{K_2} - W_{K_1}. \quad (55)$$

Теперь о **потенциальной энергии**.

Потенциальная энергия тела, на которое действует сила тяжести, равна работе, совершаемой этой силой при опускании тела на нулевой уровень.

Из этого определения следует, что потенциальной энергией могут обладать только тела, имеющие массу. В противном случае сила тяжести была бы равна нулю. Кроме того, хорошо видна относительность потенциальной энергии, потому, что каждый вправе выбрать нулевой уровень тот, который ему больше нравится. Уравнение (56) дает нам математическую запись – определение потенциальной энергии и формулу для расчета ее величины:

$$W_{\Pi} = mgh. \quad (56)$$

Для общего случая, когда работа сил тяжести совершается по перемещению тела между двумя ненулевыми уровнями, соотношения работы сил тяжести и изменения потенциальной энергии тела записаны уравнением (57):

$$A = F \cdot S_F = mg \cdot S_F = mg \cdot (h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2 = -\Delta W_{\Pi}. \quad (57)$$

Хорошо видно, что при совершении силами тяжести положительной работы, потенциальная энергия тела уменьшается.

По аналогии можно ввести **понятие потенциальной энергии упругодеформированных тел**. В этом случае потенциальная энергия определяется как величина, численно равная работе, которую надо совершить силе упругости для перехода тела в недеформированное состояние:

$$W_{\Pi \text{ упругости}} = \frac{kx^2}{2}. \quad (58)$$

Формулы расчета потенциальной энергии упругой деформации и ее изменение при сжатии ($x_0 > x_1$) записаны под номером (59):

$$A = F \cdot S_F = F \cdot (x_0 - x_1) = k \frac{x_0 + x_1}{2} (x_0 - x_1) = \frac{kx_0^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2} = \Delta W_{\Pi \text{ упр}}. \quad (59)$$

Когда реальное тело обладает не только одним каким-либо видом механической энергии, то следует рассматривать полную энергию тела как сумму кинетической и потенциальной энергий.

Но какова взаимосвязь этих энергий? Ответ на этот вопрос дает **закон сохранения энергии в механике**. Прежде, чем нам удастся разобраться с его сутью, углубим наши представления о замкнутой или консервативной системе.

Как Вы помните, замкнутой системой является система тел, результирующая внешних сил которой равна нулю. В этом случае работа внешних сил тоже будет равна нулю, следовательно, изменения механической энергии не произойдет и можно утверждать, что внешние силы не вносят и не уносят энергию через границу замкнутой системы тел. Полная механическая энергия замкнутой, консервативной системы остается неизменной. Этот вывод называется законом сохранения энергии в механике:

$$W_{\text{замкнутой системы}} = W_K + W_{II} = \text{const.} \quad (60)$$

Однако сказанное не означает, что внутри системы потенциальная и кинетическая энергии не меняются по величине. Неизменна только их сумма, а как потенциальная энергия может переходить в кинетическую, так и кинетическая может переходить в потенциальную. На это вам следует обратить внимание. Закон сохранения энергии в механике говорит о сохранении полной механической энергии в замкнутой системе, но ничего не говорит о сохранении отдельно потенциальной и отдельно кинетической энергий.

МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

Прекрасным примером замкнутой системы, в которой происходят непрерывные переходы потенциальной энергии в кинетическую и обратно служит **математический маятник**. Математический маятник – это всего лишь $M(\bullet)$, подвешенная на нерастяжимой невесомой нити и совершающая **гармонические колебания** под действием силы тяжести. В этом определении абсолютно новым для нас являются гармонические колебания. Что же это такое? Это периодически повторяющиеся процессы, которые можно описать по закону синуса или косинуса:

$$x = A \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) = A \cdot \cos(\omega t + \varphi_0 - \pi/2), \quad (61)$$

где x – отклонение $M(\bullet)$ от положения равновесия;

$A = x_{\text{max}}$ – амплитуда – максимальное (положительное) отклонение ОТ ПОЛОЖЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ;

$(\omega t + \varphi_0)$ – фаза колебаний – функция времени, характеризующая для математического маятника угол отклонения от положения равновесия;

φ_0 – начальная фаза – величина, характеризующая начальный угол отклонения $M(\bullet)$ от положения равновесия перед запуском маятника;

$\omega = 2\pi\nu$ – циклическая частота, равная для свободных колебаний

математического маятника $\varpi_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$ (l – длина нити подвеса).

Для такого маятника период колебаний можно вычислить как

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (62)$$

Видно, что и частота и период математического маятника (62) зависят только от длины нити и ускорения свободного падения. Ни от массы $M(\bullet)$, ни от начального угла отклонения они не зависят. Следует только учесть, что вся теория математического маятника написана для случая малых углов отклонения от положения равновесия, когда $\alpha \approx \sin\alpha$.

На *рис. 13* приведен пример математического маятника, колеблющегося под действием силы тяжести. Точка (A) соответствует амплитуде колебаний, в которой $M(\bullet)$ останавливается в крайнем верхнем положении, поэтому здесь $M(\bullet)$ обладает только потенциальной энергией. Точка (0) соответствует положению равновесия, в которой скорость движения максимальна, и $M(\bullet)$ обладает только кинетической энергией. Для владеющих математикой напомним, что для получения зависимости скорости $M(\bullet)$ от времени необходимо взять первую производную от (61), а для получения зависимости ускорения – вторую:

$$v = \omega A \cdot \cos(\omega t + \varphi_0), \quad v_{\max} = \omega A; \quad (63)$$

$$a = -\omega^2 A \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) \quad a_{\max} = \omega^2 A. \quad (64)$$

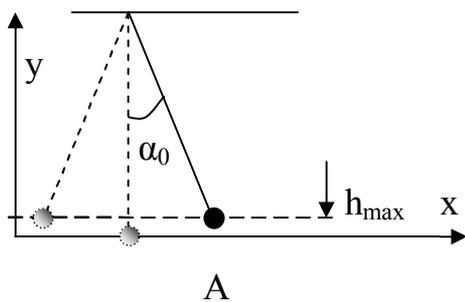


Рис. 13

При колебаниях:

$$\text{в точке (A)} \quad W_A = W_{\Pi} = mgh_{\max};$$

$$\text{в точке (0)} \quad W_0 = W_K = \frac{mv_{\max}^2}{2};$$

в промежуточных точках:

$$W_x = W_{\Pi} + W_K = mgh + \frac{mv^2}{2}.$$

А как обстоит дело с **пружинным маятником**? Какими законами описываются его колебания? Сначала уточним, что под пружинным маятником подразумевается $M(\bullet)$, вертикально подвешенная на пружине и совершающая гармонические колебания под действием силы тяжести. Из этого определения кажется, что между пружинным и математическим маятником нет никакой принципиальной разницы: пружинный описывается тем же гармоническим законом (61). Однако посмотрите на выражение для циклической частоты и периода свободных колебаний пружинного маятника:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (65)$$

Видно, что и частота, и период пружинного маятника зависят от жесткости пружины k и от массы $m_{M(\bullet)}$. Чем меньше масса $M(\bullet)$, тем меньше период колебаний пружинного маятника при одинаковой жесткости пружины.

На *рис. 14* приведен пример пружинного маятника, колеблющегося под действием сил упругости. Положение 1, где $M(\bullet)$ останавливается в крайнем нижнем положении, соответствует максимальному отклонению от положения равновесия, $x_{\max} = A$ (где A - амплитуда колебаний), поэтому здесь маятник обладает только потенциальной энергией. Положение 2 соответствует положению равновесия, в котором скорость движения максимальна и $M(\bullet)$ обладает только кинетической энергией. Достигнув положения 3, $M(\bullet)$ возвращается в исходное положение 1.

А что изменится, если колебания будут несвободные? Оказывается, многое. Во-первых, такие **колебания** называются **вынужденными**; во-вторых, их частота будет равна частоте вынуждающей силы, а не будет определяться уравнениями (62) и (65); в-третьих, возможно случайное или специальное совпадение собственной частоты колебательной системы ω_0 и частоты вынуждающей силы $\omega = \omega_0$, которое называется **резонансом**. При резонансе

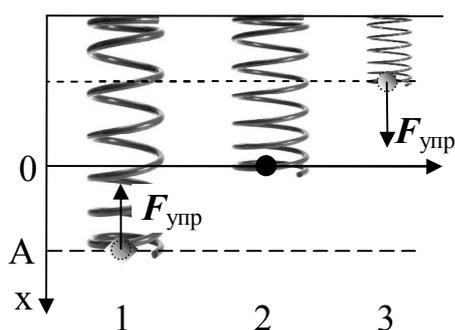


Рис. 14

При колебаниях:

$$\text{в положении 1 и 3 } W_A = W_{\Pi} = \frac{kA^2}{2};$$

$$\text{в положении 2 } W_0 = W_K = \frac{mv_{\max}^2}{2};$$

в промежуточных точках:

$$W_x = W_{\Pi} + W_K = mg|x| + \frac{mv^2}{2}.$$

резко увеличивается амплитуда вынужденных колебаний. Лучший пример резонанса – это обыкновенные качели. Почему одним удается быстро раскачаться, а другие мучаются, пока их не подтолкнут? Первые создают своими усилиями вынуждающую силу, частота которой ω совпадает с собственной частотой нагруженных качелей $\omega = \omega_0$. А вторым это не удается: они прикладывают такие же усилия, но неправильно выбирают моменты их приложения, поэтому амплитуда колебаний их качелей не увеличивается. Для достижения резонанса вынуждающая сила всегда должна совпадать по направлению со скоростью колеблющегося тела (в этом случае работа вынуждающей силы положительна). Это соответствует изменению внешней силы в одной фазе с изменениями скорости колебаний. Резонанс достигает максимальной амплитуды, когда отрицательная работа сил трения численно сравнивается с положительной работой вынуждающей силы.

МЕХАНИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ

А что будет, если мы заставим колебаться не маятники, а что-то другое, например гитарные струны или длинную веревку, дернув ее вверх – вниз за кончик? Оказывается, это приведет к появлению механических волн. Что же такое **механические волны**? Это передача колебательной энергии без переноса вещества. И струна, и веревка остаются на месте, а перемещается только само колебание, то есть сгусток энергии, от которого и подскочит дальний кончик веревки. Приведенные примеры демонстрируют **поперечные волны** – волны, в которых амплитуда перпендикулярна скорости распространения волны. Такие волны распространяются на поверхности любых тел (границе двух упругих сред), а внутри однородной упругой среды они распространяются только в твердых телах. Однако есть еще **продольные волны** – волны, когда смещение колеблющихся материальных точек происходит (совпадает или противоположно) по направлению распространения волны. Примером такой волны служит длинная горизонтальная пружина, на одном из концов которой собрали вместе несколько витков и отпустили: такой «сгусток» витков побежит вдоль пружины, а витки будут отклоняться от положения равновесия и возвращаться обратно. Такие волны распространяются и в жидких, и в твердых, и в газообразных средах. Особенностью волны, создаваемой гитарной струной, является жесткое закрепление обоих ее концов – концы неподвижны, а сама струна колеблется. Подобные волны называются **стоячими волнами**.

Скорость распространения упругих волн v определяется в основном упругими свойствами среды и ее плотностью. Вектор скорости \vec{v} перпендикулярен фронту волны и направлен в сторону ее распространения. Второй важной характеристикой является **длина волны** $\lambda = vT$ – расстояние между ближайшими точками, колеблющимися в одинаковой фазе. На практике лучше определять λ как расстояние между соседними точками максимального отклонения от положения равновесия. Не забудьте, что **длина стоячей волны** $\lambda_{ст} = \lambda/2$ равна половине длины бегущей волны.

Самыми известными механическими волнами являются для Вас **звуковые волны**. В чем их особенность? Это колебания с частотой от 16 Гц до 20 кГц распространяемые только в упругой среде, поэтому в вакууме звук не распространяется. В воздухе **скорость звука** при нормальных условиях составляет **330 м/с**. В жидкостях и твердых средах скорость звука значительно выше. Звуки различаются **по высоте тона** (чем выше частота колебаний, тем выше тон), **громкости** (чем выше амплитуда колебаний, тем громче звук) и **тембру** (набору дополнительных тонов – **обертонов**).

Вот теперь можете воспользоваться знанием звуковых волн, покричать «Ура!», поплясать и развлечься, а затем мы перейдем к разделу механики жидкостей и газов.

МЕХАНИКА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

Многие из Вас, наверное, видели, как лыжники, слегка приминая снег, двигаются по рыхлому снегу. Но стоит даже маленькому ребенку попробовать пройти по снегу без лыж, как он провалится чуть ли не по пояс. Почему же взрослый лыжник, имеющий большой вес, не проваливается, а ребенок «тонет» в снегу? Для правильного ответа требуется сравнение не веса тел, а сравнение отношений веса тел к площадям опоры.

Для этого необходимо ввести новую физическую величину, определяющую воздействие одного тела на единицу площади другого. Такие отношения физики описывают уравнением (61) и называют давлением:

$$p = \frac{F}{S}. \quad (61)$$

Давление p определяется как физическая величина, равная отношению модуля силы F , действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности S и измеряемая в Паскалях (Па).

При взаимодействии твердых тел давление передается в направлении действия сил. А вот у жидкостей и газов давление передается иначе, поэтому и необходимо отдельно рассмотреть особенности механики жидкостей и газов.

Согласно закону Паскаля давление жидкостей и газов передается во все стороны одинаково.

Для демонстрации справедливости своего закона Паскаль использовал поршневой насос, заканчивающийся шаром с отверстиями. При нажатии на поршень через все отверстия выталкивается жидкость. Значит, создаваемое поршнем давление передается не только в направлении действия силы, но и во все стороны.

Обратите внимание, что закон Паскаля ничего не говорит о равенстве давлений внутри жидкостей и газов. Он определяет только условия передачи внешнего давления на жидкость или газ.

А чем же определяется давление на некотором уровне внутри жидкости? Её высотой над интересующим нас уровнем h и её плотностью ρ . Это утверждение проиллюстрировано формой струй жидкости, вытекающих из полного бака через отверстия на разных уровнях, (рис. 15) и уравнением (62).

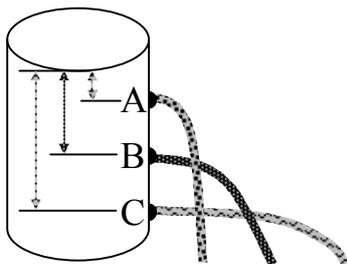


Рис. 15

$$p = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{\rho V \cdot g}{S} = \rho g h, \quad (62)$$

где $m = \rho V$;

$\rho = m/V$ – плотность жидкости;

h – высота столба жидкости;

$p_A < p_B < p_C$.

В любой точке на одинаковой глубине давление согласно (62) будет одинаково. Следовательно, давление жидкости на стенки сосуда согласно закону Паскаля также будет определяться выражением (62). Обобщая сказанное, можно утверждать, что в любых сосудах, независимо от их формы, высоты, массы, давление на дно будет определяться только высотой столба налитой жидкости и ее плотностью.

Если же изменится внешнее воздействие на поверхность жидкости, то давление на дно сосуда можно определить уравнением (63):

$$p = p_{\text{внешнее}} + \rho gh. \quad (63)$$

Это же уравнение может быть использовано для определения давления на любой произвольно выбранной глубине жидкости при наличии внешнего воздействия на поверхность.

По аналогии с давлением столба жидкости на дно сосуда можно говорить о давлении столба воздуха на поверхность Земли. Это давление обусловлено весом столба воздуха, измеренного от поверхности Земли до границы атмосферы. Отсюда видно, что с увеличением высоты земной поверхности над уровнем моря **атмосферное давление** уменьшается, причем уменьшается в среднем на 1 мм ртутного столба на каждые 10 м подъема.

За нормальное атмосферное давление условились принимать давление 760 мм. рт. ст. при 0 °С на уровне моря. Эта величина называется физической атмосферой.

Как же при измерении атмосферного давления перейти, наконец, к Паскалям? Для этого, воспользовавшись (62), надо выполнить расчеты, записанные в уравнении (64):

$$1 \text{ атм} = 760 \text{ мм. рт. ст.} = \rho_{\text{ртути}} gh_{\text{ртути}} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па.} \quad (64)$$

В завершении рассказа об атмосферном давлении хочу обратить ваше внимание на то, что кроме ртутного барометра давление можно измерить еще и барометром – anerоидом. Его принцип работы мы не рассматриваем, но желательно к экзамену иметь представление о работе такого барометра.

Теперь немного о **сообщающихся сосудах**. Сообщающимися называются сосуды, соединенные в нижней части. Из этого определения следует, что на *рис. 16* изображены сообщающиеся сосуды, а на *рис. 17* - нет.



Рис. 16. Сообщающиеся сосуды

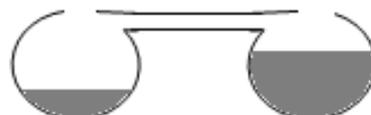


Рис. 17. Не сообщающиеся сосуды

Если в сообщающиеся сосуды залить однородную жидкость, то давление на дно левого сосуда будет равно давлению на дно правого сосуда. Это объясняется законом Паскаля, ибо дно у сосудов можно считать общим. При

различия давлений на дно сосудов под действием большего давления жидкость перетекала бы в сосуд с меньшим давлением, и это длилось бы до выравнивания давлений в обоих сосудах. Значит, в стационарном состоянии в сообщающихся сосудах давление на дно одинаково, т. е. справедливо выражение (65):

$$p_{\text{лев}} = p_{\text{прав}} \Rightarrow \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2. \quad (65)$$

Для одинаковых жидкостей при равенстве температур, из (65) получим: $\rho_1 = \rho_2 \Rightarrow h_1 = h_2$. (66)

В сообщающихся сосудах, заполненных однородной жидкостью, высота жидкости в первом сосуде окажется равной высоте жидкости во втором (66).

