Семинар по школьной олимпиадной физике

ОЛИМПИАДНАЯ ФИЗИКА 9 КЛАСС

Развитие ума и интеллекта в большой степени зависит от увеличения «запасов» знакомых вещей, составляющих наш опыт, с одной стороны, и от нашей способности различать знакомые и незнакомые элементы в тех новых фактах, которые обнаруживаются в повседневной жизни или научном творчестве, с другой.

Я.И. Френкель

Организатор: Анатолий Найдин

г. Томск, ТФТЛ

2024

Занятие 1. Что изучает физика?

I. Знакомство. Олимпиадное движение. Кто определился, поставит плюс. Фото.

II. *Вопросы (повторим математику):*

1. Саша пригласил Петю в гости, сказав, что живёт в седьмом подъезде в квартире № 462, а этаж сказать забыл. Подойдя к дому, Петя обнаружил, что дом семиэтажный. На каком этаже живёт Саша? На каждом этаже число квартир одинаково, номера квартир в доме начинаются с единицы. В 7 подъезде на 5 этаже.
2. Оля собрала яблок на 400% больше, чем Коля. На сколько процентов меньше собрал яблок Коля? 80%
3. Малыш съедает банку варенья за 6 минут, а Карлсон - в два раза быстрее (медленнее). За какое время они съедят это варенье вместе? 2 мин (4 мин)
4. Десять бобров рассчитали, что могут построить плотину за 8 дней. Когда они отработали два дня, то выяснилось, что в виду надвигающегося паводка им необходимо закончить работу через 2 дня. Сколько бобров им необходимо позвать себе на подмогу? 20
5. В одной руке зажат 1 рубль, а в другой 10 рублей. Номинал монеты из правой руки умножили на 1, а номинал монеты из левой руки умножили на 2. Полученные произведения сложили. В какой руке находится монета в 10 рублей, если сумма нечетна? В левой
6. Одно из двух положительных чисел увеличилось на 1%, а другое – на 4%. Могла ли сумма этих чисел увеличиться на 3%? Могла, если в = 2а

III. Физика – наука о природе.

Физика изучает только физические явления: механические; **тепловые**; **электромагнитные; световые**. Предметом изучения физики являются и **физические объекты** (то, с чем происходит явление): пружинный маятник, лампа накаливания, жидкость, газ, человек (физика человека).

Что изучает биология, история, химия?

1. Наблюдения (пассивность наблюдений).

2. Эксперименты (построение экспериментальной установки).

3. Свойства объекта.

На примере нашего младшего брата – обезьяны показать, как человек изучает свойства объекта (вкусный – невкусный, съедобный - несъедобный и т.д.). Применение свойств объекта в технике и быту. Свойства нитяного маятника: **периодичность (T)**, **амплитуда колебаний (A), длина (ℓ), масса (m)**. Измерение длины нитяного маятника (25 см) и его периода колебаний. Можно ли вкус, запах или, например, ум назвать физической величиной?

Физической величиной называют измеримое свойство физического объекта или происходящего с ним процесса. Измерить какое-либо свойство, это сравнить его с однородным свойством, принятым за единицу. **Измерительный прибор – линейка.** Абсолютная и относительная погрешность при измерении линейкой. Какая из линеек дает меньшую относительную погрешность (точнее)? $\varepsilon = \frac{\Delta\ell}{\ell_{пр}}$.

Что показывает относительная погрешность? **При умножении и делении относительные погрешности складываются!** Какие еще свойства бруска вы

можете измерить?

4. **Физические законы.** Ключ к пониманию будущего - **фундаментальные законы природы**: новые изобретения, машины и методы лечения, созданные на их основе, определят будущее нашей цивилизации на многие десятилетия. Физика - это не только школьный предмет, но - наука, законы которой, к сожалению, нельзя игнорировать даже после окончания её изучения.

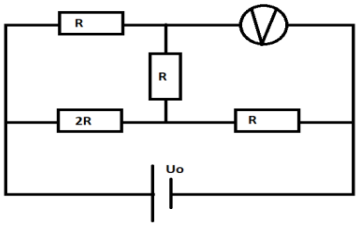
5. **Практические применения:** часы, маятник Фуко.

IV. *Задачи (блиц):*

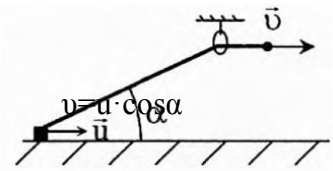
1. **К**акой минимальный объем занимала бы емкость с ковидом, если известно, что в мире одновременно болеют им 20 миллионов людей, а средняя вирусная нагрузка составляет 10 миллиардов вирусных частиц на человека? Частицу вируса SARS-CoV-2 для простоты расчетов можно считать кубом с ребром 100 нм. 0,2 л
2. **В** старинных мерах длины внутренний диаметр русской винтовки равен трем линиям. Известно, что в 1 м содержится 3,28 фута. В 1 футе – 12 дюймов, в одном дюйме – 10 линий. Выразите в миллиметрах диаметр ствола русской винтовки. 7,62
3. Морская миля определяется как длина части экватора Земли при смещении на одну угловую минуту. Сколько километров содержится в одной морской миле? В Риме длина, равная тысяче двойных шагов, получила название «миля». 1,85
4. Механические часы показывают 9 часов 24 минуты. Какой угол в этот момент составляют между собой часовая стрелка и минутная стрелка? Ответ приведите в градусах целого. Через сколько минут после этого момента минутная стрелка догонит часовую стрелку? 138^0. 25,1 мин

V. Олимпиада:

1. **К**огда спортсмен – любитель, совершая пробежку вдоль трамвайной линии, поравнялся с остановкой, от нее одновременно отошли два трамвая (в противоположных направлениях). Через 250 с после этого он встретил идущий ему навстречу трамвай, а еще через 125 с его обогнал трамвай. Определите интервал времени (в минутах) трамваев, если скорость спортсмена 8 км/ч. Время, которое трамвай стоит на остановке, очень мало. Расстояние между всеми остановками одинаково! 5 минут



2. **О**пределить показания вольтметра, изображенного на рисунке, если напряжение на батареи 12 В, а сопротивление R = 100 Ом. 9 В
3. К грузу, который может перемещаться по полу, прикреплен шнур, продетый через кольцо на высоте над полом. Шнур вытаскивают со скоростью υ. С какой скоростью u движется груз в момент, когда шнур составляет с плоскостью пола угол α?



4. За время t_1 = 90 с температура воды в электрочайнике несколько повысилась. Каков КПД чайника, если время его охлаждения вместе со всей водой до первоначальной температуры t_2 = 8,5 мин, а количество теплоты, пошедших на нагревание чайника и воды относятся между собой, как 1:4? 68%)?

Вопросы (блиц):

1. С какой точностью измеряют время ваши часы?
2. Частное в 2 раза меньше делимого и в 6 раз больше делителя. Найдите частное. 12
3. Поиграем словами! Каждое последующее слово должно начинаться на последнюю букву последнего физического слова.
4. Когда из кастрюли с компотом достали 10 брошенных туда Машей одинаковых кубиков, объём компота уменьшился на 2 литра. Какого размера были кубики?
5. На строительном рынке 150 одинаковых фанерных листов сложили в одну вертикальную стопку. Высота этой стопки оказалась равной 1,8 м. Абсолютная погрешность измерения высоты стопки составляет 3 см. Чему равна толщина одного фанерного листа с учетом погрешности измерений? (1,20 ± 0,02) см
6. Названия каких физических объектов начинается на букву А?
7. С какой точностью надо измерить сторону квадрата, чтобы определить его площадь с точностью не ниже 1%?
8. Найдутся ли натуральные числа X, Y и Z, удовлетворяющие условию 28X+30Y+31Z=365?
9. Старший брат семиклассника Пети решил проверить его физическую смекалку. Он показал ему формулу $\lambda = \frac{1}{1{,}41 \cdot \pi \cdot n \cdot d^2}$, в которой d измеряется в метрах, n - в 1/м^{3,} а π – безразмерная величина. В каких единицах измеряется λ? В метрах.
10. Какие физические слова состоят из трех слогов?

Олимпиада:

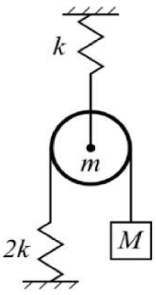
1. Тёплый пол. Отопление кухни организовано с помощью системы электрического тёплого пола. Сначала он работал в базовом режиме, и на кухне установилась температура t_1 = 18°C. Затем его мощность увеличили в 4 раза, и температура на кухне возросла до t_2 = 21°C. Какая температура tx установится на кухне, если базовую мощность увеличить в 9 раза? Определите температуру t_0 воздуха на улице. 26 и 17 на улице.

Занятие 2. Равномерное движение

I. *Вопросы (блиц):*

1. С какой точностью вычислили объем прямоугольного бруска, если его стороны измерены с точностью 2%? 6%
2. На координатном луче отмечено несколько точек, координаты которых являются натуральными числами. Известно также, что сумма этих чисел равна 75. Если мы каждую точку переместим вправо на три единичных отрезка, то сумма координат новых точек будет уже равняться 99. Сколько чисел было отмечено на координатном луче? 8
3. У какой физической величины название единицы начинается на букву М?

4. Металлические кубик и шар, имеющие одинаковую площадь поверхности, погружены в воду. На какой из этих предметов действует большая выталкивающая сила? Куб
5. На дно пустого цилиндрического сосуда постоянного сечения $S = na^2$, где n = 7, положили ледяной кубик, длина ребра которого равна а. Через некоторое время кубик растаял. Во сколько раз изменилось давление на дно сосуда? Во сколько раз изменились сила, действующая на дно сосуда? Давл. в 7 раз, сила 1.
6. Сколько должна стоить пицца диаметром 20 см, если пицца диаметром 10 см стоит 10 рублей? 40 р
7. Международная космическая станция летает на высоте 300 км над поверхностью Земли. Хватит ли количества кубиков объемом в 1 мм^3, содержащихся в 1 м^3, чтобы сложить из них башню такой высоты? Да!



II. *Задачи (блиц):*

1. Определите, насколько растянута каждая пружина, если система находится в равновесии. Обе нити невесомые и нерастяжимые, пружины расположены вертикально, массами пружин можно пренебречь, трение в оси блока отсутствует.
2. Два ученика на субботнике переносят бревно массой 60 кг и длинной 10 м. Один из них подставил плечо под край бревна, другой – на расстоянии 2 м от другого края. Какой из учеников прикладывает большее усилие? 225. 375.
3. На двух нитях висит однородный стержень массы М. К его правому краю прикреплена нить, перекинутая через подвижный блок, который удерживает груз (Рис. 2). При каких значениях массы m этого груза система будет находиться в равновесии. Массой блока и нитей можно пренебречь. Отметки на стержне делят его на семь равных частей. M/3 < m < 5 M

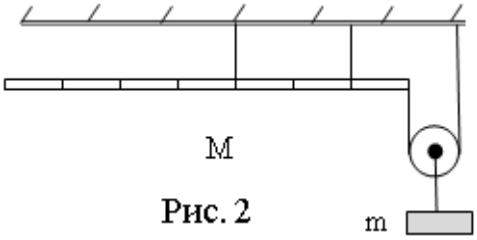
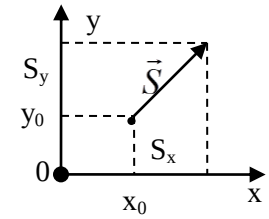


Рис. 2

III. Механическое движение. Основная задача механики – определить положение тела в любой момент времени.



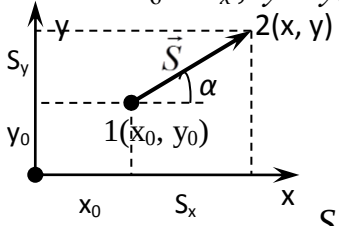
$x_0, y_0, \vec{S} \xrightarrow{граф} x, y$

1. **Система отсчета –** система координат и часы для измерения промежутков времени.
2. **Траектория –** большое количество точек в данной системе отсчета, через которые прошло тело.
3. **Путь (S) –** длина траектории между ее началом и концом.

Перемещение ($\vec{S}$). Перемещение - это сколько и куда, а путь – только сколько.

1. Графический метод (на чертеже): $\{x_o, y_o, \vec{S}\} \rightarrow \{x, y\}$. **2.** Аналитический метод: $S_x = S\cos\alpha$, $S_y = S\sin\alpha \rightarrow x = x_0 + S_x$; $y = y_0 + S_y$.

$\{x_o, y_o, \vec{S}\} \rightarrow$ x,y.



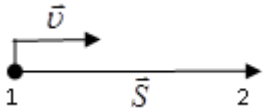
$\{x_o, y_o, S_x, S_y\} \rightarrow \{x, y\}$

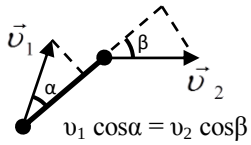
$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}; \quad tg\alpha = \frac{S_y}{S_x}.$$

Самый простой вид движения – **прямолинейное равномерное движение. Как определить перемещение тела? Рисунок движения**. $\vec{S} = \vec{\upsilon}\,t$ – **графический метод решения задачи:** $\{x_o, y_o, \vec{\upsilon}, t\} \rightarrow \{x, y\}$**.** От графического способа легко перейти к **аналитическому методу:** $S_x = \upsilon_x t \rightarrow x = x_o + \upsilon_x t$ - уравнение движения.

Рисунок движения:

Движение связанных тел:





IV. *Задачи:*

1. Огибая грозовой фронт, самолет пролетел 10 км на северо-восток, затем 4 км на юг. Определите модуль перемещения самолета и его направление. 7,7 км, $23{,}5^0$
2. Движущийся со скоростью V = 30 км/ч катер буксирует спортсмена на водных лыжах. Буксировочный трос образует с вектором скорости катера угол $\alpha = 150^0$, а с направлением движения лыжника угол $\beta = 60^0$. С какой скоростью движется в этот момент лыжник? 52 км/ч

V. Олимпиада:

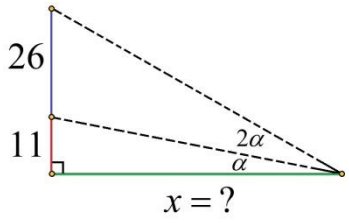
1. Алиса и Боб стояли рядом на длинном мосту через реку. Расстояние от них до одного из концов моста было в 2,6 раза больше, чем до другого конца. Затем они одновременно пошли с одинаковыми скоростями к противоположным концам моста. Велосипедист, ехавший через мост, на одном конце моста встретил Алису, а на другом конце догнал Боба.
   1) В сколько раз скорость велосипедиста больше скорости Алисы и Боба? 2,25
   2) На каком расстоянии от моста находился велосипедист в момент начала движения Алисы и Боба, если длина моста равна 144 м? 90 м
2. Чебурашка и крокодил Гена бегут в одну сторону по параллельным дорожкам, расстояние между которыми ℓ. В некоторый момент времени они оказались на минимально возможном расстоянии друг от друга ℓ, а через минуту расстояние между ними стало равно 2ℓ. Какое расстояние будет между ними еще через минуту? $S = L\sqrt{13}$
3. В калориметр, содержащий 1,7 кг воды при 10^0С, бросают один за другим три кубика из сильно замороженного льда одинаковой массы (следующий кубик бросают после того, как установится равновесие, нарушенное предыдущим кубиком). Первый кубик растаял полностью, от второго осталась едва заметная льдинка, третий совсем не таял. Какой будет масса льда в калориметре после установления теплового равновесия? Теплоемкостью калориметра и теплообменом с окружающими телами пренебречь. 107 г

Баланс с плавлением 2 кубиков, выразим температуру кубиков. Баланс с 3 кубиком. Общая масса льда масса 3 кубика и масса замерзшей воды.

Вопросы (блиц):

1. Два тела, двигаясь прямолинейно, совершили одинаковые перемещения. Всегда ли равны пути, проеденные ими?
2. Как с помощью линейки узнать вместимость бутылки, если в нее налито 300 мл воды?
3. Мяч упал с высоты 3 м, отскочил от пола и был пойман на высоте 1 м. Найти путь и перемещение мяча.

4. Связан ли пройденный путь с изменением координаты движущегося тела? не всегда
5. Найдите x.



6. Человек, стоящий на крутом берегу озера, тянет за веревку находящуюся на воде лодку. Скорость, с которой человек выбирает веревку, постоянна и равна υ. Какую скорость u будет иметь лодка в момент, когда угол между веревкой и поверхностью воды равен α?
7. Тело движется прямолинейно, совершая за равные промежутки времени одинаковые перемещения. Можно ли утверждать, что движение тела равномерное?

Разное

1. Наблюдатель находится на расстоянии L = 1600 м от линии, над которой пролетает самолет перед посадкой. В момент максимального сближения самолета с наблюдателем угол между горизонталью и направлением на самолет составил α = 37°. Спустя время t = 6 с направление на самолет изменилось на угловое расстояние φ = 14°. Найти скорость υ самолета. Считать движение самолета на данном участке практически горизонтальным. 84 м/с
2. Огибая остров, корабль проплыл 10 км на север, 15 км на северо-восток и 8 км на восток. Какое перемещение совершил корабль? На сколько километров переместился корабль к северу и к востоку? 27,8 км, $47{,}8^0$
3. Палка длиной 1 м лежит на земле. Один конец палки начинают поднимать с постоянной скоростью 1,2 м/с вертикально вверх. С какой скоростью будет скользить по земле нижний конец палки в тот момент, когда верхний конец окажется на высоте 80 см? 1,6 м/с

Олимпиада:

1. Андрей, Борис и Василий соревнуются в беге на 10 км. Оказалось, что Андрей может дать Борису фору 800 м (т.е. если Андрей стартует в тот момент, когда Борис уже пробежал 800 м, они придут к финишу одновременно), а Борис может дать Василию фору 450 м. Какую фору может дать Андрей Василию? Ответ: 1214 м
2. На кольцевом треке автодрома два автомобиля движутся в одну и ту же сторону с постоянными скоростями. Первый автомобиль обгоняет второй через каждые 16 мин. По полосе встречного движения едет мотоциклист и через каждые 4 мин встречается со вторым автомобилем. Через какой промежуток времени происходят встречи мотоциклиста с первым автомобилем? 3,2 мин
3. Яхтсмен вышел из пункта А, прошёл 30 км на север и через 60 минут бросил якорь в пункте В. Он ловил рыбу 1/3 времени, потраченного на первом участке пути, и двинулся на запад. Пройдя 40 км со скоростью 40 км/ч, он достиг пункта С, затем вернулся в исходную точку А маршрута по кратчайшему пути. Определите среднюю путевую скорость на участке А–В–С. 30 км/ч

Занятие 3. График движения

I. *Вопросы (блиц):*

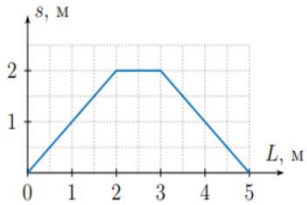
1. Какую скорость (в километрах в час) должен развивать реактивный самолет,

чтобы она была равна скорости звука в воздухе 340 м/с? 1224 км/ч

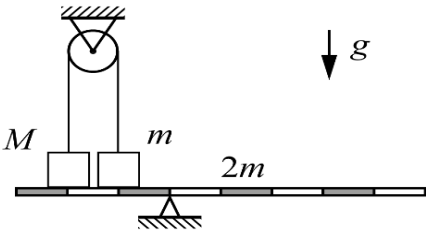
2. **На** координатном луче отмечено несколько точек, координаты которых являются натуральными числами. Известно также, что сумма этих чисел равна 75. Если мы каждую точку переместим вправо на три единичных отрезка, то сумма координат новых точек будет уже равняться 99. Сколько чисел было отмечено на координатном луче? 8
3. **Пр**ойдя половину маршрута, турист увеличил скорость на 25% и поэтому прибыл в пункт назначения на полчаса раньше срока. Сколько времени потребовалось туристу на прохождение маршрута? 5 ч
4. **Е**сли скорость велосипедиста 10 км/ч, то он опаздывает на час, а если 15 км/ч, то приезжает на час раньше. С какой скоростью он должен ехать, чтобы приехать вовремя? 12 км/ч
5. **К**аков модуль и направление вектора скорости, если ее проекции: υ_x = 40 м/с, υ_y = 30 м/с? 50 м/с, sinα = 0,6.
6. Почему график зависимости пути от времени нет должен иметь углов?
7. **Ч**еловек, стоящий на крутом берегу озера, тянет за веревку находящуюся на воде лодку. Скорость, с которой человек выбирает веревку, постоянна и равна υ. Какую скорость u будет иметь лодка в момент, когда угол между веревкой и поверхностью воды равен α?
8. Точка движется по оси X согласно закону x = –2 – 5t. Найдите υ_x и υ.
9. Известны полярные координаты точки: r = 3 м, φ = π/2. Определите ее декартовы координаты. $x = 0$, $y = 3$ м
10. Из одного пункта в другой вышли два человека. Первый шел по шоссе со скоростью 5 км/ч, а второй по тропинке – со скоростью 4 км/ч. Первый из них пришел в пункт на час позже и прошел на 6 км больше. Найдите расстояние между пунктами по тропинке. 4 км

II. *Задачи (блиц):*

1. **Ч**тобы попасть на место в заданное время, Емеля пошёл из деревни в город со скоростью v_1 = 5 км/ч. Начался сильный снегопад, и он снизил скорость до v_2 = 3 км/ч. Когда снегопад кончился, Емеля вновь пошёл со скоростью v_1. В результате, в город он прибыл на 30 минут позже запланированного времени. Сколько времени шел снегопад? 1,25 ч
2. Для тела, движущегося с постоянной по модулю скоростью, получен график зависимости модуля перемещения S от пути L. Определите модуль путевой скорости тела, если известно, что все движение заняло t = 20 с. Изобразите возможную траекторию тела. 0,25 м/с



3. При каких значениях масс груза M возможно равновесие системы, приведенной на рисунке, если m = 4,0 кг? Горизонтальный рычаг массой 2m разделен на 8 одинаковых участков. Нить выдерживает максимальное натяжение T_0 = 25 Н. 5,75 кг>M> 2 кг



III. Графики можно строить только для скалярных величин. Пример: x = 2 м + 0,1 м/с t – **уравнение движения тела.** Масштаб: 1 кл. – 10 с; 1 кл.

– 1 м.

График движения. Что можно определить по графику движения тела?

- Координату тела в любой момент времени.
- Проекцию перемещения на соответствующую ось: $S_x = x - x_o$.
- Проекцию скорости тела: $\upsilon_x = \dfrac{x - x_o}{t} = \dfrac{S_x}{t} = tg\alpha$.
- Записать уравнение движения тела: $x = x\,(t)$.

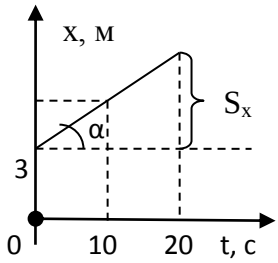
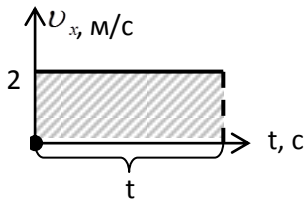


График проекции скорости. Пример: $\upsilon_x = 2$ м/с.

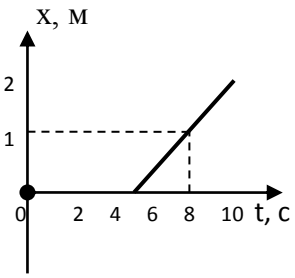
По графику проекции скорости можно определить:

- Проекцию скорости в любой момент времени.
- Проекцию перемещения тела (равна площади фигуры под графиком проекции скорости в координатах υ_x, t).
- Записать уравнение движения тела, если известна его начальная координата x_o.



IV. *Задачи (блиц):*

1. Уравнение движения тела вдоль оси x имеет вид: x = - 4 м + 2 м/с·t. Изобразите рисунок движения и постройте график движения.
2. **П**ользуясь графиками движения на рисунке, определите начальную координату тела, проекцию скорости и запишите уравнение движения тела.
3. Со станции отправился товарный поезд, скорость которого 54 км/ч. Спустя 30 мин с той же станции по тому же направлению вышел экспресс со скоростью 72 км/ч. Через какое время после выхода товарного поезда и на каком расстоянии экспресс догонит товарный поезд? 2 ч



V. Олимпиада:

1. Пройдя 3/8 длины моста, Ослик заметил, что сзади к нему стремительно на скорости 60 км/ч приближается автомобиль. Если Ослик побежит назад, то встретится с автомобилем ровно в начале моста, а если вперёд, то автомобиль нагонит Ослика в конце моста. С какой скоростью бегает Ослик? 15 км/ч

2. На поверхности воды, температура которой 0^0С, плавает медный шарик, покрытый толстым слоем льда. Масса шарика с учетом ледяной корки 30 г. Этот шарик перемещают в сосуд с водой, объем которой равен 200 мл, а температура 5^0С. Через некоторое время шарик уходит под воду и «зависает» в воде, не опускаясь на дно. Чему равна масса шарика, когда он не покрыт льдом? 2 г

3. Выйдя из дома, папа с дочкой Машей и сыном Ваней бегут к автобусной остановке, расстояние до которой S = 430 м. Скорость Вани равна V = 2 м/с, скорость Маши 2V, а скорость папы 4V. Если папа сажает любого из детей на шею, то его скорость уменьшается до 3V. Двоих детей одновременно папа нести не может. Через какое минимальное время вся семья сможет оказаться на остановке? Можно считать, что посадка детей на папину шею, а также разгон и торможение происходят быстро. ℓ = 360 м, 95 с.

Вопросы:

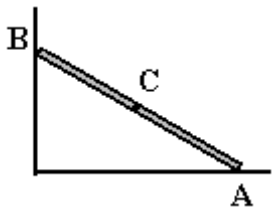
1. Два тела А и С движутся в плоскости *xy*, причем их координаты изменяются по

законам: $x_A = 2t$, $y_A = 5t$ и $x_C = t + 1$, $y_C = t + 4$ (в единицах СИ). Встретятся ли эти тела? 1 с

2. Малыш съедает торт за 24 минуты, а Карлсон – за 12 минут. Малыш начал есть первым, а Карлсон присоединился к нему через 6 минут. Через какое время они вдвоем доедят торт? Какая доля торта достанется Малышу? 6 мин. Половина.
3. С какой скоростью летел космонавт, если расстояние 3 световых года он преодолел за 4 года? 0,75 с
4. Из города А в город Б ведут три дороги, а из города Б в город В ведут пять дорог. Сколько всего различных маршрутов поездки из города в А в город В через город Б? 15
5. Олег едет со скоростью 60 км/ч. С какой скоростью ему надо ехать, чтобы проезжать каждый километр на полминуты быстрее? 120 км/ч

Разное

1. Два маяка на морском побережье находятся на расстоянии L = 13 км. Катер движется по прямой с постоянной скоростью. В момент времени t_1 = 12 часов 15 минут он оказывается на наименьшем расстоянии L_1 = 13,5 км от первого маяка, а в момент t_2 = 12 часов 25 минут – на наименьшем расстоянии L_2 = 8,5 км от второго. Определите скорость катера. 83,6 км/ч, 72 км/ч (два варианта)
2. Две трубы, включенные одновременно, заполняют бассейн за 4 часа. Одна первая труба заполняет бассейн на 6 часов быстрее, чем одна вторая труба. За сколько часов заполнит бассейн одна вторая труба, работая отдельно? 12 ч
3. Из Новокузнецка на Новосибирск выходит поезд со скоростью 80 км/ч в 12 часов ночи, а из Новосибирска в 4 часа утра выходит ему навстречу со скоростью 60 км/ч электричка. Через какое время после выхода электрички они встретятся, если расстояние между городами 600 км? 2 ч
4. Группа школьников прошла сначала 0,40 км на северо-запад, затем 0,50 км на восток и ещё 0,30 км на север. Найти модуль и направление перемещения группы.
5. Стержень АВ длиной L скользит по взаимно перпендикулярным направляющим. Какой путь пройдет точка С, лежащая на середине стержня, при движении стержня от вертикального до горизонтального положения?



$$S = \frac{1}{4}\pi L$$

Олимпиада:

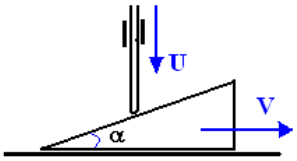
1. Честный мальчик Петя вышел из дома в школу. По дороге он нашел велосипед и, поскольку опаздывал, решил воспользоваться находкой и доехать на нем, подумав, что потом обязательно вернет велосипед на место. В результате вся дорога в школу заняла 14 минут. Возвращаясь обратно, он вспомнил о своем намерении, только подъезжая к дому. Пете стало стыдно, и он вернулся к месту находки, оставил там велосипед и пешком дошел до дома. Таким образом, дорога из школы заняла у него 22 минуты. Как далеко от дома лежал велосипед, если Петя мчался на нем со скоростью 15 км/ч?
2. Движение материальной точки задано уравнениями x = 1,0t и $y = 2{,}0t^3$, где x и y — декартовы координаты, м; t — время, с. Найти: а) ускорение в момент времени t = 0,80 с; б) уравнение траектории точки.

3. Лето 2021 года для жителей Подмосковья оказалось засушливым. Хозяин дачи был вынужден возить воду из озера в бочке. Первая половина дороги между деревней и озером покрыта асфальтом, а оставшиеся 3 км проходят по грунту. Человек набрал в озере полную бочку воды и поехал в деревню со скоростью 9 км/ч. В бочке оказалась дырочка, через которую вода вытекала с объемным расходом 0,05 ведра/мин. На хорошей дороге скорость движения повозки вдвое возросла, а скорость вытекания воды вдвое уменьшилась. Сколько ведер воды вмещается в бочке, если водовоз довез 95% набранной воды. N = 25.

Занятие 4. Относительность движения

I. I. *Вопросы (блиц):*

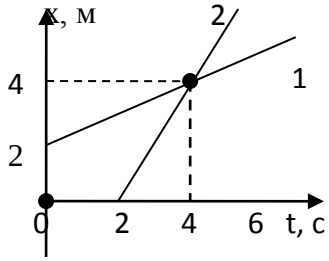
1. **Т**очка движется вдоль оси OX по закону: $x = 4\cdot(2+5t)$. Чему равна проекция её скорости на ось OX? 20 м/с
2. При раздельном старте первый велосипедист стартовал на 20 с позже второго, а финишировал на 10 с раньше. Каков результат первого велосипедиста, если на шоссе его средняя скорость была в 1,05 раза больше? 600 с
3. **К**лин, лежащий на гладкой горизонтальной опоре, выталкивают с помощью вертикального стержня, опускающегося со скоростью U. Угол при вершине клина $\alpha = 30^0$. Какова скорость клина? V = Uctg α



4. До отхода поезда 5 мин, а путь до вокзала 2 км. Если первый километр спортсмен бежал со скоростью 30 км/ч, то с какой скоростью он должен пробежать второй километр? 20 км/ч
5. **В**елосипедист ехал по дороге с постоянной скоростью и каждые 6 секунд проезжал мимо столба. Затем он увеличил скорость и стал проезжать мимо столбов каждые 4 секунды. Как часто велосипедист будет проезжать мимо столбов, если он ещё на столько же увеличит скорость? 3 с
6. **В**ася и Петя, поссорившись, разбежались в противоположных направлениях с одинаковыми скоростями. Через 5 минут Вася спохватился, повернул назад и, увеличив свою скорость, побежал догонять Петю. Во сколько раз увеличил свою скорость Вася, если он догнал Петю через 5 минут после того, как повернул назад? 3
7. **М**алыш съедает торт за 24 минуты, а Карлсон – за 12 минут. Малыш начал есть первым, а Карлсон присоединился к нему через 6 минут. Через какое время они вдвоем доедят торт? Какая доля торта достанется Малышу? 6 мин. Половина.

II. *Задачи (блиц):*

1. **На** рисунке показаны графики движения двух тел. Пользуясь графиками, составьте уравнения движения тел и рассчитайте время и место встречи тел. Как можно сразу записать уравнение движения тела?



2. Из Новокузнецка на Новосибирск выходит поезд со скоростью 80 км/ч в 12 часов ночи, а из Новосибирска в 4 часа утра выходит ему навстречу со скоростью 60 км/ч электричка. Через какое время после выхода электрички они встретятся, если расстояние между городами 600 км? 2 ч

3. Человек находится в поле на расстоянии ℓ = 60 м от прямолинейного участка шоссе. Справа от себя, на расстоянии x_0 вдоль шоссе он замечает движущийся по шоссе автобус. В каком направлении следует бежать к шоссе, чтобы успеть сесть в автобус? При каких значениях x_0 это возможно? Скорость автобуса υ_1 = 16 м/с, скорость человека υ_2 = 4 м/с. $\sin\alpha = \frac{\upsilon_2}{\upsilon_1}$ = 14,5^0. Перейти в ИСО автобуса.

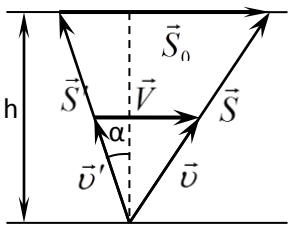
   Теперь в ИСО земли: $x_0 + \ell tg\alpha = \upsilon_1 t = \frac{\ell}{\upsilon_2 \cos\alpha}$

III Относительные и абсолютные величины. Абсолютные (инвариантные) величины не зависят от выбора системы отсчета. Пример с ученицей и ее котом, который начал перемещаться по крыше движущегося поезда (в этот момент точки O и O' совпадали, наши часы показывали t = t' = 0). Спустя некоторое время: $\vec{S} = \vec{S}' + \vec{S}_o$. Если обе части равенства разделить на t, то мы получим: $\frac{\vec{S}}{t} = \frac{\vec{S}_0}{t} + \frac{\vec{S}'}{t'}$.