А как будет обстоять дело, если в такие сосуды залить разные несмешивающиеся жидкости? Ответ мы получим, взглянув на уравнения (67):

$$p_{\text{лев}} = p_{\text{прав}} \Rightarrow \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 \Rightarrow \frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}. \quad (67)$$

Видно, что соотношение высот столбов разнородных жидкостей будет обратно пропорционально их плотностям.

Чтобы граница между жидкостями проходила между сосудов, а только в этом случае каждый сосуд будет заполнен своей жидкостью, нам придется добиваться равенства давлений на дно сосудов, обозначенное в уравнениях $p_{\text{лев}}$ и $p_{\text{прав}}$, доливая одну из жидкостей.

Если же граница между жидкостями будет проходить в одном из сосудов, то расчет давления на его дно необходимо проводить согласно *рис. 18* и

$$\text{Уравнения } p_{\text{лев}} = p_{\text{прав}} \Rightarrow \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 = \rho_1 g h_3 \quad (68)$$

Этот случай наиболее часто встречается в задачах, посвященных сообщающимся сосудам. Но если вы правильно нарисуете рисунок и составите уравнение давлений, то успешно справитесь с такими задачами.

А теперь перейдем к вопросу о принципе работы гидравлического пресса.

Гидравлический пресс - это сообщающиеся сосуды различного сечения, заполненные жидкостью, закрытые поршнями и изображенные на *рис. 19*.

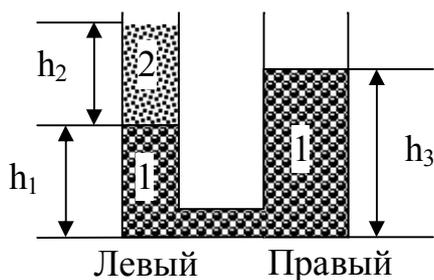
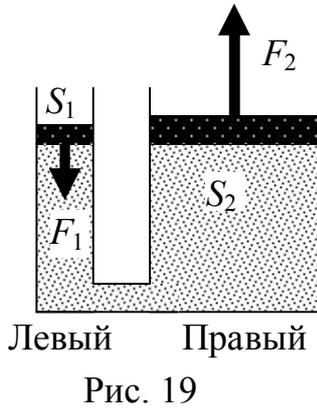


Рис. 18

Если приложить силу F_1 к левому поршню, то правый может воздействовать на внешнее тело с силой F_2 , много большей, чем F_1 , т. е. такая гидравлическая машина позволит даже хилатику сдвинуть в лепешку автомобиль. За счет чего же получается выигрыш в силе? Давайте в этом разберемся.



$$p_1 = \frac{F_1}{S_1}, \quad (70)$$

$$p_1 = p_2 = \frac{F_2}{S_2} \Rightarrow F_2 = p_1 \cdot S_2 = \frac{F_1}{S_1} \cdot S_2, \quad (71)$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}. \quad (72)$$

В левом сосуде сила F_1 создает внешнее давление на поршень, описанное уравнением (70).

По закону Паскаля это давление передается жидкостью без изменений во все стороны, значит, на второй поршень с площадью S_2 будет действовать тоже давление p_1 , но уже снизу вверх, выталкивая поршень из сосуда. Запишем значение силы F_2 , с которой второй поршень может воздействовать на внешний объект (71). От него легко перейти к уравнению (72), из которого видно, что **выигрыш в силе** мы получаем за счет разности площадей поршней. И чем больше будет эта разность, тем больше выигрыш. Но получим ли мы выигрыш в работе? Нет!

Дело в том, что жидкость при перетекании из левого сосуда в правый не меняет своего объема, поэтому расстояния d_i , проходимые поршнями, будут обратно пропорциональны их площадям, следовательно, справедливо соотношение:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{d_1}{d_2}. \quad (73)$$

Из уравнения (73) можно получить равенство (74), которое и доказывает, что работа по перемещению первого поршня равно работе, совершаемой при перемещении второго поршня:

$$F_1 d_1 = F_2 d_2 \Rightarrow A_1 = A_2. \quad (74)$$

Если нет вопросов по принципу работы гидравлического пресса, то **рассмотрим архимедову силу** для жидкостей и газов.

Причинами возникновения такой силы являются закон Паскаля и разность давлений на различной глубине. Обратив внимание на то, что мы с этими причинами уже основательно познакомились ранее, разберем пример, когда Вы «солдатиком» прыгнули с вышки в воду. **Под водой** на голову и плечи давит столб жидкости сверху вниз, стараясь Вас утопить, а на ступни – снизу вверх, стараясь вытолкнуть вас из воды. Разность выталкивающей и топящей сил, создаваемых соответствующими столбами жидкости, которые в

нашем примере различаются на величину Вашего роста, и называется архимедовой силой, величину которой описывает уравнение (75):

$$F_{\text{Архимеда}} = \rho_{\text{жидкости}} g V_{\text{тела}}. \quad (75)$$

Если **тело плавает на поверхности**, то топящая сила отсутствует и архимедова сила будет равна выталкивающей. Результирующая же сила, действующая на плавающее тело, равна нулю и складывается из архимедовой силы F_A и силы тяжести mg , направленных в противоположные стороны (76):

$$F_A - gm_{\text{тела}} = \rho_{\text{жидкости}} g V_{\text{подводной части тела}} - gm_{\text{всего тела}} = 0. \quad (76)$$

Важно, что при плавании тел для расчета Архимедовой силы необходимо использовать объем только подводной части тела, а для расчета силы тяжести – всю его массу. Думаю не надо объяснять, что условия воздухоплавания ничем не отличаются от условий плавания тел в жидкости и уравнением (76) смело можно пользоваться и для того и для другого случая.

Рассмотрим теперь случай, когда архимедова сила по модулю больше силы тяжести. В этом случае погруженное ранее тело поднимается вверх, т. е. **всплывает**. Результирующая сила, действующая на тело в этом случае, направлена вертикально вверх, называется **подъемной силой** и описывается уравнением (77):

$$F_{\text{подъемная}} = (\rho_{\text{жидкости}} - \rho_{\text{тела}}) g V_{\text{тела}}. \quad (77)$$

Каковы же условия появления подъемной силы? Единственное условие – это превышение плотности жидкости или газа над плотностью погруженного тела, т. е. плотность жидкости должна быть больше именно плотности всего тела, а не материала, из которого это тело изготовлено. Ведь если взять металлическую лодку и слиток такого же металла с одинаковыми массами, то отношение масс к занимаемым объемам у них будет различно. Дело в том, что львиную долю объема лодки занимает воздух! Поэтому плотность лодки оказывается меньше плотности воды, вот она и плавает на поверхности воды.

Нам осталось рассмотреть **зависимость давления жидкости от скорости ее течения**.

До этого момента мы ограничивались изучением жидкостей в стационарных условиях, ибо основная масса жидкости оставалась практически неподвижной. В таких случаях давление жидкости называют статическим давлением, т. е. p , о котором говорилось выше, – **статическое давление** (давление неподвижной жидкости).

Однако во многих случаях жидкость необходимо перегонять по трубам и, если Вы взгляните на диаметры труб в своей квартире, то увидите, что к Вашему крану вода поступает по трубам переменного сечения. А как изменение сечения труб сказывается на давлении жидкости? Этим и заинтересовался Даниил Бернулли. Прежде всего, он ввел понятие **динамического давления**.

Динамическое давление – это давление движущейся жидкости, и зависит оно от скорости ее движения. Математически эта зависимость описана уравнением (78):

$$p_{\text{динамическое}} = \frac{\rho v^2}{2}, \quad (78)$$

где ρ – плотность жидкости, v – скорость её течения.

Для жидкости, протекающей по горизонтальной трубе, **уравнение Бернулли** (79) дает взаимосвязь статического и динамического давлений:

$$p + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const}. \quad (79)$$

Из уравнения (79) видно, что при неподвижной жидкости в трубе ($v = 0$) давление жидкости на стенки равно статическому давлению p . С увеличением скорости движения жидкости статическое давление p уменьшается. Значит, чем выше скорость протекания жидкости по трубам v , тем ниже статическое давление p на ее стенки. Все вроде бы ясно, кроме одного: как же скорость движения жидкости связана с изменением сечения труб?

При перетекании жидкости из трубы с большим сечением в трубу с меньшим сечением скорость жидкости возрастает, так как объем жидкости, перемещаемый за секунду по той и другой трубе одинаков (аналогия с гидравлическим прессом). Следовательно, **чем меньше внутренний диаметр трубы, тем меньше статическое давление движущейся жидкости.**

А как будут различаться статические давления в трубах разных диаметров, если закрыть кран и остановить протекание жидкости?

Используя уравнение (79), постарайтесь ответить на этот вопрос самостоятельно.

Полное уравнение Бернулли, описывающее зависимость статического давления не только от скорости течения жидкости, но и от высоты наблюдаемого сечения, имеет номер (80):

$$p + \rho gh + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const}, \quad (80)$$

где h – высота наблюдаемого сечения относительно условно выбранного нулевого уровня. Следует, однако, учитывать, что уравнения Бернулли справедливы только для ламинарных, т. е. неперемешивающихся, безвихревых потоков жидкостей.

Вот теперь, закончив изучение основных разделов механики, вы можете отдохнуть, а затем применить теоретические основы к решению комплексных задач по механике.

ЗАДАЧИ

Введение в кинематику

01. Пройденный телом путь в кинематике обозначают буквой:

1) s ; 2) t ; 3) v ; 4) a .

02. Скорость, с которой движется тело, в кинематике обозначают буквой:

1) s ; 2) t ; 3) v ; 4) a .

03. Время движения тела в кинематике обозначают буквой:

1) s ; 2) t ; 3) v ; 4) a .

04. В кинематике буквой a обозначают:

- 1) пройденный телом путь ;
- 2) скорость, с которой движется тело;
- 3) ускорение, с которым движется тело;
- 4) время движения тела.

05. В системе Си путь измеряется:

1) мм; 2) км; 3) см; 4) м.

06. В системе Си время движения измеряется:

1) с; 2) ч; 3) парсек; 4) мин.

07. В системе Си скорость измеряется:

1) м/с; 2) км/ч; 3) см/с; 4) км/мин.

08. В системе Си ускорение измеряется:

1) м/с; 2) м/с²; 3) см/с³; 4) км/мин².

09. В системе Си 1 кг – это:

- 1) 100 г; 2) 1000 г; 3) 10 г; 4) 10000 г.

010. 1 км в единицах системы Си – это:

- 1) 1 км; 2) 100 м; 3) 100 см; 4) 1000 м.

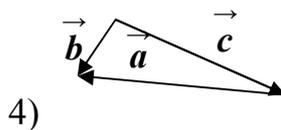
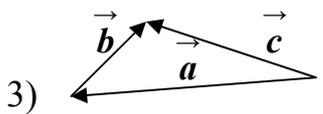
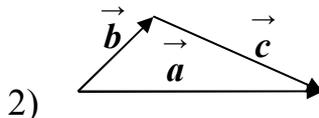
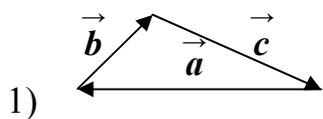
011. 1 час в единицах системы Си - это:

- 1) 3600 с; 2) 60 мин; 3) 360 с; 4) 1 ч.

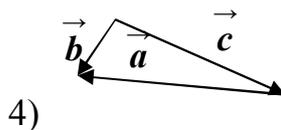
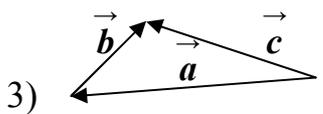
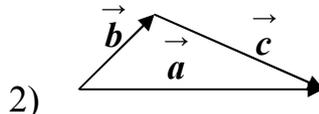
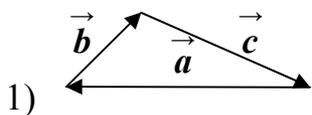
012. Чтобы перевести скорость из км/ч в м/с необходимо значение, выраженное в км/ч:

- 1) разделить на 3,6; 2) оставить неизменной;
3) умножить на 3,6; 4) прибавить 3,6.

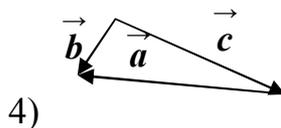
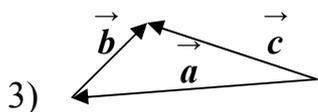
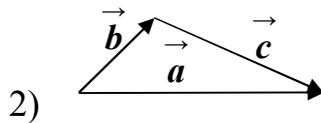
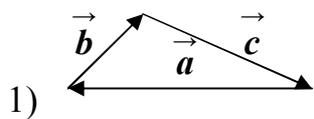
013. На каком из рисунков $\vec{c} = \vec{a} - \vec{b}$?



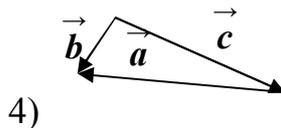
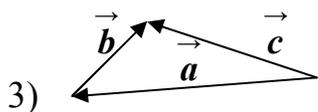
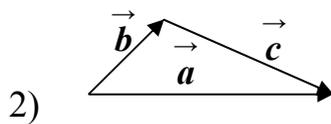
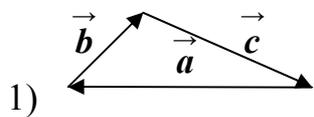
014. На каком из рисунков $\vec{c} = -(\vec{a} - \vec{b})$?



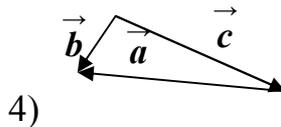
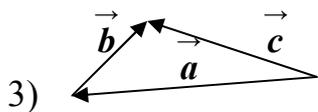
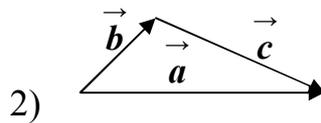
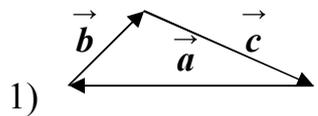
015. На каком из рисунков $\vec{a} = -(\vec{b} + \vec{c})$?



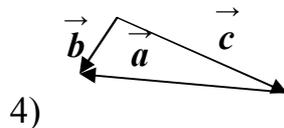
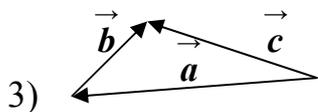
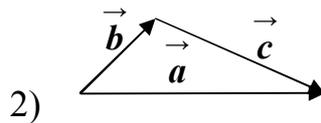
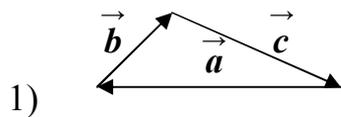
016. На каком из рисунков $\vec{a} = \vec{c} + \vec{b}$?



017. На каком из рисунков $\vec{b} = \vec{c} - \vec{a}$?



018. На каком из рисунков $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$?



019. Два кубика из стали и дерева имеют соотношение сторон соответственно 1:2. Как соотносятся их объемы?

- 1) 2:1; 2) 1:2; 3) 1:4; 4) 1:8.

020. Два кубика одного материала имеют соотношение сторон 1:2. Как соотносятся их массы?

- 1) 1:2; 2) 1:8; 3) 1:4; 4) 2:1.

Основные понятия кинематики

1. Земля — это:

- 1) физическое тело; 2) физическая величина;
3) физическое явление; 4) физическая константа.

2. Материальная точка — это:

- 1) физическое тело; 2) физическая величина;
3) физическое явление; 4) физическая константа.

3. Движение — это:

- 1) физическое тело; 2) физическая величина;
3) физическое явление; 4) физическая константа.

4. Скорость — это:

- 1) физическое тело; 2) физическая величина;
3) физическое явление; 4) физическая константа.

5. Перемещение — это:

- 1) физическое тело; 2) физическая величина;
3) физическое явление; 4) физическая константа.

6. Чтобы найти положение тела в любой момент времени, достаточно знать:

- 1) начальное положение тела и пройденный им путь;
- 2) начальное положение тела и форму его траектории;
- 3) начальное положение тела и его перемещение;
- 4) форму его траектории и перемещение.

7. Путь, пройденный телом, — это:

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1) векторная величина; | 2) скалярная величина; |
| 3) известная величина; | 4) искомая величина. |

8. Перемещение — это:

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1) векторная величина; | 2) скалярная величина; |
| 3) известная величина; | 4) искомая величина. |

9. Проекция перемещения на заданную ось — это:

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1) векторная величина; | 2) скалярная величина; |
| 3) известная величина; | 4) искомая величина. |

10. Длина траектории и модуль соответствующего ей вектора перемещения:

- 1) всегда равны;
- 2) совпадают при движении в одной плоскости;
- 3) совпадают только при прямолинейном движении;
- 4) совпадают только при прямолинейном движении в одном направлении.

11. Какое из перечисленных ниже тел движется поступательно?

- 1) лист, увлекаемый воздушным вихрем;
- 2) ручка ворота колодца;
- 3) яблоко, падающее с дёрва в безветренную погоду;
- 4) маятник часов.

12. Вектора перемещения любых различных точек твердого тела:

- 1) всегда параллельны;
- 2) параллельны только при прямолинейном движении;
- 3) параллельны только при поступательном движении;
- 4) параллельны только при вращательном движении.

13. Найдите неправильное утверждение. При поступательном движении тела:

- 1) все точки тела совершают одинаковые перемещения за одно и то же время;
- 2) пути, пройденные различными точками тела, одинаковы;
- 3) траектории всех точек тела одинаковы;
- 4) перемещения всех точек совпадают с их траекторией.

14. График пути — это:

- 1) направленный отрезок прямой, соединяющий начальное и конечное положения точки;
- 2) линия, по которой движется точка;
- 3) кривая, характеризующая изменение пути (s) от времени (t) в координатах s и t ;
- 4) длина линии, по которой движется любая точка тела.

15. Тело движется по радиусу горизонтального вращающегося диска. В какой системе отсчета траектория тела — прямая линия?

- 1) в системе, связанной с Землей;
- 2) в системе, связанной с самим диском;
- 3) в системе, связанной с самим телом;
- 4) в системе, связанной с помещением, в котором находится диск.

16. Диск радиуса R повернулся вокруг своей оси на 60° . Укажите, чему равно перемещение точки, лежащей на ободу:

- 1) R ;
- 2) πR ;
- 3) $\pi R/3$;
- 4) $R/3$;

17. Диск радиуса R повернулся вокруг своей оси на 60° . Укажите, чему равна длина пути, пройденного точкой на ободу:

- 1) R ; 2) πR ; 3) $\pi R/3$; 4) $2\pi R$;

18. Какие тела или части тел, изображенные на рисунке, находятся в покое относительно Земли?

А) дерево ;

Б) Луна;

В) нижние части гусениц движущегося танка;

Г) верхние части гусениц движущегося танка:

- 1) А; 2) А и Г; 3) А и В; 4) А и Б.



19. В системе отсчета «Солнце» каждая точка оси вращения Земли:

1) движется поступательно - движется по прямой;

2) не движется;

3) вращается;

4) движется по сложной незамкнутой кривой.

20. Укажите в системе отсчета «Земля» характер движения точки на ободу колеса автомашины, идущей по ровному, прямому шоссе. Каждая его точка:

1) движется поступательно;

2) не движется;

3) вращается;

4) движется по сложной незамкнутой кривой.

21. Укажите характер движения стрелки настенных часов относительно Земли:

1) каждая его точка движется поступательно;

2) каждая его точка не движется;

3) каждая его точка вращается;

4) каждая его точка движется по сложной незамкнутой кривой.

22. Укажите характер движения карандаша, соскальзывающего с наклонной плоскости, относительно этой плоскости:

- 1) движется поступательно равномерно;
- 2) движется поступательно неравномерно;
- 3) вращается;
- 4) движется поступательно.

23. Укажите характер движения автомашины, идущей по ровному, прямому шоссе относительно Земли:

- 1) движется поступательно равномерно;
- 2) движется поступательно неравномерно;
- 3) движется по сложной незамкнутой кривой;
- 4) движется поступательно.

Равномерное движение

24. При прямолинейном равномерном движении длина участка траектории и соответствующее ей перемещение тела:

- 1) одинаковы;
- 2) одинаковы по величине;
- 3) совпадают;
- 4) сонаправлены.

25. При прямолинейном равномерном движении модуль и направление вектора скорости:

- 1) одинаковы;
- 2) постоянны;
- 3) совпадают;
- 4) сонаправлены.

26. При прямолинейном равномерном движении вектор перемещения и вектор скорости:

- 1) разнонаправлены;
- 2) противоположно направлены;
- 3) совпадают по величине;
- 4) сонаправлены.

27. При прямолинейном равномерном движении длина участка соответствующей траектории и пройденный путь:

- 1) одинаковы; 2) постоянны;
- 3) не совпадают по направлению; 4) сонаправлены .

28. При равномерном прямолинейном движении:

- 1) вектор скорости не меняется;
- 2) величина вектора скорости не меняется;
- 3) направление вектора скорости не меняется;
- 4) координата тела не меняется.

29. При равномерном движении:

- 1) вектор скорости не меняется;
- 2) величина вектора скорости не меняется;
- 3) направление вектора скорости не меняется;
- 4) координата тела не меняется.

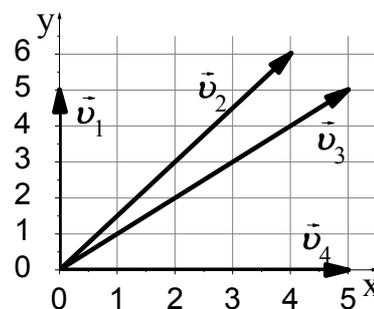
30. При прямолинейном движении:

- 1) вектор скорости не меняется;
- 2) величина вектора скорости не меняется;
- 3) направление вектора скорости не меняется;
- 4) координата тела не меняется.

31. Материальные точки перемещаются на плоскости XU с указанными скоростями \vec{v}_i .

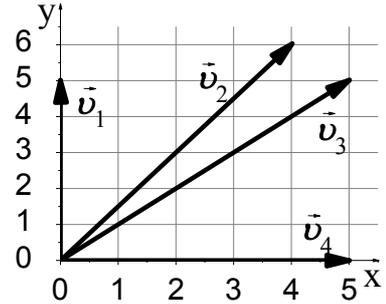
В каком из приведенных случаев $|\vec{v}_i| = v_y$?

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.



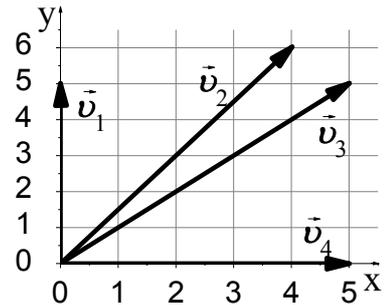
32. Материальные точки перемещаются на плоскости XU с указанными скоростями \vec{v}_i .
В каком из приведенных случаев $v_y = 0$?

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.



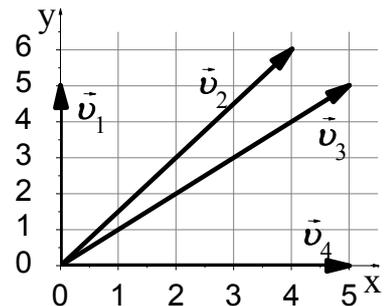
33. Материальные точки перемещаются на плоскости XU с указанными скоростями \vec{v}_i .
В каком из приведенных случаев $v_x = v_y$?

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.



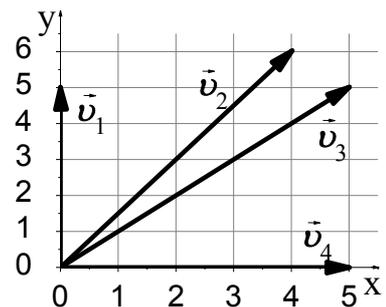
34. Материальные точки перемещаются на плоскости XU с указанными скоростями \vec{v}_i .
В каком из приведенных случаев $v_x = 0$?

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

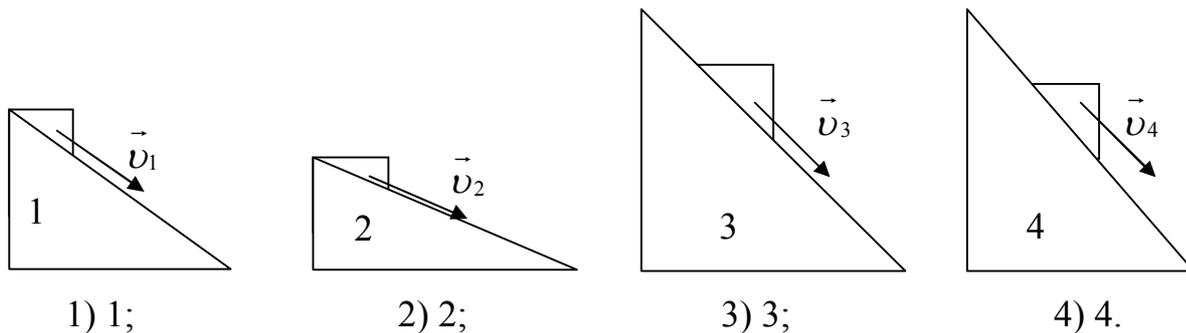


35. Материальные точки перемещаются на плоскости XU с указанными скоростями \vec{v}_i .
В каком из приведенных случаев $|\vec{v}_i| = v_x$?

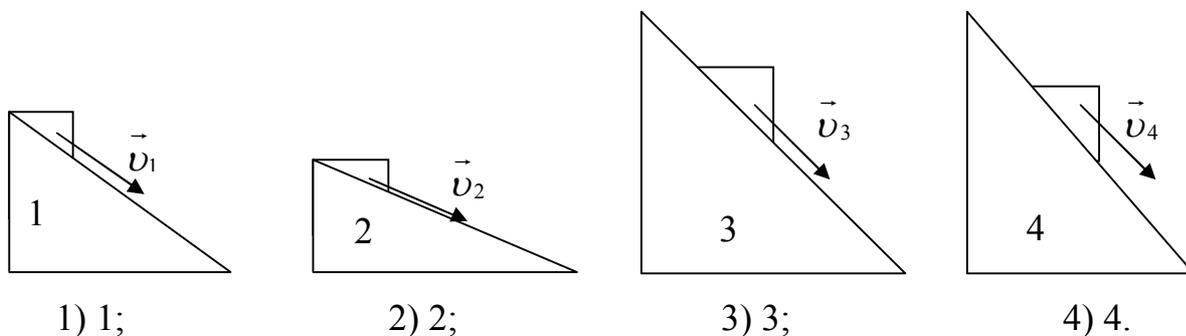
- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.



36. В каком случае горизонтальная проекция вектора скорости максимальна?

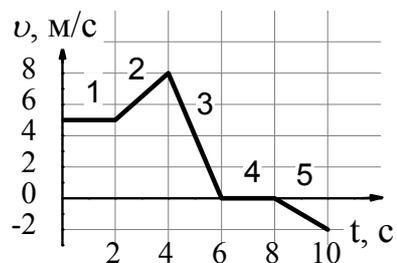


37. В каком случае горизонтальная проекция вектора скорости минимальна?



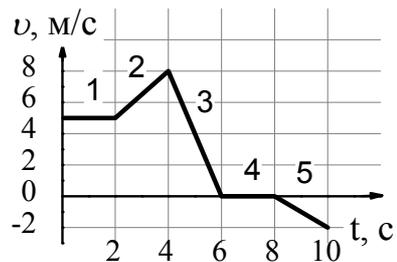
38. Какой из участков графика соответствует равномерному изменению координаты во времени?

- 1) 1; 2) 1 и 4; 3) 3 и 5; 4) 4.



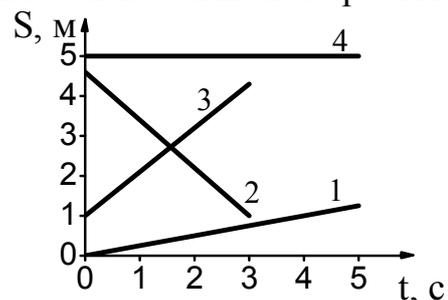
39. Какой из участков графика соответствует состоянию покоя?

- 1) 1; 2) 2 и 3; 3) 1 и 4; 4) 4.



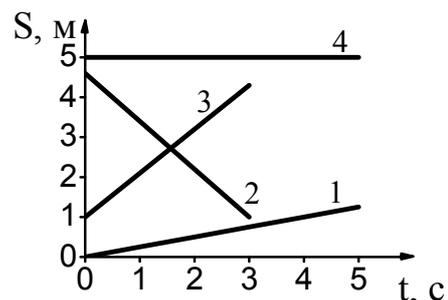
40. Какой из графиков пути соответствует движению с наибольшей скоростью?

- 1) 1;
- 2) 2;
- 3) 3;
- 4) 4.



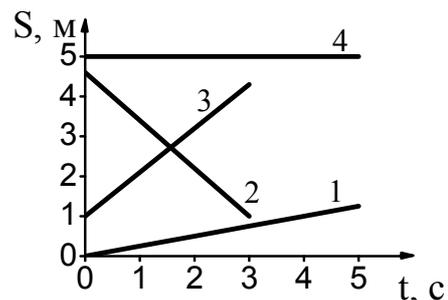
41. Какое расстояние прошло четвертое тело за время наблюдения за ним?

- 1) 25 м;
- 2) 5 м;
- 3) 4 м;
- 4) 0 м.



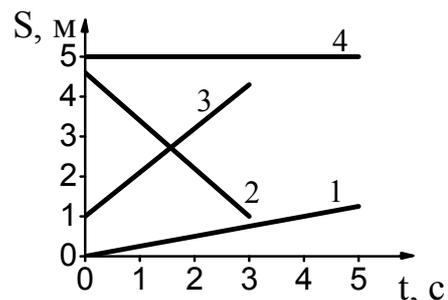
42. С какой скоростью движется первое тело?

- 1) 5 м/с;
- 2) 1 м/с;
- 3) 0,2 м/с;
- 4) меняющейся.



43. С какой скоростью движется второе тело?

- 1) меняющейся;
- 2) -1,2 м/с;
- 3) - 4,6 м/с;
- 4) 1,2 м/с.



44. Материальная точка, двигаясь равномерно в плоскости XU , меняет обе координаты по закону движения $x = x_0 + v_x t$ и $y = y_0 + v_y t$. Траектория точки описывается уравнением:

- 1) $y = v_y (x_0 + v_x t) + y_0$;
- 2) $y = (x/v_x)(v_y + v_x) + y_0$;
- 3) $y = y_0 + (v_y / v_x)(x - x_0)$;
- 4) $y = y_0 + v_y x / v_x$.

45. Материальная точка, двигаясь равномерно в плоскости XU , переместилась из точки с координатами $(0; 4)$ в точку с координатами $(10; -6)$. Определить модуль вектора перемещения:

- 1) $10\sqrt{2}$ м; 2) 12 м; 3) 10 м; 4) 8 м.

46. Материальная точка, двигаясь равномерно и прямолинейно в плоскости XU , переместилась из точки с координатами $(2; 1)$ в точку с координатами $(10; -5)$ за 5 с. Определить модуль вектора скорости:

- 1) $2\sqrt{2}$ м/с; 2) 2 м/с; 3) 1 м/с; 4) 3 м/с.

Относительность движения

47. Из относительности движения следует, что относительны:

- 1) координаты тела; 2) скорость;
3) перемещение; 4) все перечисленные.

48. Если два тела движутся относительно неподвижной системы координат со скоростями \vec{v}_1 и \vec{v}_2 соответственно, то скорость первого тела относительно второго равна:

- 1) $\vec{v}_1 + \vec{v}_2$; 2) $\vec{v}_2 - \vec{v}_1$; 3) \vec{v}_1 ; 4) $\vec{v}_1 - \vec{v}_2$.

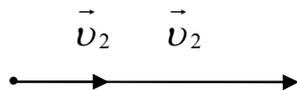
49. В каком случае относительная скорость велосипедистов, движущихся со скоростями \vec{v}_1 и \vec{v}_2 , максимальна?

- 1) движутся навстречу друг другу;
2) догоняют один другого;
3) движутся под углом 90° ;
4) опережают один другого.

50. Если тело движется со скоростью \vec{v}_1 в подвижной системе отсчета (которая движется со скоростью \vec{v}_2) то скорость этого тела относительно неподвижной системы отсчета равна:

- 1) $\vec{v}_1 + \vec{v}_2$; 2) $\vec{v}_2 - \vec{v}_1$; 3) $\vec{v}_1 - \vec{v}_2$; 4) \vec{v}_2 .

51. Как вычислить значение результирующей скорости?



- 1) $|\vec{v}_{12}| = |\vec{v}_2| - |\vec{v}_1|$; 2) $|\vec{v}_{12}| = |\vec{v}_2| + |\vec{v}_1|$;

- 3) $|\vec{v}_{12}| = \sqrt{v_2^2 - v_1^2}$; 4) $|\vec{v}_{12}| = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$.

52. Как вычислить значение результирующей скорости?



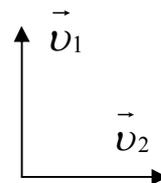
- 1) $|\vec{v}_{12}| = |\vec{v}_2| - |\vec{v}_1|$; 2) $|\vec{v}_{12}| = |\vec{v}_2| + |\vec{v}_1|$;

- 3) $|\vec{v}_{12}| = \sqrt{v_2^2 - v_1^2}$; 4) $|\vec{v}_{12}| = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$.

53. Как вычислить значение результирующей скорости?

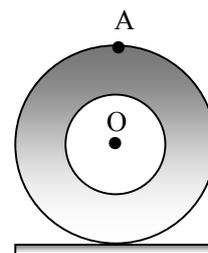
- 1) $|\vec{v}_{12}| = |\vec{v}_2| - |\vec{v}_1|$; 2) $|\vec{v}_{12}| = |\vec{v}_2| + |\vec{v}_1|$;

- 3) $|\vec{v}_{12}| = \sqrt{v_2^2 - v_1^2}$; 4) $|\vec{v}_{12}| = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$.