Подставляя, имеем: $\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}' + \vec{V}$ - ***классический закон сложения скоростей.***

Перемещение и скорость – относительные величины!

Перемещение плывущего ученика в разных системах отсчета. Очевидно, что $\vec{S} = \vec{S}' + \vec{S}_o$ - треугольник перемещений. Если обе части равенства разделить на t, то мы получим треугольник скоростей: $\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}' + \vec{V}$. Подобие треугольника перемещений и треугольника скоростей: t = S′/υ′ = S_0/υ_0 = S/υ = h/υ′cosα (Рассмотреть случаи α = 0, α = 60^0, α → 90^0). С какой скоростью плывет ученик?



IV. *Задачи (блиц):*

1. **Ры**болов, двигаясь на лодке против течения реки, уронил удочку. Спустя 10 мин он заметил потерю, сразу же повернул обратно и нашел ее на расстоянии 1 км от того места, где ее потерял. Найдите скорость течения реки. 3 км/ч
2. На противоположных берегах прямолинейного участка реки точно друг напротив друга находятся два человека. Они одновременно начинают движение: первый бежит со скоростью υ_1 = 2 м/с вдоль берега реки по течению, второй плывет на катере, максимальная скорость которого относительно воды υ_2 = 13 м/с. Ширина реки L = 60 м. За какое минимальное время второй может догнать первого? Скорость течения реки V = 7 м/с. Относительно бегущего неподвижного скорость течения 5, скорость лодки относительно берега 12, время 5 с.

V. Олимпиада

1. В безветренную погоду мотодельтаплан совершает полёт между пунктами A и B за 1,5 часа при движении по прямой с максимальной скоростью. На сколько увеличится минимальное время полёта при ветре, дующем навстречу мотодельтаплану под углом 60° к прямой AB? Модуль скорости ветра в три раза меньше модуля скорости мотодельтаплана. 0,36 ч
2. Дачный домик отапливается с помощью электрических батарей. При температуре батарей $t_{Б1}$ = 40^{0}C и температуре наружного воздуха t_1 = −10^{0}C в домике устанавливается температура t = 20^{0}C. 1) Во сколько раз надо увеличить силу тока в батареях, чтобы прежняя температура в комнате

поддерживалась в холодные дни при температуре $t_2 = -25^0C$? 2) Какова при этом будет температура батарей $t_{Б2}$? Считать электрическое сопротивление нагревательных элементов не зависящим от температуры. 1) ≈ 1,22; 2) 50^0C

3. На берегу неширокой реки стоят две деревни - А и Б. Два приятеля выходят на одинаковых моторных лодках из этих деревень в 4 часа утра навстречу друг другу, ловят рыбу в месте встречи, а потом плывут по домам. Скорость течения реки весной была равна V_1 = 6 км/ч, а к середине лета постепенно уменьшилась до V_2 = 3 км/ч. Поэтому сначала место рыбалки находилось на расстоянии L_1 = 27 км от А, но постепенно это расстояние уменьшилось до L_2 = 23 км. Чему равно расстояние между деревнями, если все расстояния отсчитываются вдоль реки? Считать, что скорость лодки относительно воды всегда одна и та же. L=38 км
   Можно решат с берега, собственные скорости лодок одинаковы.
4. Скорость лодки относительно воды равна $\upsilon_л$ = 1,5 м/с, а скорости течения воды V = 3,0 м/с. Под каким углом к берегу нужно направить лодку, чтобы её снесло как можно меньше? На сколько её снесет, если ширина реки равна h = 100 м? Снос минимален, когда α макс. 30^0 (по точкам, через график и производную)

Вопросы (блиц):

1. Один фонтан наполняет бассейн за 2,5 часа, а другой за 3,5 часа. За какое время наполнят бассейн оба фонтана? 1,5 ч
2. Некая дама на вопрос, сколько ей лет, ответила: «Когда я выходила замуж, мужу было 40, а мне 20. Сейчас ему 60. Значит, мне 30». В чем ошибка? x=20+Vt
3. Корней может выпить ведро молока за минуту, Матвей тоже, а Пантелей успевает за полминуты. За сколько времени они успеют выпить молоко все втроем?
4. На мельнице имеется три жернова. На первом из них за сутки можно смолоть 60 четвертей зерна, на втором 54 четверти, а на третьем 48 четвертей. Некто хочет смолоть 81 четверть зерна за наименьшее время на этих трех жерновах. За какое наименьшее время можно смолоть зерно и сколько зерна для этого надо насыпать на каждый жернов? 0,5 ч. 30 чет. 27 чет. 24 чет.
5. Расстояние между селами Ромашково и Селятино 18 км. В 9 часов утра из Ромашково в Селятино выехал велосипедист со скоростью 12 км/ч. Через 15 минут навстречу ему из Селятино вышел пешеход со скоростью 3 км/ч. В какое время суток велосипедист и пешеход встретятся? 10 ч
6. Эскалатор метрополитена поднимает неподвижно стоящего на нем пассажира в течение 1 мин. По неподвижному эскалатору пассажир поднимается за 3 мин. Сколько времени будет подниматься пассажир по движущемуся эскалатору? 45 с
7. Собственная скорость лодки вдвое больше скорости течения реки. Во сколько раз время путешествия против течения реки больше времени путешествия по течению? 3

Разное

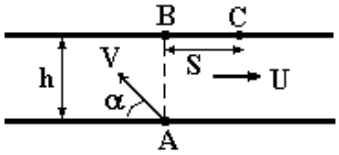
1. Группа туристов из 3 человек направилась из пункта А в пункт Б, расстояние между которыми L = 22 км. Попутных машин нет. В распоряжении группы есть один велосипед, на котором одновременно могут ехать не больше 2-х человек.

Скорость движения пешим ходом составляет υ_0 = 5 км/час, при езде на велосипеде одного человека его скорость υ_1 = 20 км/час, а при езде вдвоем – υ_2 = 15 км/час. Как должны действовать туристы, чтобы за минимальное время добраться до пункта Б? Найдите это время. ℓ = 15 км; Время 2 ч 52 мин

2. Человек идет вниз по спускающемуся эскалатору, затрачивая на спуск 1 мин. Если человек будет идти вдвое быстрее, он затратит на 15 с меньше. Сколько времени он будет спускаться, стоя на эскалаторе? 1,5 мин
3. Минимальное время, которое необходимо, чтобы переплыть в лодке реку, равно t_0. Ширина русла реки равна H. Скорость течения реки постоянна в любом месте русла и в k раз больше скорости лодки, плывущей в стоячей воде.
   1) Найдите скорость лодки в стоячей воде; $\upsilon' = H / t_0$
   2) На какое расстояние снесет лодку за минимальное время переправы: $S_0 = kH$
   3) Определите наименьшее расстояние, на которое может снести лодку за время переправы: $L_{мин} = H\sqrt{k^2 - 1}$
4. Человек бежит по эскалатору. В первый раз он насчитал 50 ступеней. Во второй раз, двигаясь в том же направлении со скоростью втрое большей, он насчитал 75 ступеней. Сколько ступеней он насчитал бы на неподвижном эскалаторе? 100

Олимпиада

1. Найдите минимальную скорость пловца, при которой он сможет из точки А на берегу реки попасть в точку С на другом берегу, находящуюся на расстоянии S ниже по течению. Ширина реки h, скорость течения U. В каком направлении ему следует плыть с такой скоростью?



$$V = U\frac{h}{\sqrt{h^2 + S^2}}; \qquad tg\alpha = \frac{S}{h}$$

Занятие 5. Задачи на относительность движения.

I. *Вопросы (блиц):*

1. По шоссе в одном направлении движутся два мотоциклиста. Скорость первого равна 10 м/с, второго 20 м/с. В начальный момент второй мотоциклист отстает от первого на 200 м. Через сколько времени он его догонит? 20 с
2. **Р**ека течет с запада на восток со скоростью V = 3 м/с. Мальчик плывет на север поперек течения реки со скоростью υ' = 2 м/с относительно воды. Какова скорость мальчика относительно берега? √13
3. Собственная скорость лодки вдвое больше скорости течения реки. Во сколько раз время путешествия против течения реки больше времени путешествия по течению? 3
4. **В** соревнованиях по бегу на короткие дистанции выдающиеся спортсмены пробегают 100 м за 10 с и даже быстрее. С какой скоростью они выбрасывают ступни ног во время бега? 20 м/с
5. **А**втобус едет между остановками со скоростью 30 км/ч и 1 минуту стоит на каждой остановке. Расстояние между остановками равно 1 км. Какое расстояние проедет автобус за час? 20 км

6. Моторная лодка развивает скорость 4 м/с в стоячей воде. За какое минимальное время лодка может пересечь реку шириной 200 м при скорости течения 3 м/с?
7. Катер плывет 90 км по течению за то же самое время, что 70 км против течения. Какое расстояние за это же время сможет проплыть плот? 10 км
8. **В**одителю на шоссе, едущему со скоростью 60 км/ч, встречные автомобили попадались в три раза чаще, чем обгоняющие. С какой скоростью они ехали? 120 км/ч.
9. **М**оторная лодка проходит расстояние от пункта А до пункта В по течению реки за 3 ч, а плот – за 12 ч. Сколько времени затратит лодка на обратный путь? 6

II. *Задачи (блиц):*

1. **С**амолет в безветренную погоду взлетает со скоростью 40 м/с под углом 10^0 к горизонту. Внезапно начинает дуть горизонтальный встречный ветер, скорость которого 10 м/с. Какой стала скорость самолета относительно земли и какой угол она составляет с горизонтом? 30 м/с, $13{,}4^0$
2. Боря и Света бегают по стадиону с постоянными скоростями, Боря в 4/3 раза быстрее Светы. Стартуя одновременно из центра стадиона, они бегут 7 секунд под прямым углом друг к другу, а затем, повернувшись, бегут навстречу друг другу. Через какое время после поворота они встретятся? t = 5 с

III. Когда выгодно рассматривать движение из движущейся системы отсчета?

Задача 1. Пассажир едет в поезде, скорость которого 80 км/ч. Навстречу этому поезду движется товарный поезд длиной 1 км со скоростью 40 км/ч (Рис. 1). Сколько времени товарный поезд будет двигаться мимо пассажира? 0,5 мин

Ситуация для наблюдателя на земле. Ситуация для пассажира.

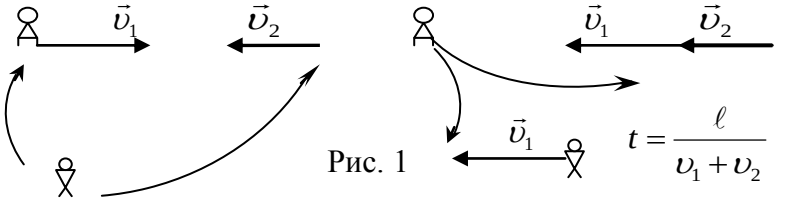


Рис. 1

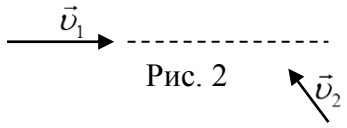


Рис. 2

Задача 2. На рисунке 2 изображены траектории двух автомобилей, движущихся со скоростями $\vec{\upsilon}_1$ и $\vec{\upsilon}_2$. Определить графически, на какое минимальное расстояние они сблизятся?

Задача 3. В безветренную погоду капли дождя оставляют на окне равномерно движущегося поезда следы, направленные под углом 60° к вертикали. Какова скорость капель относительно земли, если поезд движется со скоростью 54 км/ч? С какой скоростью движутся капли дождя? Так вот правы оба наблюдателя! 31 км/ч

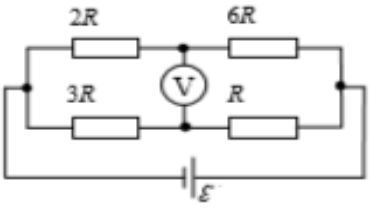
IV. *Задачи:*

1. Два корабля движутся из одной точки под углом 60^0 градусов друг к другу со скоростями υ_1= 10 м/с и υ_2 = 15 м/с. Найти относительную скорость кораблей. 13
2. **Пр**иборы, установленные на берегу, показывают, что ветер дует с юго-запада, а величина скорости ветра равна 5 м/с. Что покажут аналогичные приборы, установленные на корабле, идущем на запад со скоростью 36 км/ч? 14 м/с. 15^0
3. Автомобиль приближается к пункту А со скоростью 80 км/ч. В тот момент, когда ему оставалось проехать 10 км, из пункта А в перпендикулярном

направлении выезжает грузовик со скоростью 60 км/ч. Чему равно наименьшее расстояние (в км) между автомобилем и грузовиком? 6 км

V. Олимпиада:

1. Две дороги пересекаются под углом $\alpha = 60^0$. В некоторый момент времени $t_0 = 0$ автомобиль А проезжает перекресток, двигаясь с постоянной скоростью $\upsilon_1 = 40$ км/ч. Автомобиль В в этот момент находится на расстоянии $\ell_0 = 1$ км от перекрестка и движется по направлению к нему с постоянной скоростью $\upsilon_2 = 40$ км/ч. Через какой промежуток времени расстояние между автомобилями будет минимальным, и каково это минимальное расстояние? 0,5 км. 45 с
2. На гладкой горизонтальной поверхности на расстоянии 2ℓ друг от друга неподвижно лежат два шарика, массой m каждый, связанные невесомой нерастяжимой нитью длиной 2ℓ. Среднюю точку А нити начинают двигать с постоянной скоростью υ в горизонтальном направлении, перпендикулярном нити. Какой путь пройдет точка А до момента столкновения шаров? Пока шарики движутся до столкновения со скоростью υ, за это же время точка А пройдет путь $S = \pi\ell/2$.
3. **Н**айдите показания идеального вольтметра в схеме на рисунке, если ЭДС идеального источника $\mathcal{E} = 70$ В. Какими станут показания вольтметра, если его поменять местами с источником? 35 В. 32 В.



4. **Че**ловек идёт ночью по улице, освещённой фонарями. В некоторый момент он обратил внимание на то, что тень, которую он отбрасывает перед собой, в два раза короче тени за его спиной. Пройдя 5 метров, он заметил, что ситуация изменилась: теперь тень за спиной в два раза короче тени перед ним. На каком расстоянии друг от друга стоят на этой улице фонарные столбы, если все они одинаковой высоты? 15 м

Вопросы (блиц):

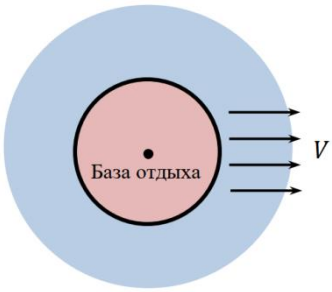
1. Лёгкий мячик при ударе об стенку отскакивает назад с такой же по величине скоростью. С какой скоростью он полетит, если по неподвижному мячику ударить ногой со скоростью υ? 2υ
2. Переход из порта А в порт Б длится ровно 12 суток. Каждый полдень из А в Б и из Б в А отходит по пароходу. Сколько пароходов в открытом море встретит каждый из этих пароходов? 23
3. Чему равна относительная скорость двух шариков, летящих со скоростями 5 м/с и 3 м/с, если угол между направлениями их движения равен 60°?
4. Два автомобиля одновременно начали двигаться с одинаковыми скоростями от перекрестка двух взаимно перпендикулярных дорог. По какой траектории будет двигаться второй автомобиль относительно первого? А первый относительно второго? По прямой.
5. Два мальчика поднимаются по идущему вверх эскалатору, не пропуская ступенек. Один поднимается быстрее другого. Кто из них насчитает больше ступенек? Кто идет быстрее.
6. Будет ли кто-то из дуэлянтов иметь преимущество, если дуэль на пистолетах происходит в трюме движущегося корабля?
7. Два автомобиля движутся по взаимно перпендикулярным участкам шоссе с

постоянными скоростями 60 км/ч и 80 км/ч. Чему равен модуль скорости второго автомобиля относительно первого? 100 км/ч

8. Мяч летит горизонтально со скоростью 10 м/с и налетает по нормали на массивную стенку, которая движется ему навстречу со скоростью 5 м/с. Какая будет скорость мяча после удара? 20 м/с
9. Скорость мотоциклиста 54 км/ч, а скорость встречного ветра 3 м/с. Какова скорость ветра в системе отсчета, связанной с мотоциклистом? 18 м/с

Разное

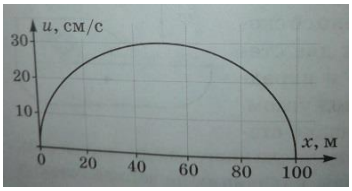
1. Самолет летит из одного города в другой и без посадки возвращается обратно. Один раз он совершает такой рейс при ветре, который дует вдоль трассы, а другой — при ветре, дующем перпендикулярно трассе. В каком случае самолет совершает рейс быстрее и во сколько раз? Скорость ветра равна 0,3 скорости самолета. Во втором в 1,04.
2. Два корабля вышли из одного пункта и движутся под углом $\alpha = 60°$ друг к другу со скоростями $v_1 = 20$ км/ч и $v_2 = 30$ км/ч. Найти относительную скорость кораблей по величине и направлению, а также расстояние r между ними через t = 1,5 ч. 26,5 км/ч, $49{,}1^0$, 39,8 км.
3. При переправе через реку шириной 60 м надо попасть в точку, лежащую на 80 м ниже по течению, чем точка старта. Лодочник управляет моторной лодкой так, что она движется точно к цели со скоростью 8 м/с относительно берега. Какова при этом скорость лодки относительно воды, если скорость течения реки 2,8 м/с? 6 м/с (по теореме косинуса)
3. База отдыха находится в центре круглого острова, радиус которого равен 20 км. Параллельно поверхности Земли с запада на восток дует ветер со скоростью V = 14 м/с. Вертолёт с группой отдыхающих отправляется с базы на побережье. Скорость вертолёта относительно неподвижного воздуха равна 50 м/с и остаётся постоянной во время всего перелёта. 868 (по ветру и против). 833 (перпендикулярно туда и обратно, иначе не попадешь на базу).



   1) Найдите максимальное время перелёта вертолёта до побережья и обратно.
   2) Найдите минимальное время перелёта вертолёта до побережья и обратно.
4. Максим и Аня стоят на противоположных берегах реки, ширина которой равна 60 м. Аня начинает идти вдоль берега вниз по течению со скоростью равной скорости течения реки 1 м/с. Максим начинает плыть через реку на противоположный берег вдоль прямой линии с постоянной скоростью. Как только Максим добирается до противоположного берега, он оказывается рядом с Аней, которая прошла расстояние 120 м. Аня в процессе движения не останавливалась.
   1) Найдите время движения Ани. 2 мин
   2) Чему равно расстояние между Аней и Максимом в тот момент, когда Аня прошла 60 м? 30 м
   3) С какой скоростью плыл бы Максим в стоячей воде? 0,5 м/с

Олимпиада:

1. Скорость мальчика относительно воды постоянна и равна ν = 1 м/с. Он смог переплыть реку шириной L = 100 м за минимальное время. Зависимость скорости течения υ от расстояния до берега приведена на графике. При удачном выборе масштаба график представляет собой полуокружность. На какое расстояние S вниз по реке снесло мальчика течением? Можно считать, что в любом месте реки скорость течения направлена вдоль берега. 100 с, снос равен площади под графиком 25,5 м



2. Вдоль длинной дороги с постоянной скоростью на равных расстояниях друг от друга колонной ползут черепахи. Мимо стоящего Ахиллеса в минуту проползает n_1 = 5 черепах. Если Ахиллес побежит трусцой в сторону движения колонны, то он будет обгонять в минуту n_2 = 45 черепах, а если он поедет на велосипеде навстречу колонне, то в минуту ему будет встречаться n_3 = 105 черепах. Какое расстояние L успеет проползти черепаха за то время, за которое Ахиллес трусцой пробежит S = 100 м? Во сколько раз скорость Ахиллеса на велосипеде больше, чем при беге? 2. 10 м
3. Перелет из Каира в Женеву при боковом ветре занимает время t_1 = 4 ч. При встречном ветре такой же скорости u полет длится большее время, t_2= 4 ч 27 мин. Какое время t летит самолет по этому маршруту, когда нет ветра? 3,27 ч

$t_1 = \frac{t}{\sqrt{1-x^2}}$, $t_2 = \frac{t}{1-x}$. С учетом малости x, имеем $t_1 \approx \frac{t}{\sqrt{(1-\frac{x^2}{2})^2}} \approx \frac{t}{1-\frac{x^2}{2}}$.

3. Однажды студенты отправились на морскую экскурсию на теплоходе. Теплоход двигался с постоянной скоростью υ_1 = 15 узлов прямолинейным курсом. Студенты увидели в трех милях к югу от теплохода катер, идущий постоянным курсом со скоростью υ_2 = 26 узлов. Через некоторое время студенты заметили этот катер точно за кормой теплохода, причем в этот момент расстояние между судами стало наименьшим (всего 1,5 мили). Определите курс теплохода. Решаем в ИСО теплохода. Минимальное расстояние, когда их курсы перпендикулярны. 60°
4. Два мотоциклиста едут по двум взаимно перпендикулярным дорогам. Первый мотоциклист движется со скоростью V_1 = 15 м/с, второй мотоциклист движется с неизвестной скоростью V_2. В некоторый момент времени расстояние между мотоциклистами стало наименьшим и равным S = 220 м. Через t = 10 с расстояние между мотоциклистами удвоилось.
   1) Найдите скорость V_2 второго мотоциклиста. 35 м/с
   2) С какой скоростью V_R увеличивается в этот момент расстояние между мотоциклистами? 33 м/с

Занятие 6. Средняя скорость.

I. *Вопросы (блиц):*

1. **Т**еплоход из Нижнего Новгорода до Астрахани плывет 5 сут, а обратно 7 сут. Сколько времени от Нижнего Новгорода до Астрахани плывет плот? 35 сут
2. Человека, идущего вдоль трамвайных путей, каждые 7 минут обгоняет

трамвай, а каждые 5 минут трамвай попадается ему навстречу. Трамваи ходят с одинаковым интервалом. Найдите этот интервал. 5,83 мин

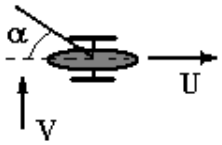
3. **Н**а соревнованиях модель самолета должна пролететь от точки А до точки В по прямой расстояние 120 м. Собственная скорость модели 12 м/с, но ветер дует поперек трассы со скоростью 5 м/с. За какое время модель пролетит от А до В? 11 с
4. Легковой автомобиль движется по шоссе навстречу автобусу со скоростью, в два раза превышающей скорость автобуса. С какой скоростью и в каком направлении движется фура, относительно которой скорости легкового автомобиля и автобуса одинаковы? $\upsilon_ф = \upsilon_a/2$.
5. Две шайбы, скользящие по ровной поверхности, соединены жестким стержнем. В некоторый момент времени скорость одной из них направлена вдоль стержня и равна 1,2 м/с. В этот момент скорость второй шайбы направлена под углом 60° к стержню. Чему равна ее величина? 2,4 м/с
6. **П**ри скорости ветра 10 м/с капли дождя падают под углом 30^0 к вертикали. При какой скорости ветра капли будут падать под углом 45^0? 17,3 м/с
7. Катер, переправляясь через реку шириной 800 м, двигался со скоростью 4 м/с перпендикулярно течению реки в системе отсчета, связанной с водой. Насколько будет снесен катер течением, если скорость течения реки 1,5 м/с? 300 м
8. **М**яч, движущийся со скоростью 10 м/с, ударяется о ногу футболиста. С какой скоростью и куда должна двигаться нога футболиста, чтобы, ударившись об нее, мяч остановился? 5 м/с
9. **В**ы сидите в вагоне движущегося поезда и смотрите в окно на проходящий мимо встречный поезд. Когда он мимо вас промчится, вам окажется, что скорость вашего поезда уменьшилась. Почему?
10. Трамвай идет со скоростью $\upsilon_т$ = 36 км/ч посреди проезжей части улицы с двусторонним движением. Скорости автомобилей слева и справа трамвая одинаковы: υ_a = 54 км/ч. Чему равно отношение количества автомобилей, проходящих мимо трамвая непрерывным потоком во встречном и попутном направлениях?
11. Пролетая вдоль железной дороги, Карлсон заметил, что все поезда ходят с одинаковой скоростью. При этом встречные поезда проезжают мимо него с относительной скоростью υ_1 = 160 км/ч, а попутные – с относительной скоростью υ_2 = 40 км/ч. С какой скоростью летел Карлсон? 60 км/ч

II. *Задачи (блиц):*

4. **Л**одочник должен переплыть реку из пункта А в пункт В, лежащие на одном перпендикуляре. Если он направит лодку до прямой АВ, то через время t_1 = 10 мин (минимальное время) попадет в пункт С, лежащий на расстоянии 120 м ниже по течению, чем пункт В. Если он направит лодку вод углом α к прямой АВ, то через время t_2 = 12,5 мин попадет в пункт В. Считая собственную скорость лодки постоянной, определить скорость течения реки, ширину реки и угол α. 0,5 м/с. 5/6 м/с. 500 м. 37^0.
5. Весной катер идёт против течения реки в 1⅔ раза медленнее, чем по течению. Летом течение становится на 1 км/ч медленнее. Поэтому летом катер идёт

против течения в 1½ раза медленнее, чем по течению. Найдите скорость течения весной и собственную скорость катера. Ответ: 5 км/ч — скорость течения весной, 20 км/ч — собственная скорость катера.

6. Буер представляет собой парусные сани. Он может двигаться лишь по линии, по которой направлены его полозья. Ветер дует со скоростью V, перпендикулярной движению буера. Парус буера установлен под углом $\alpha = 30^0$ к линии полозьев. Какую скорость может развить буер? $U=V\sqrt{3}$



III. Прямолинейное неравномерное движение. $\vec{\upsilon}_{cp} = \frac{\vec{S}}{t}$. **Средняя скорость** позволяет рассчитать перемещение тела только за тот промежуток времени, на котором она определена! Как определить перемещение тела при таком движении, если известна его средняя скорость (ее можно иногда вычислить по формулам)?

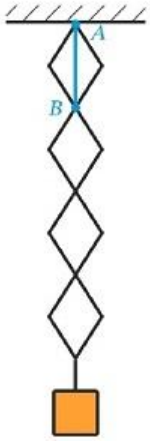
$$\vec{S} = \vec{\upsilon}_{cp} \cdot t$$

IV. *Задачи (блиц):*

1. **П**ервую половину пути тело движется с постоянной скоростью υ_1 = 6,0 м/с, направленной под углом $\alpha = 45^0$ к оси Ox, а вторую половину пути – с постоянной скоростью υ_2 = 9,0 м/с, направленной под углом $\beta = 135^0$ к оси Ox. Определите среднюю скорость тела и его среднюю путевую скорость. $\upsilon_{cp} = S/(t\sqrt{2})$ = 5,1 м/с. 7,2 м/с
2. На первую треть пути автомобиль затратил четверть всего времени движения, а оставшееся расстояние он проехал со скоростью 40 км/ч. Какова средняя путевая скорость автомобиля? Рассматриваем второй участок пути. 30 км/ч.

V. Олимпиада:

1. Абитуриент из города Владимир поехал в Долгопрудный, чтобы поступить в МФТИ. Расстояние от Владимира до Балашихи 150 км он проехал за 2 часа 20 минут, а в Балашихе он простоял в пробке ровно 1 час, не двигаясь с места. С какой средней скоростью ему необходимо преодолеть оставшиеся 50 км до Долгопрудного, чтобы средняя скорость за всю дорогу у него составила 50 км/ч? 75 км/ч
2. **П**ервую половину маршрута автобус проехал по выделенной полосе, а на второй половине попал в затор и двигался медленнее. Оказалось, что скорость на первой половине была в 10 раз выше, чем на второй, при этом его средняя скорость на всем маршруте составила 16 км/ч. Определите среднюю скорость за первую четверть времени его движения. 37,6 км/ч
3. **Л**уч света падает перпендикулярно к грани призмы, у которой преломляющий угол $\varphi = 30°$. Угол отклонения луча, вышедшего из призмы, от первоначального направления $\theta = 27°$. Определить показатель преломления n стекла призмы. 1,68
4. **Г**руз массой 10 кг подвешен на легком шарнире, состоящем из четырех звеньев. Определите силу натяжения нити, соединяющей точки A и B шарнира. 400 Н



Вопросы (блиц):

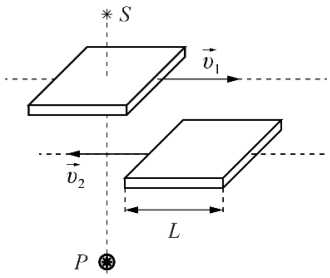
1. Во время езды на автомобиле через каждую минуту снимались показания спидометра. Можно ли по этим данным определить среднюю скорость движения автомобиля.

2. Два парома отходят одновременно от противоположных берегов реки и пересекают реку с постоянной скоростью перпендикулярно берегам. Паромы встречаются друг с другом на расстоянии 720 метров от ближайшего берега. Достигнув берега, они сразу отправляются обратно и затем встречаются в 400 метрах от другого берега. Какова ширина реки? Через отношение скорост.1760
3. Одна бригада может выполнить план по посадке деревьев за 6 дней, другая - за 5 дней. Сколько всего деревьев должны посадить обе бригады, если, работая вместе, они сажают 110 деревьев в день? 300
4. Человек пробежал некоторое расстояние со скоростью 6 км/ч, а обратно вернулся шагом по тому же маршруту со скоростью 4 км/ч. Какова его средняя скорость на этом маршруте? 4,8 км/ч
5. В каком случае мгновенная и средняя скорости равны между собой?
6. Если средняя скорость тела за определенный промежуток времени равна нулю, то означает ли это, что тело находилось в покое?
7. Как, имея часы, определить среднюю скорость поезда: а) днем; б) ночью?
8. Расстояние, которое проходит поезд от первой и до последней остановки, равно 720 км. Определите время, которое тратит поезд на остановки, если модуль его средней скорости на перегоне 50 км/ч, а средняя скорость на всем пути 42 км/ч.

Разное

1. Движение материальной точки задано системой уравнений: $x_1 = A_1t^2 + B_1t + C_1$ при $t \geq 2$ с и $x_2 = A_2t^2 + B_2t + C_2$ при $t < 2$ с, где $A_1 = 0{,}5$ м/с^2, $B_1 = -2$ м/с, $C_1 = 4$ м, $A_2 = -1$ м/с^2, $B_2 = 4$ м/с, $C_2 = -2$ м. Определить среднюю путевую скорость в интервале от $t_1 = 0$ с до $t_2 = 4$ с. 1,75 м/с
2. Автомобиль движется по автомагистрали со скоростью 120 км/ч. Преодолев 2/5 своего пути, автомобиль сьехал на шоссе, где ему пришлось снизить скорость до 80 км/ч. Проехав с такой скоростью половину всего пути, автомобиль въехал в населенный пункти и уменьшил скорость до 60 км/ч. С такой скоростью он добрался до конечной точки маршрута. Чему равна средняя скорость автомобиля на всем пути? Определите среднюю скорость автомобиля на первых 4/5 его пути. 89 км/ч. 96 км/ч

Олимпиада:



1. Между источником сигнала S и приёмником P перпендикулярно соединяющей их прямой движутся навстречу друг другу с постоянными скоростями две пластины длиной L = 1 м. Если сигнал по пути от источника к приёмнику проходит только через одну из пластин, то приёмник зажигает жёлтую лампочку, если через две – то красную. В некоторый момент времени на $t_1 = 3$ с зажглась жёлтая лампочка, затем $t_2 = 3$ с горела красная, а потом в течение $t_3 = 1$ с – опять жёлтая. Определите, за какое время τ одна пластина проезжает мимо другой. 4,2 с
2. Турист первую треть всего времени движения шел по грунтовой дороге со скоростью $\upsilon_1 = 2$ км/ч, затем треть всего пути перемещался по шоссе со скоростью υ_2. В конце второго участка пути он встретил грузовик, на котором и вернулся в исходную точку по той же дороге. Известно, что на грузовике он

ехал с постоянной скоростью υ_3. Вычислите среднюю путевую скорость $\upsilon_{ср}$ туриста. 4 м/с

3. Поезд, отправившийся с вокзала Кингс-Кросс, 1/8 часть пути прошёл со скоростью υ_1 = 52 км/ч. Средняя скорость поезда на всём пути оказалась равной $\upsilon_{ср}$ = 34 км/ч. С какой постоянной скоростью поезд двигался на оставшейся части пути, если известно, что 1/10 часть всего времени движения поезд стоял, пропуская экспресс из Хогвартса? Ответ: 36,4.
4. Первую треть пути автомобиль ехал со скоростью υ_1 = 27 км/ч, а последнюю треть времени – со скоростью υ_3 = 3 км/ч. На втором участке пути его скорость равнялась средней скорости движения на всём пути. Известно, что $\upsilon_1 > \upsilon_3$. Какой из участков самый короткий, а какой самый длинный? На каком участке автомобиль находился дольше всего, а на каком – меньше всего?
5. Танк n-ную часть всего пути ехал по болотистой местности со скоростью v_1 = 8 км/ч. Затем n-ную часть всего времени он ехал по шоссе со скоростью v_2 = 32 км/ч. Наконец, оставшийся участок пути он двигался по просёлочной дороге со скоростью, равной средней скорости $v_{ср}$ на всём пути. Вычислите $v_{ср}$. При каких значениях n такое движение возможно?