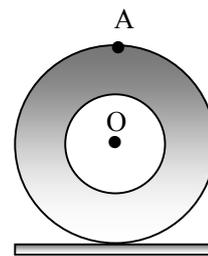
54. Колесо радиуса R катится по ровной дороге. Найти перемещение точки A относительно оси колеса O , если колесо сделало пол-оборота.

- 1) πR ; 2) $2R$;
3) $2\pi R$; 4) $R\sqrt{4 + \pi^2}$.



55. Колесо радиуса R катится по ровной дороге. Найти перемещение точки A относительно дороги, если колесо сделало пол-оборота.

- 1) $2\pi R$; 2) $2R$;
 3) πR ; 4) $R\sqrt{4 + \pi^2}$.



56. Тяжелый плот плывет по реке, скорость течения которой 2 м/с. Перпендикулярно течению мальчик за 5 с пересек плот, ширина которого 5 м. Найти среднюю скорость мальчика относительно плота.

- 1) 0 м/с; 2) 1 м/с; 3) 7 м/с; 4) 5 м/с.

57. Тяжелый плот плывет по реке, скорость течения которой 2 м/с. Перпендикулярно течению мальчик за 5 с пересекает плот, ширина которого 5 м. Найти скорость мальчика относительно берега.

- 1) $\approx 2,2$ м/с; 2) 1 м/с; 3) 3 м/с; 4) $\approx 5,5$ м/с.

58. Тяжелый плот плывет по реке, скорость течения которой 2 м/с. Перпендикулярно течению мальчик за 5 с пересекает плот, ширина которого 5 м. Найти перемещение плота относительно берега за это время.

- 1) $\approx 1,4$ м; 2) 1 м; 3) 10 м; 4) 15 м.

59. Тяжелый плот плывет по реке, скорость течения которой 2 м/с. Перпендикулярно течению мальчик за 5 с пересекает плот, ширина которого 5 м. Найти скорость плота относительно мальчика.

- 1) 3 м/с; 2) 1 м/с; 3) $\approx 2,2$ м/с; 4) — 1 м/с.

Равнопеременное движение

60. При равноускоренном движении:

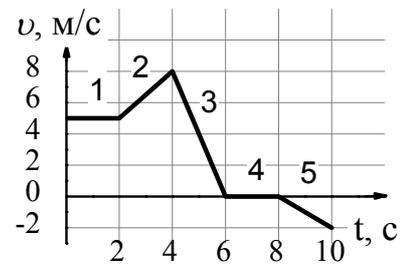
- 1) координата тела меняется; 2) величина вектора скорости меняется;
 3) ускорение не меняется; 4) все перечисленные параметры меняются.

61. По формуле $s = xt$ можно определить пройденный путь, если тело движется:

- 1) прямолинейно; 2) равнопеременно;
 3) со средней скоростью x ; 4) во всех перечисленных случаях.

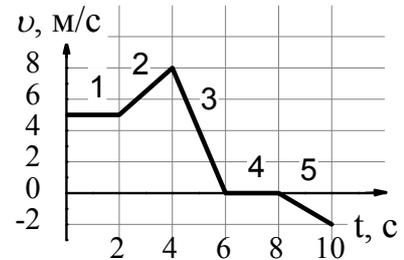
62. Какой из участков графика соответствует равнозамедленному движению?

- 1) 1; 2) 5 и 3; 3) 3; 4) 3 и 4.



63. Какой из участков графика соответствует равноускоренному движению?

- 1) 2; 2) 2 и 3; 3) 3; 4) 2 и 5.



64. Какой формулой необходимо воспользоваться для расчета величины средней скорости движения с изменяющейся скоростью?

1) $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$; 2) $\bar{v} = v_0 + at$;

3) $\bar{v} = v_0 - at$; 4) $\bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^n s_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$.

65. Какой формулой лучше воспользоваться для расчета величины скорости равноускоренного движения с начальной скоростью?

1) $v = at$; 2) $v = \frac{v_0 + v_t}{2}$;

3) $v = v_0 + at$; 4) $v = v_0 - at$.

66. Какой формулой лучше воспользоваться для расчета величины скорости равнозамедленного движения с начальной скоростью?

- 1) $v = at$; 2) $v = \frac{v_0 - v_t}{2}$;
3) $v = v_0 + at$; 4) $v = v_0 - at$.

67. Какой формулой лучше воспользоваться для расчета величины скорости равноускоренного движения без начальной скорости?

- 1) $v = at$; 2) $v = \frac{v_0 + v_t}{2}$;
3) $v = v_0 + at$; 4) $v = v_0 - at$.

68. Какой формулой лучше воспользоваться для расчета величины средней скорости равноускоренного движения с начальной скоростью?

- 1) $\bar{v} = at$; 2) $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$;
3) $\bar{v} = v_0 + at$; 4) $\bar{v} = v_0 - at$.

69. В начале пути автомобиль имел скорость 5 м/с, а через 20 с равноускоренного движения его скорость возросла до 15 м/с. Определить среднюю скорость.

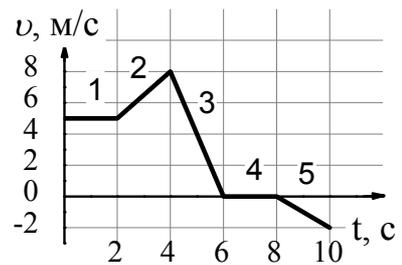
- 1) 20 м/с; 2) 15 м/с; 3) 7,5 м/с; 4) 10 м/с.

70. Пешеход первую половину времени шел со скоростью 5 м/с, а вторую — со скоростью 4 м/с. Найти среднюю скорость пешехода, если он двигался 5 мин.

- 1) 5 м/с; 2) 4,5 м/с; 3) 4 м/с; 4) 1,8 м/с.

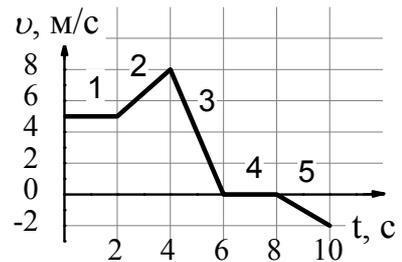
71. Определить среднюю скорость при прохождении первых двух участков пути.

- 1) 6,25 м/с; 2) 8,5 м/с;
3) 5,75 м/с; 4) 7 м/с.



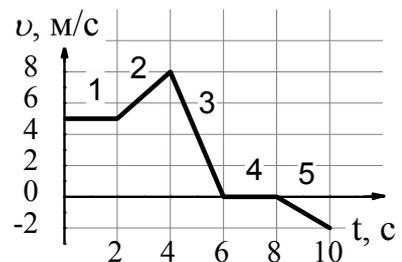
72. Определить среднюю скорость при движении тела от 4-й до 8-й секунды.

- 1) 1 м/с; 2) 2 м/с;
3) 3 м/с; 4) 4 м/с.



73. Определить среднюю скорость за все указанное время наблюдения.

- 1) 2,9 м/с; 2) 3,1 м/с;
3) 3,3 м/с; 4) 4,1 м/с.



74. Какой формулой лучше воспользоваться для расчета пути, пройденного с различными скоростями на разных участках?

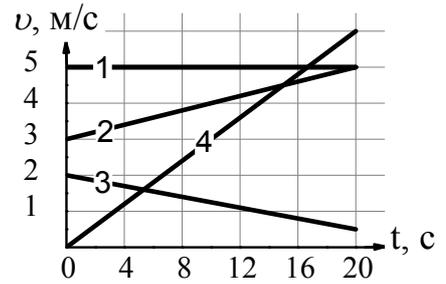
- 1) $s = v_1 t + v_2 t + \dots + v_n t_n$; 2) $s = v_0 t + at^2/2$;
3) $s = at^2$; 4) $s = v_0 t - at^2/2$.

75. Какой формулой лучше воспользоваться для расчета пути равноускоренного движения без начальной скорости?

- 1) $s = v_0 t + at^2/2$; 2) $s = at^2/2$;
3) $s = v_0 t - at^2/2$; 4) $s = v_0 t$.

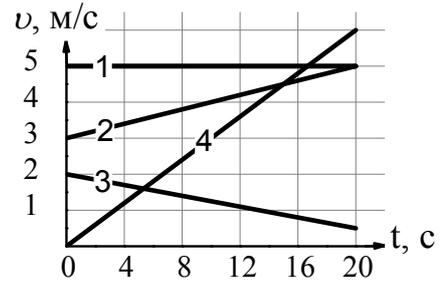
76. Каким уравнением описывается изменение скорости второго тела?

- 1) $v = v_0 + at$; 2) $v = s/t$;
 3) $v = v_0 - at$; 4) $v = at$.



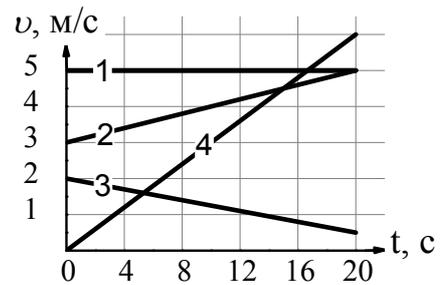
77. Наибольшее расстояние к концу 20 с прошло тело номер:

- 1) 1; 2) 2;
 3) 3; 4) 4.



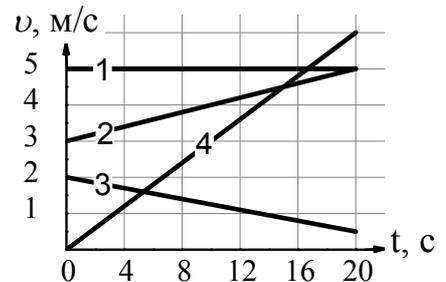
78. С каким ускорением движется четвертое тело?

- 1) $0,25 \text{ м/с}^2$; 2) $0,5 \text{ м/с}^2$;
 3) $0,4 \text{ м/с}^2$; 4) $0,3 \text{ м/с}^2$.



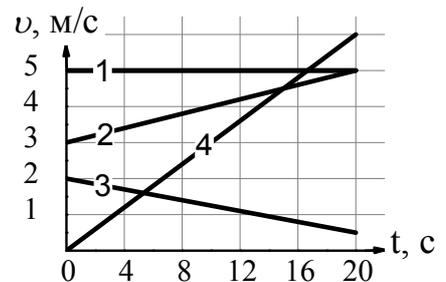
79. Каким уравнением описывается скорость третьего тела?

- 1) $v = 2 + t/13$; 2) $v = 2/t$;
 3) $v = 2 - t/13$; 4) $v = 2t$.



80. Если движение всех тел происходило из одной точки в одном направлении, то какие два тела встретились вторыми во время движения?

- 1) 3 и 4; 2) 2 и 4;
 3) 1 и 4; 4) не было второй встречи.



87. С каким ускорением тело свободно падает на Землю?

- 1) 10 м/с^2 ; 2) $9,8 \text{ м/с}^2$; 3) $9,81 \text{ м/с}^2$; 4) g .

88. Тело бросили вниз. С каким ускорением a оно летит?

- 1) $a < g$; 2) $a > g$; 3) $a = g$; 4) $a = 0$.

89. Тело бросили вверх. С каким ускорением a оно летит вверх?

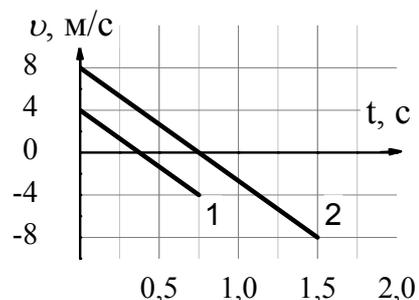
- 1) $a > g$; 2) $a < g$; 3) $a = 0$; 4) $a = g$.

90. Мяч бросили вертикально вверх с начальной скоростью 10 м/с . Через какое время скорость мяча уменьшится до нуля?

- 1) 1 с ; 2) 2 с ; 3) 3 с ; 4) 4 с .

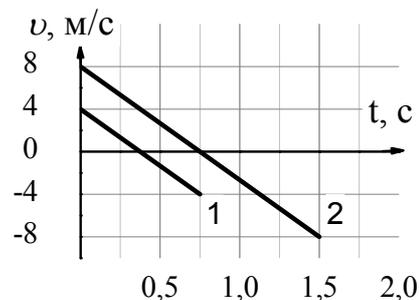
91. Чем отличается движение 1 и 2 тела?

- 1) скоростью ;
2) ускорением;
3) и скоростью и ускорением ;
4) начальной скоростью.



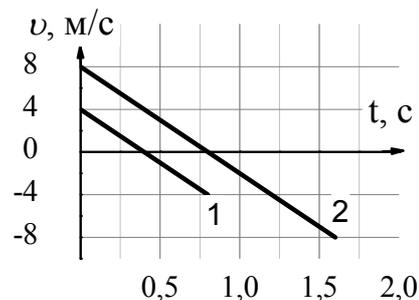
92. С какой скоростью бросили вертикально вверх тела? Ответ дайте в соответствии с порядковым номером.

- 1) 8 м/с и 4 м/с ; 2) 4 м/с и 8 м/с ;
3) -8 м/с и -4 м/с ; 4) -4 м/с и -8 м/с .



93. Два тела одновременно бросили вертикально вверх с поверхности Земли. Через какое время они упадут на Землю? Ответ дайте в соответствии с порядковым номером.

- 1) $0,8 \text{ с}$ и $0,4 \text{ с}$; 2) $0,4 \text{ с}$ и $0,8 \text{ с}$;
3) $1,6 \text{ с}$ и $0,8 \text{ с}$; 4) $0,8 \text{ с}$ и $1,6 \text{ с}$.



94. Камень бросили вертикально вверх, и 1,5 с он поднимался. Через какое время после этого он упадет назад?

- 1) 1 с; 2) 3 с; 3) 1,5 с; 4) 4,5 с.

Баллистическое движение

95. При движении тела, брошенного под углом к горизонту, горизонтальная составляющая скорости:

- 1) не меняется;
2) меняется по величине;
3) меняется по направлению;
4) меняется и по величине и по направлению.

96. При движении тела, брошенного под углом к горизонту, вертикальная составляющая скорости:

- 1) не меняется;
2) меняется по величине;
3) меняется по направлению;
4) меняется и по величине и по направлению.

97. При движении тела, брошенного под углом к горизонту, вектор скорости:

- 1) не меняется;
2) меняется по величине;
3) меняется по направлению;
4) меняется и по величине и по направлению.

98. Если тело бросили с Земли и после свободного полета оно упало на Землю, то вектора начальной и конечной скоростей всегда:

- 1) совпадают по направлению;
- 2) равны по величине;
- 3) не равны по величине;
- 4) противоположны по направлению.

Периодическое движение

99. Время одного оборота вращающегося тела:

- 1) период обращения;
- 2) частота обращения;
- 3) скорость вращения;
- 4) угловая скорость.

100. Количество оборотов вращающегося тела за 1 с:

- 1) период вращения;
- 2) частота вращения;
- 3) скорость вращения;
- 4) угловая скорость.

101. Частота вращения обозначается:

- 1) v ;
- 2) ν ;
- 3) ω ;
- 4) T .

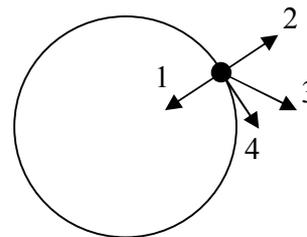
102. Если период обращения уменьшился в 3 раза, то частота обращения :

- 1) возросла в 9 раз;
- 2) уменьшилась в 3 раз;
- 3) уменьшилась в 9 раз ;
- 4) возросла в 3 раз.

103. Земная станция наблюдения зафиксировала за сутки 5 проходов спутника по стационарной круговой орбите вокруг Земли. Каков период обращения спутника?

- 1) 6 часов;
- 2) 4,8 часа;
- 3) 4 часа;
- 4) 5 часов.

104. Материальная точка вращается по окружности по часовой стрелке. Какой из указанных векторов сонаправлен с вектором скорости?

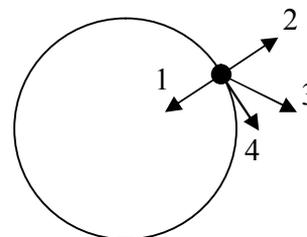


- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

105. Обладает ли ускорением тело при равномерном движении по окружности?

- 1) нет, ведь движение равномерное;
 2) в разных случаях по-разному;
 3) да, и ускорение направлено по касательной к окружности;
 4) да, и ускорение направлено к центру окружности.

106. Материальная точка равномерно вращается по окружности по часовой стрелке. Какой из указанных векторов сонаправлен с вектором центростремительного ускорения?



- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

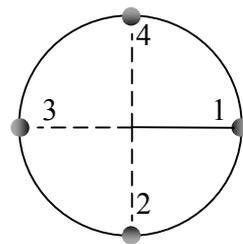
107. Значение центростремительного ускорения можно рассчитать по формуле:

- 1) $v^2 / 2R$; 2) v^2 / R ; 3) $v^2 / \omega R$; 4) ω^2 / R .

108. Если спутнику, двигающемуся по стационарной круговой орбите с радиусом R вокруг Земли необходимо уменьшить скорость в 2 раза, то какую надо выбрать орбиту, чтобы центростремительное ускорение осталось неизменным?

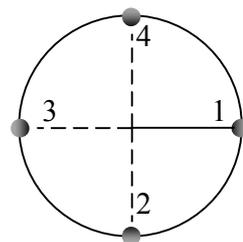
- 1) $2R$; 2) $4R$; 3) $0.5R$; 4) $0.25R$.