Занятие 7. Равноускоренное движение.

I. *Вопросы (блиц):*

1. **Ск**орость автомобиля в течение 10 с возрастает по закону $\upsilon = 0{,}4t$, где υ — скорость в м/с, а t — время в секундах. Найти: а) среднюю скорость на всем пути; б) отношение средней скорости за последние 5 с к средней скорости за первые 5 с. 2 м/с. 3
2. Мяч летит горизонтально со скоростью 10 м/с и налетает по нормали на массивную стенку, которая движется ему навстречу со скоростью 5 м/с. Найдите скорость мяча после отскока, если никаких потерь энергии нет (бич).
3. **В** забеге на 100 м участница А опередила участницу В на 10 м. В следующем забеге участниц А стартовала за 10 м до линии старта и таким образом дала сопернице 10 м форы. Кто прибежит первой во втором забеге, если они будут бежать с той же скоростью? t_A / t_B=0,99
4. **П**оловину времени на пути из пункта А в пункт Б велосипедист ехал со скоростью 15 км/ч, а вторую половину времени со скоростью 10 км/ч. На обратном дороге полпути он ехал со скоростью 15 км/ч, а другие полпути со скоростью 10 км/ч. Какова была средняя скорость велосипедиста по пути туда, обратно и на всем пути? 12,5 км/ч, 12 км/ч, 12,4 км/ч.
5. Пете и Маше предстояло добраться от железнодорожной станции в свою деревню. Маша пошла пешком с постоянной скоростью 4 км/ч. Петя устроился на телегу к знакомому фермеру, правда скорость, с которой лошадка тянула телегу, была всего 2 км/ч. Ровно на половине пути Петя пересел в автобус, который ехал со скоростью 40 км/ч. Кто из них раньше оказался в деревне? М
6. **П**о реке от моста до озера Дима может доплыть на лодке за t_1 = 1 час, а на плоту – за t_2 = 4 часа. За какое время Дима доплывёт на лодке от озера до моста? 2 ч

7. **Ф**утболист бьет по мячу. Считая удар абсолютно упругим и центральным, определите скорость мяча после удара. Скорость бутсы во время удара не изменяется и равна υ. Задачу решить для двух случаев: а) мяч перед ударом покоился; б) мяч двигался навстречу со скоростью u.
8. По реке плывут весельная лодка и рядом с нею плот. В каком направлении надо грести, чтобы расстояние между плотом и лодкой быстрее стало равным 10 м?

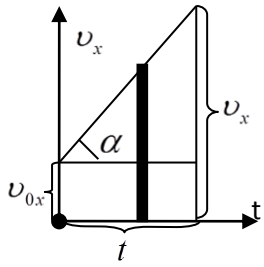
II. *Задачи (блиц):*

1. **П**ервые две трети пути катер двигался со скоростью, на 7 км/ч превышающей его среднюю скорость за все время движения $\upsilon_{ср}$. На оставшейся части пути он сбросил скорость, так что она оказалась в полтора раза меньше средней $\upsilon_{ср}$. Определить среднюю скорость катера $\upsilon_{ср}$. 21 км/ч
2. Первую половину времени прямолинейного движения между городами А и В автомобиль ехал с постоянной скоростью 40 км/ч, вторую – с постоянной скоростью 60 км/ч. С какой средней скоростью автомобиль проехал первую $s_1 = s_2$ половину пути? $s_1 = s_2$. $40 \cdot 0{,}5t + 60\Delta t = 60\,(0{,}5t - \Delta t)$. $\Delta t = (1/12)t$. $t_1 = (7/12)t$. 43 км/ч..
3. Мальчик 1/4 времени ехал на велосипеде со скоростью 12 км/ч, затем велосипед сломался, и оставшуюся 1/3 часть пути мальчик прошел пешком, волоча велосипед за собой. С какой скоростью мальчик шел пешком? Во сколько раз быстрее он мог бы преодолеть путь, если бы велосипед не сломался? 2 км/ч. 2,7

III. Равноускоренное движение – движение тела, при котором его скорость за любые равные промежутки времени изменяется на одну и ту же величину.

$\vec{\upsilon}_1 = \vec{\upsilon}_0$ $\quad$ $\vec{\upsilon}_2 = \vec{\upsilon}$ $\quad$ $\vec{a} = \dfrac{\Delta\vec{\upsilon}}{\Delta t} \rightarrow \vec{a} = \dfrac{\vec{\upsilon} - \vec{\upsilon}_0}{t}$

$t_1 = 0$ $\quad$ $t_2 = t$



При равноускоренном движении: $\vec{a} = \text{пост.}$

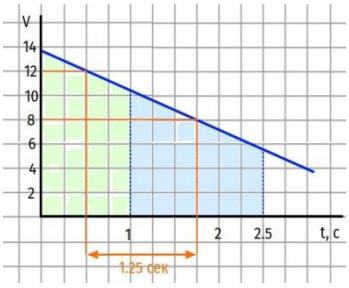
Вектор ускорения направлен в сторону вектора изменения скорости!

Зная начальную скорость тела и его ускорение, можно рассчитать скорость тела в любой момент времени: $\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_0 + \vec{a}\,t$ *(уравнение скорости).*

Пусть задана зависимость проекции скорости тела от времени: $\upsilon_x = \upsilon_{ox} + a_x t$. Каков характер движения тела? Что можно определить по графику проекции скорости тела от времени?

- Проекцию скорости тела в любой момент времени; 2) Проекцию ускорения тела: $a_x = \dfrac{\upsilon_x - \upsilon_{ox}}{t} = tg\alpha$; 3) Проекцию перемещения тела: $S_x = (\dfrac{\upsilon_{0x} + \upsilon_x}{2})t$ *или* $S_x = \upsilon_{0x}t + \dfrac{a_x t^2}{2}$.

Основные формулы: $\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_0 + \vec{a}t$; $\vec{S} = \vec{\upsilon}_0 t + \dfrac{\vec{a}t^2}{2}$.

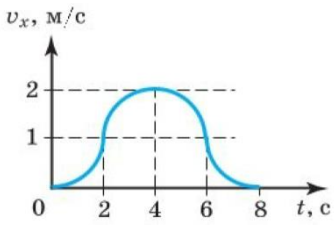


IV. *Задачи (блиц)*:

1. Первый вагон поезда прошёл мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за 1 с, а второй за 1,5 с. Длина вагона 12 м. Найти ускорение поезда и его скорость в начале наблюдения. Движение поезда считать равноускоренным. 13,6 м/с
2. **М**атериальная точка начинает движение по прямой линии с постоянным ускорением a. Спустя время t_1 после начала ее движения, ускорение меняет знак на противоположный, оставаясь неизменным по

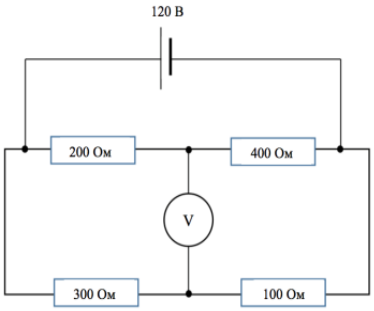
модулю. Определите, через какое время t после начала движения точка окажется в исходном положении. $t = t_1(2+\sqrt{2})$

3. По графику проекции скорости прямолинейно движущегося тела найдите путь, который тело прошло к моменту времени 4 с, и среднюю скорость за 8 секунд движения. Известно, что график составлен из одинаковых дуг окружностей. 4 м. 1 м/с



V. Олимпиада:

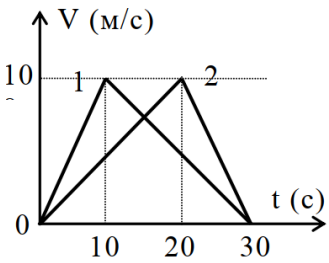
1. Наблюдатель стоит у изголовья неподвижного поезда. Когда поезд начинает двигаться с постоянным ускорением, первый вагон проезжает мимо наблюдателя за 5 секунд. За какое время проедет мимо наблюдателя 10-й вагон? 0.81 с.
2. Электрическая цепь состоит из четырёх резисторов, идеального источника питания с напряжением 120 В и идеального вольтметра. Что показывает вольтметр? Сопротивления резисторов указаны на схеме. 50 В



3. В сосуде с водой, имеющей температуру 0°С, плавает кусок льда массой $m_л$ = 100 г, в который вмерзла свинцовая дробинка массой $m_д$ = 5 г. Какое минимальное количество теплоты Q нужно сообщить воде, чтобы кусок льда с дробинкой начал тонуть? 18,7 кДж.
4. На полигоне проводятся испытания тормозной системы нового автомобиля, в процессе которых замеряется тормозной путь: расстояние от точки, в которой водитель получает сигнал о необходимости торможения, до точки, в которой автомобиль полностью останавливается. Оказалось, что при скорости автомобиля 18 км/ч тормозной путь составляет 5 м, а при скорости 36 км/ч – 15 м. Каков будет тормозной путь при скорости 72 км/ч? Считайте, что с момента нажатия водителем на педаль тормоза до момента полной остановки автомобиль движется равноускоренно, сопротивлением воздуха можно пренебречь. 50 м

Вопросы (блиц):

1. Во время езды на автомобиле через каждую минуту снимались показания спидометра. Можно ли по этим данным определить среднюю скорость движения автомобиля.
2. Тело начинает движение с постоянным ускорением. Найти отношение средней скорости на второй половине пути к средней скорости на первой половине пути.
3. Два спортсмена совершали разминочные пробежки по одной дорожке, а тренер нарисовал графики зависимости их скоростей от времени (см. рис.). Стартовали спортсмены одновременно из одной точки.



   1) Сравните средние скорости спортсменов за все время разминки. 5 м / с.
   2) В какой момент времени расстояние между спортсменами было наибольшим? Кто при этом был впереди? Максимальное удаление в момент 15 с; впереди первый спортсмен.

3) Чему равнялось это расстояние? 37,5 м.

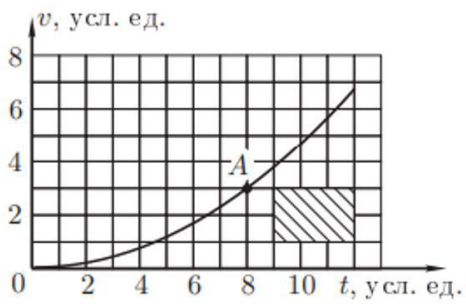
4. Найдите скорость пули при вылете из дула 400 м/с. Длина ствола 1 м. Ускорение считать постоянным. Сколько времени пуля летела в стволе? Чему равнялось ее ускорение? 0,005 с. 80000 м/с^2
5. В соревновании участвовали 50 стрелков. Первый выбил 60 очков, второй – 80, А каждый последующий – среднее арифметическое очков всех предыдущих. Сколько очков выбил 42-ой стрелок? А сколько 50-ый? 70
6. Уравнение движения материальной точки имеет вид: $x(t) = 8t - 2t^2$. Найдите координату точки через 6 с и путь, пройденный ею за это время. Постройте графики x(t), s(t), $v_x(t)$.

Разное

1. Тело, двигаясь равноускоренно, за первые 5 с своего движения прошло путь S_1 = 100 м, а за первые 10 с - S_2 = 300 м. Определите начальную скорость тела. 10 м/с
2. Увидев красный сигнал светофора, водитель начинает тормозить только спустя 0,51 с (время реакции водителя). Каков тормозной путь автомобиля до полной остановки, измеряемый с момента, когда водитель заметил красный сигнал светофора, если до торможения скорость автомобиля была 12 м/с, а модуль ускорения при торможении составил 6,2 м/с^2? 17,7 м.
3. В течение первой секунды наблюдения мотоциклист, движущийся прямолинейно с постоянным ускорением, проехал 10 м, а в течение первых двух секунд – 22 м. Какое расстояние он проехал за первые 3 с наблюдения? Чему равна его начальная скорость? 36 м. 9 м/с

Олимпиада:

1. Электричка, начав равноускоренное движение без начальной скорости, проехала тоннель длиной L. Машинист в головном вагоне заметил, что находился в тоннеле время t = 38 с. Сколько времени ехал в тоннеле кондуктор, сидящий в конце последнего вагона, если длина электрички 4L? 9 с
2. Тело преодолевает заданное расстояние S, двигаясь с постоянной скоростью, а затем останавливается, двигаясь с постоянным заданным ускорением a. Каково минимальное возможное время t движения до остановки? Какой при этом должна быть скорость V прохождения участка длиной S? $t = 2\sqrt{\frac{S}{a}}$. $\upsilon = \sqrt{aS}$.
3. В калориметр с m_0 = 200 г воды при температуре t_0 = 60^{0}C поместили три кубика льда массой m = 10 г каждый, имеющие температуры t_1 = -10^{0}C. t_2 = -20^{0}C и t_3 = -30^{0}C. Какая температура установится в калориметре? 40,3^{0}C.
4. На рисунке изображена зависимость скорости частицы от времени в условных единицах. Известно, что площадь заштрихованного на рисунке прямоугольника равна 12 м, а ускорение частиц в точке А равно a_A = 1,5 м/с^2. Определите: 1) масштабы по осям; 2) скорость частиц в точке А; 3) путь пройденный до точки А. 1 кл. 2 м/с, 1 с. 6 м/с. 16 м.



5. Лифт начинает движение из состояния покоя и

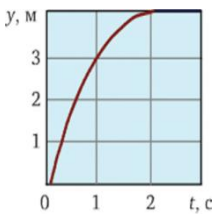
останавливается на два этажа выше через время t_2 = 5,0 с, а на четыре этажа выше — через t_4 = 8,0 с. Лифт, не останавливаясь между этажами, преодолевает необходимую дистанцию за минимально возможное время, при этом модули его скорости и ускорения не превышают некоторых неизвестных значений v_0 и a_0, соответственно. Высота всех этажей одинакова, временем открытия и закрытия дверей можете пренебречь. Используя без доказательства тот факт, что при подъёме на два этажа вверх лифт достигает предельного значения скорости v_0, найдите:

1) за какое время t_3 лифт поднимется на три этажа? t_3 = 6,5 с
2) за какое время t_1 лифт поднимется на один этаж? $t_1 \approx$ 3,4 с

Занятие 8. Свободное падение.

I. *Вопросы (блиц):*

1. **Ме**нялось ли ускорение грузовика по направлению, если его начальная скорость υ_0 = 10 м/с и грузовик двигался по прямой до полной остановки в течение времени τ = 15 с, пройдя при этом путь L = 160 м? Если бы он двигался равномерно и только в последнее мгновении остановился, то прошел бы 150 м. Да!
2. **За**висимость координаты от времени для тела, движущегося прямолинейно вдоль оси У, показана на диаграмме. Найти ускорение тела в интервале времени от 0 до 2 с, считая его постоянным. 1,5 м/с^2

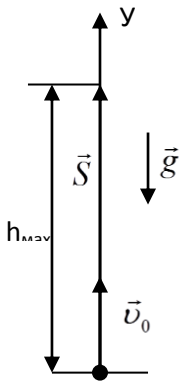


3. Путь тела разбит на равные отрезки. Тело начинает двигаться равноускоренно и проходит первый отрезок за время t_1. За какое время пройдет тело n-й отрезок? $t_n = \dfrac{t_1}{2n-1}$
4. **Т**ело движется по закону x = 4 − 5t + t^2 , где все величины заданы в СИ. Определить модуль скорости тела в тот момент, когда x = 0. Ответ. 3 м/с.
5. **Те**ло начало двигаться с постоянной скоростью V. Через время τ от начала движения его скорость начала линейно увеличиваться со временем так, что еще через время τ она была уже равна 2V. Определите путь L, пройденный телом за время t от начала движения. L = 2,5Vτ
6. **Во** сколько раз скорость пули в середине ствола меньше ее скорости при вылете из него? В 1,41
7. Предположим, что система противоракетной обороны получает оповещение о том, что через минуту над стартовой площадкой ракеты-перехватчика на высоте 200 км будет находиться баллистическая ракета противника. Ракета-перехватчик способна развить ускорение 100 м/с^2. Достаточно ли одной минуты для перехвата? Нет (пролетит 180 км)
8. Электричка тормозит с постоянным ускорением до полной остановки. Тормозной путь составил 50 м, а скорость на середине тормозного пути была 10 м/с. Сколько времени продолжалось торможение? 7 с
9. Мотоциклист тормозит с постоянным ускорением 1 м/с^2. Мимо поста ДПС он проезжает со скоростью 36 км/ч. На каком расстоянии от поста он находился 10 с назад? Какой была его начальная скорость? 150 м, 20 м/с.
10. **Те**ло движется по закону x = -8 + 4t – t^2. Найти путь и перемещение тела за 3 секунды.5 м. 3 м

II. *Задачи (блиц):*

1. **К**атер на подходе к причалу замедляет ход и от начала торможения до остановки проходит путь 80 м, при этом за предпоследнюю секунду движения катер проходит путь 2,4 м. Найдите скорость катера в момент начала торможения. В процесс торможения катер движется по прямой равнозамедленно. Через перемещение на предпоследнем участке. 16 м/с
2. Гоночный автомобиль, движущийся с постоянным ускорением, имеет скорость 10 м/с в 4 метрах от стартовой отметки и 15 м/с в 10 метрах. Каково ускорение автомобиля? С какой скоростью он проходит стартовую отметку? 10,7 м/с^2.4,1 м/с.
3. Уравнение движения материальной точки имеет вид: $x(t) = 3 - 4t + t^2$. Найдите координату точки через 4 с и путь, пройденный ею за это время.

III. Применение формул равноускоренного движения к свободному падению. С помощью формул равноускоренного движения можно определить:



1. **Время подъема тела до максимальной высоты: $t = \upsilon_o/g = t_{под}$ и максимальную высоту подъема: $h_{max} = \frac{\upsilon_o^2}{2g}$.**
2. **Время полета тела: $0 = \upsilon_o t - \frac{gt^2}{2} = t\left(\upsilon_o - \frac{gt}{2}\right) \rightarrow t_{пол} = \frac{2\upsilon_0}{g} = 2t_{под}$ и скорость тела в момент падения.**

IV. *Задачи (блиц):*

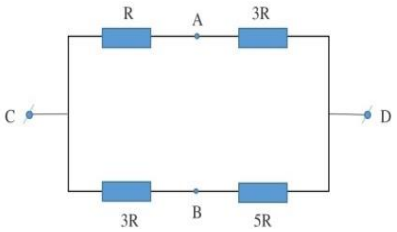
1. Прыгая с вышки, пловец погрузился в воду на глубину 2 м за 0,4 с. С каким средним ускорением двигался пловец в воде? С какой высоты он прыгал? 25 м/с^2. 5 м
2. Маленькая ракета, взлетающая с Луны, поднимается вверх с ускорением 3 м/с^2. Через 40 с после начала движения от нее отделяются пустые топливные баки. Через какое время после этого они упадут на поверхность Луны? 2,8 мин
3. **Ст**рела выпущена из лука вертикально вверх. Через 5,5 с после старта стрела движется к земле со скоростью 25 м/с. Найдите путь, проеденный стрелой от начала движения до момента времени 4 с. 50 м
4. Тело бросают вертикально вверх. Наблюдатель замечает промежуток времени 3 с между двумя моментами, когда тело находится на высоте 10 м. Найти начальную скорость тела и время его движения. 20,6 м/с
5. Клифф-дайвер прыгнул в воду с 29-метровой скалы. Когда он пролетел первые 10 м, с уступа скалы в воду упал зритель. На какой высоте находится уступ, если спортсмен и зритель коснулись воды одновременно? Считайте, что начальная скорость прыгуна равна нулю. Ответ: 5.
6. С вершины крутой скалы в море упал камень. Всплеск от его удара о воду был услышан на вершине скалы через 5 с от момента отрыва камня от скалы. Определите высоту скалы, если скорость звука в воздухе 340 м/с. 108 м

V. Олимпиада:

1. Камень, брошенный вертикально вверх, оказался на высоте h_2 = 20 м через время τ = 2 с после того, как он побывал на высоте h_1 = 16 м. Определите максимальную высоту H, на которую поднялся камень во время полета. Ищем

скорость на высоте h_1, потом h. 23,2 м

2. **В** сосуд, наполненный до краев водой с температурой t_0 = 44^0C, аккуратно опускают кубик льда. После завершения теплообмена в сосуде устанавливается температура t_1 = 33^0C. До какой величины t_2 изменится температура воды в сосуде, если в него отпустить не один, а сразу два таких кубика? При плавлении кубики не касаются дна сосуда. 22^0C



3. **Е**сли в схеме, изображенной на рисунке, между точками A и B включить идеальный вольтметр, то он покажет напряжение U_v = 21 В. Когда между теми же точками включен идеальный амперметр, то он показывает ток I_A = 1 А. Найдите сопротивление R и напряжение U между точками C и D. Между точками C и D напряжение постоянно. 8 Ом. 168 В

Вопросы (блиц):

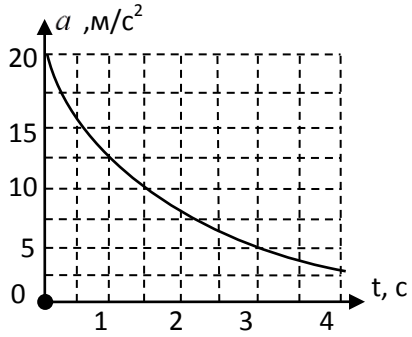
1. Выйдя весной в чистое поле, Петя от восторга швырнул камешек вертикально вверх со скоростью 10 м/с. Какая скорость окажется у камешка через 3 с?
2. Определить начальную скорость υ_0, которую необходимо сообщить брошенному вертикально вверх телу, чтобы оно вернулось обратно через t = 6 с. Чему равна максимальная высота подъема h? 30 м/с. 45 м.
3. Выведите формулу длины пути ℓ, который проходит свободно падающее тело за последюю секунду своего падения.
4. Начальная скорость брошенного вверх тела уменьшилась в 2 раза. Во сколько раз уменьшилась высота подъема?
5. Доказать, что при свободном движении тел вблизи поверхности Земли их относительная скорость постоянна. $\upsilon_2 - \upsilon_1 = \upsilon_{02} - \upsilon_{01}$
6. За какое время шарик под действием силы тяжести скатится от края ямы сферической формы радиуса 1 м до ее нижней точки? Трение отсутствует, размерами шарика можно пренебречь.
7. Как надо бросить камень с балкона, чтобы его скорость при падении на землю была наибольшей?
8. Два шарика выпущены из одной точки один после другого. Меняется ли расстояния между ними при падении? Нет
9. Почему восходящая струя фонтана сплошная, а нисходящая распадается на отдельные части?
10. Из двух точек, расположенных на одной вертикали вблизи поверхности Земли, начинают одновременно падать два тела. Как будет меняться расстояние между ними при свободном падении?

Разное

1. Аэростат начал подниматься с земли вертикально вверх с ускорением a. Через время τ из него выпал груз. Через какое время от начала падения груз достигнет земли? $t = \dfrac{\tau(a + \sqrt{a^2 + 2a})}{g}$
2. Два камня брошены из одной точки с одинаковыми скоростями: один - вертикально вверх, другой - вертикально вниз. Они упали на землю с

интервалом времени 5 с. С какой скоростью были брошены камни? Сопротивление воздуха не учитывать. 25 м/с

3. Спортсменка пробежала расстояние 100 м за время 12 с, причем на разгон она потратила 4 с, а остальное время бежала равномерно. Найдите скорость спортсменки на участке равномерного движения. 10 м/с
4. Тело бросают с высокорасположенного балкона вертикально вверх. Зависимость модуля ускорения тела от времени приведена на графике. Пользуясь данной зависимостью, оцените начальную скорость тела. Ускорение свободного падения g = 10 м/с^2. 25 м/с. Изменение скорости за 1,5 с равно площади под графиком.



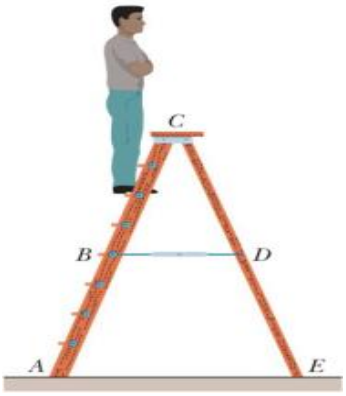
5. Электропоезд, стоявший перед входом в длинный тоннель, начал разгоняться после того, как загорелся зелёный сигнал светофора. Через время t_1 он полностью вошел в тоннель. Определите время τ, в течение которого электропоезд целиком находился в тоннеле, если из тоннеля он выходил в течение времени t_2. Электропоезд от начала движения до полного выхода из тоннеля двигался с постоянным ускорением. $\tau = 0{,}5(t_1^2-3t_2^2) - t_1$
6. Из одной точки над поверхностью земли одновременно вылетают две частицы с горизонтальными противоположно направленными скоростями υ_1 = 4 м/с и υ_2 = 9 м/с. Через какое время τ угол между направлениями скоростей этих частиц станет равным 90°? Ускорение свободного падения g ≈ 10 м/с. 0,6 с.
7. По гладкой наклонной плоскости из точек А и В одновременно начали двигаться два тела: из точки А - вверх с начальной скоростью V = 0,5 м/с, из точки В - вниз без начальной скорости. Найдите, через какое время тела встретятся, если первоначальное расстояние между телами АВ = 2,5 м. t = 5 с
8. Определить, как относится время прохождения свободно падающим телом первой половины пути ко времени прохождения им второй половины. $\sqrt{2}-1$
9. Легковой автомобиль трогается с места по зеленому сигналу светофора и, двигаясь с постоянным ускорением, достигает скорости υ_1 = 60 км/ч, после чего начинает двигаться равномерно. В момент загорания зеленого сигнала светофора грузовик движется с постоянной скоростью υ_2 = 40 км/ч и обгоняет легковой автомобиль. Обгонит ли легковой автомобиль грузовик на участке разгона, или после достижения скорости υ_1? Во сколько раз время, необходимое для обгона грузовика, больше времени разгона автомобиля? После. $\frac{T}{\tau} = \frac{\upsilon_1}{\upsilon_1 - \upsilon_2}$

Олимпиада:

1. Теннисный мяч роняют на высоте H над плитой, которую поднимают вверх со скоростью u. Определите время между двумя последовательными ударами мяча о плиту, если удары абсолютно упругие. $t = 2\frac{\sqrt{U^2+2gH}}{g}$
2. С края крыши дома высотой H = 25 м бросают вертикально вверх мяч с начальной скоростью υ_0 = 12 м/с. С какой скоростью υ должен бежать человек

по направлению к дому, чтобы поймать падающий мяч, если в момент бросания мяча он находился на расстоянии ℓ = 31 м от дома? ≈ 8,2 м/с.

3. У стремянки, показанной на рисунке, опорные стороны AC и CE шарнирно скреплены в точке C и имеют одинаковую длину. Две лёгкие нити, которые связывают опорные стороны стремянки расположены на высоте вдвое меньшей, чем точка C, и имеют длину 0,76 м. Одна из нитей BD изображена на рисунке. Мужчина массой 85,4 кг стоит на стремянке, располагаясь вертикально. Ступни его ног находятся на шестой ступеньке, на высоте 1,8 м от пола (см. рисунок). Считайте, что пол гладкий, а лестница лёгкая.



   1) Чему равна суммарная сила реакции пола, действующая на левую опорную сторону стремянки? Ответ выразите в Н, округлите до целого числа. 540 Н
   2) Чему равна суммарная сила реакции пола, действующая на правую опорную сторону стремянки? Ответ выразите в Н, округлите до целого числа. 320 Н
   3) Найдите модуль силы натяжения нити BD. Ответ выразите в Н, округлите до целого числа. 100 Н
4. Зеркало как поверхность цилиндра представляет собой интересную оптическую конструкцию. Какой угол обзора предоставляет такой прибор, если наблюдатель находится на расстоянии 30 см от оси цилиндра, при этом радиус сечения цилиндра равен 5 см.
5. В стакане находится горячий чай, в котором растворено 10 г сахара. Масса содержимо стакана M, температура 100^0C. Чай охлаждают по следующей методике. В него опускают кусочек льда массой M/9 при 0^0C. После наступления теплового равновесия напиток перемешивают, так что сахар равномерно распределяется по его объему, а затем избыток напитка сливают, так что его масса опять становится M. Удельную теплоемкость сладкого чая можно считать равной удельной теплоемкости воды, удельная теплота плавления льда 336 кДж/кг, теплообменом с окружающей средой пренебречь. Найдите минимальное количество кусочков льда, необходимых для понижения температуры напитка таким способом ниже 30^0C. Определите массу сахара в чае после его охлаждения.

Занятие 9. Бросок под углом.

I. *Вопросы (блиц):*

1. Стальной шарик периодически подпрыгивает на стальной плите с периодом 1 с. На какую высоту он поднимается? 1,25 м
2. Автомобилист проехал расстояние между городами со скоростью 70 км/ч. Если бы он проезжал в час на 10 км больше, то потратил бы на 30 минут меньше на тот же путь. Сколько времени ехал автомобилист? 240 мин. Какой путь проехал автомобилист? 280 км
3. **Ме**дведь упал в яму-ловушку глубиной 19,617 метров. Время его падения составило 2,000 с. Какого цвета был медведь?

4. **Н**а клин, плоскость которого составляет угол α с горизонтом, положили тело. Какое ускорение необходимо сообщить клину в горизонтальном направлении, чтобы тело свободно падало вертикально вниз? $a = g\,ctg\alpha$
5. Точность измерения ускорения свободного падения равна 3%. Какова абсолютная погрешность измерения?
6. На поверхность Марса тело падает с высоты 7,4 м примерно 2 с. С какой скоростью оно достигает поверхности? 7,4 м/с
7. **П**о наклонной доске пустили катиться снизу-вверх шарик. На расстоянии 30 см от начального положения шарик побывал дважды: через 1 с и через 3 с после начала движения. Найдите всё время движения шарика. 4 с
8. **К**акой должна быть начальная скорость камня, брошенного с земли вертикально вверх, чтобы за четвертую секунду после броска его перемещение было равно нулю? 35 м/с
9. Камень начинает свободно падать. За последнюю секунду своего движения он пролетел 20 метров. Сколько времени падал камень? Ответ. 2,5 с.
10. **Л**ыжник скатывается с горы (наклонная плоскость) за время τ. За какое время он спустится с горы такой же формы, но в 4 раза большего размера? 2τ

II. *Задачи (блиц):*

1. **Д**ва свинцовых шара свободно падают с разных высот и достигают земли одновременно. Время падения первого шара t_1, а второго $t_2 < t_1$. На какой высоте был первый шар, когда второй начал падать? $h_1 = \frac{g}{2}(t_1^2 + (t_1 - t_2)^2)$
2. Частица движется по оси X. Координата частицы зависит от времени t по закону $x = \upsilon_0 t - gt^2/2$, где $\upsilon_0 = 5$ м/с, $g = 10$ м/с^2. Найти путь, пройденный частицей за t = 2 с после первого прохождения начала координат. 12,5 м

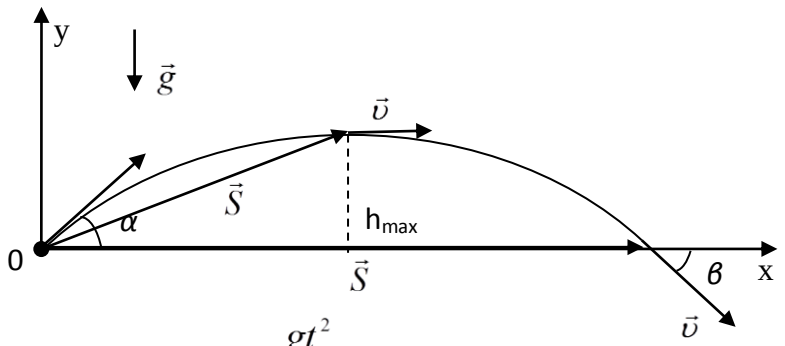
III. *Задача:* Мяч брошен со скоростью υ_0 под углом α к горизонту. Определите

Дано:

υ_0, α

h_{max} -?

τ -?



$$S_x = \upsilon_{0x}t,\ \ S_y = \upsilon_{0y}t - \frac{gt^2}{2},\ \ \upsilon_x = \upsilon_{0x},\ \ \upsilon_y = \upsilon_{0y} - gt.$$

высоту наибольшего подъема, время полета и дальность полета.

Применив формулы равноускоренного движения к телу, брошенному под углом к горизонту, можно определить:

а) Время подъема $t = \frac{\upsilon_{0y}}{g}$ и максимальную высоту подъема тела $h_{max} = \upsilon_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = \frac{\upsilon_{0y}^2}{2g}$, скорость в верхней точке ($\upsilon = \upsilon_{0x}$), радиус кривизны траектории $R = \upsilon^2 / g$.

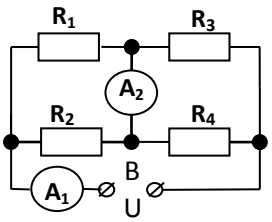
б) Время полета ($0 = \upsilon_{0y} t - \frac{gt^2}{2} \rightarrow t = 2\cdot\upsilon_{0y}/g$) и дальность полета тела ($L = S_x = \upsilon_{0x} t = \frac{\upsilon_0^2 \sin 2\alpha}{g}$).