109. На невесомой нерастяжимой нити шарик вращается по окружности в вертикальной плоскости по часовой стрелке. В каком из указанных положений надо отпустить нить, чтобы шарик полетел вертикально вверх?



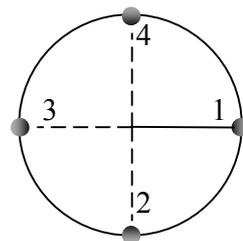
- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

110. На невесомой нерастяжимой нити шарик вращается по окружности в вертикальной плоскости по часовой стрелке. В каком из указанных положений надо отпустить нить, чтобы шарик полетел вправо?



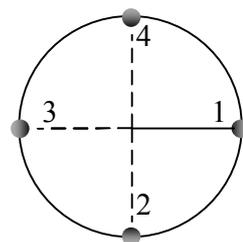
- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

111. На невесомой нерастяжимой нити шарик вращается по окружности в вертикальной плоскости по часовой стрелке. В каком из указанных положений надо отпустить нить, чтобы шарик полетел прямолинейно вниз?



- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

112. На невесомой нерастяжимой нити шарик вращается по окружности в вертикальной плоскости по часовой стрелке. В каком из указанных положений надо отпустить нить, чтобы шарик полетел влево?



- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

Взаимодействие тел

113. Мерой воздействия одного тела на другое является:

- 1) Ускорение; 2) скорость; 3) сила; 4) перемещение.

114. Всякая сила характеризуется:

- А) величиной;
Б) направлением;
В) точкой приложения;
Г) перемещением.

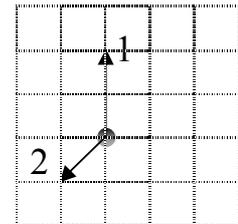
- 1) А и Б; 2) А, Б, В; 3) А, Б, В, Г; 4) А.

115. Условием нахождения тела в состоянии покоя является воздействие:

- 1) одной силы;
2) двух противоположных сил;
3) противодействующих сил;
4) результирующей силы, равной нулю.

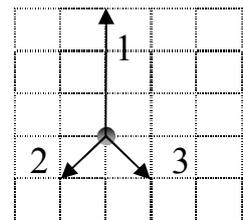
116. На покоящееся тело начали действовать указанные силы F_i . Куда направлена равнодействующая сила?

- 1) ↗ 2) ↑ 3) ↓ 4) ↖



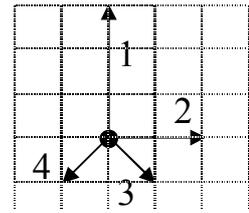
117. На покоящееся тело начали действовать три силы. Куда направлена равнодействующая сила?

- 1) ↗ 2) ↑ 3) ↓ 4) ↖



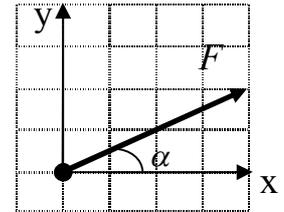
118. На покоящееся тело начали действовать силы. Чему равна равнодействующая сила, если масштаб рисунка 1 Н/деление?

- 1) 2 Н; 2) 4,4 Н; 3) 2,2 Н; 4) 2,8 Н.



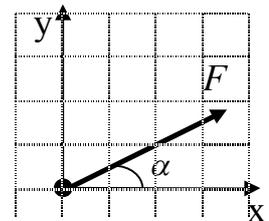
119. Разложите по осям на составляющие силу F , если угол $\alpha = 30^\circ$, а масштаб по осям 3 Н/деление? В ответе укажите сначала значение F_x , а затем F_y .

- 1) 6 Н и 12 Н; 2) 4 Н и 2 Н;
3) 12 Н и 6 Н; 4) 3 Н и 1,5 Н.



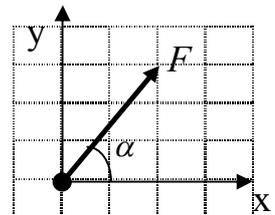
120. Разложите по осям на составляющие силу $F = 20$ Н, если угол $\alpha = 30^\circ$. В ответе укажите сначала F_x , а затем F_y .

- 1) 17,3 Н и 10 Н; 2) 10 Н и 17,3 Н;
3) 15 Н и 5 Н; 4) 20 Н и 10 Н.



121. Определите величину силы F , если цена деления на осях 5 Н/деление.

- 1) 18 Н; 2) 16 Н;
3) 12 Н; 4) 5 Н;



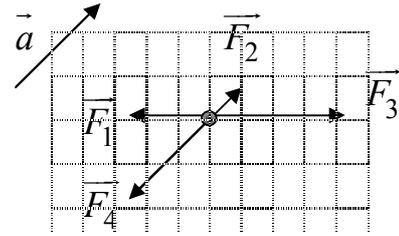
Закон инерции

122. Инерция – это способность тел:

- 1) менять характер движения;
- 2) взаимодействовать с другими телами;
- 3) сохранять скорость движения при отсутствии внешнего воздействия;
- 4) изменять скорость при отсутствии внешнего воздействия.

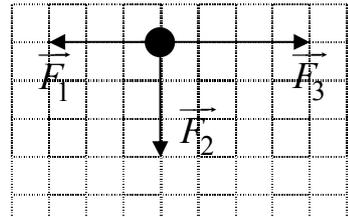
129. Какая из сил может придать телу указанное ускорение?

- 1) \vec{F}_1 ; 2) \vec{F}_2 ;
 3) \vec{F}_3 ; 4) \vec{F}_4 .



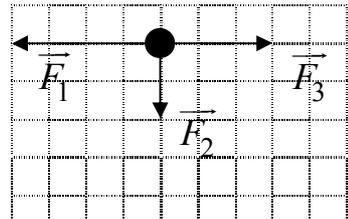
130. Определить ускорение тела, если его масса 200 г. Силы, действующие на тело, даны в масштабе 1 Н/деление.

- 1) 16 м/с²; 2) 1,6 м/с²;
 3) 160 м/с²; 4) 1,6 мм/с².



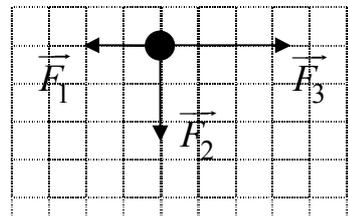
131. Определить скорость тела через 2 с после начала движения, если его масса 20 г. Силы, действующие на тело, даны в масштабе 5 Н/деление.

- 1) 5 мм/с; 2) 500 мм/с;
 3) 50 м/с; 4) 0,5 км/с.



132. Определить расстояние, пройденное телом за 3 с после начала движения, если его масса 2,5 кг. Силы, действующие на тело, даны в масштабе 3 Н/деление.

- 1) 9 м; 2) 12 м;
 3) 90 мм; 4) 1,2 м.



III закон Ньютона

133. Сила тяжести тела всегда приложена:

- 1) к центру его масс;
- 2) к центру тела;
- 3) к точке его опоры;
- 4) к любой выбранной точке.

134. По III закону Ньютона сила действия всегда:

- 1) приводит к появлению силы противодействия;
- 2) придает телу ускорение;
- 3) совпадает с силой противодействия;
- 4) не вызывает силу противодействия.

135. По III закону Ньютона сила противодействия всегда:

- 1) уменьшает скорость тела;
- 2) совпадает с силой действия;
- 3) противоположно направлена и совпадает по величине с силой действия;
- 4) противоположна по величине и совпадает по направлению с силой действия.

136. По III закону Ньютона сила действия всегда:

- 1) приложена к телу, создающему действие;
- 2) приложена к телу, оказываемому под воздействием;
- 3) приложена к обоим взаимодействующим телам;
- 4) не приложена ни к одному из взаимодействующих тел.

137. По III закону Ньютона сила противодействия всегда:

- 1) приложена к телу, создающему действие;
- 2) приложена к телу, оказываемому под воздействием;
- 3) приложена к обоим взаимодействующим телам;
- 4) не приложена ни к одному из взаимодействующих тел.

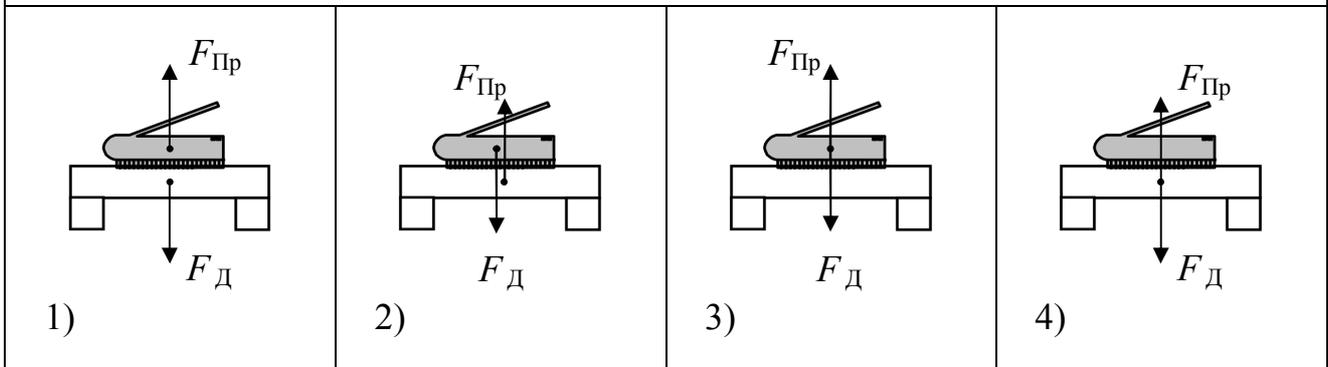
138. Книга лежит на столе. Силой действия является:

- 1) силу упругости стола;
- 2) сила трения книги о стол;
- 3) сила тяжести книги;
- 4) сила притяжения книги к столу.

139. Книга лежит на столе. Силой противодействия является:

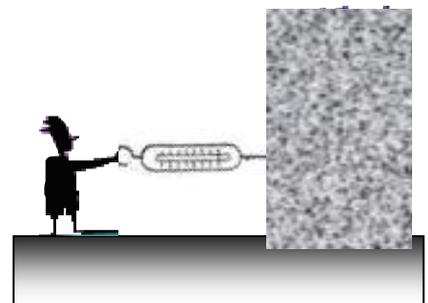
- 1) силу упругости стола;
- 2) сила трения книги о стол;
- 3) сила тяжести книги;
- 4) сила притяжения стола к книге.

140. Сканер стоит на столе. Выберите рисунок, на котором правильно приложены силы действия $F_{\text{Д}}$ и противодействия $F_{\text{Пр}}$.



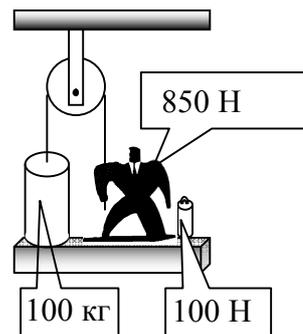
141. Лилипут, стоя на месте, тянет динамометр, закрепленный на стене. Какое максимальное значение покажет динамометр, если лилипут может создать усилие в 30 Н?

- 1) 90 Н;
- 2) 60 Н;
- 3) 30 Н;
- 4) 15 Н.



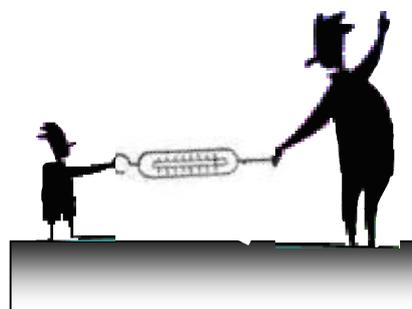
142. Грузчику нужно при помощи неподвижного блока поднять и удержать бочку, пока под нее не подкатят тележку. Сможет ли он это сделать?

- 1) сможет, если хватит силы устоять на полу;
- 2) сможет, если повиснет и потянет трос вниз;
- 3) сможет, если ухватится за дополнительный груз;
- 4) не сможет в указанных условиях.



143. Великан и лилипут растягивают динамометр, стоя на месте. Какое максимальное значение покажет динамометр, если великан может создать усилие в 1000 Н, а лилипут – в 30 Н?

- 1) 30 Н;
- 2) 60 Н;
- 3) 970 Н;
- 4) 1030 Н.



144. Два человека тянут веревку в разные стороны с силой 90 Н каждый. Разорвется ли веревка, если она выдерживает натяжение до 100 Н?

- 1) да, сразу;
- 2) да, через некоторое время ;
- 3) нет;
- 4) зависит от длины веревки.

145. Известно, что лошадь может сдвинуть пустую телегу с места на ровной дороге. Что или кто создает силу,двигающую упряжку вперед?

- 1) лошадь;
- 2) III закон Ньютона;
- 3) извозчик;
- 4) дорога, находящаяся на поверхности Земли.

Закон всемирного тяготения

146. Закон всемирного тяготения описывает взаимодействие:

- А) твердых тел;
- Б) космических объектов;
- В) любых объектов, имеющих массу;
- Г) атомов и молекул;

1) А и Г; 2) Б; 3) В; 4) А, Б, В, Г.

147. Расстояние между притягивающимися телами определяется по кратчайшему расстоянию:

- 1) между поверхностями двух взаимодействующих тел;
- 2) между точками на разных телах, наиболее удаленными друг от друга;
- 3) между центрами масс двух взаимодействующих тел;
- 4) между геометрическими центрами тел.

148. Сила, с которой притягиваются тела:

- 1) пропорциональна расстоянию между телами;
- 2) пропорциональна квадрату расстояния между телами;
- 3) обратно пропорциональна расстоянию между телами;
- 4) обратно пропорциональна квадрату расстояния между телами.

149. Постройте график зависимости силы тяготения от расстояния между телами массой по 1 т.

150. Тела притягиваются с силой, пропорциональной:

- 1) массе наибольшего из двух взаимодействующих тел;
- 2) массе наименьшего из двух взаимодействующих тел;
- 3) произведению масс двух взаимодействующих тел;
- 4) отношению масс двух взаимодействующих тел.

151. Если тело имеет массу 2 кг, его вес одинаков:

- 1) в любой точке пространства и равен 20 Н;
- 2) в любой точке Земли и равен 20 Н;
- 3) при свободном падении тела на Землю в любой точке и равен 0 Н;
- 4) в любой точке наклонной плоскости и равен 10 Н.

152. Планета имеет 0,5 массы Земли. Каково соотношение радиусов Земли и планеты $R_3 / R_{пл}$, если ускорение свободного падения на их поверхностях одинаковые?

- 1) 0,5;
- 2) 0,7;
- 3) 1;
- 4) 2.

153. Тело бросили вверх. Оно находится в положении невесомости, когда:

- А) летит вверх;
- Б) летит вниз;
- В) находится в верхней точке подъема;
- Г) упало на Землю;

- 1) А, Б, В;
- 2) Б;
- 3) В и Г;
- 4) А.

154. Лифт поднимается с ускорением g вертикально вверх. Пассажир лифта испытывает:

- 1) перегрузку $P = 2 mg$;
- 2) перегрузку $P = 1,5 mg$;
- 3) уменьшение веса $P = 0,5 mg$;
- 4) невесомость $P = 0$.

155. Какова должна быть скорость спутника, чтобы он двигался по орбите, равной удвоенному радиусу Земли? $R_3 = 6,4 \cdot 10^6$ м, $M_3 = 6 \cdot 10^{24}$ кг.

- 1) 8,1 км/с;
- 2) 5,6 км/с;
- 3) 6,7 км/с;
- 4) 7,8 км/с.

Силы упругости

156. Силы упругости возникают:

- | | |
|------------------|-----------------------|
| 1) в А, Б, В, Г; | А) в пружинах; |
| 2) в А, Б, В; | Б) в подвесах; |
| 3) в А, Б; | В) в пьезоэлектриках; |
| 4) в А. | Г) в пластилине. |

157. Деформацией являются:

- | | |
|----------------|----------------|
| 1) А, Б, В, Г; | А) растяжение; |
| 2) А, Б, В; | Б) сжатие; |
| 3) А, Б; | В) кручение; |
| 4) А. | Г) сдвиг. |

158. На пружину сверху надели пластилиновую игрушку.

Сила упругости пружины приложена:

- 1) к игрушке и направлена вверх;
- 2) к игрушке и направлена вниз;
- 3) к пружине и направлена вверх;
- 4) к пружине и направлена вниз.



159. В законе Гука $F_{\text{упр}} = -kx$ знак минус указывает, что:

- 1) сила $F_{\text{упр}}$ всегда направлена против выбранной оси;
- 2) сила $F_{\text{упр}}$ всегда направлена против деформации x ;
- 3) коэффициент упругости всегда отрицательный;
- 4) деформация – это отрицательное явление в технике.

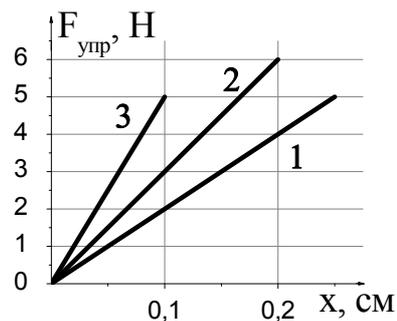
160. Однородную пружину жесткостью k распилили на 4 одинаковые части.

Жесткость каждой части пружины стала:

- | | | | |
|-----------|-----------|----------|------------|
| 1) $4k$; | 2) $2k$; | 3) k ; | 4) $k/4$; |
|-----------|-----------|----------|------------|

161. Определить по графику, какая из пружин имеет коэффициент жесткости 3000 Н/м.