Задачи (блиц):

1. При защите ледяной крепости со сторожевой башни бросают горизонтально снежок со скоростью 5 м/с, котоый находится в полете 1,2 с. Определите высоту башни, дальность полета до цели и конечную скорость снежка. 7,2 м. 6 м
2. **Р**акета, запущенная с поверхности земли со скоростью 35 м/с под углом 15^0 к вертикали, взрывается в воздухе через 3,7 с после старта. На какой высоте находилась в этот момент ракета? Какова при этом была ее скорость? 56,6 м; 9,4 м/с под углом 19^0 к горизонту
3. Из одной точки одновременно бросают два тела: одно горизонтально со скоростью 6 м/с, другое – вертикально со скоростью 8 м/с. На каком расстоянии друг от друга будут находиться тела через 2 с? 20 м
4. Из игрушечной двустволки одновременно с разными по величине скоростями вылетели две пульки. В некоторый момент совместного полета первая пулька оказалась на h = 1 м выше второй и на расстоянии S = 2 м от нее. Под каким углом к горизонту вылетели пульки из двустволки? Сопротивлением воздуха пренебречь. $26{,}6^0$

V. Олимпиада:

1. Окно расположено на высоте H от земли. На расстоянии L от окна по горизонтали стоит сосна, у основания которой на земле сидит белка. Белка увидела, что из окна горизонтально бросают орех в сторону сосны со скоростью υ и побежала вертикально вверх по сосне. С какой постоянной скоростью u нужно бежать белке, чтобы поймать орех? $u = v\left(\frac{H}{L} - \frac{gL}{2v^2}\right)$.
2. В длинном и широком спортивном зале с высотой потолка H = 10 м баскетболист бросает мяч товарищу по команде с начальной скоростью υ_0 = 20 м/с. Какова может быть максимальная дальность его передачи по горизонтали? Сопротивлением воздуха и размерами мяча можно пренебречь, бросок делается и принимается руками на уровне h = 2 м от горизонтального пола. $\alpha = 44{,}4^0$, L = 40 м.
3. Проплывая со скоростью u мимо большого коралла, маленькая рыбка почувствовала опасность и начала движение с постоянным ускорением 2 м/с^2. Через время 5 с после начала ускоренного движения ее скорость оказалась направленной под углом 90^0 к начальному направлению движения и была в два раза больше начальной скорости. Определите модуль этой начальной скорости. 4,5 м/с. Складываем вектор начальной скорости с вектором изменения скорости.
4. Во время лабораторной работы Костя собрал схему из четырех резисторов и двух амперметров. При напряжении 2 В он снял показания амперметров (A_1 = 1 мА, A_2 = 0 мА), после чего начал понемногу увеличивать напряжение в цепи до тех пор, пока не обнаружил, что его резисторы достаточно легко плавятся. Спалив третий резистор (R_3), Константин не растерялся и снова снял показания (U = 14 В, A_1 = 3 мА, A_2 = 2



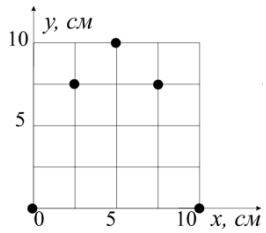
мА). Определите сопротивление всех резисторов. Амперметры идеальные, резистор после плавления не проводит ток. $R_1 = R_3 = 2$ кОм. $R_2 = R_4 = 4$ кОм.

Вопросы (блиц):

1. В 2008 году Шнобелевская (позорная) премия по биологии (вручается в Гарварде) была присуждена французам, которые после тщательных замеров достоверно определили, что блохи с собак прыгают дальше, чем блохи с кошек. Почему это так?
2. Тело брошено под углом α к горизонту с начальной скоростью υ_0. В какой точке траектории его ускорение максимально?
3. Как движется тело, уравнение движения которого имеет вид $y = 12 + 6\cdot t - 4{,}9\cdot t^2$?
4. Скорость тела, брошенного горизонтально с некоторой высоты, уменьшили в четыре раза. Как изменилась дальность полета; время полета?
5. Найти дальность полета пули, вылетевшей со скоростью 700 м/с из винтовки, расположенной горизонтально на высоте 1,5 м. 380 м
6. Почему грязь от передних колес прицепа забрызгивает трактор?
7. Маленький шарик бросают от поверхности Земли под углом α = 30º к горизонту. В точке падения шарика, находящейся на одном уровне с точкой бросания, установлена тяжелая гладкая пластинка. Под каким углом β к горизонту нужно расположить эту пластинку, чтобы после абсолютно упругого соударения с ней шарик вернулся в точку бросания? Ответ: $\beta_1 = 60^0$, $\beta_2 = 45^0$.

Разное

1. На одной неизвестной планете камушек, брошенный со скоростью 10 м/с под углом 60^0 к горизонту, через время 2 с имел скорость, направленную под углом 30^0 к горизонту. Определите, на какую высоту поднялся камушек за это время? Сопротивлением воздуха пренебречь. 2,9 м/с^2, 13 м
2. На рисунке показана стробоскопическая фотография шарика, брошенного под углом к горизонту из начала координат. Найдите начальную скорость шарика. 1,44 м/с

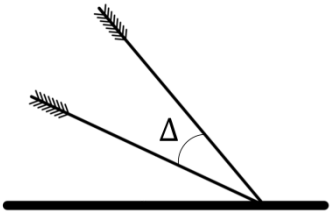


3. В момент времени t = 0 тело находится в начале координат и движется со скоростью 40 м/с, направленной под углом 45^0 к оси x. Через 3 секунды оно находится в точке с координатами x = 100 м; y = 80 м и движется со скоростью 30 м/с под углом 50^0 к оси x. Каковы средняя скорость и среднее ускорение за этот промежуток времени? 25,6 м/с. 10,4 м/с^2.
4. Заряд дальнобойной пушки содержит 150 кг пороха. Масса снаряда 420 кг. Какова максимально возможная дальность полета (в км) снаряда, если КПД орудия 25%? Удельная теплота сгорания пороха 4,2 МДж/кг. Сопротивление воздуха не учитывать.
5. Начальная скорость полета пули составляет 250 м/с. Требуется попасть в цель, расположенную на одной высоте с пистолетом на расстоянии 100 м. Как должен быть направлен ствол пистолета? 0,08 радиан
6. Минометная батарея расположена у подножья горы с наклоном к горизонту 45^0. Под каким углом к горизонту нужно установить ствол орудия, чтобы мина достигала склона на максимальной высоте? $54{,}7^0$

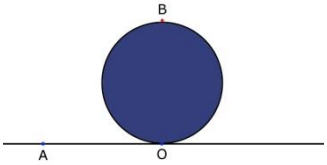
7. Лежащий на земле цилиндрический резервуар имеет радиус R. При какой наименьшей скорости υ_0 брошенный с поверхности земли камень может перелететь через резервуар? Исследовать два случая: 1) $\upsilon_0^2 = 5gR$. 2) $\upsilon_0^2 = 2gR\,(1 + \sqrt{2})$
8. Вова участвует в соревнованиях по стрельбе из лука, где ему нужно поразить цель на расстоянии L = 200 м. Под каким углом α к горизонту Вова должен стрелять из лука, чтобы попасть точно в середину мишени? При натяжении лука работа Вовы равна A = 500 Дж, КПД лука η = 0, 17. Масса стрелы m = 54 г. В момент выстрела стрела находится на h = 70 см выше центра мишени. Ускорение свободного падения 9,8 м/с^2. Выр. cos через sin и решить $25{,}8^0$. $72{,}5^0$
5. Птица летит горизонтально на высоте H = 20 м с постоянной скоростью u. Плохой мальчик из 9 класса замечает птицу в момент, когда она находится в точности над его головой, и сразу же стреляет из рогатки. Какой должна быть скорость u птицы, чтобы мальчик никак не смог попасть в нее? Максимальная скорость вылета камня υ_0 = 10 м/с. Сопротивлением пренебречь. u > 4,5 м/с

Олимпиада:

1. Выстрелив дважды из английского лука, Робин Гуд сумел попасть обеими стрелами в одну точку, стреляя в одной плоскости под разными углами к горизонту. Оказалось, что угол между стрелами в земле составил $\Delta = 40°$. Под какими углами к горизонту в плоскости траектории полета стрелы попали в землю, если обе стрелы были выпущены с одинаковой силой? Сила натяжения английского лука при выстреле равна 140 Н. Считайте, что Робин Гуд тренируется на равнине в безветренную погоду. Ответ выразите в градусах. Примечание: формула синуса двойного угла: $\sin(2x) = 2\sin(x)\cos(x)$. $\alpha = 25^0$, $\beta = 65^0$.



2. Склон горы составляет угол α с горизонтом. В момент времени t = 0 на поверхности склона взорвалась граната, и множество осколков полетели во все стороны, причем начальная скорость всех осколков одинаковая по модулю. Оказалось, что осколки падали на склон в течение промежутка времени Δt. На какое максимальное расстояние осколки удалялись от склона? Считайте склон очень длинным. Силой сопротивления воздуха можно пренебречь. $h = \dfrac{g\cos\alpha\Delta t^2}{8}$
3. На земле лежит огромная цилиндрическая цистерна диаметром D метров. С какого расстояния от нижней точки цистерны мальчик должен бросить камень, чтобы камень сбил мячик с верхней точки цистерны, не касаясь цистерны и обладая наименьшей необходимой для этого начальной скоростью?



4. С земли необходимо перебросить мяч через сетку, находящуюся на расстоянии L от места броска. Верхний край сетки находится на высоте H. При какой наименьшей начальной скорости мяч перелетит через сетку? Под каким углом к горизонту необходимо его при этом бросить?

$$V_o \geq \sqrt{g(H + \sqrt{H^2 + L^2})}\,;\ \ \mathrm{tg}\alpha = \frac{H}{L} + \sqrt{1 + \frac{H^2}{L^2}}$$

5. Находящийся на горизонтальной площадке фейерверк разрывается на множество осколков, летящих с одинаковой по модулю скоростью во всевозможных направлениях. Через время τ = 1 с после разрыва один из осколков находился на высоте h = 15 м и на расстоянии l = 34,6 м по горизонтали от точки старта. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.
   1) Определите продолжительность T полета этого осколка. 4 с
   2) Найдите наибольшую высоту полета этого осколка. 20 м
   3) Найдите начальную скорость V_0 осколков. 40 м/с
   4) Найдите площадь S круга, на который упали осколки. $8 \cdot 10^4$ м^2
4. На горизонтальную ленту транспортёра шириной 3 м, движущуюся с постоянной скоростью 3 м/с, попадает небольшая шайба, двигавшаяся перпендикулярно ленте со скоростью 4 м/с по гладкой горизонтальной поверхности, находящейся на таком же уровне, что и лента транспортёра. Между шайбой и лентой имеется (сухое) трение. В тот момент, когда шайба пересекала середину ленты, проекция её скорости на направление, перпендикулярное направлению движения ленты, была равна 2 м/с. Ускорение свободного падения равно 10 м/с^2.
- На каком расстоянии от середины ленты шайба перестанет скользить по ленте?
- Каков коэффициент трения шайбы о ленту? 0,5
5. Камень бросили с горизонтальной площадки под углом 60° к горизонту. Через некоторое время камень упал на ту же площадку. Начальная скорость камня 4 м/с. Ускорение свободного падения 10 м/с², сопротивление воздуха отсутствует. Чему равен минимальный радиус кривизны траектории камня в течение его полета? Ответ дайте в метрах, округлив до десятых долей. Чему равен максимальный радиус кривизны траектории камня в течение его полета? Ответ дайте в метрах, округлив до десятых долей. 0,4 м; 3,2 м
6. Самолет А летит над землей на высоте h с горизонтальной скоростью υ_1. Из орудия В произведен выстрел по самолету в тот момент, когда самолет находится на одной вертикали с орудием. Найти: 1) Какому условию должна удовлетворять начальная скорость υ_0 снаряда для того, чтобы он мог попасть в самолет; 2) Под каким углом α к горизонту должен быть сделан выстрел. Сопротивлением воздуха пренебречь. Должно быть два действительных корня.
7. Камень брошен под углом $\alpha = 45^0$ к горизонту с высоты h = 2,1 м. Он упал на землю на расстоянии S = 42 м от места бросания, считая по горизонтали. С какой скоростью V_0 был брошен камень, сколько времени t он летел и на какой наибольшей высоте H был? 19,8 м/с. 3 с. 12,1 м.
8. Камень бросают с башни высотой h_0 с начальной скоростью v_0. Найдите:
   1) Время τ полета камня до момента падения на горизонтальную поверхность земли.
   2) Под каким углом α к горизонту надо бросить камень, чтобы дальность его полета была максимальной? $tg\alpha = \dfrac{\upsilon_0}{\sqrt{\upsilon_0^2 + 2gh}}$

3) Чему равна эта максимальная дальность полета камня? $S_{\max} = \dfrac{\upsilon_0\sqrt{\upsilon_0^2 + 2gh}}{g}$

Занятие 10. Вращательное движение.

I. *Вопросы (блиц):*

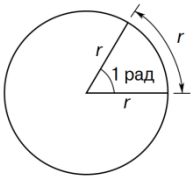
1. Мяч бросили с начальной скоростью 20 м/с под углом 30^0 к горизонту. Через какое время после броска скорость мяча будет направлена горизонтально? 1с
2. **В** какой точке траектории тела, брошенного под углом к горизонту, его нормальное ускорение будет максимальным?
3. **В** высшей точке траектории скорость мяча составляет одну четверть скорости, с которой он был брошен. Под каким углом к горизонту был брошен мяч? $\approx 75{,}5^0$
4. Камень, брошенный горизонтально с некоторой высоты с начальной скоростью 20 м/с, пролетел 30 м. С какой высоты был брошен камень? Каково время полета? 11,25 м, 1,5 с
5. В каком случае выпавший из окна вагона предмет упадет на землю раньше: когда вагон стоит на месте или, когда он движется? Без разницы
6. **К**амень, брошенный под углом 30° к горизонту, находился в полете 2 секунды. Определить модуль скорости, с которой камень упал на землю. Ответ. 20 м/с.
7. **Д**ана траектория движения тела, брошенного под некоторым углом к горизонту в поле тяжести Земли, и вектор начальной скорости $\boldsymbol{\upsilon_0}$. Найти построением вектор скорости $\boldsymbol{\upsilon}$ в произвольной точке А траектории. Вектор средней скорости **r**/t. Удвоим длину этого вектора, получив вектор 2**r**/t. Соединяя конец вектора $\mathbf{v_0}$ с концом вектора **2r**/t, получаем вектор **v**.
8. **М**ышонок стреляет из рогатки точно в кота, сидящего поодаль на ветке дерева. Через одну секунду камень падает на землю в точку, находящуюся на одной вертикали с котом. На какой высоте находился кот? $\vec{S} = \vec{\upsilon}_0 t + \dfrac{\vec{g}t^2}{2}$. 5 м

II. *Задачи (блиц):*

1. Теннисист при подаче запускает мяч с высоты 2 м над землей. На каком расстоянии от подающего мяч ударится о корт, если начальная скорость мяча 10 м/с и направлена под углом 40^0 к горизонту? 11 м
2. **Т**еннисный мяч ударяют ракеткой у самой земли, сообщая ему скорость $\upsilon_0 = 20$ м/с под углом $\alpha = 45^0$ к горизонту по направлению к вертикальной стене, находящейся на расстоянии L = 15 м. На каком расстоянии от места удара мяч упадет на землю после упругого соударения со стеной? 25 м.
3. Тело, брошенное под углом $\alpha = 30^0$ к горизоту, оказалось на высоте h в моменты времени $t_1 = 3$ с и $t_2 = 7$ с. Найдите эту высоту h и модуль начальной скорости υ_0 тела. Сопротивлением воздуха пренебресь. 125 м. 100 м/с

III. Равномерное вращательное движение. Ускорение тела, равномерно движущегося по окружности - центростремительное, т.е. направлено по радиусу окружности к ее центру. $\vec{a} = \dfrac{\Delta\vec{\upsilon}}{\Delta t} \to \dfrac{\Delta\upsilon}{\upsilon} = \dfrac{S}{R} = \dfrac{\upsilon\Delta t}{R} \to a_{\text{н}} = \dfrac{\upsilon^2}{R}$. Модуль тангенциального ускорения: $a_\tau = \dfrac{\upsilon - \upsilon_o}{t}$. Модуль полного ускорения: $a = \sqrt{a_{\text{н}}^2 + a_\tau^2}$

1. **Период обращения (T)** - промежуток времени, в течение которого тело совершает один полный оборот вокруг оси вращения. **Частота обращения (*n*)** - число оборотов, совершаемых телом за единицу времени.
2. **Угол поворота (φ)** - угол, на который поворачивается тело за данный промежуток времени, измеряемый в радианах.



3. **Угловая скорость (ω):** $\omega = (\varphi - \varphi_0)/t$; $[\omega] = [c^{-1}] = [рад/с]$.

$\omega = \dfrac{2\pi}{T} = 2\pi n$; $\upsilon = \omega R$; $a_н = \omega^2 R$. $\varphi = \varphi_o + \omega_z t$ - уравнение движения.

Равноускоренное вращательное движение. Угловое ускорение ($\vec{\varepsilon}$):

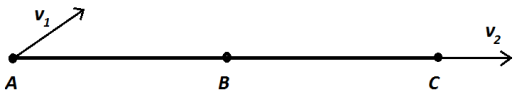
$\vec{\varepsilon} = \dfrac{\vec{\omega} - \vec{\omega}_o}{t}$; $\vec{\omega} = \vec{\omega}_o + \vec{\varepsilon} t$. $a_\tau = \varepsilon \cdot R$. Направление углового ускорения.

Уравнение движения: $\varphi = \varphi_o + \omega_{oz} t + \dfrac{\varepsilon_z t^2}{2}$. $\Delta\varphi = 2\pi N$.

IV. *Задачи (блиц):*

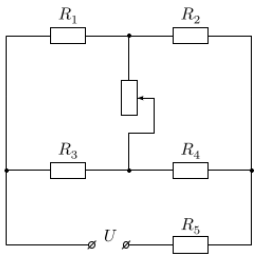
1. **П**оезд въезжает на закругленный участок пути с начальной скоростью 54 км/ч и проходит равноускоренно расстояние 600 м за время 30 с. Радиус закругления 1 км. Найти скорость и полное ускорение поезда в конце этого участка пути. 25
2. Точка движется по окружности с постоянной скоростью υ= 0,5 м/с. Вектор скорости изменяет направление на $\Delta\varphi = 30^0$ за время Δt = 2 с. Каково нормальное ускорение точки? 0,13 м/с^2
3. Трамвай движется по круговому повороту радиусом R и поворачивает на 90^0 с постоянным тангенциальным ускорением, причем в начале поворота на скорости υ_0 нормальное ускорение по модулю в два раза превышало тангенциальное ускорение. Найдите соотношение между нормальным a_n и тангенциальным a_τ ускорением при завершении поворота. $a_n = |a_\tau|\ (2 \pm \pi)$.
4. Диск вращается вокруг оси, проходящей через его центр масс. Зависимость угла поворота от времени имеет вид: $\varphi(t) = 12 + 5t + t^2$ (рад). Для момента времени $t_0 = 2$ с найти: 1) сколько оборотов сделает диск; 2) угловую скорость; 3) угловое ускорение. Определите для точки, находящейся на расстоянии r = 0,2 м от оси вращения, полное линейное ускорение в момент времени, когда точка прошла путь S = 1,2 м. Δφ = 2,23 рад, 9 рад/с, 2 рад/с^2, t_2 = 1 с, a_τ = 0,4 м/с^2, $a_н$ = 9,8 м/с^2, a = 9,8 м/с^2.

V. Олимпиада:



1. **Т**вёрдый стержень двигается по горизонтальному столу. В определённый момент времени скорость одного конца стержня v_1=5 м/с, а скорость другого v_2=4 м/с, и она направлена вдоль оси стержня. Определите для этого момента времени скорость середины стержня. Ответ: ≈ 4,3 м/с.
2. **Н**ебольшая вагонетка с реактивным двигателем стоит на рельсах. Рельсы уложены в форме окружности радиусом R = 5 м. Вагонетка стартует с места, при этом реактивная сила имеет постоянное значение. До какой максимальной скорости вагонетка разгонится за один полный круг, если её ускорение за этот промежуток времени не должно превысить значение a = 1 м/с^2? ≈ 2,23 м/с.

3. Два футболиста бегут друг другу навстречу по прямой, их скорости равны 5 м/с. Судья благоразумно держится от них на достаточном расстоянии - между судьей и одним из игроков расстояние все время ровно 30 метров, между судьей и другим игроком – 40 метров. Найти скорость и ускорение судьи в тот момент, когда между игроками будет расстояние 50 метров. 5 м/с. 2,3 м/с^2.
   Судья и игроки как бы скреплены жесткими стержнями, откуда можно найти скорость удаления судьи от игроков 3 м/с и 4 м/с, проекции скорости судьи относительное каждого игрока, потом центростремительные ускорения и его полное ускорение.
4. Гантель из двух маленьких одинаковых шайб, соединенных прямым жестким и невесомым стержнем длины L скользит по ровной поверхности. В некоторый момент времени шайбы движутся перпендикулярно стержню в одну сторону со скоростями υ и 2υ. С какой угловой скоростью вращается стержень гантели в этот момент времени? (скорость центра масс 1,5υ, поэтому ω=υ/L.)

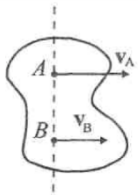


5. Сопротивления резисторов в схеме: R_1 = 10 Ом, R_2 = 20 Ом, R_3 = 20 Ом, R_4 = 10 Ом, R_5 = 10 Ом. Сопротивление реостата 10 Ом. Напряжение источника тока U = 30 В. Определите силу тока в реостате.

Вопросы:

1. Как определить радиус окружности, по которой движется на тело, на каком-либо участке криволинейной траектории?
2. Тело движется равномерно по окружности радиуса 2 м, делая полный оборот за 3 секунды. Каково ускорение тела? 8,77 м/с^2
3. Пилот выводит самолет из вертикального пикирования по дуге окружности радиусом 300 м. В нижней точке дуги скорость составляет 180 км/ч. Каково ускорение самолета в этой точке? 8,3 м/с^2
4. Автомобиль движется горизонтально по закруглению радиусом 30 м. Максимальное центростремительное ускорение составляет 5 м/с^2. С какой максимальной скоростью может ехать автомобиль? 44 км/ч
5. Сверху заднего колеса велосипеда устанавливают крыло, защищающее седока от слетающей с колеса грязи. Почему возможно попадание этой грязи на седока, ведь колесо и велосипедист движутся с одинаковой скоростью?
6. Укажите два случая движения тел, в которых нормальное ускорение обращается в нуль? Точка – окружность с радиусом, равным нулю, а прямая – окружность с радиусом, равным бесконечности.
7. Шестерня с 6 зубцами сцеплена с шестерней, имеющей 18 зубцов. Сколько оборотов вокруг своей оси сделает малая шестерня, если она обойдёт один раз вокруг большой, закреплённой неподвижно? Четыре оборота.
8. Могут ли совпадать направления мгновенной скорости и ускорения материальной точки при ее движении по криволинейной траектории? не могут
9. Ведущая шестерня велосипедной цепной передачи имеет диаметр 30 см. Она соединена цепью с шестерней диаметра 10 см. Если педали крутят с частотой 1 с$^{-1}$, какова частота вращения заднего колеса?
10. Как изменяется угол между скоростью и ускорением у тела, которое начинает двигаться по окружности с возрастающей скоростью?

11. Под каким углом - острым или тупым - направлено полное ускорение относительно скорости автомобиля, когда водитель тормозит на закругленном участке дороги?
12. Точка движется по окружности радиуса 2 м с постоянным по модулю центростремительным ускорением 8 м/с^2. Определить модуль перемещения точки за время π с.
13. Как движется твёрдое тело, если две его точки А и В имеют неодинаковые скорости? Тело вращается вокруг точки, лежащей на пересечении прямой АВ, и прямой, проходящей через концы векторов v_A и v_B.



Разное

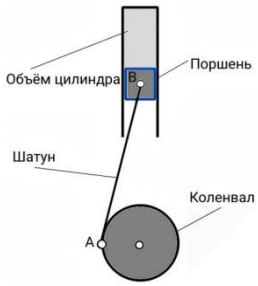
1. Спортсмен прыгает с 10-метровой вышки и погружается в воду на расстоянии 3 м по горизонтали от края вышки через 2 с. Определить скорость спортсмена в момент прыжка. 5,2 м/с
2. Ведущая шестеренка цепной передачи велосипеда имеет N_1 = 32 зуба, ведомая – N_2 = 16 зубьев. С какой скоростью едет велосипедист, если он крутит педали с частотой с частотой n = 2 об/с, а радиус колес велосипеда R = 0,35 м? 8,8 м/с
3. С какой минимальной скоростью следует бросить камень с горизонтальной поверхности земли, чтобы он смог перелететь через дом высотой 4 и шириной 6? 11,8 м/с
4. Вращение диска вокруг оси, совпадающей с осью симметрии, описывается уравнением $\varphi = 4 - 2t + 0{,}2t^3$, где φ — угол поворота (рад), t — время (с). Определить тангенциальное и нормальное ускорения точек диска на расстоянии 20 см от оси вращения через 3,0 секунды после начала отсчета времени.
5. Камень брошен горизонтально из точки А. При какой начальной скорости v_0 камня он будет в течение всего времени полета удаляться от точки В, расположенной на расстоянии h = 6,4 м под точкой А на одной вертикали с ней? Сопротивлением воздуха пренебречь. больше 8/√2 м/с
6. Студент для нахождения ускорения свободного падения придумал установку, состоящую из двух небольших шариков, связанных нитью, перекинутой через стержень, укрепленного в штативе. Оба шарика висят над электропроигрывателем на разных высотах так, что всегда оказываются на одном радиусе диска проигрывателя, вращающегося с частотой 78 об/мин. Один шарик находится на высоте h_1 = 25 см, а второй – на высоте h_2 = 10 см над диском. Определите ускорение свободного падения g, если после пережигания нити следы от упавших шариков на диске оказались разошедшимися на угол φ = 38°.

Олимпиада:

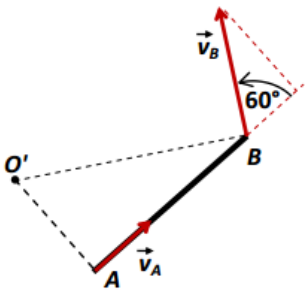
1. Согласно техническому паспорту Васиной машине предназначены 15-дюймовые колесные диски с диаметром шин 627 мм. Когда пришло время сменить шины, Вася купил 16-дюймовые диски с диаметром шин 652 мм. На сколько секунд изменится время прохождения 1 км с новыми шинами, если

машина едет согласно спидометру со скоростью 90 км/ч? Показание спидометра пропорционально числу оборотов колеса в минуту. 1,5 с

2. Ученик на перемене смотрел в окно на ворон. Он заметил, что две птицы, белая и черная вороны летают по окружностям одинакового радиуса. При этом, если они полетят из одной точки так, что белая ворона будет двигаться по часовой стрелке, а черная против, то они встретятся через 6 секунд. За какое время белая ворона обгонит черную на один круг, если они полетят в одну сторону из одной точки? На целый круг черная ворона тратит 13 секунд. 78 с
3. Камень брошен горизонтально со скоростью 25 м/с. Найдите отношение модуля нормального ускорения к модулю тангенциального ускорения в конце первой секунды после начала движения.
4. Поршень может свободно двигаться внутри вертикального неподвижного цилиндра. Коленвал вращается по часовой стрелке с постоянной частотой 900 оборотов в минуту. Радиус коленвала R = 70 мм. Диаметр поршня D = 76 мм. Длина шатуна, т.е. расстояние AB, равна L = 136 мм.



1) Сколько раз поршень остановится за один оборот коленвала? 2
2) Найдите скорость нижнего конца A шатуна в м/с. 6,6
3) Найдите путь, проходимый поршнем за одну минуту. 252 м
4) Найдите степень сжатия данного двигателя. Степенью сжатия называется отношение максимального объёма цилиндра к его минимальному значению. Известно, что минимальный объём цилиндра V_{min} = 0.058 л. 12
5. Жесткий стержень AB длиной 1 м скользит по ровной поверхности, и в некоторый момент времени скорость одного конца A направлена в сторону B и равна по величине 0,5 м/с. В тот же момент времени скорость конца B составляет с AB угол 60°. Найти величину скорости конца B и угловую скорость вращения стержня.



Занятие 11. Законы Ньютона.

I. *Вопросы (блиц):*

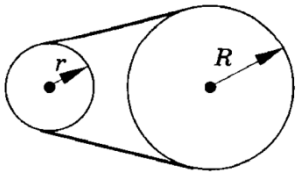
1. Что длиннее – градус широты или градус долготы? Широты
2. Два туриста пошли одновременно друг за другом из одного места вокруг озера. Один идет со скоростью 4 км/ч, другой 3(1/3) км/ч. Путь вокруг озера составляет 16 км. Через сколько часов они опять сойдутся, и сколько раз каждый из них обойдет озеро за это время? 24 ч. 6. 7.
3. **Ка**кую скорость имеют верхние точки обода велосипедного колеса, если велосипедист едет со скоростью 18 км/ч? 10 м/с
4. **Све**рху заднего колеса велосипеда устанавливают крыло, защищающее седока от слетающей с колеса грязи. Почему возможно попадание этой грязи на седока, ведь колесо и велосипедист движутся с одинаковой скоростью?
5. **И**звестно, что на стенных часах минутная и часовая стрелки встречаются каждые 65 минут. Часы спешат или отстают? Спешат.
6. За день левая передняя нога лошади пробежала на 100 м меньше, чем ее

правая задняя нога. Могло ли так быть?

7. Во сколько раз угловая скорость вращения Земли вокруг своей оси больше угловой скорости обращения Земли вокруг Солнца? 365,25
8. Выразите в радианах угол, на который поворачивается часовая стрелка за 1 ч.
9. **Ч**ему равно перемещение тела за 45 с, период обращения которого 10 с? диам.
10. Когда жители Земли движутся быстрее вокруг Солнца – в полдень или в полночь? Ночью (на экваторе почти на 1 км/с быстрее, чем днем).
11. Укажите два случая движения тел, в которых тангенциальное ускорение обращается в нуль?
12. Во время соревнований по автомобильным гонкам победитель, пройдя 50 кругов, обогнал второго призера на 2 круга. Какова средняя скорость движения второго автомобиля, если средняя скорость первого 100 км/ч? 96 км/ч
13. **На**йдите нормальное ускорение точек колеса автомобиля, соприкасающихся с дорогой, если автомобиль движется со скоростью υ = 72 км/ч, а его колеса делают n = 8 об/с. 1000 м/с^2

II. *Задачи (блиц):*

1. Юла, вращаясь относительно вертикальной оси с угловой скоростью 31,4 рад/с, свободно падает вдоль оси вращения с высоты 5 м. Сколько оборотов сделает юла за время падения? 5
2. **Д**иск, находившийся в состоянии покоя, начал вращаться с постоянным угловым ускорением 0,25 рад/с^2. Через сколько времени угол между векторами скорости и ускорения составит 45^0? 2 с
3. Два шкива связаны бесконечным ремнем. Радиусы шкивов r = 10 см и R = 20 см. Период обращения шкива меньшего радиуса T_1 = 0,2 с. Найти линейную скорость точек ремня υ и период обращения T_2 второго шкива. π м/с. 0,4 с



III. Почему тела движутся так, а не иначе? **Свободное тело** будет совершать самое простое движение **(свободное движение).** Система отсчета, связанная со свободно движущимся телом, называется инерциальной **(ИСО).** Сколько существует инерциальных систем отсчета? Инерциальная ли система отсчета, связанная с Землей?

$a_1 = \frac{4\pi^2}{T_1^2} R_1$ = 0,0006 м/с^2 - орбитальное движение Земли. $a_2 = \frac{4\pi^2}{T_2^2} R_2$= 0,034 м/с^2 – суточное вращение Земли (для точки на экваторе). Систему отсчета, связанную с Землей, грубо можно считать инерциальной. **В ИСО свободное тело сохраняет свою скорость неизменной (первый закон Ньютона).** Именно в ИСО выполняются законы Ньютона! **Первый закон Ньютона:** Существуют такие системы отсчета (ИСО), в которых свободное движение происходит с постоянной скоростью.

Причина изменения скорости тела (ускорения) - некомпенсированное воздействие (влияние) других тел. **Взаимодействие** - воздействие тел друг на друга, приводящее к изменению состояния их движения. Взаимодействие двух свободных тел. При взаимодействии оба тела изменяют свою скорость, причем их ускорения направлены в противоположные стороны. $m_1\vec{a}_1 = -m_2\vec{a}_2$

Влияние одного тела на другое коротко называют **силой (**$\vec{F}$**).** $m_1\vec{a}_1 = -m_2\vec{a}_2 = \vec{F}_{21}$

или $-m_1\vec{a}_1 = m_2\vec{a}_2 = \vec{F}_{12}$. Силу во многих случаях можно рассчитать по простым формулам или измерить с помощью динамометра. Тогда зная силу, с которой второе тело действует на первое, можно вычислить ускорение первого тела.

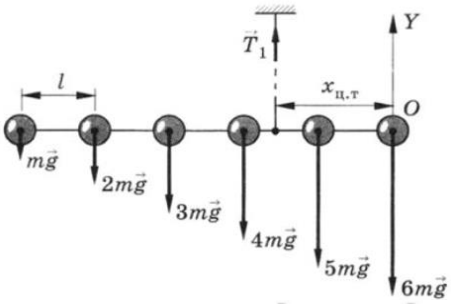
Тела действуют друг на друга с силами, направленными вдоль одной и той же прямой, равными по модулю и противоположными по направлению. $\boxed{\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}}$

IV. *Задачи (блиц):*

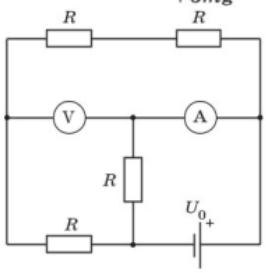
1. **С**ила натяжения тетивы лука 30 Н и угол α = 120°. Какое ускорение сообщает тетива стреле массой 50 г? 600 м/с^2
2. Тонкая нить из капрона, натянутая горизонтально, рвется, когда посредине ее подвешивают груз массой 2 кг. В момент разрыва нить составляет с горизонтом угол 1°. Какова прочность нити? 573 Н
3. **U**-образная трубка с жидкостью, расстояние между внешними стенками которой L, движется в плоскости чертежа горизонтально с ускорением *a*. Определите разность высот столбов жидкости в коленах трубки. По разности высот, можно измерить ускорение! $\Delta h = L\,a/g$.

V. Олимпиада:

1. **С н**еподвижно зависшего в воздухе воздушного шара без начальной скорости сбрасывают балласт массой m. Определите расстояние между шаром и падающим балластом через время t, если известно, что балласт за это время не успевает упасть на землю. Первоначальная масса шара (с балластом) равна M. Объемом балласта шара можно пренебречь. $S = \frac{gt^2}{2}\left(\frac{M}{M-m}\right)$
2. **Сп**лошной однородный цилиндр высоты H, находится в сосуде с жидкостью, погрузившись на половину высоты, так что его ось расположена вертикально. Снизу он удерживается тонкой легкой пружиной, которая растянута на H/4. В сосуд долили жидкости до полного погружения цилиндра. При этом уровень жидкости стал выше на H от первоначального. Найдите плотность материала цилиндра. Плотность жидкости ρ_0. $\rho = \rho_0/4$
3. **Н**а невесомом стержне на равном расстоянии друг от друга укреплены шесть шариков, массы которых m, 2m, 3m, 4m, 5m, 6m. Найти положение центра тяжести тела. Два способа: $x_{цм} = (5/3)\ell$



4. **На** рисунке изображена схема электрической цепи, состоящей из источника постоянного напряжения U_0, резисторов с одинаковым сопротивлением R, идеального вольтметра и идеального амперметра. Показания вольтметра U_V = 16 В, амперметра I_A = 24 мА. Определите напряжение источника U_0 и сопротивление резисторов R. Источник тока идеальный. 24 В, 1 кОм



Вопросы:

1. Будет ли реактивный снаряд, выпущенный в направлении от экватора к северному полюсу, все время двигаться вдоль меридиана?
2. Можно ли установить, наблюдая за движением Солнца в течение суток (дня), является ли система отсчета, связанная с Землей, инерциальной?
4. Почему неподвижен стул, на котором сидит ученик?

5. Под действием силы F = 20 Н скорость тела возрастает по закону υ = 2.5t. Все величины в СИ. Какова масса тела? 8 кг
6. Объясните, почему пролетающий над вами самолет «продавливает» землю на несколько микрон?
7. Почему с точки зрения физики действие нельзя отличить от противодействия?
8. Два бруска, соединеные между собой, движутся под действием силы 4 Н с ускорением 1 м/с^2. Найти массы брусков, если известно, что масса первого в 3 раза больше массы второго. Какая сила действует на второй брусок?

Разное

1. Харитон положил в надувной шарик свинцовую дробь, налил внутрь шарика воду и поместил в морозильник. Когда вода полностью замерзла, он сорвал резину, после чего измерил массу и объем образовавшегося тела. Оказалось, что его объем 80 см^3, а масса – 175 г. Плотность льда 0,9 г/см^3, свинца 11,3 г/см^3. Чему была равна масса дроби в опыте? 112 г

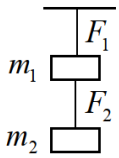
Олимпиада:

1. Во время летних каникул школьница сварила варенье объемом 1000 см^3. Оказалось, что средняя плотность варенья больше плотности воды на 2,7%. Перед вторым кипячением школьница, следуя рецепту, добавила воду, чтобы уменьшить среднюю плотность варенья на 0,3%. Сколько кубических сантиметров воды было добавлено в варенье перед вторым кипячением? 129 см^3
5. Вода течет по трубе диаметром d = 20 см, расположенной в горизонтальной плоскости и имеющей закругление радиуса R = 2 м. Найти среднее боковое давление воды при расходе 300 т в час. Давление одной половинки на другую: $p_1 = \frac{\pi d \rho R}{8\upsilon^2}$, Общее давление $p = 2p_1$. 556 Па
2. В ванну налита вода температуры 20^{0}С. В нее начинают наливать горячую воды из-под крана при температуре 80^{0}С. Сливное отверстие в ванне открыто и работает так, что уровень воды в ванне с течением времени не меняется. Вначале напор воды в кране составлял 1 л/мин, затем напор стали медленно менять так, чтобы температура вытекающей из сливного отверстия воды равномерно росла с течением времени. Определите напор в кране в тот момент, когда температура вытекающей из сливного отверстия воды равна 60^{0}С. Вода в ванне быстро перемешивается, так что температура воды в ванне и температура вытекающей из сливного отверстия воды одинаковы.

Занятие 12. Сила упругости.

I. *Вопросы (блиц):* Ну, Рома! Держись теперь, сказала Ива Фараносова!

1. **На** весах уравновешен неполный сосуд с водой. Нарушится ли равновесие весов, если в воду опустить палец так, чтобы он не касался дна и стенок сосуда?
2. Материальная точка массой 0,5 кг движется под действием силы так, что закон движения имеет вид: x = 5 – 3·t + 2·t^2. Найдите силу, действующую на точку.
3. **На** двух невесомых нитях подвешены два тела так, как это показано на рисунке. Отношение сил натяжения верхней и нижней веревки известно:

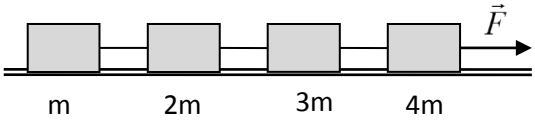


$F_1 : F_2 = 7 : 3$. Найти отношение масс верхнего и нижнего тел $m_1 : m_2$. 4/3

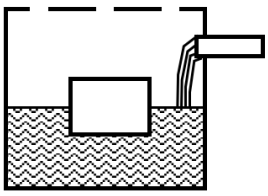
4. **М**альчик и девочка тянут веревку за противоположные концы. Девочка может тянуть с силой не более 70 Н. а мальчик – с силой до 120 Н. С какой максимальной силой они могут натянуть веревку, стоя на месте?
5. **В**ертолет поднимает автомобиль массой 5 т с ускорением 0,6 м/с^2. Определите силу натяжения троса.
6. **Си**стема из двух одинаковых шаров, соединенных пружиной, подвешена на нити за один из шаров. Нить пережигают. Найдите ускорения шаров сразу после пережигания нити.
7. Ветер оказывает давление на дымовую трубу, пытаясь ее опрокинуть, но точно с такой же силой труба действует на воздух - именно поэтому она не опрокидывается. Так ли это?
8. **Н**айти равнодействующую двух сил по 10 Н каждая, приложенных в одной точке под углом 45°. 18,7 Н
9. В траве содержится 60% воды, а в сене только 20%. Сколько сена можно получить из одной тонны травы? 500 кг
10. Нить, связывающая бруски массами m и M рвется, если горизонтальная сила приложена к бруску массой m и достигает значения F_1. До какого максимального значения F_2 можно увеличить горизонтальную силу, приложив ее к бруску массой M, чтобы нить не разрывалась при движении системы?

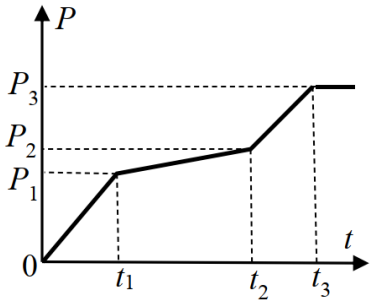
II. *Задачи (блиц):*

1. **Ч**етыре тела массами m, 2m, 3m и 4m, связанные невесомыми нерастяжимыми нитями, движутся на гладком столе под действием силы F. Найдите ускорение тел и натяжение нитей, если m = 1 кг, F = 20 Н. 2 м/с^2, 12 Н, 6 Н, 2 Н.



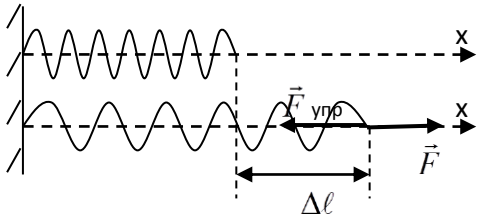
2. Три бруска, связанные невесомыми нитями, движутся вертикально вверх с ускорением a = 4 м/с^2. Три легких динамометра измеряют натяжения нитей. Каковы показания динамометров T_1, T_2, T_3? Массы брусков 1 кг, 2 кг и 3 кг?70
3. На дне бассейна прямоугольной формы лежит однородное тело в форме прямоугольного параллелепипеда. Бассейн сверху закрыт решеткой. В него с постоянным расходом медленно наливают воду. На графике показана зависимость от времени давления воды вблизи дна бассейна. Определите по данным графика плотность материала, из которого состоит тело. Атмосферное давление на графике принято за ноль. Плотность воды ρ_0. Расход воды на точках + сила Арх.





III. Сила – причина изменения скорости тела (причина ускорения).

Деформация растяжения. Абсолютное и относительное удлинение.



Сила упругости ($\vec{F}_{упр}$). $\Delta\ell = \frac{F}{k} \rightarrow F = k\Delta\ell$; $F_{упр} = F = k \cdot \Delta\ell$. **Сила упругости:**

$F_{упр} = k \cdot \Delta\ell$.

Силы реакции опоры ($\vec{N}$) и сила натяжения нити ($\vec{T}$).

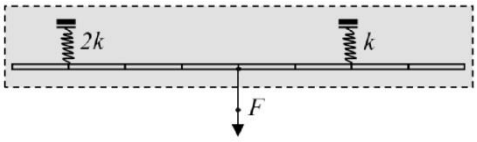
Зависимость коэффициента жесткости от материала образца, его длины и площади поперечного сечения: $k = E \cdot \frac{S}{l_0}$, E – модуль Юнга. При параллельном соединении пружин общая жесткость увеличивается $k = k_1 + k_2$, а при последовательном соединении – уменьшается. $F_{упр1} = F_{упр1} = F_{упр2}$; $\frac{F}{k} = \frac{F_{упр1}}{k_1} + \frac{F_{упр2}}{k_2}$; $\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$.

IV. *Задачи (блиц):*

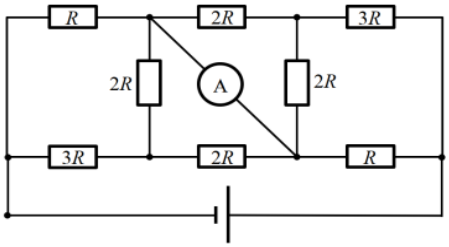
1. На подставке лежит тело массой 0,2 кг, подвешенное к потолку с помощью пружины. Вначале пружина не растянута. Подставку начинают опускать с ускорением 2,0 м/с^2. Через 0,2 с тело отрывается от подставки. Найти жёсткость пружины. 40 Н/м
2. **По**двешенный в машине груз отклонился от положения равновесия на угол 10^0 при ее ускорении по горизонтальной дороге. Чему равно это ускорение (акселерометр)? 1,73 м/с^2

V. Олимпиада:

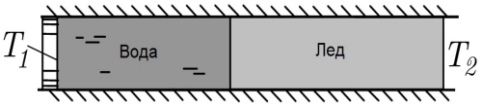
1. **Вн**утри черного ящика на двух легких пружинах жесткостью k и 2k подвешена легкая палочка. Пружины работают как на растяжение, так и на сжатие. Чему равна эффективная жесткость черного ящика, если внешнюю силу прикладывают к нерастяжимой нити, выходящей наружу. Нить привязана к палочке в точке, указанной на рисунке. Чему равна максимальная и минимальная эффективная жесткость данного черного ящика, если току крепления нити можно смещать вдоль палочки? Считайте, что деформации пружин настолько малы, что пружины остаются вертикальными. k_0=2,27k; k_{max}=3k; k_{min}=0,5k.



2. **Од**нородный стержень длиной L подвешен за один конец. Плотность материала стержня ρ, модуль Юнга E, ускорение свободного падения g. Найдите удлинение Δl стержня. Разобьем стержень на участки массой Δm, тогда удлинение первого 0, второго $\frac{\Delta mg}{kN}$, N-го $\frac{N\Delta mg}{kN}$, дальше сумма прогрессии: $\Delta\ell = \frac{Mg}{2k} = \Delta\ell = \frac{\rho g L^2}{2E}$.
Если тянуть по гладкому столу с ускорением а, то изменится в а/g раз. **То же у пружины!**
3. **Н**айдите показание идеального амперметра в электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, если R = 1 кОм, а батарейка идеальная и напряжение на ней 8 В. 4,5 мА



4. Горизонтальная длинная теплоизолированная труба заполнена льдом. На левом конце поддерживается температура t_1 = 3^0C, на правом - t_2 = -3^0C. Теплопроводность льда составляет 2,3 Вт/(м·град), воды - 0,56 Вт/(м·град). Какая часть льда (от общего объема трубы) находится в расплавленном



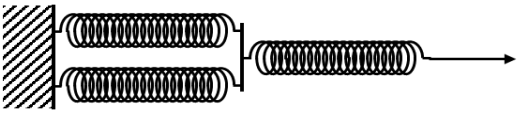
состоянии? 20%

Вопросы:

1. Почему опасно рывками поднимать шахтную клеть?
2. Подъемный кран поднимает груз с постоянным ускорением. На груз со стороны каната действует сила 8 кН. Какая сила действует на канат со стороны груза?
3. Резиновый жгут имеет длину 10 см. С какой силой нужно растянуть жгут, чтобы его длина увеличилась в 1,5 раза? Жесткость жгута 1 кН/м.
4. В процессе движения освобожденной пружины ее деформация, а значит, и сила упругости уменьшаются. Следовательно, уменьшается ускорение, сообщаемое шарику, и он будет двигаться все медленней. Правильно ли это?
5. Гимнаст сначала прыгает на гибкую доску – трамплин, а затем прыгает вверх. Почему в этом случае прыжок заметно выше, чем без трамплина?
6. Два мальчика растягивают динамометр в противоположные стороны, прилагая каждый силу 100 Н. Что покажет динамометр?
7. Почему закругленные стены и башни крепостей менее уязвимы?
8. Почему человек, идя по льду, старается не сгибать ноги?
9. Как можно измерить силу натяжения каната?
10. К пружине длиной 10 см, коэффициент жесткости которой 500 Н/м, подвесили груз массой 2 кг. Какой стала длина пружины? Ответ. 0,14 м.

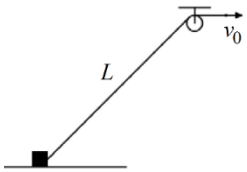
Разное

1. Вертикально расположенная пружина соединяет два груза. Масса верхнего груза составляет 1 кг, нижнего — 3 кг. Если подвесить систему за верхний груз, длина пружины станет равна 10 см. Если систему поставить на подставку, длина пружины окажется равной 4 см. Чему равна сила упругости пружины в случае, когда система поставлена на нижний груз? Ответ: 10 Н. Чему равна длина недеформированной пружины? Ответ: 55 мм



   1) Ученик достал из механической ручки пружину. Оказалось, что, если поставить пружину на стол вертикально и положить на неё ластик массой 27 г, то эта пружина сожмётся на 6 мм. Пружину можно считать невесомой. Какова жёсткость пружины? 45 Н/м
   2) Эту пружину разрезали на две части, длины которых относятся как 1:2. Какова жёсткость длинной части? 90 Н/м
   3) Далее длинную часть пружины разделили пополам и из получившихся трёх равных частей собрали конструкцию, изображённую на рисунке. Какова жёсткость данной конструкции? 98,2 Н/м

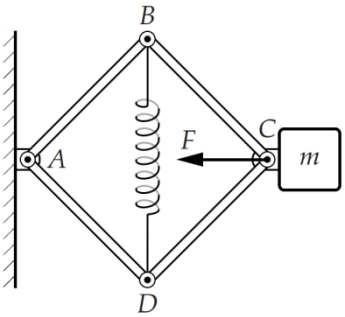
Олимпиада:



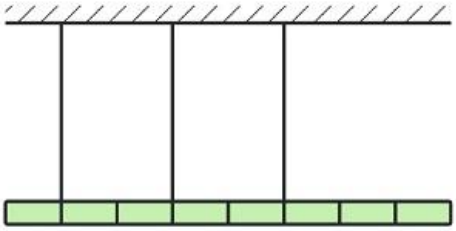
1. Груз массой m тянут вдоль гладкой горизонтальной поверхности с помощью невесомой нерастяжимой нити, горизонтальный конец которой вытягивают с постоянной скоростью v_0. Груз не отрывается от поверхности.
   1) С какой скоростью и с каким ускорением движется груз в момент, когда наклонный участок нити составляет угол α с горизонтом? $\upsilon = \dfrac{\upsilon_0}{\cos\alpha}$

2) Чему равна сила натяжения нити в этот момент времени, если длина наклонного участка нити равна L? $T = \frac{m\upsilon_0^2 \cdot tg^3\alpha}{L \cdot \cos\alpha}$

2. Жёсткие стержни одинаковой длины l = 10 см, соединённые шарнирами, образуют конструкцию $ABCD$ в виде ромба. Шарнир A закреплён на стене, к шарниру C присоединён груз массой 1 кг (см. рисунок). Шарниры B и D связаны пружиной жёсткостью 100 Н/м, при этом длина недеформированной пружины в 1,2 раза больше длины стержня. К шарниру C прикладывают силу F = 10 Н, направленную вдоль диагонали AC. Найдите величину ускорения груза в момент, когда длина диагонали BD станет в √2 раз больше длины стержня. Конструкция находится в невесомости. Массами стержней и шарниров, трением в шарнирах, а также их размерами можно пренебречь.



3. Даны две пружины из одинакового материала, каждая из которых свита виток к витку. Диаметры пружин 3 и 9 мм, длины 1 и 7 см, диаметры проволок 0,2 и 0,6 мм. Коэффициент жесткости первой пружины 14 Н/м. Найдите коэффициент жесткости второй пружины. 18 Н/м (3 см второй в 3 раза больше по всем размерам и имеют жесткость 42 Н/м, 1 см второй имеет 126 Н/м (длина меньше, жесткость больше), а вся из 7 последовательных 126/7).
4. Однородный рычаг массой m подвешен на трех одинаковых тросах. Найдите силы натяжения тросов. При малых деформациях силы упругости тросов удовлетворяют закону Гука.

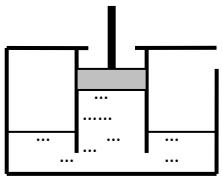


Занятие 13. Всемирное тяготение.

I. *Вопросы (блиц):*

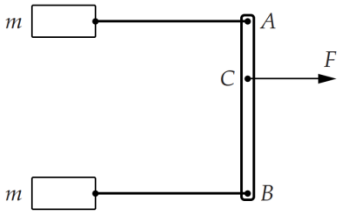
1. Почему веревка может тянуть, но не может толкать, а палка может толкать?
2. Шесть косцов выпили бочонок кваса за 8 часов. Сколько косцов за 3 часа выпьют такой же бочонок кваса? 16
3. **По**чему опасно рывками поднимать шахтную клеть? Как и грузовой состав.
4. Для чего во время штормовой погоды к средней части троса, соединяющего буксир и баржу, прикрепляют тяжелый груз?
5. **С**тальной шарик подвешен на нити к гвоздю, забитому в потолок. Какие силы действуют на шарик, на нить и на гвоздь?
6. **Тр**и ученика записали закон Гука по разному: $F_{упр} = k \cdot \Delta\ell$, $(F_{упр})_x = -k \cdot x$, $F_{упр} = k \cdot x$. Кто из них ошибся? 3
7. **К**анат может удерживать тело весом не более 1000 Н. На канате поднимают груз массой 70 кг. При каком ускорении канат разорвется? 4,3 м/с^2
8. К динамометру приложена сила 4 Н так, что он движется с постоянным ускорением по горизонтальному столу. Что показывает динамометр, если масса пружины равна массе корпуса? 2 Н
9. **Н**а пружине подвесили стальной шар. При этом она растянулась на 9 см. Затем пружину разрезали на 3 равные части и сложили их параллельно. Найдите деформацию составной пружины при той же нагрузке.

10. Кабина лифта при подъеме движется сначала ускоренно, затем равномерно, а перед остановкой замедленно. Как изменяется сила натяжения троса во время движения?



II. *Задачи (блиц):*

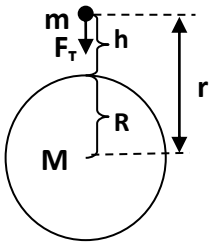
1. «Черный ящик» представляет собой систему, изображенную на рисунке. Внутри него находятся вода и погруженный в нее узкий вертикальный цилиндр с поршнем. К поршню прикреплен выходящий наружу вертикальный шток. Потянув за шток и подвигав его вверх-вниз, школьник решил, что в «черном ящике» находится прикрепленная к штоку пружина, и измерил ее коэффициент жесткости. Он оказался равным 100 Н/м. Чему равна площадь поршня? Трением и массой поршня можно пренебречь. 0,1 м^2
2. **Оче**нь лёгкая, но жёсткая планка AB лежит на гладкой горизонтальной поверхности. К планке на её концах, в точках A и B, присоединены невесомые нерастяжимые нитки. К каждой нитке с другой стороны привязан груз массой m = 1 кг. Сила F = 3,6 Н, направленная перпендикулярно планке, прикладывается к такой точке C, что $BC = 2AC$. Всеми видами трения в этой задаче можно пренебречь.



1) Найдите ускорения a_A и a_B грузов, присоединённых к точкам A и B соответственно, сразу после начала действия силы F. a_A = 2,4 м/с^2, a_B = 1,2 м/с^2
2) Определите ускорение точки C сразу после начала действия силы F. 2 м/с^2. Проводим линию через концы ускорений точек, она пересекает продолжении АВ в точке х.
3) Каким будет ускорение точки C при установившемся движении? 1,8 м/с^2. Планка вытянется по ходу движения.

III. Между любыми двумя телами действуют силы тяготения: $\left|\vec{F}_{12}\right| = \left|\vec{F}_{21}\right| = F_T = G\dfrac{m_1 m_2}{r^2}$

Сила тяжести ($\vec{F}_т$) – сила, действующая на любое тело вблизи земной поверхности вследствие его притяжения к Земле. $\vec{F} = m\vec{a} \rightarrow$



$F_т = G\dfrac{mM}{r^2} = G\dfrac{mM}{(R+h)^2}$. Сила тяжести убывает с удалением от Земли! Вблизи земной поверхности $h << R$ и $F_т = G\dfrac{mM}{R^2}$, а $g = G\dfrac{M}{R^2}$. При вычислениях: $GM = gR^2$. **Спутники планет. Скорость спутника:** $\upsilon = \sqrt{G\dfrac{M}{R+h}}$. **Первая космическая скорость:** $\upsilon = \sqrt{gR}$ = 8 км/с.

IV. *Задачи (блиц):*

1. Белый карлик X9 находится от черной дыры на расстоянии в три раза превышающем расстояние от Земли до Луны, а его орбитальный период составляет всего 28 минут! Какова масса черной дыры? 3,2·10^{32} кг
2. **Вы**садившись на полюсе некоторой планеты, космонавты обнаружили, что сила тяжести там составляет 0,01 земной, а продолжительность суток такая же,

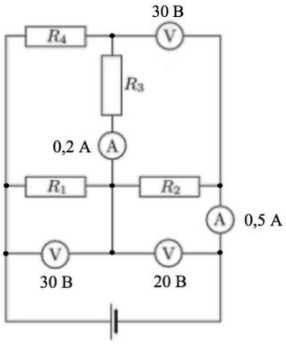
как и на Земле. При исследовании планеты оказалось, что на ее экваторе тела невесомы. Определите радиус этой планеты. 18000 км

3. Если вблизи горы поместить массивный отвес, то он слегка отклонится в сторону; пусть объем горы 1 км^3, а ее средняя плотность 2500 кг/м^3. Предположите, что масса горы сосредоточена в точке на расстоянии 600 м от отвеса. Чему будет равен угол отвеса с вертикалью? Ответ дайте в секундах, округлив до целого. 10"

V. Олимпиада:

1. **Са**молет (не спутник!) летит на высоте 10 км вдоль земного экватора с запада на восток со скоростью 800 км/ч. Искусственный спутник Земли обращается вокруг нашей планеты по круговой орбите так, что все время находится над самолетом. Найти расстояние между спутником и самолетом. Угловые одинаковы. Почему у спутников Маска одинаковая угловая скорость?
2. **Сп**ортсмен-толкатель ядра, стоя на горизонтальной поверхности, толкнул ядро со скоростью 12 м/с под углом 30^0 к горизонту. Чему будет равен радиус кривизны траектории ядра через 1 с после броска? Ответ 13,3 м. Чему равен минимальный радиус кривизны траектории камня в течение его полета? 10,8 м. Чему равен максимальный радиус кривизны траектории камня в течение его полета? 16,6 м

   Знакомство с производной. Уравнение траектории при заданной начальной скорости и угле бросания. $y = xtg\alpha - gx^2/(\upsilon_0^2\cos^2\alpha)$ или $y = xA - Bx^2$. Найти производную Δy/Δx и потом максимум этой функции. Дальше упражнения.
3. **Ча**йник с водой при температуре t_0 = 20^{0}С нагрелся на газовой горелке до t_1 = 40^{0}С за время τ_1 = 2 мин. Желая ускорить нагрев, половину воды вылили, и еще через τ_2 = 1 мин температура воды достигла t_2 = 55^{0}С. Так как и это показалось медленным, вылили еще половину оставшейся воды, но при этом случайно задели кран горелки, вдвое убавив ее мощность. Через какое время τ_3 чайник все таки нагрелся до t_3 = 100^{0}С. Потерями тепла в окружающую среду пренебречь. 3 мин. Учесть теплоемкость чайника.
4. В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, все приборы идеальные. Показания приборов указаны на рисунке.



   1) Найдите R_1. Ответ выразите в Ом, округлите до целых.
   2) Найдите R_2. Ответ выразите в Ом, округлите до целых.
   3) Найдите R_3. Ответ выразите в Ом, округлите до целых.
   4) Найдите R_4. Ответ выразите в Ом, округлите до целых.

   Ответы: 100: 40: 50; 100.

Вопросы:

1. Если бы масса Луны была вдвое больше, и Луна обращалась бы по той же орбите, то каков бы был период ее обращения?
2. Может ли космонавт стать спутником орбитальной станции?
3. На какой высоте ускорение силы тяжести вдвое меньше его значения на поверхности Земли? H ≈ 2640 км.
4. Если бы скорость Луны удвоилась, то каким был бы радиус ее новой круговой орбиты? Каким был бы новый период обращения Луны?

5. Луна притягивается Солнцем в 2,2 раза сильнее, чем Землей? Как влияет этот факт на форму движения спутника в гелиоцентрической системе координат? Ее орбита в гелиоцентрической системе координат близка к эллипсу и во всех своих точках обращена выпуклостью к Солнцу.
6. Если бы линейные размеры всех тел на Земле и самой Земли уменьшились или увеличивались, то, как это можно было бы обнаружить?
7. Может ли при сближении двух тел, сила гравитационного притяжения между ними уменьшатся?
8. Были бы заметны приливы от Луны, если бы максимальная глубина морей и океанов была 1 м
9. Как взаимодействует кончик нашего волоска с любой точкой во Вселенной? Какая информация хранится в нём?
10. Почему в периоды новолуний и полнолуний приливы достигают максимальной высоты?

Хотя для земного шара сила тяготения Солнца почти в 200 раз больше, чем сила тяготения Луны, приливные силы, порождаемые Луной, вдвое больше приливных сил, порождаемых Солнцем. Это происходит из-за того, что приливные силы зависят не только от величины гравитационного поля, но и от степени его неоднородности, которая уменьшается при увеличении расстояния от источника поля, так что приливная сила обратно пропорциональна кубу расстояния до её источника (тогда как сила тяготения — квадрату). Солнце почти в 400 раз дальше от Земли, чем Луна, поэтому приливные силы, вызываемые солнечным притяжением, оказываются слабее.

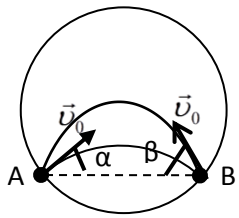
11. Во сколько раз уменьшится сила тяготения между однородным шаром и материальной точкой, соприкасающейся с шаром, если материальную точку удалить от поверхности шара на расстояние, равное двум диаметрам шара?

Разное

1. Найдите расстояние между звездами в двойной звездной системе, если известно, что сумма их масс равна двум солнечным массам, а период обращения вокруг центра масс равен двум земным годам. Ответ дайте в астрономических единицах. L = 2 а.е. = $3\cdot10^8$км.
2. Спутник Фобос вращается вокруг Марса по круговой орбите радиуса R=9400 км с периодом T=7 часов 39 минут. Считая, что радиус Марса *R*=3400 км, определить ускорение свободного падения на поверхности Марса. 3,7 м/с^2
3. На какой высоте над поверхностью Земли скорость спутника на круговой орбите отличается от первой космической скорости на 10%? Радиус Земли примите равным 6400 км. 1501 км
4. Движение точки задано уравнениями: x = 1,0t и y = 2,0t^3, где x и y - координаты точки, м; t - время, с. Найти скорость и полное ускорение в момент времени t = 0,8 с, записать уравнение траектории точки. [2,2 м/с; 9,6 м/с2; y = 2,0x^3]

Олимпиада:

1. Астронавты обнаружили в глубине планеты гигантскую сферическую полость радиусом R = 50 м. Стенки полости были абсолютно гладкие. Астронавт выстрелил шариком из точки А сферы, держа метатель шариков под углом α = 30° к горизонту, и засек время. Через время t = 10,90 с шарик, упруго отразившись от стенки сферы в точке В, вернулся



в точку вылета. Вычислить ускорение свободного падения g на планете, используя измеренные величины R, a, t. Ответ: 5,13 м/с^2

Занятие 14. Вес тела.

I. *Вопросы (блиц):*

1. Как изменилась бы орбита Земли, если бы масса Земли вдвое возросла?
2. Если бы линейные размеры всех тел на Земле и самой Земли уменьшились или увеличивались, то, как это можно было бы обнаружить?
3. Оценить ускорение свободного падения g' на «белом карлике» Сириус-В с параметрами: его масса M примерно равна массе Солнца, его радиус R составляет примерно одну пятидесятую радиуса Солнца. 2500x274 м/с^2=685000 м/с^2
4. Представим себе тело, движущееся в центральном силовом поле $F = k/r^n$ (F – сила притяжения к центру, r – расстояние до него, k – некоторый коэффициент). Рассмотрим круговые орбиты этого тела. Найдите, какой степени радиуса орбиты r пропорционален период обращения по ней T .
5. Были бы заметны приливы от Луны, если бы максимальная глубина морей и океанов была 1 м?
6. Может ли космонавт стать спутником орбитальной станции?
7. Из двух точек, расположенных на одной вертикали вблизи черной дыры, начинают одновременно падать два тела. Как будет меняться расстояние между ними при свободном падении?
8. Какие измерения должен проделать исследователь для определения массы другой планеты, например Юпитера?
9. Каково ускорение свободного падения внутри тонкой однородной сферы? 0
10. Где с большей силой будет притягиваться к Земле тело: на ее поверхности или на дне колодца?

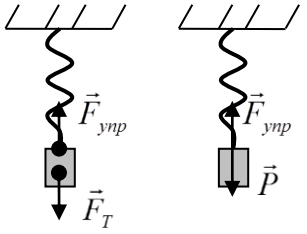
II. *Задачи:*

1. На какой глубине от поверхности Земли ускорение свободного падения 9,7 м/с^2? Радиус Земли 6400 км, а ускорение свободного падения на полюсах 9,8 м/с^2. (1-g′/g)R=h = 65,3 км
2. Две нейтронные звезды обращаются вокруг общего центра масс с периодом 3 года. Масса одной звезды равна одной массе Солнца, расстояние между звездами постоянно и составляет 3 а.е. Определите массу второй нейтронной звезды. 0,5 m_c

III. Вес тела ($\vec{P}$) – сила, с которой тело вследствие его притяжения к Земле действует на опору или подвес. Различие между **силой тяжести и весом тела:**

1. Сила тяжести – гравитационная сила, вес тела – сила упругости.

2. Сила тяжести приложена к центру тяжести тела, а вес к пружине в точке касания пружины с телом (к опоре).



3. Вес на рисунках изображают только тогда, когда нас интересует движение опоры!

$\left|\vec{F}_{т}\right| = \left|\vec{F}_{упр}\right|$ - по второму закону Ньютона.