- 1) 1; 2) 2;
3) 3; 4) ни одна из них.



162. Под действием груза в 100 кг пружина растянулась с 15 см до 16 см. Какой станет длина пружины, если дополнительно подвесить еще 50 кг груза?

- 1) 16 см; 2) 16,5 см; 3) 17 см; 4) 17,5 см.

Сила трения

163. Различают следующие виды трения:

- | | |
|----------------|----------------|
| 1) А, Б, В, Г; | А) скольжения; |
| 2) А, Б, В; | Б) качения; |
| 3) А, Б, Г; | В) кручения; |
| 4) А, В, Г. | Г) покоя. |

164. Сила трения покоя при поверхностном контакте двух тел всегда:

- 1) равна нулю;
2) не равна нулю;
3) численно равна силе тяги;
4) постоянна.

165. Сила трения скольжения:

- 1) пропорциональна силе трения покоя;
2) добавляется к силе трения покоя;
3) зависит от характера движения;
4) численно равна максимальной силе трения покоя.

166. Сила трения всегда направлена:

- 1) вдоль поверхности соприкосновения;
- 2) перпендикулярно поверхности соприкосновения;
- 3) по направлению силы тяги;
- 4) противоположна силе тяги.

167. Сила трения скольжения вычисляется как $F_{\text{тр}} = \mu N$, где N – это:

- 1) количество трущихся тел;
- 2) коэффициент трения;
- 3) величина силы тяжести скользящего тела;
- 4) величина силы реакции опоры.

168. Килограммовый деревянный брусок начинает соскальзывать при наклоне опоры на 30° от уровня горизонта. Определить максимальную силу трения покоя.

- | | |
|-----------|-----------|
| 1) 10 Н; | 2) 5 Н; |
| 3) 3,3 Н; | 4) 2,5 Н. |

169. Определить коэффициент трения тел, если соскальзывание одного тела с другого начинается при угле наклона опорного тела в 45° от вертикали.

- | | |
|----------|---------|
| 1) 0,45; | 2) 0,5; |
| 3) 0,7; | 4) 1. |

170. С какой силой надо тянуть тело по горизонтальной плоскости, чтобы оно двигалось равномерно, если его масса 0,5 кг, а коэффициент трения – 0,2.

- | | |
|-----------|---------|
| 1) 0,5 Н; | 2) 1 Н; |
| 3) 2 Н; | 4) 3 Н. |

Закон сохранения импульса

171. Импульс тела – это:

- 1) произведение массы тела на вектор его скорости;
- 2) произведение массы тела на величину его скорости;
- 3) произведение массы тела на вектор его ускорения;
- 4) произведение массы тела на величину его ускорения.

172. Закон сохранения импульса справедлив:

- 1) для открытой системы тел;
- 2) для взаимодействия двух тел;
- 3) для замкнутой системы тел;
- 4) для одного тела.

173. Центр масс замкнутой системы тел в инерциальной системе отсчета движется:

- 1) прямолинейно и равномерно;
- 2) прямолинейно и замедленно;
- 3) вращаясь и равномерно;
- 4) вращаясь и замедленно.

174. Автомобиль массой 3 т ехал со скоростью 36 км/ч по проселочной дороге, а на шоссе разогнался до 108 км/ч. Импульс автомобиля изменился на:

- 1) $6 \cdot 10^4$ кг·м/с;
- 2) $6 \cdot 10^3$ кг·м/с;
- 3) 600 кг·м/с;
- 4) 60 кг·м/с.

175. На гладком льду первая упругая шайба, скользящая без трения со скоростью 10 м/с, ударяет центральный ударом во вторую такую же шайбу, лежащую неподвижно. Их скорости после удара соответственно равны:

- 1) 10 м/с и 10 м/с;
- 2) 0 м/с и 10 м/с;
- 3) 5 м/с и 5 м/с;
- 4) -10 м/с и 0 м/с.

176. На гладком льду первая пластилиновая шайба массой 100 г, скользящая без трения со скоростью 5 м/с, ударяет центральный ударом в такую же вторую, но лежащую неподвижно, шайбу. После удара шайбы слипаются и их импульсы будут равны соответственно:

- 1) 500 кг·м/с и 0 кг·м/с; 2) 0 кг·м/с и 500 кг·м/с;
3) 0,25 кг·м/с и 0,25 кг·м/с; 4) 250 кг·м/с и 250 кг·м/с.

177. Летящее горизонтально со скоростью 5 м/с тело разорвалось на две равные половинки так, что первая со скоростью 9,8 м/с полетела вертикально вверх. Какую скорость будет иметь вторая половинка тела?

- 1) -9,8 м/с; 2) 14 м/с; 3) 14,8 м/с; 4) 5 м/с.

178. Летящее вертикально со скоростью 3 м/с тело массой 4 кг разорвалось на две равные половинки так, что первая со скоростью 6,7 м/с полетела горизонтально. Какой импульс приобретет вторая половинка тела?

- 1) 19,4 кг·м/с; 2) -1,4 кг·м/с; 3) 13,4 кг·м/с; 4) 18 кг·м/с.

179. Тело массой 4 кг движется горизонтально. Изменение его координаты подчиняется закону $x = A + Bt + Ct^2$, где $A = 1$ м, $B = 2$ м/с, $C = 4$ м/с². Чему равен импульс тела в конце третьей секунды?

- 1) 8 кг·м/с; 2) 32 кг·м/с; 3) 96 кг·м/с; 4) 104 кг·м/с.

Механическая работа. Мощность

180. При совершении механической работы перемещение:

- 1) может отсутствовать;
2) может быть направлено в любую сторону;
3) должно иметь отличную от нуля проекцию на направление действующей силы;
4) должно быть перпендикулярно направлению действующей силы.

Простые механизмы. Коэффициент полезного действия

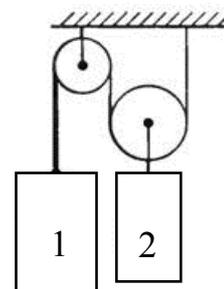
187. Простыми механизмами являются:

- А) топор;
- Б) лопата;
- В) наклонная плоскость;
- Г) подвижный блок.

1) Г; 2) В и Г; 3) Б, В, Г; 4) А, Б, В, Г.

188. Система находится в равновесии. Определить массу первого груза, если сила тяжести второго груза равна 200 Н. Трением, растяжением нити и массой блоков пренебречь.

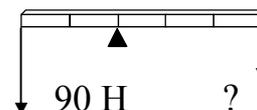
1) 100 кг; 2) 40 кг; 3) 20 кг; 4) 10 кг.



189. Груз массой 40 кг равномерно подняли на 2 м, прикладывая к концу шнура, перекинутого через неподвижный блок, силу в 500 Н. КПД блока равно:

1) 16 %; 2) 32 %; 3) 40 %; 4) 80 %;

190. Какую силу надо приложить ко второму плечу невесомого рычага, чтобы система была уравновешена?



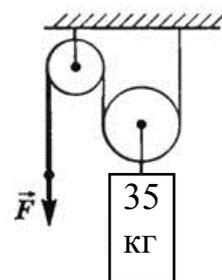
1) 30 Н; 2) 45 Н; 3) 60 Н; 4) 90 Н.

191. По наклонной плоскости длиной 5 м и высотой 2 м равномерно подняли груз массой 180 кг, приложив силу 1080 Н. КПД наклонной плоскости равно:

1) 89 %; 2) 78 %; 3) 67 %; 4) 54 %.

192. Указанный груз равномерно подняли на 2 м силой $F = 250$ Н. КПД подвижного блока равно:

- 1) 167 %; 2) 70 %; 3) 90 %; 4) 140 %.



193. Груз массой 48 кг, лежащий посередине длинного бруса, равномерно подняли на 10 см, приподняв один из торцов бруса силой 300 Н. КПД данного рычага равно:

- 1) 160 %; 2) 48 %; 3) 60 %; 4) 80 %.

Механическая энергия

194. Видами механической энергии являются:

- | | |
|-------------|-------------------|
| 1) А, Б, В; | А) внутренняя; |
| 2) А и Г; | Б) кинетическая; |
| 3) Б и В; | В) потенциальная; |
| 4) Б, В, Г. | Г) хаотическая. |

195. Потенциальную энергию описывают уравнения:

А) $W = \frac{mv^2}{2}$; Б) $W = \frac{mR^2\omega^2}{2}$; В) $W = mgh$; Г) $W = \frac{kx^2}{2}$.

- 1) А, Б, В; 2) А и Г; 3) Б и В; 4) В и Г.

196. Кинетическую энергию описывают уравнения:

А) $W = \frac{mv^2}{2}$; Б) $W = \frac{mR^2\omega^2}{2}$; В) $W = mgh$; Г) $W = \frac{kx^2}{2}$.

- 1) А и Б; 2) А, Б, В; 3) А, Б, Г; 4) Б и Г.

197. Значения механической энергии:

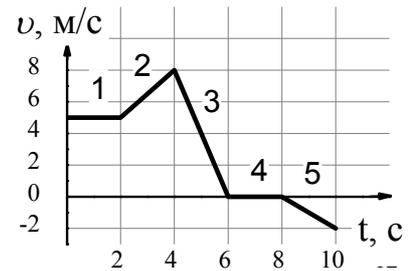
- 1) W_K и W_{II} относительны;
- 2) W_K и W_{II} абсолютны;
- 3) W_K – абсолютны, а W_{II} – относительны;
- 4) W_K – относительны, а W_{II} – абсолютны.

198. Наибольшей кинетической энергией автомобиль, движущийся по дороге со скоростью 100 км/ч, обладает относительно:

- 1) движущегося навстречу автомобиля;
- 2) Земли;
- 3) Луны;
- 4) Солнца.

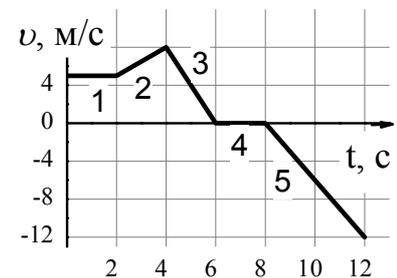
199. Вычислить наибольшую кинетическую энергию, которой обладало тело, массой 50 кг, двигаясь согласно графика:

- 1) 6,4 кДж;
- 2) 1,6 кДж;
- 3) 400 Дж;
- 4) 3,2 кДж



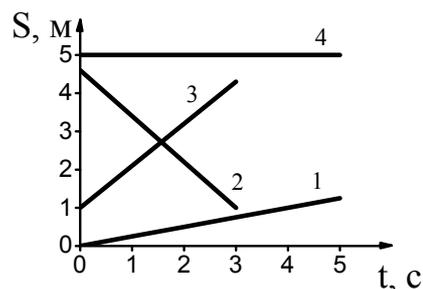
200. Вычислить наибольшую кинетическую энергию, которой обладало тело, массой 0,5 т, двигаясь согласно графика:

- 1) 16 Дж;
- 2) 3,6 кДж;
- 3) 16 кДж;
- 4) 36 кДж.



201. Все тела имеют одинаковую массу. Какое тело будет обладать наибольшей кинетической энергией к концу 5-й секунды, если характер движения тел сохранится?

- 1) ; 2) 2; 3) 3; 4) .



202. Наибольшей потенциальной энергией автомобиль, движущийся по эстакаде со скоростью 90 км/ч, обладает относительно:

- 1) движущегося навстречу автомобиля; 2) Земли;
2) Луны; 4) Солнца.

203. Ведро с краской подняли на 10 этаж. Если его полная масса 11 кг, а высота одного этажа 3 м, то потенциальная энергия ведра изменилась на:

- 1) 3 кДж; 2) 330 Дж; 3) 300 Дж; 4) 3,3 кДж.

204. Пакет с мусором массой 4 кг выбросили в мусоропровод с 10 этажа. Найти изменение потенциальной энергии пакета, если высота одного этажа 3,5 м.

- 1) 1,4 кДж; 2) -1,3 кДж; 3) -1,4 кДж; 4) 1,3 кДж.

205. Пружину жесткостью 10 Н/м сжали сначала на 2 см, а затем еще на 3 см. Энергия сжатой пружины:

- 1) 50 Дж; 2) 250 мДж; 3) 12,5 мДж; 4) 125 Дж.

Закон сохранения механической энергии

206. Мерой изменения механической энергии служит:

- 1) механическая работа;
2) один джоуль;
3) усталость;
4) соотношение потенциальной и кинетической энергий.

207. Закон сохранения механической энергии утверждает, что:

- 1) механическая энергия любого тела всегда постоянна;
- 2) сумма потенциальной и кинетической энергий любого тела всегда постоянна;
- 3) механическая энергия замкнутой системы не меняется;
- 4) механическая энергия меняется только в замкнутой системе.

208. Падая с высоты 5,6 м, 200 кг бочка у поверхности Земли приобрела кинетическую энергию:

- 1) 11,2 кДж;
- 2) 1120 Дж;
- 3) 112 Дж;
- 4) 11,2 Дж.

209. Пущенная вертикально вверх стрела массой 100 г взлетела на 45 м. Начальная скорость стрелы составила:

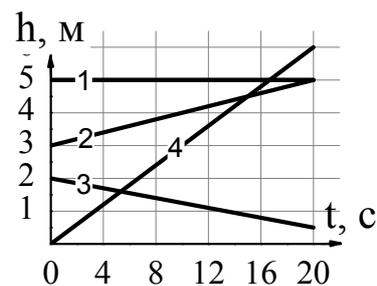
- 1) 60 м/с;
- 2) 45 м/с;
- 3) 30 м/с;
- 4) 15 м/с.

210. Пущенная под углом 45° к горизонту стрела массой 150 г взлетела на 20 м. Начальная скорость стрелы составила:

- 1) 42 м/с;
- 2) 35 м/с;
- 3) 28 м/с;
- 4) 21 м/с.

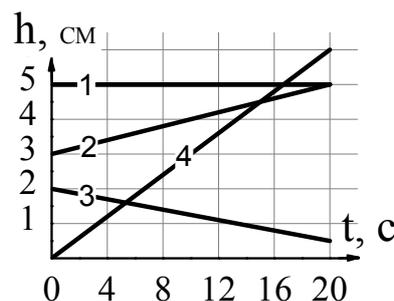
211. Найти отношение изменений потенциальных энергий третьего тела ко второму за время 20 с, если их массы одинаковы.

- 1) 0,75;
- 2) -0,75;
- 3) 1,5;
- 4) -1,5.



212. До какой скорости сможет разогнаться четвертое тело, если оно после 20 с начало свободное падение?

- 1) 11 м/с;
- 2) 1 м/с;
- 3) 1,1 м/с;
- 4) 1,2 м/с.



213. Математический маятник отклонили от положения равновесия так, что его центр масс приподнялся на 20 см и отпустили. Максимально достижимая скорость такого маятника равна:

- 1) 2 м/с; 2) 3 м/с; 3) 4 м/с; 4) 1 м/с.

214. Игрушечный пистолет сжимает пружину жесткостью $k = 100$ Н/м на 10 см. Определить максимальную дальность полета шарика массой 10 г, если выстрел произведен горизонтально с высоты 1 м.

- 1) 2,5 м; 2) 3,5 м; 3) 4,5 м; 4) 5,5 м.

Момент силы. Равновесие

215. Момент силы - это:

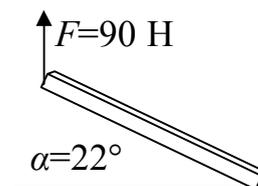
- 1) время действия силы;
2) произведение силы на ее плечо;
3) произведение силы на время действия;
4) отношение силы к плечу.

216. Плечо силы – это:

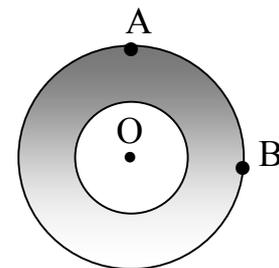
- 1) расстояние от оси вращения до точки приложения силы;
2) вектор, указывающий точку приложения силы;
3) длина перпендикуляра, опущенного от оси вращения на линию действия силы;
4) расстояние от центра масс до линии действия силы.

217. Определить момент действующей силы, если приподнята 6 - метровая балка:

- 1) 420 Н·м; 2) 460 Н·м;
3) 500 Н·м; 4) 540 Н·м.

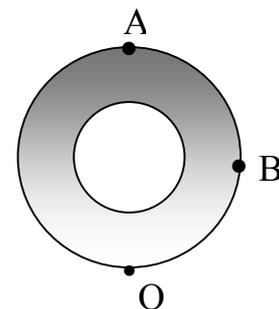


218. Сила в 100 Н, направленная вертикально, была приложена сначала к точке *A*, а затем к точке *B* на ободе колеса радиусом 2,5 м, имеющим ось вращения *O*. Момент сил последовательно был:



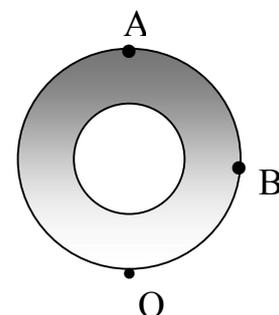
- 1) 0 и 250 Н·м;
- 2) 250 Н·м и 0;
- 3) 250 Н·м и 250 Н·м;
- 4) 0 и 0.