$\left|\vec{F}_{упр}\right| = \left|\vec{P}_{1}\right|$ - по третьему закону Ньютона. $F_т = F_{упр} = P_1 = mg$

(тело неподвижно).

4. Вес тела равен силе тяжести, если тело неподвижно. Рассмотреть случай, когда тело помещено на опору: $F_т = N = P_1 = mg$ (нормальный вес).

Чтобы поднять или опустить равномерно тело, нужно приложить к нему силу, равную его весу!

5. Вес тела может быть больше силы тяжести: $\vec{F}_{уп\,р} + \vec{F}_т = m\vec{a}$; $ma = m(g + a)$.

Фактор перегрузки: $\Phi = \frac{P_2}{P_1} = \frac{m(a+g)}{mg} = \frac{a+g}{g}$.

6. Вес тела может быть меньше силы тяжести: $\vec{F}_т + \vec{F}_{уп\,р} = m\vec{a}$. $P_2 = F_{упр} = F_т - ma = m(g - a)$. Пример с лифтом. Невесомость: $P = 0$? Когда? $\vec{a} = \vec{g}$.

7. Зависимость веса тела от широты места наблюдения. Где легче побить мировой рекорд по тяжёлой атлетике: в Мурманске или в Сочи?

8. Движение по мосту.

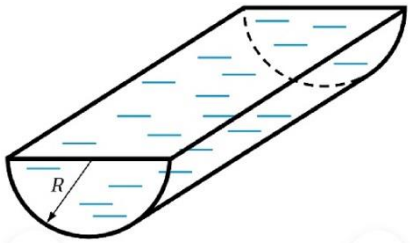
9. Вес тела меньше и тогда, когда тело движется по гладкой **наклонной плоскости.**

IV. *Задачи:*

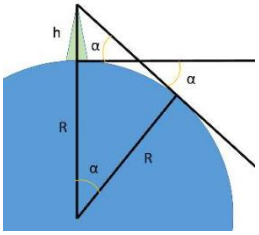
1. Автомобиль разгоняется на горизонтальном участке дороги с ускорением a = 2,5 м/с^2. Определите вес сидящего в кресле пассажира массой m = 60 кг во время разгона. Ускорение свободного падения равно 9,8 м/с^2. 607 Н.
2. Веревка выдерживает груз 90 кг при вертикальном подъеме его с некоторым ускорением и груз 110 кг при движении вниз с таким же ускорением. Какой максимальный груз можно поднимать с помощью этой веревки с постоянной скоростью? 100 Н
3. Зонд «Гюйгенс», совершивший впервые в мире посадку на спутник Сатурна Титан 14 января 2005 года, имел посадочную массу 319 кг. Зная, что радиус Титана равен R=2575 км, и его масса $M=1{,}35\cdot10^{23}$ кг, оцените вес зонда на поверхности спутника после совершения посадки. 433 Н

V. Олимпиада:

1. Два спутника движутся по круговым орбитам в противоположных направлениях вокруг планеты Шелезяка с линейными скоростями v_1 = 5 км/с и v_2 = 8 км/с. Радиус планеты равен R = 17,4 тыс. км, ускорение свободного падения на её поверхности g = 14 м/с^2. Найдите интервал времени, через который спутники периодически сближаются друг с другом на минимальное расстояние. 12,6 ч



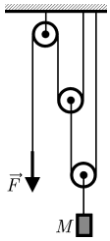
2. Корыто, имеющее форму половины цилиндра радиусом R, до краев заполнено жидкостью плотностью ρ. Длина корыта ℓ. Найдите силу давления жидкости на корыто F_1. Найдите силу давления воздуха на поверхность корыта F_2. Атмосферное давление равно p_0. $dF = R^2 L\cos^2\alpha\cdot d\alpha$



3. В романе «Таинственный остров» путешественники, чтобы удостовериться, что они на острове, взобрались на одиночную

высокую гору. Находясь на самой вершине, инженер Сайрус Смит заметил, что на закате, когда диск Солнца коснулся горизонта, подножие горы как раз скрылось в тени. Найдите из этих данных высоту горы. Рефракцию не учитывать. Решение сопроводите чертежом. $\alpha = 32''$ $h = 276$ м.

4. Груз массой M = 10 кг поднимают, используя систему блоков, показанную на рисунке. К канату в течение 2 с прикладывали постоянную силу 50 Н, потом канат случайно отпустили и смогли поймать только спустя 4 с, после чего понадобилось ещё 5 с, чтобы, прикладывая ту же силу, всё-таки поднять груз на необходимую высоту. На какую высоту был поднят груз от его начального положения? Ответ дайте в метрах. 45 м



Вопросы:

1. Как изменяется вес тела при его броске вверх и последующем падении?
2. Почему при аварии у пассажиров в автомобиле возникают большие перегрузки?
3. Чем дольше длится сам процесс аварии, тем больше у ее участников шансов выжить. Так ли это?
4. Будут ли изменяться показания пружинных весов, если перемещать их вдоль параллели; меридиана?
5. Имеется шар массой M и радиусом R, и материальная точка массой m. Во сколько раз уменьшится сила тяготения между ними, если в шаре сделать сферическую полость радиусом R/2. Центры шара и полости совпадают.

Разное.

1. Какими были бы земные сутки, если бы Земля вращалась так быстро, что тела на экваторе были бы невесомы? (26 мин.)
2. Из всего добытого на Земле золота можно было бы сделать шар, диаметр которого всего 22 м. Плотность золота равна $19{,}3 \cdot 10^3$ кг/м^3. С какой силой притягивал бы вас (60 кг) этот шар, если бы вы подошли к нему вплотную? 0,62 мН
3. Два пиратских корабля, находящиеся на экваторе, поделив добычу, стали двигаться один строго на запад, а второй строго на восток с одинаковыми по модулю скоростями v = 20 км/час относительно Земли. Каждому кораблю досталось ровно по m = 100 килограммов золота (взвешивание производилось с помощью рычажных весов на покоящихся относительно Земли кораблях). По прошествии некоторого времени взвешивание повторили уже на движущихся судах, используя точные электронные весы. Определите, на сколько показания весов будут отличаться на корабле, идущем на запад, от показаний весов, движущихся с кораблём на восток. Примечание. Считайте Землю шаром с продолжительностью суток T = 24 часа, g = 10 м/с^2 . Ответ: 16 граммов.

Олимпиада:

1. Однородная пружина жесткостью k в недеформированном состоянии имеет длину L. Ее поставили вертикально внутрь цилиндра с гладкими вертикальными стенками. При этом ее длина стала равна 2L/3. Пружина состоит из очень большого числа одинаковых витков N. Какова жесткость одного витка такой пружины. Определите по этим данным массу пружины.

2. Межзвездная экспедиция обнаружила планету, похожую на Землю, имеющую ту же массу M и радиус R. Оказалось, однако, что половина массы сосредоточена в ядре радиуса R/2, центр которого смещен на R/4 относительно центра планеты. В каких пределах изменяется ускорение силы тяжести на поверхности планеты? 8,29 м/с^2 до 13,07 м/с^2.
3. Космический корабль вращается вокруг Луны по круговой орбите радиуса R = 3,4·10^6 м. С какой скоростью нужно выбросить из корабля вымпел по касательной к траектории корабля, чтобы он упал на противоположной стороне Луны? Через какое время вымпел упадет на Луну? Ускорение свободного падения $g_л$ на поверхности Луны в 6 раз меньше, чем на Земле. Радиус Луны $R_л$ = 1,7·10^6 м. 200 м/с, 100 мин

Занятие 15. Трение.

I. *Вопросы (блиц):*

1. **Гд**е будет низ и верх для инопланетянина, находящегося в каюте на периферии вращающейся тарелки?
2. Имеет ли вес Луна?
3. **В к**акой момент должны были ощутить невесомость герои романа Жуля Верна, отправившиеся в снаряде из пушки на Луну?
4. **Ск**олько времени падала бы Земля на Солнце, если бы она мгновенно остановилась? 64,3 сут. Сжать орбиту почти до прямой линии.
5. Самолет делает «мертвую петлю». Куда будет направлен подвешенный в нем отвес при прохождении верхней точки траектории?
6. **Мо**жет ли падающий камень ударить о препятствие с силой, превышающей его вес?
7. **Оп**ределить вес тела массой 1 кг, находящегося в лифте, который поднимается вертикально вверх с ускорением 1 м/с^2. 11 Н.
8. Сосуд с плавающим в нем телом начинает падать с ускорением α <g. Всплывет ли при этом тело?
9. Как спастись в падающем лифте?
10. **На**встречу друг другу с одинаковой скоростью выехали два поезда: один с запада на восток, а другой – с востока на запад. У какого из них вес больше?

II. *Задачи (блиц):*

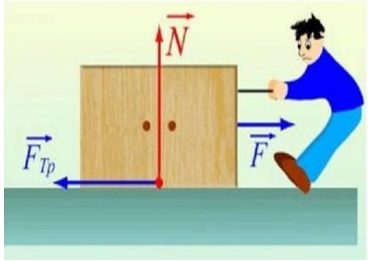
1. Мальчик массой 50 кг качается на качелях с длиной подвеса 4 м. С какой силой он давит на сиденье при прохождении среднего положения со скоростью 6 м/с? Во сколько раз возрастает его вес? 1,9
2. На подставке лежит груз, прикрепленный легкой пружиной к потолку. В начальный момент пружина не растянута. Подставку начинают отпускать вниз с ускорением *a*. Через какое время груз оторвется от подставки? Жесткость пружины k, масса груза m. В момент отрыва груз движется с ускорением. $t = \sqrt{\frac{2m}{k}}(\frac{g}{a} - 1)$
3. Кузнечик подпрыгивает вертикально вверх на 45 см, причем от земли он отталкивается всего лишь 0,01 секунды. Какие перегрузки испытывает при этом кузнечик? 31

4. **Ра**кета массой 6 т движется у поверхности Луны с постоянным ускорением 2 м/с^2 под углом 30° к горизонту. Найдите силу тяги, если на Луне ускорение свободного падения g/6. 19,4 кН

III. Зависимость модуля силы трения скольжения от материалов двух соприкасающихся поверхностей и от силы нормального давления, но не от площади соприкасающихся поверхностей (демонстрация).

$\boldsymbol{F_{тр} = \mu P = \mu N \rightarrow F_{тр} = \mu N.}$ **μ – коэффициент трения скольжения.**

«Паспорт» силы трения скольжения:



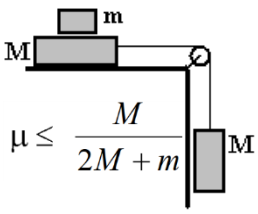
- Природа (электромагнитная);
- Модуль ($F_{тр} = \mu N$);
- Точка приложения (совпадает с точкой приложения силы реакции);
- Направление (в сторону, противоположную движению).

Трение покоя. Направление силы трения покоя: против приложенной силы; в сторону движения (**сила тяги автомобиля, подъем на горку**) или против движения (**спуск с горки**). Максимальная сила трения покоя также пропорциональна силе давления. Максимальная сила трения покоя всегда больше силы трения скольжения, но при решении задач мы будем считать $\mathbf{F_{тр} = F_{тр.п.\,max}}$.

Сухое и жидкое трение. В жидкостях, как и в газах, нет трения по**коя**. $F_c = k\upsilon$ – ламинарное течение. $F_c = k\upsilon^2$ (турбулентное течение).

IV. *Задачи (блиц):*

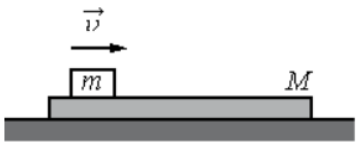
1. На горизонтальном столе лежит учебник массой 200 г. Коэффициент трения между учебником и столом равен 0,4. Кошка толкает лапой учебник, действуя на его верхнюю обложку силой, направленной под углом 30^0 к горизонту вниз. Модульт этой силы 1 Н. Сдвинется ли учебник с места? нет
2. **Са**нки, находящиеся на горизонтальной поверхности, тянут, действуя силой, направленной под углом 60^0 к горизонту. В другом случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. Оказалось, что в обоих случаях санки разгоняются из состояния покоя до одной и той же скорости за одинаковое время. Найдите коэффициент трения скольжения санок по поверхности. $\mu = 1/\sqrt{3}$
3. При каком значении коэффициента трения между телами они будут проскальзывать друг относительно друга? Больше нигде трения нет.



4. Машина движется со скоростью υ = 30 м/с по горизонтальной дороге. Коэффициент трения покоя шин об асфальт равен μ_1 = 0,5, а трения скольжения — μ_2 = 0,3. Сравните, какой путь пройдет автомобиль до полной остановки после начала торможения, если торможение происходит на грани проскальзывания или юзом. 92 м. 152 м.

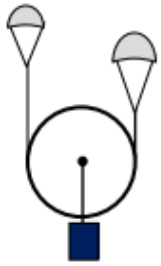
V. Олимпиада:

1. **На** гладкой горизонтальной плоскости находится длинная доска массой M = 2 кг. По доске скользит шайба массой m. Коэффициент трения между шайбой и доской μ = 0,2. В начальный момент времени скорость шайбы υ_0 = 2 м/с, а



доска покоится. В момент τ = 0,8 с шайба перестаёт скользить по доске. Чему равна масса шайбы m? Скорости станут одинаковыми в нашей ИСО. 0,5 кг

2. **Хо**ккейная шайба падает на лед под углом α к вертикали со скоростью υ_0. С какой скоростью шайба начнет скользить по льду, если после удара о лед она не подпрыгивает? Коэффициент трения шайбы о лед равен μ.
   Во время удара вес много больше силы тяжести. $\upsilon = \upsilon_0(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$



3. Маленькое тело падает на землю. Если к нему прикрепить парашют, установившаяся скорость падения равна υ. Если прикрепить к телу больший парашют, установившаяся скорость падения равна υ/3. Какой будет установившаяся скорость падения тела, если привязать его к оси невесомого блока, через который переброшена нить, к одному концу которой привязан первый парашют, к другому - второй (см. рисунок). Считать, что сила сопротивления воздуха для каждого из парашютов пропорциональна квадрату его скорости относительно воздуха, а на блок и тело она не действует. Оба парашюта движутся вниз $F_{c1} = F_{c2}$, но с разными скоростями 1,5u и 0,5u, но в ИСО блока их скорости одинаковы 0,5 u. $mg = F_{c1} + F_{c2}$. $u = \frac{2\upsilon}{3\sqrt{2}}$
4. Летом была сильная жара и три друга захотели выпить холодной воды. Для этого они добавили в тёплую воду одинаковые кубики сильно замороженного льда массой m = 10 г из морозилки и подождали, пока вода остынет. Петя налил в свой стакан 50 мл теплой воды и у него кубик льда даже увеличился до m_1 = 11 г. Вася налил себе 100 мл тёплой воды и у него размеры кубика льда в тепловом равновесии остались прежними. Миша налил в стакан 200 мл теплой воды. Какой будет масса льда m_3 в стакане у Миши? у Миши в стакане 8 г льда.

Вопросы:

1. Почему не падают магниты на холодильнике?
2. Какую силу называют силой тяги автомобиля?
3. Сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости: $F_c = kV^2$. Какой будет установившаяся скорость падения парашютиста?
4. На одинаковых парашютах сбросили одинаковые по форме и размеру грузы с массами 100 кг и 50 кг. Первый падает с установившейся скоростью 6 м/с. С какой скоростью падает второй груз, если сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости?
5. Почему парашют бесполезен при прыжке с малой высоты?
6. На горизонтальной доске лежит груз. Коэффициент трения между грузом и доской μ = 0,2. Какое горизонтальное ускорение следует сообщить доске, чтобы груз начал с нее соскальзывать?
7. На тело массой 1 кг, находящееся на горизонтальной плоскости, действует горизонтальная сила F_1=3 Н. С какой минимальной силой надо подействовать на тело в перпендикулярном F_1 направлении, чтобы тело начало скользить? Коэффициент трения тела о плоскость 0,5. 4 Н
8. Два пробковых кубика разного размера – большой и маленький – всплывают со дна глубокого водоема. Как вы думаете, какой из них всплывет раньше?

   1) Если не учитывать силу сопротивления воды. Одинаково. $ma = mg(\frac{\rho_{ж}}{\rho} - 1)$

2) Если учитывать силу сопротивления воды. Большой. $mg(\frac{\rho_{ж}}{\rho}-1)=kS\upsilon$

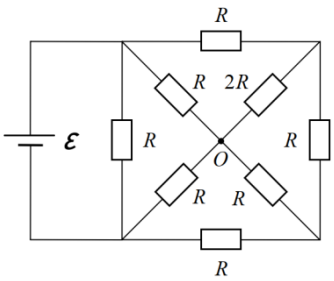
9. Пуля летит вертикально вверх, достигает высшей точки и вертикально же падает вниз. В каких местах этой траектории ускорение пули имеет наибольшее и наименьшее значение, если учесть сопротивление воздуха?
10. По гладкому горизонтальному столу со скоростью υ движется черная доска. Какой формы след оставит на этой доске мел, брошенный горизонтально со скоростью u перпендикулярно направлению движения доски, если: а) трение между мелом и доской пренебрежимо мало; б) трение велико? В обоих случаях след будет иметь вид прямой.
11. Брусок тянут по столу с помощью динамометра с силой 3 Н. С каким ускорением будет двигаться брусок, если его масса 200 г и коэффициент трения 0,5? 10 м/с^2
12. Какова сила трения, возникающая при действии горизонтальной силы, равной 5 Н, на тело массой 3 кг, если коэффициент трения между телом и горизонтальной поверхностью составляет 0,2?

Разное.

1. С каким ускорением будет двигаться тело массой m = 1 кг в горизонтальном направлении, если к нему приложена сила F = 4 Н, направленная под углом α = 30° к горизонту? Коэффициент трения равен μ = 0,1. 2,6 м/с^2
2. Приближенная формула для силы вязкого трения, действующей на животное, падающее в воздухе, имеет вид $F=(0{,}2\ Н\cdot с^2/м^4)S\cdot\upsilon^2$, где S площадь сечения, перпендикулярного к направлению скорости движения . Определите конечную скорость падения пятикилограммового кота, площадь сечения которого порядка 0,1 м^2.
3. Два груза массами m_1 = 3 кг и m_2 = 7 кг лежат на горизонтальном столе, связанные горизонтальной и прямолинейной нитью, которая разрывается при силе натяжении T_0 = 30 Н. Более тяжелый груз лежит правее. Коэффициенты трения грузов о стол одинаковы и равны μ = 0,5. При прикладывании какой минимальной направленной вдоль нити вправо силы F к грузу m_2 нить порвется? 100 Н
4. На деревянном столе накрыта щёлоковая скатерть массой m_1 = 1,2 кг. На скатерти стоит хрустальный бокал с водой общей массой m_2 = 0,3 кг. Взявшись за один конец скатерти, и приложив к нему силу F = 100 Н, скатерть резким рывком срывают так, что бокал с водой не сдвинулся с места. С каким ускорением необходимо двигаться скатерти, чтобы данный трюк удался? Коэффициент трения между столом и скатертью μ = 0,5. Трением между бокалом и скатертью пренебречь. А если не пренебречь? 12,5 м/с^2

Олимпиада:

1. Брусок массой m = 1 кг покоится на шероховатой горизонтальной поверхности. Коэффициент трения μ = 3/4. Какое минимальное усилие необходимо прилагать, чтобы двигать брусок прямолинейно вдоль поверхности с ускорением $a = \mu g$? Ответ: $\boldsymbol{F}_{мин} = \boldsymbol{2\mu mg}/(\sqrt{\boldsymbol{1+\mu^2}}) = \boldsymbol{12}$ Н.



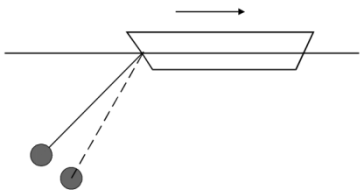
2. Преобразование треугольника сопротивлений в звезду. Из семи одинаковых сопротивлений R = 180 Ом и одного сопротивления $2R$ собран квадрат с диагоналями, спаянными в точке O. Квадрат подключён к батарее с ЭДС ε = 9 В. Найдите тепловую мощность P, выделяющуюся на всём квадрате. Внутреннее сопротивление батареи не учитывайте. Ответ выразите в ваттах и округлите до сотых.
3. Когда маленький тяжелый камень падает на Землю с большой высоты, установившаяся скорость его падения составляет 200 м/с. Если прикрепить к нему парашют, скорость падения камня быстро устанавливается и составляет V_1= 5 м/с. Если взять парашют немного побольше, то установившаяся скорость падения составит V_2 = 3 м/с. Чтобы использовать оба парашюта вместе, возьмем длинную легкую нерастяжимую нить и тонкий невесомый блок достаточно большого диаметра: нить перекинем через блок так, чтобы ее длинные концы были направлены вверх, привяжем меньший парашют к одному концу нити, а больший — к другому. Камень подвесим к оси блока. Вначале будем удерживать парашюты так, чтобы не лежащие на блоке участки нити были вертикальны, а затем отпустим всю систему. Какая установившаяся скорость падения будет у камня в этом случае? Считать, что к моменту установления скорости ни один из парашютов еще не касается блока, массы парашютов пренебрежимо малы. Силы сопротивления воздуха для камня и парашюта пропорциональны квадратам их скоростей, силами трения блока и нитей о воздух пренебречь. $V = \frac{V_1 + V_2}{2\sqrt{2}} \approx 2{,}8$

Занятие 16. Наклонная плоскость.

I. *Вопросы (блиц):*

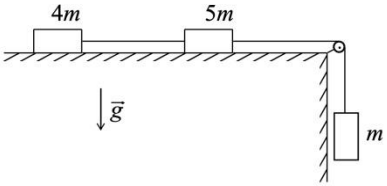
1. Чем объяснить, что при буксовании колес тепловоза или автомобиля сила тяги значительно падает?
2. **На** столе в один ряд лежат 10 кубиков. С какой силой нужно, взявшись за два крайних руками, сдавить кубики, чтобы оторвать их от стола? Массы кубиков m, коэффициент трения кубика о кубик μ. Берем за 2 крайних, $2F_{тр}$ = 8mg. 4mg/μ.
3. **Оп**ределите вес тела массой 70 кг, находящегося в лифте, движущемся вверх с ускорением 2 м/с^2. 840 Н.
4. **Ск**рип дверных петель и пение скрипки объясняется тем, что максимальная сила трения покоя больше силы трения скольжения. Так ли это? Тело сдвигается с места не плавно, а рывком.
5. **Пу**ля летит вертикально вверх, достигает высшей точки и вертикально же падает вниз. В каких местах этой траектории ускорение пули имеет наибольшее и наименьшее значение, если учесть сопротивление воздуха?
6. Почему при беге на короткие расстояния стартуют с низкой позиции?
7. Сила F = 4mg прижимает брусок массы m к вертикальной стенке. Коэффициент трения между бруском и стенкой μ = 0,5. Что происходит с бруском? Покоится
8. Почему парашют бесполезен при прыжке с малой высоты?

9. Равно ли время подъема камня, брошенного вертикально вверх, времени его падения в воздухе?
10. **На** тело массой 1 кг, находящееся на горизонтальной плоскости, действует горизонтальная сила F_1=3 Н. С какой минимальной силой надо подействовать на тело в перпендикулярном F_1 направлении, чтобы тело начало скользить? Коэффициент трения тела о плоскость 0,5. 4 Н
11. Плывущая по реке с постоянной скоростью баржа тянет под водой на тросах два шарообразных контейнера одинакового размера, но разного веса. Угол отклонения первого троса по вертикали 45°, а второго 30°. Когда скорость баржи уменьшилась, угол отклонения первого троса составил 30°. Каков стал угол отклонения от вертикали второго троса? $18{,}3^0$



II. *Задачи (блиц):*

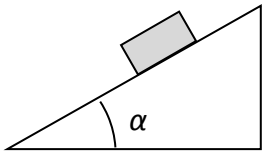
5. Доска массой M = 5 кг лежит на гладкой горизонтальной поверхности, на ней находится брусок массой m = 1 кг. Коэффициент трения между бруском и доской μ = 0,3. Какую горизонтальную силу надо приложить к нижней доске, чтобы она двигалась с ускорением вдвое большим, чем ускорение бруска? 33
6. Два шарика одинакового размера с массами m_1 и m_2 ($m_2 > m_1$) связаны между собой нитью, длина которой значительно превышает радиусы шариков. Шарики сбросили с достаточно большой высоты. Определите натяжение нити при падении шариков в воздухе через достаточно большое время после бросания. $T = (m_2 - m_1)g/2$.
7. **Бр**усок массой m = 1 кг покоится на шероховатой горизонтальной поверхности. Коэффициент трения μ = 3/4. Какое минимальное усилие необходимо прилагать, чтобы двигать брусок прямолинейно вдоль поверхности с ускорением $a = \mu g$? Находим угол, при котором знаменатель максимален: $tg\alpha = \eta$. Зная угол, вычислим силу. Ответ: $\boldsymbol{F}_{мин} = \boldsymbol{2\mu mg} / (\sqrt{1+\mu^2})$ = **12** Н.
8. Два груза массами $4m$ и $5m$, находящиеся на гладком горизонтальном столе, связаны нитью и соединены с грузом массой m другой нитью, перекинутой через невесомый блок. Трением в оси блока можно пренебречь. Найти ускорение грузов. Во сколько раз сила натяжения нити между грузами на столе меньше силы натяжения другой нити? 1 м/с^2. $T_1/T_2 = 4/9$



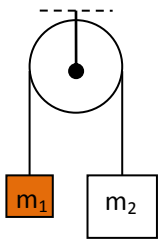
III. Объяснение на примерах задач, решаемых учителем.

Задачи:

1. С каким ускорением движется брусок по наклонной плоскости с углом наклона 30° при коэффициенте трения 0,2? При каком условии брусок будет скользить ($tg\alpha \geq \mu$)? Рассмотреть оба случая: движение вверх, движение вниз.

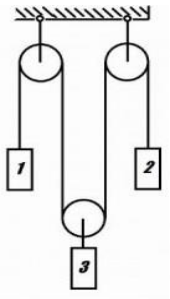


2. Устройство, в котором два груза поддерживаются блоком, называется машиной Атвуда. Считая, что блок не обладает ни массой, ни трением, вычислите: а) ускорение системы; б) натяжение нити.



IV. *Задачи (блиц):*

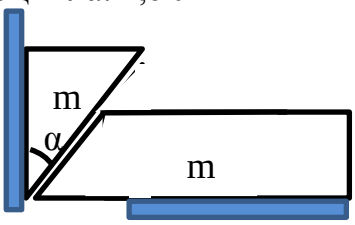
1. **Ро**боту, у которого обе пары колес являются ведущими, одинаковы по размерам и снабжены одинаковыми шинами, предстоит въехать по наклонной плоскости длиной L = 1 м на высоту H = 0,6 м. При какой минимальной величине коэффициента трения между шинами и поверхностью плоскости это возможно? 0,75



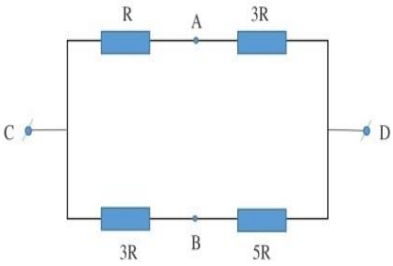
2. Из невесомых блоков, невесомых и нерастяжимых нитей собрана система, изображенная на рисунке. Масса первого груза m, масса второго груза 7m. Какой массы нужно взять третий груз, чтобы первый груз не двигался? 1,4 m.

V. Олимпиада:

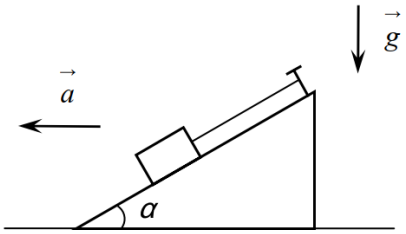
1. **С к**акой скоростью можно увеличивать число оборотов в секунду колёс мотоцикла, чтобы не происходило пробуксовки? Коэффициент трения колёс о дорогу μ = 0,70, радиус колеса R = 0,30 м. Считать, что на заднее колесо, приводящее его в движение, приходится половина веса мотоцикла. 1,8 $с^{-1}$
2. **Им**еются два клина массами m_1 и m_2, угол раствора одного из них α. Рассчитайте ускорение левого клина в случае отсутствия силы трения. $a_1 = \dfrac{m_1}{m_1 + m_2 tg^2\alpha} g$



3. **Ес**ли в схеме, изображенной на рисунке, между точками A и B включить идеальный вольтметр, то он покажет напряжение U_V = 21 В. Когда между теми же точками включен идеальный амперметр, то он показывает ток I_A = 1 А. Найдите сопротивление R и напряжение U между точками C и D. Между точками C и D напряжение постоянно. 168 В. 8 Ом



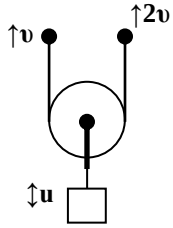
4. На гладкой наклонной грани клина, образующей с горизонтом угол α = 30^0, лежит брусок, прикреплённый к верхушке клина невесомой нитью, параллельной грани. Клин начинают разгонять с горизонтальным ускорением, абсолютная величина которого зависит от времени по закону $a = k\ t$, где k = 0,9 м/$с^3$. Найдите, через какое время τ брусок начнёт скользить по клину. Ответ выразите в секундах и округлите до десятых. Ускорение свободного падения g = 10 м/$с^2$. 6,4 с



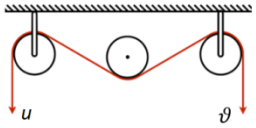
Вопросы:

1. В каком случае можно быстрее протащить груз по грунту на заданное расстояние — приложив силу F, параллельную дороге, или силу 2F, направленную к ней под углом 60°?
2. На наклонной плоскости с углом наклона 30^0 лежит тело. Какое наименьшее ускорение необходимо сообщить наклонной плоскости в горизонтальном направлении, чтобы лежащее на ней тело свободно падало? a = gctg $30^0 \approx$ 17 м/$с^2$.
3. Дан деревянный брусок, динамометр и дощечка, расположенная под малым углом наклона. Если измерить силу тяги при движении бруска по дощечке вверх или вниз, то можно определить коэффициент трения. Так ли это?

4. Почему одежда задирается при ношении рюкзака? Какая одежда меньше задирается?
5. Если шар скатывается с наклонной плоскости без трения (с трением), то чему равно его ускорение? $a = g\cdot\sin\alpha$. $a = 5/7(g\cdot\sin\alpha)$.
6. Чему равно ускорение тела, скользящего без трения вниз по гладкой наклонной плоскости с углом наклона 45^0. 7 м/с^2.
7. Определите скорость u, считая скорость υ известной. Нити нерастяжимы. Проскальзывания в блоках нет. u = 1,5υ



8. Почему у машин хорошей проходимости все четыре колеса должны быть ведущими?
9. Почему нельзя учесть сопротивление воздуха при описании движения падающих тел путем простого уменьшения ускорения свободного падения?
10. Колеса автомобиля заблокированы ручным тормозом, но он скользит вниз по склону. Что нужно сделать, чтобы это прекратилось - частично разгрузить кузов или, наоборот, нагрузить?
11. Груз поднимается при помощи двух неподвижных и одного подвижного блоков. Определить скорость w груза в момент, когда угол между нитями равен α =120^0, если нити вытягиваются со скоростями u = 3 м/с и υ = 2 м/с.

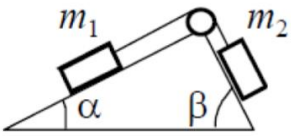


Сумма проекций скорости среднего блока на левую и правую нити $2w\cos\frac{\alpha}{2} = u + \vartheta$. 5 м/с

12. Если локомотив не может сдвинуть тяжелый поезд с места, то машинист применяет следующий прием: он дает задний ход и, толкнув состав немного назад, затем дает передний ход. Объясните.

Разное:

1. Дети катаются на санках. Андрей тащит санки с Машей за верёвку под углом α = 30^0 к горизонту, а Петя толкает такие же санки с Дашей, направляя силу F_2 = 140 Н вниз под углом α = 30^0 к горизонту. Какую силу F_1 должен прикладывать Андрей, чтобы девочки двигались с одинаковым ускорением? Ответ дайте в Ньютонах, округлив до целых. Масса Маши вместе с санками m_1 = 40 кг, масса Даши вместе с санками m_2 = 35 кг. Ускорение свободного падения считайте равным 10 м/с^2. Коэффициент трения μ = 0,20. Ответ: 127 Н.
2. На вершине двух наклонных плоскостей, образующих углы α = 15° и β = 45°, укреплён блок. Грузы с массами m_1 = 2 кг и m_2 = 1 кг соединены нитью, перекинутой через блок. В начальный момент времени грузы были неподвижны. Коэффициенты трения между грузами и плоскостями одинаковы и равны μ. Определить: 1) ускорения грузов при μ = 0,05, 2) ускорения грузов при μ = 0,1, 3) минимальное значение коэффициента трения μ_{min}, при котором система будет находиться в состоянии равновесия. 0,18. -0,24, 0,07

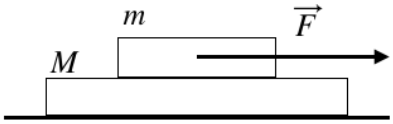


Олимпиада:

1. Двигатель робота работает от идеального аккумулятора с ЭДС ε = 30 В. Известно, что сила, с которой двигатель натягивает наматывающийся на вал прочный легкий трос, прямо пропорциональна силе тока, текущего в обмотке.