219. Сила в 100 Н, направленная вертикально, была приложена сначала к точке *A*, а затем к точке *B* на ободе колеса радиусом 3 м, имеющим ось вращения *O*. Момент сил последовательно был:



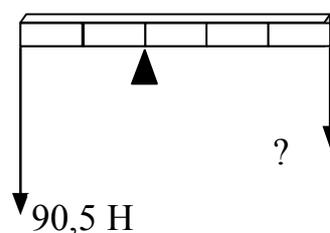
- 1) 0 и 300 Н·м;
- 2) 600 Н·м и 300 Н·м;
- 3) 300 Н·м и 300 Н·м;
- 4) 0 и 0.

220. Сила в 150 Н, направленная горизонтально, была приложена сначала к точке *A*, а затем к точке *B* на ободе колеса радиусом 4 м, имеющим ось вращения *O*. Момент сил последовательно был:



- 1) 600 Н·м и 300 Н·м;
- 2) 1200 Н·м и 600 Н·м;
- 3) 600 Н·м и 600 Н·м;
- 4) 4) 0 и 0.

221. Какую силу надо приложить ко второму плечу рычага, состоящему из пяти секций, масса каждого из которых 1 кг, чтобы система была уравновешена?



- 1) 48 Н;
- 2) 52 Н;
- 3) 61 Н;
- 4) 90,5 Н.

Давление. Закон Паскаля

222. Давление, оказываемое телом на опору, это отношение:

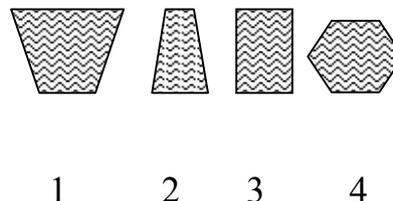
- 1) величины силы давления к плотности тела;
- 2) массы тела к его площади опоры;
- 3) величины силы тяжести к его площади опоры;
- 4) проекции силы тяжести на перпендикуляр к опоре к площади опоры.

223. Давление жидкости на дно зависит:

- А) от площади дна сосуда;
- Б) ускорения свободного падения;
- В) плотности жидкости;
- Г) высоты жидкости в сосуде.

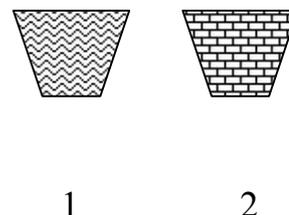
- 1) Г; 2) В и Г; 3) Б, В, Г; 4) А, Б, В, Г.

224. Сосуды разного объема, но одинаковой высоты с равной площадью основания заполнили одинаковой жидкостью. В каком сосуде жидкость оказывает наименьшее давление на дно?



- 1) 1 и 4;
- 2) 2;
- 3) 3;
- 4) во всех одинаковое;

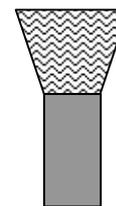
225. Два одинаковых сосуда заполнили: первый – жидкостью, а второй – твердым материалом. Если плотность веществ будет одинакова, то соотношение давлений на дно сосудов окажется:



- 1) $p_1 = p_2$;
- 2) $p_1 > p_2$;
- 3) $p_1 < p_2$;
- 4) $p_1 = p_2 = 0$.

226. Невесомый сосуд, стоящий на тумбе, заполнили жидкостью.

Сравните давление жидкости на дно сосуда p_1 и давление заполненного сосуда на поверхность тумбы p_2 .



- 1) $p_1 = p_2$;
- 2) $p_1 > p_2$;
- 3) $p_1 < p_2$;
- 4) $p_1 = p_2 = 0$.

227. В закрытом сосуде температура воды понизилась до 5°C . Давление воды на дно:

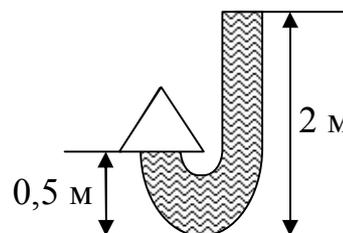
- 1) понизилось, так как уменьшились объем и высота столба воды;
- 2) увеличилось, так как увеличилась плотность воды;
- 3) не изменилось, так как уменьшился объем, а плотность увеличилась;
- 4) изменилось, но нельзя сказать в какую сторону, так как температура неизвестна.

228. В гидравлическом прессе диаметр большого поршня 16 см. К малому поршню диаметром 2 см приложили перпендикулярную силу в 500 Н. Сила давления большого поршня равна:

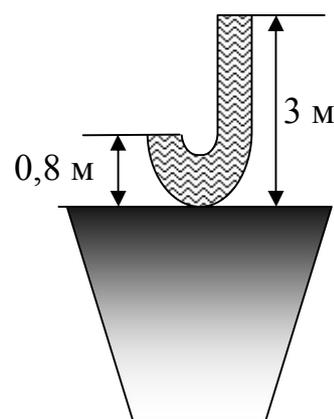
- 1) 32 кН;
- 2) 16 кН;
- 3) 4 кН;
- 4) 500 Н.

229. Давление дистиллированной воды на треугольную пробку составит:

- 1) $2,5 \cdot 10^4$ Па;
- 2) $2 \cdot 10^4$ Па;
- 3) $1,5 \cdot 10^4$ Па;
- 4) $0,5 \cdot 10^4$ Па.



230. Показанную на рисунке трубку с мембраной на коротком конце заполнили водой и опускают в ведро с такой же жидкостью. При каком уровне погружения мембрана окажется в ненагруженном состоянии?



- 1) 0,8 м; 2) 2,2 м;
3) 3 м; 4) 3,8 м.

Архимедова сила. Плавание тел

231. Архимедова сила действует на тело, расположенное

- | | |
|-------------|--------------------|
| 1) А, Б, В; | А) в газе; |
| 2) А и Б; | Б) в жидкости; |
| 3) А; | В) в твердом теле. |
| 4) Б. | |

232. Архимедова сила – это сила:

- 1) равнодействующая между выталкивающей силой и силой тяжести;
- 2) выталкивающая сила;
- 3) сила давления жидкости или газа;
- 4) погружающая сила.

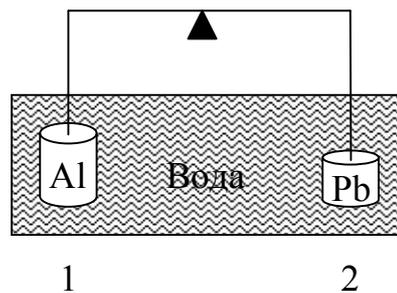
233. Шар с плотностью 400 кг/м^3 плавает в жидкости с плотностью 800 кг/м^3 .
Какая часть объема шара погружена в жидкость?

- 1) $0,25V_{\text{ш}}$; 2) $0,4V_{\text{ш}}$; 3) $0,5V_{\text{ш}}$; 4) $0,6V_{\text{ш}}$;

234. Шар радиусом 62 см с плотностью 600 кг/м^3 плавает в жидкости с плотностью 1200 кг/м^3 . Объем шара, погруженный в жидкость

- 1) $0,4 \text{ м}^3$; 2) $0,5 \text{ м}^3$; 3) $0,6 \text{ м}^3$; 4) 1 м^3 .

235. Два однородных тела из указанных материалов, опущенные в воду, оказались уравновешены на рычажных весах. Какое из тел окажется ниже, если откачать воду из сосуда?



- 1) 2;
- 2) 1;
- 3) опустятся и 1 и 2, но равновесие сохранится;
- 4) поднимутся и 1 и 2, но равновесие сохранится .

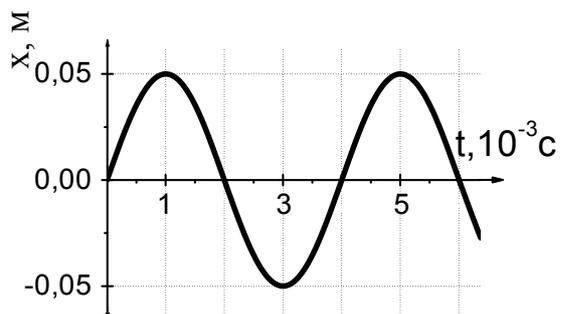
Механические колебания и волны

236. Амплитуда – это:

- 1) отклонение от положения равновесия;
- 2) максимальное отклонение от положения равновесия;
- 3) перемещение за полпериода;
- 4) перемещение за один период.

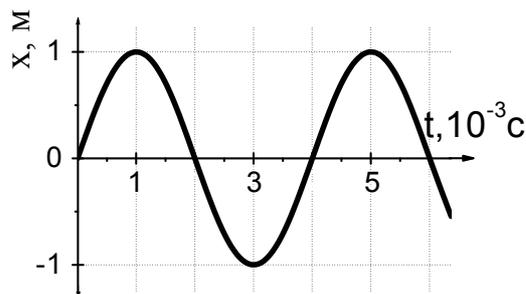
237. Определить амплитуду колебательного процесса:

- 1) -5 м;
- 2) -50 см ;
- 3) 5 см;
- 4) 10 см.



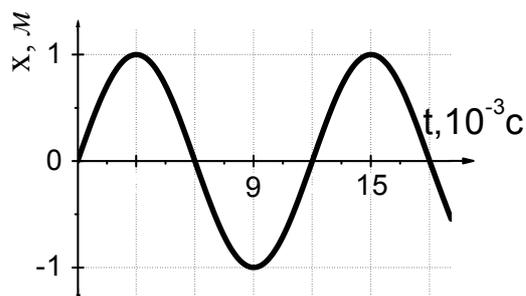
238. Определить период колебательного процесса:

- 1) 1 мс;
- 2) 2 мс;
- 3) 3 мс;
- 4) 4 мс.



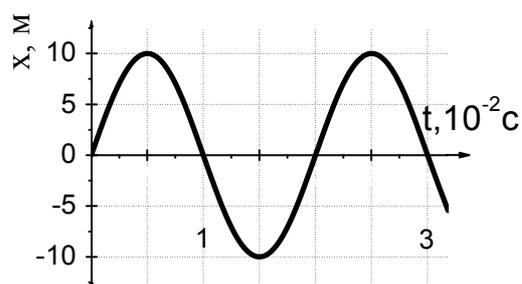
239. Определить частоту колебательного процесса:

- 1) 83 Гц;
- 2) 203 Гц;
- 3) 333 Гц;
- 4) 523 Гц.



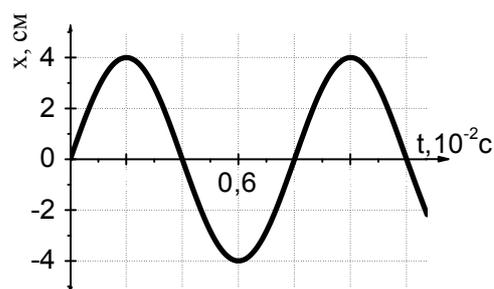
240. Определить циклическую частоту колебательного процесса:

- 1) 0,5 рад/с;
- 2) 628 рад/с;
- 3) 314 Гц;
- 4) 500 рад/с.



241. Определить амплитуду колебательного процесса и его период:

- 1) 8 см и 0,8 мс;
- 2) 4 см и 8 мс;
- 3) 4 см и 0,8 мс;
- 4) 8 см и 8 мс.



242. Гармоническое колебание – колебание, происходящее по закону:

1) $x = A\cos(\omega t + \varphi_0)$;

2) $x = At\sin(\omega t + \varphi_0)$;

3) $x = A\cos(\varphi_0 t - \omega)$;

4) $x = A(\cos^2(\varphi_0 t + \omega) + \sin^2(\varphi_0 t + \omega))$.

243. Даны уравнения ряда колебательных процессов. Какой из них является гармоническим процессом?

1) $x = 2\cos(3t - \pi/3)$;

2) $x = -0,2\sin(8 + \pi)$;

3) $y = 5t\cos(0,01\pi t + \pi/12)$;

4) $y = -36\sin(3,14t^2 - \pi)$.

244. Во сколько раз путь, пройденный колеблющимся телом за 5 периодов, больше его амплитуды?

1) в 5 раз; 2) в 10 раз; 3) в 15 раз; 4) в 20 раз.

245. Первый шарик массой 250 г подвесили на метровой нерастяжимой нити, а второй, массой в два раза больше, на нити в четверть метра. При свободных гармонических колебаниях шаров их соотношение периодов T_1/T_2 составит

1) 1; 2) 1,4; 3) 2; 4) 4.

246. Первый шарик массой 250 г подвесили на метровой пружине, а второй, массой в два раза больше, на аналогичной пружине, но в четверть метра. При свободных гармонических колебаниях шаров их соотношение периодов T_1/T_2 составит:

1) 1; 2) 1,4; 3) 2; 4) 4.

247. Шарик массой 500 г подвесили на метровой пружине жесткостью 30 Н/м. При воздействии внешней силы амплитуда колебаний достигла 8 см. Определить энергию колебаний шарика.

1) 96 мДж; 2) 0,192 Дж; 3) 0,4 Дж; 4) 0,8 Дж.

248. Волна:

- 1) переносит вещество без переноса энергии;
- 2) переносит энергию без переноса вещества;
- 3) переносит и вещество и энергию;
- 4) колеблет вещество и энергию у положения равновесия.

249. Определить длину волны частотой 5 Гц, если она распространяется со скоростью 10 м/с.

- 1) 0,5 м; 2) 1 м; 3) 2 м; 4) 4 м.

250. Подберите пары в соответствии с физическим смыслом понятий:

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 1) А – В и Б – Г; | А) высота тона; |
| 2) А –Г и Б – В; | Б) громкость звука; |
| 3) А – Б и В – Г; | В) амплитуда; |
| 4) пары отсутствуют. | Г) частота. |

Задачи повышенного и высокого уровня сложности

251. Пассажир поезда, идущего со скоростью 72 км/ч, замечает, что встречный поезд, идущий со скоростью 54 км/ч, проходит мимо за 8 с. Найти длину второго поезда. (Ответ: 280 м).

252. Катер со скоростью 90 км/ч проходит расстояние от носа теплохода до его кормы и обратно за 50 с. Определить скорость теплохода, если его длина 225 м, а вода неподвижна. (Ответ: 20 м/с).

253. Два предмета выпали из окон на разных этажах, но коснулись земли одновременно. Предметы падали одну и две секунды. На какой высоте было тело, выпавшее первым, когда второе тело только начало падать? (Ответ: 15 м).

254. Два предмета выпали из окон на разных этажах, но коснулись земли одновременно. Предметы падали одну и две секунды. Каким было расстояние между телами, когда второе тело только начало падать? (Ответ: 10 м).

255. Со скалы высотой 28 м со скоростью 8 м/с камень брошен вниз. Определить скорость камня в момент падения на землю. (Ответ: 25 м/с).

256. Со скалы высотой 28 м со скоростью 8 м/с камень брошен вверх. Определить скорость камня в момент падения на землю. (Ответ: 25 м/с).
257. С вышки высотой 75 метров из пращи под углом 30° к горизонту выпускают камень со скоростью 20 м/с. На каком расстоянии от вышки камень упадет на землю? (Ответ: 116 м).
258. Определить радиус круговой орбиты космической станции, период обращения которой равен половине суток. (Ответ: 6,7 тыс. км).
259. Найти линейную скорость и центростремительное ускорение материальных точек, расположенных на поверхности Земли, на широте 60° и на экваторе. (Ответ: 233 м/с; $1,5 \text{ км/с}^2$ и 465 м/с; 3 км/с^2).
260. Три одинаковых бруска массой m каждый, связанные нерастяжимыми невесомыми нитями, лежат на ровном гладком столе. Правый брусок тянут с силой F за нить, привязанную впереди бруска. Определить силы натяжения всех нитей, если силы трения пренебрежимо малы. (Ответ: F ; $2/3 F$; $1/3 F$).
261. Определить силу, которая телу массой 5 кг, лежащему на горизонтальной поверхности, придала ускорение 40 см/с^2 . Коэффициент сопротивления движению равен 0,6. (Ответ: 32 Н).
262. Определить силу, которая телу массой 5 кг, лежащему на наклонной поверхности с углом наклона 30° , придала ускорение 40 см/с^2 . Коэффициент сопротивления движению равен 0,6. (Ответ: 532 Н).
263. Горизонтальная платформа начинает вращаться вокруг своей вертикальной оси с возрастающей скоростью. Груз, имеющий коэффициент трения с платформой 0,5 и расположенный на расстоянии 50 см от ее оси начал соскальзывать. Какого количества оборотов в секунду достигла вращающаяся платформа? (Ответ: 1об./с).
264. Человек массой 80 кг качается лежа в гамаке, подвешенном на двух канатах длиной 8 м. Определить натяжение каждого каната, если положение равновесия гамак проходит со скоростью 5 м/с. (Ответ: 1,05 кН).
265. После выстрела вертикально вверх с начальной скоростью 0,036 км/с шарик массой 20 г достиг наивысшего положения через 3 с. Определить среднюю силу сопротивления движению шарика во время полета. (Ответ: 40 мН.).
266. С вершины наклонной плоскости длиной 76,8 см с углом наклона в 30° к горизонту из состояния покоя соскальзывает брусок массой m . Найти время спуска бруска, если коэффициент трения бруска о поверхность 0,4. (Ответ: 1с).

267. Автомобиль со всеми ведущими колесами и массой 2 т тянет прицеп, масса которого 1 т. Автомобиль движется равноускоренно вверх под углом 6° к горизонту. Коэффициент трения между шинами автомобиля и дорогой 0,6. Какова максимально возможная сила натяжения прицепного троса? Силой трения качения у прицепа пренебречь. (Ответ: 4 кН).
268. На высоте 137,5 м из зависшего над землей вертолета выбросили вымпел массой 1,5 кг вертикально вниз со скоростью 25 м/с. Вымпел углубился в землю на 15 см. Найти среднюю силу сопротивления почвы пренебрегая сопротивлением воздуха. (Ответ: 10 кН).
269. На высоте 137,5 м из вертолета выбросили вымпел массой 1,5 кг вертикально вниз со скоростью 25 м/с. Вымпел вошел в грунт на 15 см. Найти среднюю силу сопротивления почвы пренебрегая сопротивлением воздуха, если вертолет летел горизонтально со скоростью 161 км/ч. (Ответ: 20 кН).
270. Двигатель электромобиля потребляет 600 Вт при скорости 72 км/ч. КПД трансмиссии составляет 70 %. Найти силу тяги электромобиля. (Ответ: 21 Вт).
271. Камень массой 10 кг сорвался со скалы и падал на землю 3 с. Найти кинетическую энергию камня в $1/3$ начальной высоты от земли. (Ответ: 3 кДж).
272. Брошенное с поверхности земли вертикально вверх тело массой 400 г упало обратно через 1,5 с. Найти потенциальную энергию тела за 1 с до падения и кинетическую энергию в момент падения. (Ответ: 10 Дж и 11,25 Дж).
273. Через 1,5 с тело массой 30 г, брошенное вертикально вверх со скоростью 24 м/с, достигло высшей точки подъема. Найти среднее значение силы сопротивления движению, действовавшей на тело и высоту подъема тела. (Ответ: 0,18 Н и 18 м).
274. Сколько времени тело из предыдущей задачи должно падать вниз из верхней точки, чтобы средняя сила сопротивления движению осталась прежней? (Ответ: 7,5 с).
275. Найти ускорение бруска, соскальзывающего с плоскости, наклоненной под углом 30° к горизонту при коэффициенте трения 0,4. (Ответ: $1,5 \text{ м/с}^2$).
276. Брусок массой 2 кг лежит на наклонной плоскости (угол наклона 60°), к вершине которой прикреплен неподвижный идеальный блок. Через блок перекинута невесомая нерастяжимая нить, одним концом привязанная к бруску, а к другому концу нити подвешена гиря массой 3 кг. Найти ускорение бруска, если его коэффициент трения о плоскость равен 0,26. (Ответ: 2 м/с^2).

277. Какая сила может сообщить ускорение 20 см/с^2 вагонетке, имеющей коэффициент сопротивления движению $0,02$, на прямом горизонтальном участке? (Ответ: $0,8 \text{ кН}$).
278. Какая сила может сообщить ускорение 20 см/с^2 вагонетке, имеющей коэффициент сопротивления движению $0,02$, на прямом участке с углом подъема 30° ? (Ответ: $10,74 \text{ кН}$).
279. Коробка массой 60 кг давит на пол лифта с силой 642 Н . Найти величину ускорения и направление движения лифта. (Ответ: $0,7 \text{ м/с}^2$; вверх).
280. Ящик массой 160 кг давит на пол лифта с силой 1680 Н . За какое время лифт пройдет 100 м при равноускоренном движении? (Ответ: 20 с).
281. Трактор массой 10 т , развивающий полезную мощность 250 кВт , поднимается в гору со скоростью 5 м/с . Определить угол наклона горы. (Ответ: 30°).
282. Мяч, упав с высоты 60 м , ударяется о плиту, наклоненную на 15° к горизонту и после абсолютно упругого удара, отскакивает, поднявшись на $48,75 \text{ м}$ над земляной поверхностью. Найти время свободного падения мяча до удара о плиту. (Ответ: 3 с).
283. Мяч свободно падает с высоты 3 м на наклонную поверхность с углом наклона в 30° к горизонту и, после упругого соударения вновь падает на ту же поверхность. Найти расстояние между точками падения мяча (Ответ: 12 м).
284. На горизонтально покоящееся тело действуют внешней силой, меняющейся по закону $F = Kt$, где $K = \text{const}$. Движение тела началось в начале 4 с внешнего воздействия, а к концу 4 с ускорение тела достигло $0,2 \text{ м/с}^2$. Определить коэффициент сопротивления движению. (Ответ: $0,06$).
285. На правом краю доски длиной 4 м лежит брусок. Доска начинает двигаться горизонтально вправо с ускорением $5,5 \text{ м/с}^2$. Через какое время брусок соскользнет с левого края доски, если коэффициент трения между бруском и доской равен $0,5$? (Ответ: 4 с).
286. На левом конце телеги длиной 3 м и массой 160 кг стоит человек массой 80 кг . На какое расстояние относительно земли может передвинуться телега в идеальном случае, если человек перейдет с постоянной скоростью на ее правый конец? (Ответ: 1 м).
287. Два строителя несут трехметровое цилиндрическое бревно массой 75 кг так, что первый держит его за торец, а второй – в полуметре от другого торца. Найти нагрузку на каждого строителя. (Ответ: 500 Н и 250 Н).

- 288.** Пуля массой 9 г, летящая горизонтально со скоростью 500 м/с, попадает в стену дома и пробивает ее насквозь, вылетая со скоростью 300 м/с. Определить среднюю силу сопротивления движению пули в стене, если толщина стены 9 см. (Ответ: 8 кН).
- 289.** Пуля массой 9 г, летящая горизонтально со скоростью 650 м/с, попадает в доску, лежащую на скользком крыльце дома, и пробивает ее насквозь, вылетая со скоростью 450 м/с. Определить изменение кинетической энергии доски, если ее масса 4,5 кг. (Ответ: 360 мДж).
- 290.** Шайба массой 500 г на скорости 10 см/с ударяется о неподвижный пластилиновый комочек массой 125 г и слипается с ним. Определить кинетическую энергию шайбы и комочка после удара. (Ответ: 1,6 мДж и 0,4 мДж).
- 291.** Навстречу деревянному бруску, скользящему по горизонтальному полу, летит липкий шарик с постоянной скоростью 10 м/с. После столкновения, при котором скорость бруска была 20 м/с, шарик прилипает к бруску и они движутся вместе. Масса бруска в 1,5 раза больше массы шарика, а коэффициент трения скольжения бруска о пол 0,5. Определить, на каком расстоянии от места столкновения скорость слипшихся тел уменьшится в два раза. (Ответ: 2,4 м).
- 292.** Горизонтально летящий объект разорвался на две части массами 100 г и 50 г. Скорость меньшего осколка равна 80 м/с и совпадает с начальной скоростью объекта по направлению. Определить направление и величину скорости большего осколка, если скорость объекта составляла 10 м/с. (Ответ: в обратном направлении; 17,5 м/с).
- 293.** Гранату подбросили вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. В точке максимального подъема граната разрывается на два осколка, массы которых относятся как 1:2. Осколок меньшей массы упал на Землю вертикально со скоростью 49 м/с. Найти скорость большего осколка при падении на землю. (Ответ: 30 м/с).
- 294.** Гранату подбросили вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. В точке максимального подъема граната разрывается на два осколка, массы которых относятся как 1:2 и разлетаются горизонтально. Осколок меньшей массы упал на Землю со скоростью 49 м/с. Найти скорость большего осколка при падении на землю. (Ответ: 30 м/с).
- 295.** Гранату подбросили вертикально вверх с начальной скоростью 15 м/с. В точке максимального подъема граната разрывается на два осколка, массы которых относятся как 1:2 и разлетаются горизонтально. Осколок меньшей массы упал на Землю со скоростью 25 м/с. Найти расстояние между осколками при падении на землю. (Ответ: 45 м).

- 296.** Плоская льдина выступает над поверхностью воды на 2 см. Найти массу льдины, если ее площадь 200 см^2 . (Ответ: 4,6 кг).
- 297.** Определить плотность однородного тела, вес которого в воздухе 2,8 Н, а в воде – 1,4 Н. Выталкивающей силой воздуха пренебречь. (Ответ: 2000 кг/м^3).
- 298.** Определить вес тела в воздухе, если в воде тело весит 2 Н, а в керосине – 3 Н. (Ответ: 7 Н).
- 299.** Тело массой 0,25 кг колеблется на невесомом стержне длиной 2 м. Определите силу, с которой стержень действует на тело в нижней точке траектории, в которой тело имеет скорость 2 м/с. (Ответ: 3 Н).
- 300.** На подвешенный за верхнюю точку невесомый стержень длиной 0,5 м закрепили первое тело массой 100 г. К этому телу жестко прикрепили второй такой же стержень, на противоположном конце которого закрепили второе тело массой 50 г. Определить максимальную силу, с которой верхний стержень воздействует на первое тело при колебаниях системы, если скорость второго тела в нижней точке равна 2 м/с. (Ответ: 1,9 Н).
- 301.** На невесомой нерастяжимой нити длиной 50 см в вертикальной плоскости без трения вращается грузик. Какую скорость в положении равновесия должен иметь грузик для такого движения? (Ответ: $\geq 5 \text{ м/с}$).
- 302.** Груз массой 200 г, подвешенный на нити длиной 1 м, отведен от вертикального положения и отпущен. В момент прохождения положения равновесия сила натяжения нити равна 2,54 Н. Найти начальный угол отклонения груза. (Ответ: 30°).
- 303.** Два тела массой 600 г и 1 кг подвешены в одной точке на одинаковых нитях длиной 1,28 м. Более массивное тело отклонили на угол 90° и отпустили. Найти высоту подъема тел после соударения, если удар абсолютно неупругий. (Ответ: 0,5 м).
- 304.** Шар массой 0,9 кг, подвешенный на нити длиной 180 см, отводят от положения равновесия на угол 41° и отпускают. При прохождении шаром положения равновесия его пробивает встречная пуля массой 9 г, сохраняющая свое горизонтальное движение и далее. Найти изменение скорости пули в результате ее попадания в шар, учитывая, что шар, продолжая движение в прежнем направлении, сохранил свою массу, но максимально отклонился от положения равновесия только на 28° ($\cos 41^\circ = 3/4$; $\cos 28^\circ = 8/9$). (Ответ: 100 м/с).

Таблица 4. Ключи к задачам с 01 по 020 и с 1 по 250

01	1	1	1	21	3	41	4	61	3	81	2	101	1	121	1	141	3
02	3	2	1	22	4	42	3	62	3	82	4	102	4	122	3	142	4
03	2	3	3	23	4	43	2	63	4	83	3	103	3	123	3	143	1
04	3	4	2	24	2	44	3	64	4	84	4	104	4	124	4	144	3
05	4	5	2	25	2	45	1	65	3	85	1	105	4	125	1	145	4
06	1	6	3	26	4	46	2	66	4	86	1	106	1	126	4	146	4
07	1	7	2	27	1	47	4	67	1	87	4	107	2	127	1	147	3
08	2	8	1	28	1	48	4	68	2	88	3	108	4	128	3	148	4
09	2	9	2	29	2	49	1	69	4	89	4	109	3	129	2	149	-
010	4	10	4	30	3	50	1	70	2	90	1	110	4	130	1	150	3
011	1	11	3	31	1	51	2	71	3	91	4	111	1	131	4	151	3
012	1	12	3	32	4	52	1	72	2	92	2	112	2	132	1	152	2
013	2	13	4	33	3	53	4	73	3	93	4	113	3	133	1	153	1
014	4	14	3	34	1	54	2	74	1	94	3	114	2	134	1	154	1
015	1	15	2	35	4	55	4	75	2	95	1	115	4	135	3	155	2
016	2	16	1	36	2	56	2	76	1	96	2	116	4	136	2	156	2
017	3	17	3	37	4	57	1	77	1	97	4	117	2	137	1	157	1
018	3	18	3	38	1	58	3	78	4	98	2	118	3	138	3	158	1
019	4	19	3	39	4	59	4	79	3	99	1	119	3	139	1	159	2
020	2	20	4	40	3	60	3	80	4	100	2	120	1	140	1	160	1

Окончание табл. 4

161	2	181	4	201	3	221	2	241	2
162	2	182	2	202	2	222	4	242	1
163	3	183	1	203	1	223	3	243	1
164	3	184	1	204	2	224	4	244	4
165	4	185	3	205	3	225	1	245	3
166	1	186	1	206	1	226	3	246	2
167	4	187	4	207	3	227	3	247	1
168	2	188	4	208	1	228	1	248	2
169	4	189	4	209	3	229	3	249	3
170	2	190	3	210	3	230	3	250	2
171	1	191	3	211	2	231	2		
172	3	192	2	212	3	232	2		
173	1	193	4	213	1	233	3		
174	1	194	3	214	3	234	2		
175	2	195	4	215	2	235	2		
176	3	196	1	216	3	236	2		
177	2	197	1	217	3	237	3		
178	4	198	4	218	1	238	4		
179	4	199	2	219	1	239	1		
180	3	200	4	220	2	240	3		

Заключение

Вы познакомились с начальными основами механики. При этом не надо думать, что изложенные в этой книге материалы и приведенные в ней задачи охватывают весь круг вопросов, изучаемых современной наукой в этом направлении. В настоящее время наука о механике шагнула далеко за рамки классических представлений, где, как вы знаете, она обычно подразделяется на кинематику – учение о характере движения тел без анализа причин, вызывающих движение, статику – учение о равновесии сил и динамику – учение о влиянии сил на движение тел. В зависимости от того, движение каких объектов рассматривается, различают механику материальной точки и системы материальных точек, механику твердого тела и механику сплошных сред.

Классические законы механики были впервые сформулированы в 1687 году Исааком Ньютоном, однако если материальные точки движутся с очень большими скоростями, то классические законы движения следует модифицировать в соответствии с теорией относительности, предложенной Эйнштейном. Все законы классической механики не изменяются, если считать, что пространство, в котором происходят изучаемые движения, неподвижно, или что оно само движется прямолинейно и равномерно. В релятивистской механике, законы механики остаются неизменными, если считать, что пространство, в котором происходят изучаемые движения, неподвижно или что оно само движется.

Если же заняться изучением движения частиц атомных масштабов, то необходим переход к квантовой механике. Законы квантовой механики разрешают далеко не все виды движения, которые могли бы следовать из принципов классической или релятивистской механики, они допускают только движения, связанные с определенными величинами механического действия. Однако, теория относительности и квантовая механика не отменили классической теории и можно показать, что она строго вытекает из обеих новых теорий в том случае, когда рассматриваемые тела имеют макроскопические размеры и движутся с умеренными скоростями.

Раздел, изучающий механические свойства газов и жидкостей, подразделяется на гидростатику и гидродинамику, и обычно называется механикой жидкостей и газов.

Статистическая механика опирается на теорию газов и рассматривает в общем виде поведение системы, содержащей огромное число молекул или атомов, исходя из свойств таких отдельных частиц и законов, управляющих их поведением. Статистическая механика опирается на теорию вероятностей, основы ее были заложены во второй половине 19 века и, статистическая механика еще не достигла вершины своего развития.

Волновая механика описывает внутриатомные и внутримолекулярные движениями, словом движения, происходящие в весьма малом масштабе.

Толчком к возникновению волновой механики послужила двойственность природы света, с которой вы детально познакомитесь в 4 части пособия.

Аналитическая динамика – это дисциплина, в центре внимания которой находятся общие методы составления уравнений движения и их решения. В небесной механике методы аналитической динамики применяются при изучении чрезвычайно сложного движения планетных систем, поэтому небесная механика – раздел астрономии.

В настоящее время законы механики используются для расчетов машин, механизмов, строительных сооружений, транспортных средств, космических летательных аппаратов и т. п.

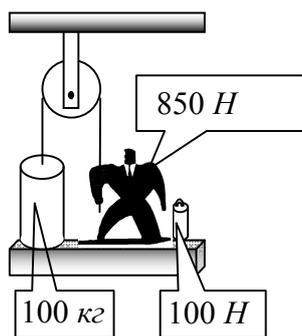
Формирование перечисленных выше разделов механики отражает историческое развитие этой науки и определяется использованием различных математических методов. Следует подчеркнуть, механика и физика как наука составляют единое целое, что наглядно будет продемонстрировано при изучении последующих разделов, большинство из которых окажутся тесно связанными с механикой. Поэтому успешное овладение законами механики – залог успешного освоения остальных разделов физики.

Для более глубокого изучения механики рекомендую обратиться к следующей литературе:

1. "Элементарный учебник физики. В 3 томах. Том 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика": Под редакцией Г. С. Ландсберга ФИЗМАТЛИТ 2010.
2. . Б. М. Яворский, А. А. Пинский, Основы физики. Том 1. Механика. Молекулярная физика. Электродинамика ФизМатЛит, 2008.
Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев. Физика т.1. Механика. ФизМатЛит, 2004.

Учебное издание
Урюпин Олег Николаевич
Урюпина Ксения Олеговна

К ЕГЭ ГОТОВ!



Ф И З И К А

ЧАСТЬ I

Механика

Учебное пособие

Оригинал-макет подготовлен авторами

Подписано в печать 27.10.11. Формат 60x84 1/16. Печать трафаретная.

Усл. печ. л. 6.7. Тираж 100 экз. Заказ 170/11

Сайт: <http://www.sutd.ru> E-mail: physicsutd@mail.ru

Отпечатано в типографии ФГБОУВПО «СПГУТД»

191028, Санкт-Петербург, ул. Моховая, 26