Когда закрепленный робот поднимает вверх с помощью этого троса груз массой m = 1 кг, ток в обмотке равен I_1 = 2 А при установившейся скорости подъема υ_1 = 3,2 м/с. С какой установившейся скоростью закрепленный робот будет подтягивать этим же тросом тот же груз по горизонтальной поверхности? Коэффициент трения между грузом и поверхностью μ = 0,4. Ответ 4,88 м/с.

2. Два бруска размещены на поверхности стола так, как показано на рисунке. Коэффициент трения между поверхностью стола и бруском массой M = 0,6 кг равен μ_1 = 0,25. Коэффициент трения между бруском массой m = 0,4 кг и поверхностью бруска массой M равен μ_2 = 1,0. К бруску m приложили горизонтальную силу F = 3,4 Н, как показано на рисунке. Найти величину силы трения $F_{тр}$, действующую на брусок m, в случае, когда оба бруска движутся с одинаковыми ускорениями. 3,04 Н

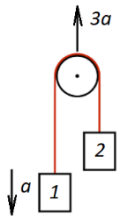


3. Небольшой кубик массы m покоится на шероховатой плоскости, наклоненной к горизонту под углом α. Коэффициент трения $k = 2 \cdot \mathrm{tg}\,\alpha$. Определить, с какой минимальной горизонтальной силой F, лежащей в плоскости склона, нужно толкать, кубик, чтобы он начал двигаться. $F = \sqrt{3} \cdot m \cdot g \cdot \sin\alpha$.
4. Склон горы образует угол α с горизонтом. Какова минимальная сила, позволяющая втаскивать санки в гору с постоянным заданным ускорением? Под каким углом должна быть направлена эта сила? $F = m\sqrt{g^2 + a^2 + 2ga \cdot \sin\alpha}$

Занятие 17. Движение на поворотах.

I. *Вопросы (блиц):*

1. На горизонтальной доске лежит груз. Коэффициент трения между грузом и доской μ = 0,2. Какое горизонтальное ускорение следует сообщить доске, чтобы груз начал с нее соскальзывать? 2 м/с^2
2. В снежный день при температурах, близких к точке замерзания воды, коэффициент трения покоя шин об асфальт составляет всего μ = 0,08. Каков максимальный уклон дороги α, по которой автомобиль с четырьмя ведущими колесами может подниматься без ускорения? α = arctg μ ≈ 4,6^0
3. **Что** движется с большей скоростью, плот или вода?
4. Автомобиль массы m движется с постоянной скоростью в горку, угол при основании которой равен α. Найти модуль и направление силы трения $F_{тр}$, действующей на автомобиль. $F_{тр}$ = mg·sinα
5. **С каким** ускорением движется груз 2, если блок имеет ускорение 3*a* вверх, а груз 1 — ускорение *a* вниз? 7*a*



6. Коэффициент трения скольжения между лыжами и снегом зависит от качества снега и от смазки лыж. При каком уклоне лыжни можно скользить с постоянной скоростью, если коэффициент трения равен 0,04?
7. Когда требуется сдвинуть с места очень тяжёлый предмет, то рабочие нередко делают это под слова: «Раз, два, взяли!» Почему отпадает необходимость в такой команде, когда предмет уже приведён в движение?
8. **Почему** легче плыть, чем бежать по дну по пояс погруженным в воду?
9. **Почему** на пологий склон взобраться гораздо легче, чем на крутой склон?

10. Почему скорость дождевых капель не зависит от высоты туч и сильно зависит от размеров капель?
11. **Ка**кая из двух тележек быстрее доедет до края стола: к которой приложена сила 20 Н или, к которой через блок прикреплен груз весом 20 Н?

II. *Задачи (блиц):*

1. К телу массой 5 кг, находящемуся на наклонной плоскости с углом наклона 30^0, приложена вверх сила F под углом 45^0 к наклонной плоскости. При каких значениях силы F тело будет: а) двигаться вверх, б) находиться в равновесии, в) скользить вниз? Коэффициент трения тела 0,3. 46 Н. 46 ≥F ≥25 Н. 25 Н.
2. Однажды за бароном Мюнхгаузеном погнался свирепый тигр. Тогда барон достал пистолет и выстрелил вперёд. Пуля облетела вокруг Земли и попала точно в тигра. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найдите скорость пули и время, за которое пуля облетела вокруг Земли. Радиус Земли R считать равным 6400 км. 1 ч 23 мин
3. **Те**ло движется вверх по наклонной плоскости, составляющей угол 30^0 с горизонтом. Определить коэффициент трения, если время подъема в 1,5 раза меньше времени спуска. 0,22
4. С какой минимальной силой юноша массой m = 51 кг должен тянуть за веревку, привязанную к ящику массой M = 129 кг, чтобы сдвинуть его с места? Ящик при этом не переворачивается, а юноша не движется. Коэффициенты трения между ногами юноши и поверхностью μ_1 = 0,2, а между ящиком и поверхностью μ_2 = 0,1.Ответ. 150 Н

III. Законы Ньютона объясняют, как гонщику-мотоциклисту удается разъезжать по вертикальной стене и почему на олимпийских соревнованиях велосипедисты описывают круги по наклонным трекам.

Задачи: С какой максимальной скоростью может двигаться велосипедист по окружности радиуса 50 м, если коэффициент трения скольжения равен 0,6? Каков угол наклона велосипедиста (мотоциклиста) к горизонту. 17,3 м/с. 59^0

Боковая и продольная силы трения являются составляющими полной силы трения шин о дорогу: $F_{тр.полн} = \sqrt{F^2_{тр.бок} + F^2_{тр.прод}}$. Проскальзывание наступает, когда полная сила трения достигает величины μN. Мы будем решать задачу в предположении, что продольная сила трения (сила тяги) пренебрежимо мала (сила сопротивления движению мала), поэтому силу трения, направленную к центру, можно считать полной силой трения.

Движение автомобиля по профилированной дороге.

Дополнительный материал. Сила инерции. А почему возникает сила инерции? Пример с лифтом. Для неподвижного наблюдателя $ma = N - F_т$ и $N = F_т + ma$. Для наблюдателя, который находится в лифте $N > F_т$, однако тело в покое (1-й и 2-ой законы Ньютона не выполняется). Если ввести фиктивную силу инерции, то $N = F_т + F_{ин}$ (теперь законы Ньютона выполняются и в неинерциальной системе отсчета), а $F_{ин} = ma$ и направлена она в сторону, противоположную ускорению.

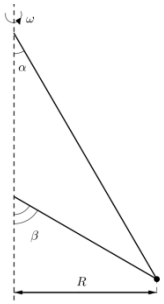
IV. *Задачи (блиц):*

1. Известно, что, благодаря антикрыльям, вес болида Формулы-1 при скорости υ = 216 км/ч в 6 раз превышает силу тяжести. Определите, чему равен минимальный радиус поворота, по которому способен проехать такой болид на данной скорости. Коэффициент трения между покрышками и поверхностью трассы равен μ = 0,8. 75 м

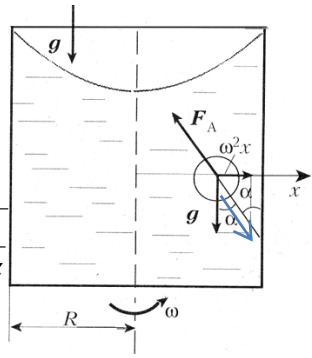
2. **Са**молет, пролетающий со скоростью, равной 360 км/ч, описывает в горизонтальной плоскости дугу радиусом 400 м. Под каким углом при этом наклонена плоскость крыльев самолета к плоскости Земли? $68{,}2^0$

V. Олимпиада:

1. **Ав**томобиль, трогаясь с места, равномерно набирает скорость, двигаясь по горизонтальному участку дороги, представляющему собой дугу окружности в 30° радиуса R = 100 м. С какой максимальной скоростью автомобиль может выехать на прямой участок пути? Коэффициент трения колес о землю μ = 0,3. (53 км/ч). Он не едет на максимальной тяге. Обе силы выражаем через нормальное и тангенциальное ускорение. $a_\tau = v^2/2\ell$, $a_n = v^2/R$. В конце: $F_{тр.полн} = \sqrt{F_{тр.бок}^2 + F_{тр.прод}^2}$



2. **Ш**арик на нитях. Небольшой шарик массой m движется в горизонтальной плоскости по окружности радиуса R = 25,0 см вокруг вертикальной оси. Шарик удерживают две нити, составляющие с осью вращения углы α = 30° и β = 60°. Найдите значения угловой скорости ω, при которой силы натяжения нитей отличаются в 2 раза. Ускорение свободного падения g = 9,81 м/с^2. Натяжение верхней нити больше. 5,7 с$^{-1}$



3. **Ве**ртикальный цилиндрический сосуд радиусом R, частично заполненный жидкостью, вращается вместе с жидкостью вокруг своей оси. К боковой стенке сосуда на нити длиной l привязан воздушный шарик радиусом r; во время вращения нить образует со стенкой угол α. Найдите угловую скорость вращения сосуда. Направление $F_{АРХ}$. $\omega = \sqrt{\dfrac{g \cdot tg\alpha}{R - (\ell + r)\sin\alpha}}$ $x = R - (\ell + r)\sin\alpha$. Дальше через силу инерции.

4. Лиза едет в лифте, который поднимается равномерно. Она подбрасывает ключи с постоянной скоростью и каждый раз они взлетают на высоту 62 см. Однако в момент очередного броска лифт начал тормозить с постоянным ускорением, а ключи теперь стали взлетать на высоту 72 см и находится в воздухе на 0,15 с дольше, чем обычно. Определите ускорение лифта, если ускорение свободного падения 9,8 м/с^2. 1,36 м/с^2

5. **Ма**териальная точка движется по периметру квадрата со стороной ℓ. Ускорение точки по величине не превосходит значения a. За какое минимальное время точка может совершить 2 полных обхода всего периметра? В вершинах тело должно иметь нулевую скорость. $t = 16t_0 = 16\sqrt{\dfrac{\ell}{a}}$

Вопросы:

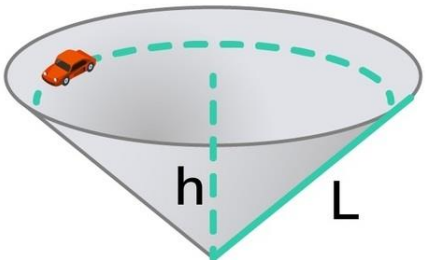
1. На диске центробежной машины лежит шайба. Если постепенно увеличивать скорость вращения диска, то наступает момент, когда шайба соскользнет с диска. Какие измерения в данном опыте вам необходимо провести, чтобы определить коэффициент трения шайбы о диск?
2. БТР с незакрепленным грузом на борту тормозит на горизонтальной дороге так, что за 10 с скорость уменьшилась с 72 км/ч до нуля. Коэффициент трения между грузом и поверхностью 0,25. Сдвинется ли груз и как это зависит от его массы? Нет
3. Почему вращающимся картонным диском можно резать деревянную палочку?

Чтобы смять участок, надо приложить силу $F = m\omega^2 r$ к этому участку.

4. Мы испытываем определенные ощущения при изменении скорости или направления движения. Какие и почему?
5. На столике в вагоне поезда лежат книга и мяч. Почему, когда поезд тронулся с места, мяч покатился назад (относительно поезда), а книга осталась в покое?
6. Где легче луноходу «не вписаться в поворот» - на Земле или на Луне?
7. Определите вес тела массой 70 кг, находящегося в лифте, движущемся вверх с ускорением 2 м/с^2. 840 Н.
8. Почему на космической станции космонавт находится в состоянии невесомости, а на центрифуге – испытывает перегрузку?

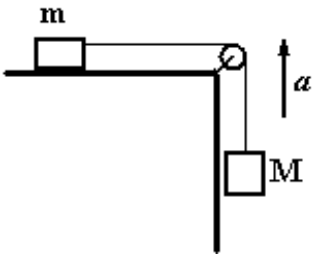
Разное.

1. На столе лежит доска массой M = 1,1 кг, а на доске — груз массой m = 1,9 кг. Какую силу F нужно приложить к доске, чтобы она выскользнула из-под груза? Коэффициент трения между грузом и доской μ_1= 0,23, а между доской и столом μ_2 = 0,52. 22 Н
2. Машина, движущаяся со скоростью υ = 90 км/ч, резко тормозит, чтобы избежать столкновения. Оцените, с какой силой F действует при этом на водителя массой 70 кг привязной ремень, если тормозной путь составляет S = 25 м. 875 Н
3. Коэффициент трения покоя между бруском, лежащим в кузове грузовика, и полом кузова μ = 0,3. Грузовик движется со скоростью υ = 80 км/ч. Грузовик тормозит таким образом, чтобы брусок не смещался по полу кузова. Каково максимальное расстояние S, которое грузовик пройдет до остановки? S ≈ 84 м.
4. Вода течёт по трубе, которая находится горизонтально, и эта труба изгибается с радиусом R = 2 м. Найти, какое давление действует на боковые стенки трубы. Диаметр трубы d = 20 см. Через трубу в час проходит масса воды M = 300 т. 700 Па
5. Нерастяжимая однородная веревка массы 1,8 кг перекинута через идеальный блок, и к ее концам прикреплены грузы такой же массы. Грузы движутся вдоль вертикалей. В некоторый момент времени правый вертикальный участок веревки в два раза длиннее левого. Чему равны в этот момент времени максимальная и минимальная величины силы натяжения веревки? Считать, что размеры блока пренебрежимо малы по сравнению с длиной веревки. 20 Н. 16 Н



Олимпиада:

1. Машина едет с постоянной скоростью по внутренней поверхности конуса с высотой h = 3 м и образующей L = 5 м. Траектория машины - окружность с радиусом r = 3,6 м в горизонтальной плоскости. Высота конуса вертикальна. С какой наименьшей и наибольшей скоростью может двигаться машина, чтобы не соскользнуть вниз и не вылететь за пределы конуса, если коэффициент трения колес о поверхность μ = 0,5? Все четыре колеса машины ведущие. $\upsilon_{мах}$ = 7 м/с



2. Установка, изображенная на рисунке, находится в лифте, который движется вверх с ускорением a. Трения нет. Каково натяжение нити? $T = Mm\frac{(a+g)}{(M+m)}$
3. Тело массы m положили на наклонную грань клина массой 2m с углом при основании $\alpha = 30^0$. На тело действуют некоторой силой F, направленной параллельно наклонной грани клина. Какой должна быть эта сила, чтобы ускорение тела было направлено горизонтально? Трением между всеми поверхностями можно пренебречь. 3,25mg
4. Из резинового шнура длины ℓ и массы m с коэффициентом жесткости k изготовили кольцо, которое вращается с угловой скоростью ω вокруг своего центра. Найдите радиус кольца. $R = l/2\pi\ (1 - m\omega^2/4\pi^2k)$.
5. Стеклянный шарик радиуса 2 см поместили в вертикальный цилиндрический сосуд радиуса 20 см, наполненный водой и вращающийся с угловой скоростью ω вокруг оси симметрии цилиндра. После установления равновесия сосуд, вода в сосуде и шарик вращаются с одинаковой угловой скоростью 20 рад/с, а шарик находится на дне у вертикальной стенки вращающегося сосуда. Найдите величину силы, с которой шарик действует на сосуд. Плотность стекла 2,5 г/см^3, плотность воды 1 г/см^3.
6. Из резинового шнура длины ℓ и массы m с коэффициентом жесткости k изготовили кольцо, которое вращается с угловой скоростью ω вокруг своего центра. Найдите радиус кольца. $R = l/2\pi\ (1 - m\omega^2/4\pi^2k)$.
7. Стакан чая поставили на середину равномерно вращающегося диска. Какую форму примет поверхность чая? $\varphi(r) = \varphi(0) + \frac{\omega^2}{2g}r^2$

Занятие 18. Статика.

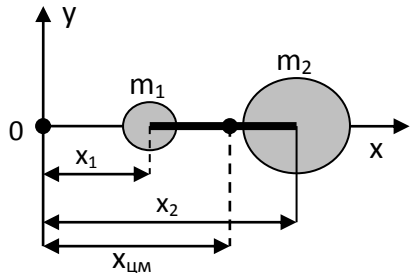
I. *Вопросы (блиц):*

1. **По**езд движется со скоростью 72 км/ч. Каково наименьшее время торможения поезда до полной остановки, безопасное для спящих пассажиров (чтобы они не упали с полки)? Коэффициент трения о полку 0,25. Рассмотреть из двух СО! 8 с
2. Если тесто для пиццы в виде диска быстро вращать в воздухе, то оно постепенно растягивается от центра в стороны. Почему?
3. **П**очему на поворотах не следует резко тормозить?
4. **П**очему поворот трамвая часто происходит со скрежетом?
5. По наклонной плоскости, образующей угол α с горизонтом, соскальзывает без трения сосуд с водой. Какова форма поверхности воды в сосуде?
6. Почему люди не падают с американских горок?
7. Почему пузырьки воздух скапливаются в невесомости на оси вращения чайного шарика?
8. **То**чно ли направление к центру Земли указывает отвес в Новокузнецке?
9. **Ка**к будет вести себя воздушный шарик, заполненный гелием, в закрытом автомобиле, ускоряющемся вперед?
10. В каком случае мотоциклист сможет более уверенно проехать по скользкой дороге (льду) в момент заноса, если едет сидя или стоит на подножках? сидя

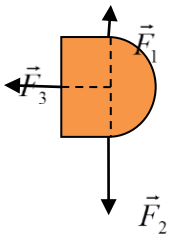
II. *Задачи (блиц):*

1. **Ка**ков должен быть минимальный коэффициент трения $\mu_{мин}$ между шинами полно приводного автомобиля и асфальтом, чтобы автомобиль мог пройти без проскальзывания закругление радиуса R = 100 м на скорости υ = 72 км/ч и 80% от максимальной тяги? $(ma)^2 + (0{,}8\mu mg)^2 = (\mu mg)^2$. 0,67
2. Автомобиль проходит поворот со скоростью 30 м/с по траектории с радиусом закругления 40 м в горизонтальной плоскости (g ≈ 10 м/с^2). При какой минимальной величине угла наклона полотна трека он сможет это сделать, если коэффициент трения колёс о полотно μ = 1? $\alpha_{min} \approx$ arctg 5/13= 25^0
3. Тележка с водой движется по горизонтальной поверхности с постоянным ускорением. На тележку под углом α к вертикали падает луч света, который после отражения распространяется под углом γ к вертикали. Найдите ускорение a тележки. Ускорение свободного падения равно g. $a = gtg\left(\frac{\alpha-\gamma}{2}\right)$

III. Статика – часть механики, в которой изучается равновесие твердых тел. При равновесии тело не должно ни двигаться поступательно, ни вращаться! **Центр масс тела –** точка, через которую проходят все линии действия сил, вызывающих поступательное движение тела. Координаты центра масс:



$$X_{цм} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + \ldots + m_N x_N}{M} = \frac{\sum_{i=j}^{N} m_i x_i}{M}.$$



Центр тяжести тела – точка приложения равнодействующей всех сил тяжести. У конуса $x_ц$ = h/4, у треугольника…?

Центр масс тела совпадает с центром тяжести тела. При движении тела его центр масс движется так, как двигалась бы материальная точка, имеющая массу, равную массе тела, под действием всех приложенных к телу сил**. Силу можно переносить** только по линии ее действия! **Условия равновесия твердого тела:**

1. Векторная сумма всех внешних сил, действующих на тело, должна быть равна нулю (первое условие равновесия).

2. Момент силы ($\vec{M}$) – свойство тела оказывать влияние на данное тело, приводящее к его вращению, измеряемое произведением силы на плечо:

Направление вектора момента силы.

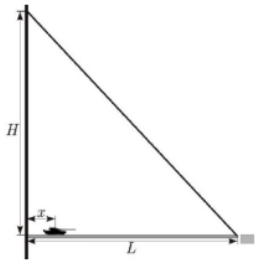
$$M = F \cdot r \cdot sin\varphi = F \cdot d.$$

2. Векторная сумма всех внешних моментов сил должна быть равна нулю относительно любой точки тела, тогда тело не вращается.

Второй закон Ньютона для вращательного движения: $\vec{M} = I\vec{\varepsilon}$ **.**

IV. *Задачи (блиц):*

1. **Вел**осипедист движется с постоянной скоростью 36 км /ч по кругу радиусом 34 м. Под каким углом α к вертикали он должен наклонить велосипед? А если не наклонит? Когда автобус трогается с места, то почему пол уходит под ногами? 16,4^0

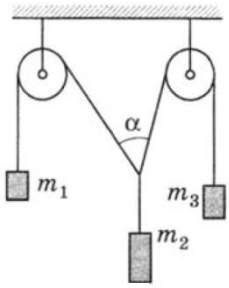


2. Танк массой m = 50 т выезжает по откидному мосту из базы Искра. Мост представляет собой однородную балку длиной L = 60 м и

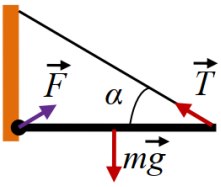
массой M = 60 т. Правый конец моста удерживается в горизонтальном положении двумя наклонными тросами так, как показано на рисунке. Расстояние от моста до верхней точки крепления тросов H = 80 м. Постройте график зависимости модуля силы натяжения T одного троса от положения x танка на мосту. (5,2 кН/м)·(x+36)

3. На полусфере радиусом 0,5 м находится маленькое тело. Определите высоту h от основания полусферы, начиная с которой тело будет соскальзывать с полусферы. Коэффициент трения $\mu = 0{,}6$. 43 см

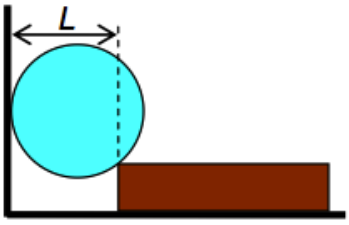
V. Олимпиада:



1. В системе, изображенной на рисунке, нити невесомы, а трение в осях блоков отстствует. К концам нитей прикреплены грузы массой m_1 = 5,5 кг, m_2 = 10 кг, m_3 = 6 кг. Система находится в равновесии. Определите угол α между нитями, перекинутыми через блоки. Диагональ параллелограмма и стороны, по теореме косинусов. $59{,}2^0$

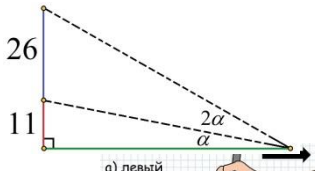


2. Однородный стержень длиной 1 м и массой 1 кг может свободно вращаться в вертикальной плоскости вокруг одного из своих концов, который закреплен шарнирно. К другому концу прикреплена легкая нерастяжимая нить, которая удерживает стержень в горизонтальном положении. Сама нить при этом составляет с горизонталью угол 30° (см. рисунок). Найдите величину силы реакции шарнира. 10 Н (найти проекции этой силы, силу натяжения, потом и саму силу).

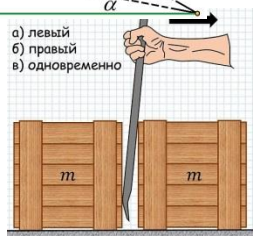


3. Гладкий шар массой m = 0,5 кг радиусом R = 5 см положили так, что он опирается на вертикальную стенку и длинный брусок массой M = 2 кг. Брусок находится на расстоянии L = 8 см от стенки и лежит на горизонтальной шероховатой поверхности. При какой минимальной величине коэффициента трения между бруском и поверхностью такое равновесие возможно? $\mu_{min} = 3m/4(m+M) = 0{,}15$

Вопросы:



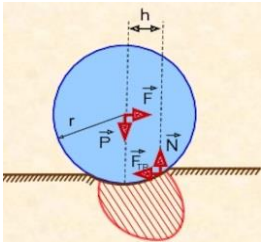
1. По рисунку найдите x и α. 17,3, $32{,}5^0$.
2. Если быстро движущийся автомобиль резко затормозит, то его передок опускается книзу. Почему это происходит?



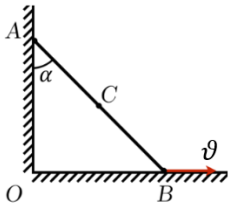
3. Два одинаковых ящика стоят на полу. Между ними вставлен лом, к которому прикладывается возрастающая горизонтальная сила, направленная вправо. Какой ящик сдвинется первым: левый, правый или одновременно?
4. В вагоне поезда, идущего горизонтально и равномерно со скоростью 20 м/с по закруглению радиуса 200 м, производится взвешивание груза с помощью динамометра, подвешенного к потолку вагона. Масса груза 5 кг. Каков результат опыта? Для наблюдателя в вагоне задача на статику (принцип Даламбера).

5. Найдите скорость точки A тела, если известны скорости точек B и C.

6. На столе лежит кольцо, на ободе которого намотана нить. Как будет двигаться кольцо под действием силы натяжения нити F, направленной по касательной к кольцу?
7. Можно ли и как переносить точку приложения силы в твердом теле?
8. Как легче вытянуть увязшую телегу: толкая ее или поворачивая колесо за верхнюю точку колеса?

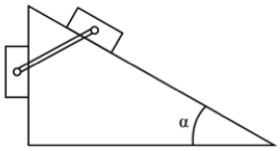


9. Муравей решил утащить к муравейнику соломинку. Как ему следует поступить, если сила, с которой он может тащить соломинку несколько меньше максимальной силы трения покоя? Все муравьи на Земле весят столько же, сколько и люди!
10. По сторонам прямого угла движется стержень. Конец *B* стержня движется вправо с постоянной скоростью υ = 2,82 м/с. Определить скорость точки *C* в момент, когда угол между стержнем и вертикалью равен $\alpha = 45^0$. Конец *A* стержня скользит все время по вертикальной стене. Скорость точки C в этот момент направлена по прямой AB. Ответ: 2 м/с.

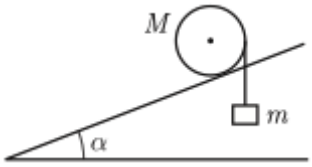


Разное

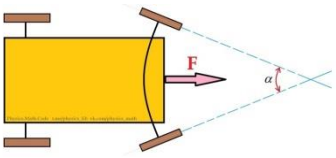
1. Цепочка массой m подвешена за концы, которые находятся на одном горизонтальном уровне. Натяжение цепочки в ее нижней точке равно T. Определите натяжение цепочки в точках подвеса и угол, образуемый цепочкой с вертикалью в точке подвеса. $tg\alpha = \dfrac{2T}{mg}$



2. На гладкой наклонной плоскости покоятся два груза, соединенные стержнем. Найдите угол между стержнем и горизонтом, если α = 30◦, а масса правого груза вдвое больше левого. Проекции на вертикальную и горизонтальную оси. $tg\beta = \dfrac{m_1}{tg\alpha(m_1+m_2)} = 30^0$

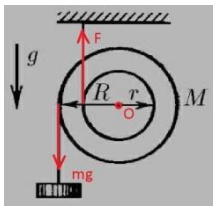


3. Цилиндр массой M поместили на рельсы, наклонённые под углом α к горизонту (вид сбоку показан на рисунке). Груз какой минимальной массы m нужно прикрепить к намотанной на цилиндр нити, чтобы он покатился вверх? Проскальзывание отсутствует. m = M sin α/(1−sin α)
4. Однородный стержень массы M и длиной 2L вращается в горизонтальной плоскости с угловой скоростью вокруг оси, проходящей через его середину. Найти силу натяжения в сечении стержня на расстоянии x от оси вращения. Через интеграл $T(x) = \dfrac{M\omega^2}{4L}(L^2 - x^2)$
5. Какую силу необходимо приложить к передней части телеги с искривленной осью, чтобы телега ехала с постоянной скоростью. Масса телеги M, угол схождения колес α, коэффициент трения между дорогой и колесами μ, центр масс телеги находится посредине между осями. 0,5Mgμsin(α/2).

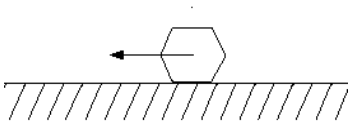


6. Твердый шар диаметром 8 см под действием момента сил 4,65 мН·м ускоряется из состояния покоя и за 15 с совершает 180 оборотов вокруг неподвижной оси, проходящей через центр шара. Чему равна масса шара? 0,72 кг

7. Расстояние между вертикальными стенками равно d = 1 м. Какой длины стержень, вставленный наискось между стенками, не будет опускаться, если коэффициент трения между стержнем и стенками равен μ = 0,5? L < 1,12 м
8. Мотоцикл едет по внутренней поверхности вертикального цилиндра радиусом R = 11,2 м. Центр тяжести мотоцикла с человеком расположен на расстоянии ℓ = 0,8 м от поверхности цилиндра. Коэффициент трения покрышек μ о поверхность цилиндра равен 0,6. С какой минимальной скоростью $\upsilon_{мин}$ должен ехать мотоциклист? Каков при этом угол φ его наклона к плоскости горизонта? 13 м/с; 31^0.
9. Катушка висит на нити, намотанной по малому радиусу r катушки. По большому радиусу катушки R тоже намотана нить, на конце которой висит груз. Какова масса груза, если система находится в равновесии? Масса катушки M . $m = M\dfrac{r}{R-r}$



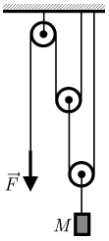
10. Кордовая модель самолета массой 100 г прикреплена к шнуру длиной 10 м и пренебрежимо малой массы. Самолет движется с постоянной скоростью 10 м/с и описывает горизонтальную окружность на такой высоте, что шнур образует угол 30^0 с поверхностью земли во время движения. Найти натяжение шнура, считая, что подъемная сила перпендикулярна шнуру. 9,5 Н
11. Каков должен быть минимальный коэффициент трения материала стенок куба массой m о горизонтальную плоскость, чтобы можно было его опрокинуть через ребро горизонтальной силой, приложенной к верхней грани? Чем должна быть равна приложенная сила? А если сила приложена под углом 45°? 0,5; F=mg/2.



12. Шестиугольный карандаш толкнули вдоль горизонтальной плоскости, как показано на рисунке. При каких значениях коэффициента трения μ между карандашом и плоскостью карандаш будет скользить по плоскости, не вращаясь? $\mu < \dfrac{1}{\sqrt{3}}$

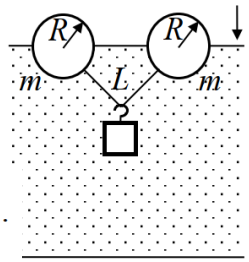
Олимпиада:

1. Груз массой M = 10 кг поднимают, используя систему блоков, показанную на рисунке. К канату в течение 2 с прикладывали постоянную силу 50 Н, потом канат случайно отпустили и смогли поймать только спустя 4 с, после чего понадобилось ещё 5 с, чтобы, прикладывая ту же силу, всё-таки поднять груз на необходимую высоту. На какую высоту был поднят груз от его начального положения? 45 м



2. Два сферических поплавка массы m и радиуса R связаны лёгкой верёвкой длины L и плавают, наполовину погруженные в жидкость. К середине верёвки цепляют груз, и вся система тонет. Какое натяжение имеет верёвка в затонувшей системе, когда груз покоится на дне? Ускорение свободного падения g.

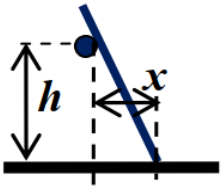
Ответ: $T = mg\dfrac{L+2R}{\sqrt{L^2+4RL}}$.



Занятие 19. Устойчивость.

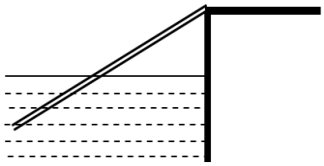
I. *Вопросы (блиц):*

1. Если велосипедист на повороте не наклонится в сторону поворота, то он упадет в противоположную сторону. Почему?
2. **По**чему человек не может сохранить горизонтальное положение на воде, если не двигает ни руками, ни ногами?
3. **Оп**ределите положение центра масс системы, состоящей из двух тел массами 15 и 10 кг, находящихся на расстоянии 10 м друг от друга. 4 м
4. **Ка**кой должен быть угол наклона горки, чтобы с нее можно было кататься на санках при коэффициенте трения 0,1? Минимум 6^0
5. **Два** носорога (по одной тонне) бегут во взаимно перпендикулярных направлениях со скоростью 4 м/с. Куда и с какой скоростью движется их центр масс? 2,8 м/с
6. Три грузчика перетаскивают треугольный стол со сторонами 3, 4 и 5 метров, имеющий массу m = 30 кг. Какие вертикальные силы должны прикладываться к листу со стороны каждого из грузчиков? Медиана делит треугольник на два равной площади, откуда mg/3
7. Какой гамак скорее выйдет из употребления: туго натянутый между деревьями или слегка провисающий? Ответ: сила натяжения веревки T = mg/(2sinα).
8. Зачем стрелку компаса сажают на острие иглы, ведь сила трения не зависит от площади соприкосновения?
9. **По**чему толстый гвоздь труднее выдернуть?
10. **При** очень резком старте автомобиль может "встать на дыбы", т.е. передние колеса могут подняться в воздух. Почему?
11. Надо ли широко расставлять ноги при подъеме больших тяжестей, или их надо держать вместе?

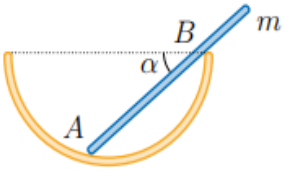


II. *Задачи:*

1. Шест длиной L = 150 см поставили так, что он опирается на гладкую горизонтальную балку ограждения, проходящую на высоте h = 120 см. Точка опоры шеста о шероховатый пол по горизонтали смещена от ограждения на расстояние x = 60 см. Масса шеста равна m = 5 кг. С какой силой давит шест на ограждение? 134 Н
2. **Пра**вый конец доски, наполовину погруженной в воду, опирается о шероховатый уступ А. Масса доски m. Определите величину силы, с которой уступ действует на доску. mg/3. В точке А сила реакции и сила трения покоя, их равнодействующая - полная сила реакции направлена вверх.



3. Проволока, когда ее начинают резать ножницами, выскальзывает к их концам и только тогда, когда угол раствора ножниц по мере движения проволоки уменьшится до значения α, ножницы надрезают проволоку. Почему это происходит? Определите коэффициент трения проволоки о лезвие ножниц. Силой тяжести пренебречь. Проволока не закреплена. $\mu = \dfrac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}$
4. В гладкой закрепленной полусфере свободно лежит палочка массы m так, что угол ее с горизонтом равен α, а конец выходит



за край полусферы. С какими силами действует палочка на полусферу в точках соприкосновения А и В? $N_1 = \left(\frac{\cos 2\alpha}{tg\alpha} + \sin 2\alpha \right) = mg$

III. Понятие **равновесия** — одно из самых универсальных в естественных науках. Характеристика равновесия называется **устойчивостью.** Различают три вида равновесия: **устойчивое, неустойчивое и безразличное**. Будет ли равновесие устойчивым или нет, зависит от положения **центра тяжести** тела.

Равновесие тела, имеющего неподвижную ось вращения. Существует «золотое правило кораблестроения», согласно которому центр плавучести (точка приложения силы Архимеда, действующей на корабль) в положении равновесия должен находиться выше центра масс корабля. Объясните смысл этого правила.

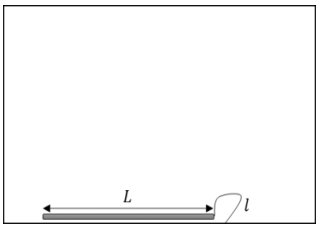
Равновесие тел на опоре.

IV. *Задачи (блиц):*

1. На наклонной плоскости с углом наклона 30^0 стоит однородный цилиндр радиусом 10 см. Чему равна наибольшая высота цилиндра, при которой он еще не опрокинется? 34,6 см
2. **Ра**сстояние между осями передних и задних ведущих колес робота ℓ = 9 см. Пусть центр масс робота находится на одинаковом расстоянии от этих осей. На какой высоте h, отсчитываемой от поверхности земли, должен находиться центр масс, чтобы робот мог въехать на наклонную плоскость длиной L = 1 м и высотой H = 0,6 м? Коэффициент трения шин о плоскость в этой задаче μ = 0,8. Зачем нужен коэффициент трения? Полный привод, поедет при μ≥ 0,75 (зад. нет). 6 см

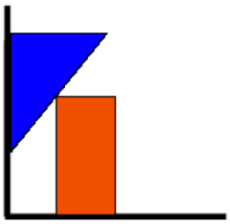
V. Олимпиада:

1. **К г**оризонтальному дну сосуда с помощью нити длиной ℓ = 20 см привязан конец тонкой прямой однородной палочки. Длина палочки L = 50 см, площадь её поперечного сечения s = 2 мм^2, её плотность ρ = 500 кг/м^3. В сосуд наливают воду, плотность воды ρ_0 = 1000 кг/м^3. Палочка не касается стенок сосуда.

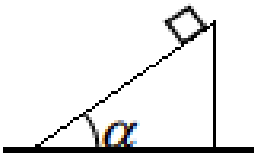


1) Определите угол наклона палочки к горизонту, если уровень воды находится на расстоянии h = 10 см от дна сосуда. 0^0
2) **Оп**ределите угол наклона палочки к горизонту, если уровень воды находится на расстоянии H = 30 см от дна сосуда. Из длины погруженной части и 2 условия. $16{,}4^0$.
3) **Оп**ределите модуль силы натяжения нити во втором случае. 0,5 мН

2. **Кл**ин с углом α при вершине может скользить без трения по вертикальным направляющим и опирается на брусок, стоящий на горизонтальной поверхности. Масса бруска в n = 2 раза больше массы клина, высота бруска во столько же раз больше его ширины, коэффициент трения между бруском и поверхностью μ = 2/3. При каких α брусок может покоиться? Чтобы не скользил α ≥ $26{,}5^0$. Равенство моментов относительно точки опоры бруска, чтобы брусок не переворачивался α ≥ 45^0.

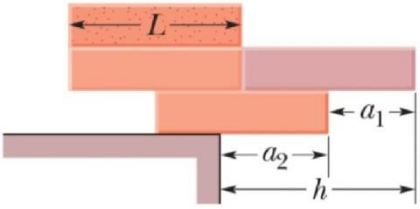


3. **На** вершину клина, одна грань которого наклонена под углом α, а вторая перпендикулярна горизонтальной поверхности, кладут маленькое тело массой m. Коэффициент трения между телом и клином равен μ, трение между клином и поверхностью таково,



что клин не скользит по поверхности. Возможно ли опрокидывание клина? При какой массе клина? Да, при $M < 3m \sin\alpha(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$.

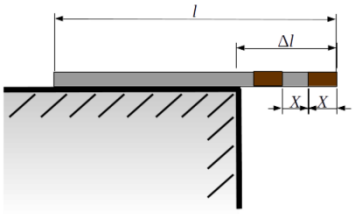
4. Четыре одинаковых однородных кирпича длиной L уложены друг на друга, как показано на рисунке. Каким образом надо подобрать длины a_1 и a_2, чтобы h было максимальным? Определите максимальное значение h. (½)L, (2/3)L; h = (5/6) L



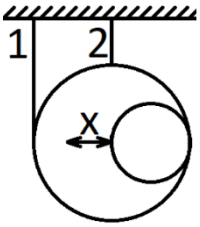
Вопросы:

1. Какой стакан более устойчив – пустой или с сахаром?
2. Почему по скользкому льду люди ходят маленькими шажками?
3. Индейская стрела имела оперение на хвосте, стрела римского война была лишена оперения, но имела металлический наконечник. Почему их полет был устойчив? Почему устойчив полет на метле?
4. Чем объясняется форма ареометра: широкая утяжеленная нижняя часть, узкая и легкая верхняя?
5. Почему автомобиль при резком старте «приседает» на задние колеса, а при резком торможении «клюет»?
6. Цилиндр, высота которого равна его диаметру, лежит на доске. Если приподнимать доску за один край, то цилиндр будет скользить или опрокидываться?
7. Почему автомобиль заносит на повороте, и он может перевернуться?
8. Если плоскую коробку, высота которой много меньше ширины, поместить в полиэтиленовый пакет с ручками плашмя (горизонтально), то через некоторое время переноски обнаружится, что коробка повернулась и стоит стоймя (вертикально). Как объяснить это явление?

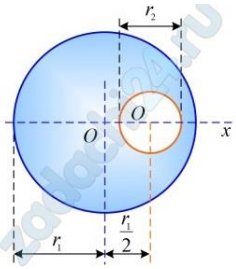
Разное



1. На пластиковый стержень справа надевают 2 одинаковых металлических кольца, как показано на рисунке. Вся длина стержня l = 10 см, а масса стержня M = 1 кг. Ширина каждого кольца X = 1 см, расстояние между кольцами равно ширине X, масса каждого кольца m = 50 г. Стержень с надетыми кольцами кладут на край стола, так что справа свисает Δl = 3,5 см.
   1) Чему будет равна результирующая сила реакции опоры N_1? 11 Н.
   2) В какой точке она будет приложена. 1,18 см.
   3) Чему будет равна и в какой точке будет приложена результирующая сила реакции опоры N_2, если взять кольца из другого металла с массой m = 375 г и той же шириной X?
2. Из тонкого листа жести вырезали диск радиусом r и массой m. В диске вырезали диск радиусом $r/2$ так, как это показано на рисунке. Диск подвесили на двух невесомых и нерастяжимых нитях (см. рисунок). Определите силы натяжения нитей T_1 и T_2. На каком расстоянии x от центра диска будет находиться его центр массы? Ускорение свободного падения g считайте известным. x= (1/6)r



3. В цилиндрический стакан наливают воду. При высоте уровня воды 4 см центр масс системы «стакан + вода» занимает самое низкое положение. Масса воды в стакане в этом случае равна массе стакана. На какой высоте находится центр масс стакана? 6 см. Наинизшее положение центр тяжести системы тогда, когда он находится на уровне воды в стакане. Можно и через минимум производной.
4. Определите положение центра масс тонкой пластинки, имеющей форму половины круга радиуса R.
5. Определите положение центра масс однородной полусферы радиуса R.
6. Определите положение центра тяжести однородного диска с отверстием. Размеры диска и размеры отверстия указаны на рисунке.



$$OB = \frac{r_1}{2(4(\frac{r_1}{r_2})^2 - 1)}$$

Олимпиада:

1. Клин с углом при вершине $\alpha = 30^0$ находится на горизонтальной поверхности. На наклонной плоскости клина покоится однородный шар, касающийся вертикальной стенки. Массы шара и клина одинаковы и равны m = 1 кг. Трения нет.

1) Найдите горизонтальную силу F, которой систему удерживают в покое. 5,8 Н

Силу F снимают, шар и клин приходят в поступательное прямолинейное движение с нулевой начальной скоростью. После перемещения по вертикали на H = 0,8 м шар абсолютно упруго сталкивается с горизонтальной поверхностью.

2) Найдите перемещение h шара после соударения до первой остановки. 0,2 м
3) Найдите ускорение a клина в процессе разгона. 4,33 м/с^2
4) При каком значении угла α ускорение клина максимальное? 45^0
5) Найдите максимальное ускорение $aMAX$ клина. 5 м/с^2

2. Небольшой робот должен двигать перед собой с постоянной скоростью кубик, поднимаясь по наклонной плоскости. Известно, что масса кубика в 2 раза меньше массы самого робота, коэффициенты трения ведущих (задних) колес робота и кубика о наклонную плоскость равны μ = 2/3. Передние колеса робота катятся без проскальзывания, расстояние между осями колес у него ℓ = 20 см. Центр масс робота находится точно посередине между колесными осями на высоте h = 7,5 см. Высота точки давления рамы робота на кубик над поверхностью равна H = 15 см. Найдите максимальный угол наклона плоскости, при котором робот может выполнить свою задачу. $9{,}5^0$
3. Полуцилиндр радиуса R лежит плоской стороной на двух опорах, расстояние между которыми равно 2R. Определить угловое ускорение полуцилиндра в тот момент, когда одну из опор убирают. ε = 3g/4R

Занятие 20. Импульс тела.

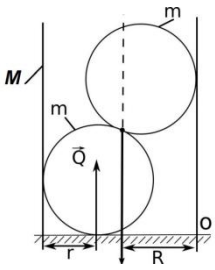
I. *Вопросы (блиц):* Угол не тот я взял в задаче с роботом. Исправить.

1. **За**чем стаканы для холодных напитков часто делаются с толстым дном?
2. **Гл**убина лунки в доске, в которую вставлен шар, в два раза меньше радиуса шара. При каком угле наклона доски к горизонту шар выскочит из лунки?

3. Почему бревно легче катить, чем тащить?
4. Почему мяч не остается в покое на наклонной плоскости?
5. **Ка**к поставить вертикально лист бумаги?
6. Почему подъемный кран не опрокидывается ни с грузом, ни без груза?
7. Что устойчивее: цилиндр или конус, если высота и площадь основания у них одинаковы?
8. Три одинаковых автомобиля нагружены равными по весу грузами один - кирпичом, другой - дровами, третий - сеном. Какой из автомобилей более устойчив?
9. Как объяснить, зачем борцы во время поединков широко расставляют ноги?
10. **По**чему бутылка, частично заполненная водой, плавает вертикально?
11. Пустой кувшин с края крыши быстро свалится (персидская пословица). Поясните!
12. Одинаковые доски длиной ℓ = 2 м каждая начинают складывать друг на друга стопкой-«лесенкой» так, что каждая следующая доска выступает над предыдущей на а = 40 см. Сколько досок удастся уложить в стопку, пока она не рухнет? Центр масс системы не далее 1 м от края первой. Можно уложить 5 досок.
13. **По**чему бревна, плывущие по реке, ориентируются всегда по течению, а не поперек его?

II. *Задачи:*

5. Два одинаковых шара радиусами r = 10 см и массами m= 600 г каждый положили в вертикальный, открытый с обеих сторон, тонкостенный цилиндр радиусом R = 15 см, стоящий на горизонтальной плоскости. Пренебрегая трением, определить, при какой наименьшей массе M цилиндра шары его не опрокинут. $M = \frac{2m(R-r)}{R}$. 400 г



6. **Це**почка массы 0,5 кг подвешена за концы так, что вблизи точек подвеса она образует с горизонталью угол 30^0. Определите силу натяжения цепочки в ее нижней части и в точках подвеса. T_1=(M/2)gctgα = 4,3 Н. T_2=Mg/(2sinα) = 5 Н.

III. Первая сохраняющаяся величина – **импульс.** $\vec{p} = m\vec{\upsilon}$**.** Теперь попробуем выяснить, что необходимо для того, чтобы изменить количество движения тела: $\vec{F} = m\vec{a}$, $\vec{a} = \frac{\vec{\upsilon} - \vec{\upsilon}_0}{t}$, $\vec{F}t = m\vec{\upsilon} - m\vec{\upsilon}_0$. **Изменение количества движения (импульса) тела равно импульсу силы.** Примеры: открывание двери пулей и рукой, удары. Импульс силы равен площади фигуры под графиком силы в координатах F, t. **Координаты центра масс тела в данный момент**: $X_{цм} = \frac{\sum_{i=1}^{N} m_i x_i}{M}$.

Замкнутой называется система, на тела которой не действуют внешние силы или их действием можно пренебречь. Как взаимодействуют тележки друг с другом?

З**акон сохранения импульса:** $m_1\vec{\upsilon}_1 + m_2\vec{\upsilon}_2 = m_1\vec{\upsilon}_1' + m_2\vec{\upsilon}_2' \rightarrow \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2' = \text{пост.}$

Если импульсы тел перед столкновением одинаковы, то силы их взаимодействия

будут максимальны в момент остановки шаров, а если не одинаковы, то в момент, когда их скорости одинаковы.

Абсолютно неупругий удар.

Задача: Неподвижный защитник массой 110 кг при игре в хоккей встречает нападающего массой 90 кг, набравшего скорость 10 м/с, и применяет к нему силовой прием. Какова будет их совместная скорость после столкновения?

IV. *Задачи (блиц):*

1. Два пластилиновых шарика массами m и 3m до соударения двигались во взаимно перпендикулярных направлениях со скоростями υ_1 = 8 м/с и υ_2 = 2 м/с соответственно. С какой скоростью будет двигаться кусок пластилина, образовавшийся в результате неупругого соударения шариков. 2,5 м/с
2. **Ш**арик массой 20 г, движущийся со скоростью 10 м/с, направленной под углом 30° к гладкой стене, абсолютно упруго ударяется об нее и отскакивает. Продолжительность удара 1 мс. Определите среднюю силу, с которой шарик действует на стену во время удара. 200 Н
3. Частица, обладающая импульсом p = 2 кг·м/с, влетает в область действия постоянной силы F = 0,2 Н под углом 60^0 к направлению этой силы. Через какое время после начала взаимодействия импульс частицы будет направлен перпендикулярно указанной силе? 5 с
4. Лодка длиной 6,0 м и массой 200 кг стоит, прикасаясь носом к причалу. С какой скоростью начнет двигаться лодка, когда человек массой 80 кг пойдет с кормы на нос со скоростью 2,0 м/с относительно Земли? На сколько метров отойдет лодка от причала, когда человек приблизится к носу лодки? 0,8 м/с, 1,7 м.
5. В момент наибольшего сближения частиц при упругом лобовом столкновении их скорости одинаковы и равны υ. Каковы скорости этих частиц после столкновения, если до него они двигались со скоростями υ_1 и υ_2? Каково отношение масс этих частиц? $\frac{m_1}{m_2} = \frac{\upsilon - \upsilon_2}{\upsilon_1 - \upsilon}$

V. Олимпиада:

1. **Го**ворят, что капля камень точит. Рассчитайте силу, с которой капля массой $m_к$ = 5 грамм, упавшая с высоты H = 10 м, действует на горизонтальную поверхность. Для простоты представьте каплю в виде цилиндра с высотой, равной диаметру. Диаметр капли, время ее остановки. 5 кН
2. **На** движущуюся со скоростью υ материальную точку массой m начинает действовать сила, которая зависит от скорости по закону $\vec{F} = -\beta\vec{\upsilon}$, где β– положительная постоянная. Найти путь, который необходимо пройти точке, чтобы ее скорость уменьшилась в два раза. S = 0,5 mυ/β
3. **Н**а конце соломинки, лежащей на гладком столе, сидит кузнечик. С какой наименьшей скоростью υ он должен прыгнуть, чтобы попасть на другой конец соломинки? Трение между столом и соломинкой отсутствует. Масса соломинки M, её длина ℓ, масса кузнечика m. Угол 45^0, дальность меньше ℓ. $\upsilon = \sqrt{\frac{M}{M+m} g\ell}$

Вопросы:

1. Почему в восточных единоборствах предпочитают быстрые удары?

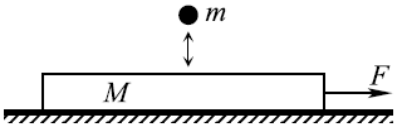
2. Почему перед прыжком человек немного приседает?
3. Почему хрупкий предмет разбивается, если его роняют на жесткий пол, и остается целым, если он падает на мягкую подстилку?
4. Почему молотком забивают даже толстые гвозди, а бабой-копрой – сваи?
5. В цилиндрический стакан наливают воду. При каком положении уровня воды в стакане центр тяжести стакана с водой занимает наинизшее положение? Массой дна стакана пренебречь. $h = H/2$
6. Шайба, летящая на высоте h со скоростью u_1, начинает падать. Упав, она упруго отскакивает от шершавого пола с коэффициентом трения μ. Найти угол между горизонтом и направлением скорости шайбы после отскока.
7. На горизонтальной поверхности стола лежит доска массой M, а на доске сидит лягушка массой m. В некоторый момент времени лягушка совершает прыжок, отталкиваясь от доски, и приобретает скорость υ, направленную под углом α к горизонту. Считая, что длительность толчка лягушки о доску равна τ, а сила, действующая на лягушку во время толчка, практически постоянна, определите, при каких значениях коэффициента трения μ доски о стол доска в момент точка будет оставаться неподвижной.

Разное

1. Однородную доску длиной ℓ = 1 м положили на горизонтальную поверхность стола так, что с правого края стола свешивается часть доски длиной b = 20 см, причем доска перпендикулярна краю стола. После этого на край этой же части доски положили небольшой груз так, что доска осталась в равновесии. Масса груза и доски равны. Определите, на каком расстоянии от правого конца стола находится точка приложения силы реакции N стола на доску, когда груз лежит на доске?
2. Птица массой 1,2 кг летела на высоте 15 м со скоростью 4,0 м/с. В неё попал заряд дроби массой 20 г, пущенный с поверхности земли вертикально вверх со скоростью 0,30 км/с. Найти начальную скорость (модуль и направление) птицы, поражённой выстрелом. 6,2 м/с; под углом 51° к горизонту
3. Тело движется так, что его координаты удовлетворяют системе уравнений: $x = 10t$; $y = 5t^2$, в которой все величины выражены в единицах СИ. Определите, какой угол с осью x будет составлять вектор импульса тела в конце первой секунды движения. 45^0
4. Блок в виде однородного цилиндра массой M = 1,0 кг укреплен на конце стола. Через блок перекинута нить, к концам которой прикреплены грузы. Один из грузов движется по столу, а другой – опускается вертикально вниз. Коэффициент трения груза о стол 0,10. Найти силы натяжения нитей и ускорение грузов, если их массы $m_1 = m_2 = 1$ кг. $a = 3{,}57$ м/с^2, $T_1 = 4{,}5$ Н, $T_2 = 6{,}28$ Н.

Олимпиада:

1. На пластинке массы M = 11,5 кг, движущейся по поверхности шероховатой плоскости под действием силы F = 30 Н, вертикально прыгает шарик, упруго ударяясь о пластину. Найти массу шарика m, при которой средняя скорость движения пластины



постоянна. Коэффициент трения между пластиной и плоскостью μ=0,25. Время удара шарика о пластину мало.

2. Две лодки идут навстречу параллельным курсом. Когда лодки находятся друг против друга, с каждой лодки во встречную перебрасывается мешок массой m = 50 кг, в результате чего первая лодка останавливается, а вторая идет со скоростью V = 8,5 м/с в прежнем направлении. Каковы были скорости лодок до обмена мешками, если массы лодок с грузом равны M_1 = 500 кг и M_2 = 1000 кг соответственно? V_2 = 8,97 м/с? V_1 = 0,9 м/с.

Занятие 21. Реактивное движение.

I. *Вопросы (блиц):*

1. **По**чему большие гвозди забивают большим молотком?
2. Стальной шарик свободно падает без начальной скорости на мраморную плиту. Как следует ее расположить, чтобы упруго отразившись, шарик улетел на максимальное расстояние по горизонтали? $\pi/8$
3. **По**чему, когда капля или камень палают в воду, то брызги летят вверх. Вода не успевает освободить место, поэтому капли, которые приобретают свой собственный импульс, направленный противоположно импульсу камня и равный ему по модулю.
4. **Дв**а пластилиновых шарика массами m и 3m до соударения двигались во взаимно перпендикулярных направлениях со скоростями υ_1 = 8 м/с и υ_2 = 2 м/с соответственно. С какой скоростью будет двигаться кусок пластилина, образовавшийся в результате неупругого соударения шариков. 2,5 м/с
5. **П**очему лыжники, прыгая на лыжах с трамплина, не травмируются при приземлении, ведь разница высот от точки отрыва до места приземления может составлять 40 – 60 м?
6. **М**яч массой 1 кг падает на горизонтальную поверхность земли с высоты 6 м и отскакивает на высоту 2 м. Как изменяется его импульс? 17,3 кг·м/с
7. На одинаковое ли расстояние можно бросить камень вперёд: а) стоя на земле; б) стоя на коньках на льду?
8. **В ц**ирковом аттракционе атлету, лежащему на ковре, устанавливают на грудь наковальню и затем бьют по ней молотком. Почему такие удары не опасны для атлета?
9. Человек массой 50 кг прыгает с неподвижной тележки массой 100 кг с горизонтальной скоростью 3 м/с относительно тележки. Какова скорость тележки относительно Земли после прыжка человека?

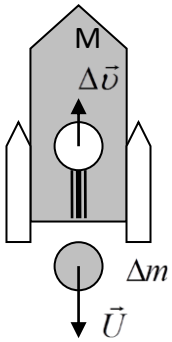
II. *Задачи:*

1. **Ша**рик массой m = 50 г вылетает из ствола игрушечной пушки, наклоненного к горизонту под углом α = 45°, со скоростью υ_0 = 5,0 м/с относительно пушки, вначале покоившейся на гладком полу. Под каким углом β к горизонту вылетел шарик? Какова скорость отдачи пушки, масса которой M = 150 г? Закон сложения скоростей в векторной форме и затем через проекции, после чего закон сохранения импульса в неподвижной ИСО. 0,88 м/с, 53^0
2. Моторная лодка массой m, двигаясь по озеру со скоростью υ, после выключения двигателя и останавливается, пройдя путь S. Считая силу

сопротивления движению пропорциональной скорости, найдите значение коэффициента пропорциональности. $k = m\upsilon / S$

3. На неподвижный бильярдный шар налетел другой такой же шар с импульсом p = 0,4 кг • м/с. После удара шары разлетелись под углом 90° так, что импульс первого шара стал p_1 = 0,3 кг • м/с. Найдите импульс p_2 второго шара после удара. Ответ: 0,36 кг • м/с
4. Небольшой шарик подлетает сверху к горизонтальной плите под углом α = 30° к нормали со скоростью υ_0 = 10 м/с. Плита движется вертикально вверх со скоростью u = 4 м/с. После короткого абсолютно упругого взаимодействия с плитой шарик удаляется от нее. Найти модуль и направление вектора скорости υ_1 шарика после удара о плиту. Ответ: 17,4 м/с; 16,7°.

III. На основании закона сохранения импульса можно объяснить целый ряд интересных явлений, одно из которых – **реактивное движение:** $\Delta m\vec{U} + M\Delta\vec{\upsilon} = 0$ – в системе отсчета центра масс. $\vec{F}_p = -\frac{\Delta m}{\Delta t}\vec{U}$, где $\frac{\Delta m}{\Delta t}$ – расход топлива, а $\vec{U}$ – скорость истечения газов относительно ракеты. Ракета обеспечивает собственное движение в пустоте за счет реактивной силы! Если на ракету действуют внешние силы, то: $M\vec{a} = \vec{F} + \vec{F}_p = \vec{F} - \frac{\Delta m}{\Delta t}\vec{U}$. Максимальная скорость ракеты: $\upsilon_{\text{мах}} = 2{,}3 \cdot U \cdot \ell g \frac{m}{m_0}$, где m - стартовая масса ракеты, а m_0 – масса ракеты без топлива.



IV. *Задачи (блиц):*

1. Полностью заправленная топливом ракета имеет массу 21 т, из которых 15 т приходится на топливо. Расход топлива в процессе сгорания составляет 190 кг/с, а скорость вылета продуктов сгорания равна 2,8 км/с относительно ракеты. При условии, что ракету запускают вертикально вверх, вычислите: а) силу реактивной тяги, действующую на ракету; б) ускорение ракеты в момент запуска, а также в момент, предшествующий полному выгоранию топлива; в) скорость ракеты в момент выгорания топлива. Сопротивлением воздуха пренебречь. 380 кН. 8,1 м/с^2. 53,3 м/с^2. 3,5 м/с.
2. **Ко**смический корабль должен, изменив курс, двигаться с прежним по модулю импульсом p под углом α к первоначальному направлению. На какое наименьшее время нужно включить двигатель с силой тяги F? $\Delta t = \frac{p\sqrt{2(1-\cos\alpha)}}{F}$
3. **В**ертолет массой M = 800 кг завис неподвижно над поверхностью Земли. Лопасти его главного винта отбрасывают вниз 200 кг воздуха за каждую секунду (вспомогательный винт отбрасывает воздух в горизонтальном направлении). С какой скоростью движется вниз этот воздух? 40 м/с

V. Олимпиада:

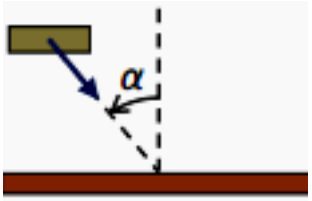
1. **Ка**нат массой m висит вертикально, касаясь нижним концом поверхности пола. Какова будет максимальная сила действия каната на пол, если верхний конец каната отпустить? $\Delta p = \mu\Delta\ell v = \mu v^2 dt = Fdt$. $F = \mu v^2 = \mu 2g\ell = 2mg$. Всего 3mg.
2. Дед Мазай спасает 7 зайцев в весеннее половодье. Испуганные зайцы сидят на корме лодки, а дед Мазай стоит на носу. Длина лодки — 3,4 м, масса — 110 кг.

Масса дедушки в тулупе — 90 кг. Недалеко от берега лодка остановилась, Мазай и зайцы поменялись местами: дедушка оказался на корме, а зайцы на носу лодки. В результате лодка приблизилась к берегу на 1 м. Найдите среднюю массу зайца. Ответ дайте в килограммах, округлив до десятых. 3,4 кг.
Решаем в нашей ИСО. $M(\ell-S)=m(\ell+1) + M_Л \cdot 1м$

3. **Ма**сса m пороха, сгорающего за 1 с в камере реактивного двигателя, связана с давлением p соотношением $m = \alpha p^n$. Найдите показатель степени n, если при уменьшении сечения сопла двигателя в 2 раза давление в камере возрастет в 4 раза. Скорость истечения газов из сопла пропорциональна давлению p в камере, а плотность газа в сечении сопла одинакова в обоих случаях.

$M = \alpha p^n dt = \rho S \upsilon dt \to \alpha p^n = \rho S \beta p \,.\, \alpha (4p)^n = \rho S \beta 2p$. Делим $4^n = 2$. Ответ: n = 1/2.

4. Цилиндрическая шайба скользит, не вращаясь, по гладкому горизонтальному льду таким образом, что ее основания вертикальны и параллельны неподвижному вертикальному борту, с которым эта шайба сталкивается. Угол падения (угол между линией движения центра масс шайбы и перпендикуляром к борту) равен α. Известно, что нормальные деформации борта являются упругими (при α = 0 удар был бы упругим), но между бортом и основанием шайбы есть трение, и коэффициент трения равен μ. Найдите угол отражения шайбы. $tg\beta = tg\alpha + 2\mu$.



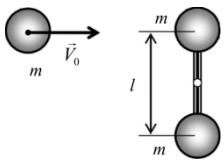
Вопросы:

1. Как зависит ускорение ракеты от времени от ее полета?
2. Зависит ли максимальная скорость ракеты от времени, за которое было израсходовано топливо?
3. В турнире участвовали 6 шахматистов. Каждые 2 участника сыграли между собой по 1 партии. Сколько всего было сыграно партий? Сколько партий сыграл каждый участник турнира? 15; 5
4. Внутренние силы не могут переместить центр тяжести системы. Почему же летит ракета?
5. Почему современные ракеты в начальной фазе полета движутся медленно, приобретая максимальную скорость вне атмосферы?
6. Для чего используют многоступенчатые ракеты?
7. Скорость истечения газа в ионном двигателе может достигать υ = 50 км/с, а величина силы тяги этого двигателя F = 200 мН. Сколько времени может непрерывно работать этот двигатель, если запас топлива составляет m = 250 кг? 723 сут
8. Будет ли увеличиваться скорость ракеты, если скорость истечения газов относительно ракеты меньше скорости самой ракеты, то есть, если вытекающий из сопла ракеты газ летит вслед за ракетой?

Разное.

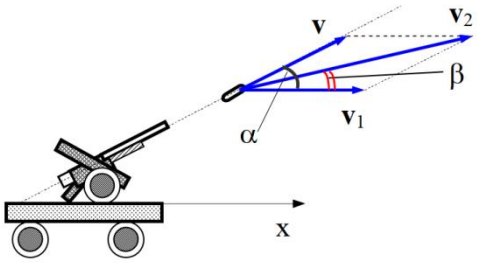
1. Мальчик массой M = 60 кг, стоя на гладком льду, бросает груз массой m = 10 кг под углом α = 60° к горизонту со скоростью υ = 6 м/с относительно земли. Какую скорость u приобретает мальчик? 0,5 м/с

2. Атом массой m движется со скоростью V_0 и сталкивается упруго с неподвижной молекулой, состоящей из таких же атомов, удалённых на расстояние ℓ. Определить момент импульса, который получит молекула при столкновении относительно оси, проходящей через центр масс. $L = mV_0\ell$



Олимпиада:

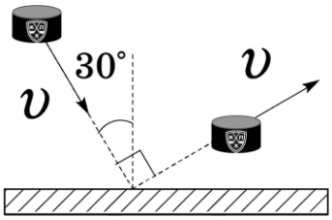
1. На гладкой горизонтальной поверхности лежит мишень массы 9 кг. С интервалом в τ= 1 с в нее попадают и застревают 4 пули, первая из которых летит с юга, вторая - с запада, третья - с севера и четвертая с востока. На сколько и в какую сторону сместится в итоге мишень? Масса каждой пули 9 г, скорость v = 200 м/с. сместится на 0,566 м к юго–востоку.
2. На железнодорожной платформе, движущейся по инерции со скоростью v_0, укреплено орудие, ствол которого направлен в сторону движения и составляет с горизонтом угол α. После выстрела скорость платформы с орудием приняла значение $v_1 = v_0/3$. Найдите скорость v снаряда относительно орудия при вылете из ствола. Масса снаряда m, масса платформы с орудием m_0.



$$v = \frac{(m_0 + m)v_0 - m_0 v_1 - mv_1}{m\cos\alpha} = \frac{2(m_0 + m)}{3m\cos\alpha} v_0 .$$

3. Водометный катер движется по озеру с постоянной скоростью υ, выбрасывая n литров воды в секунду со скоростью u относительно катера. Определите мощность мотора катера. В ИСО катера работа на изменение E_K. $N = \frac{n\rho}{2}(u^2 - \upsilon^2)$.

   А в неподвижной ИСО?
4. Реактивная струя из моторов первых реактивных самолётов сжигала хвостовое оперение. Но конструкторы предложили слегка повернуть моторы (на небольшой угол α). Струя перестала сжигать хвостовое оперение (отклонившись на ℓtgα, где ℓ - расстояние от мотора до хвоста). Какой частью силы тяги 2F пришлось для этого пожертвовать? 1/800
5. Шайба летит в сторону движущейся поступательно тяжёлой плиты так, что их плоскости параллельны. Вектор скорости шайбы составляет угол φ = 30° с нормалью к поверхности плиты. Происходит столкновение. Векторы скорости шайбы до и после столкновения одинаковы по модулю и перпендикулярны друг другу. Кроме того, они лежат в одной плоскости с вектором скорости плиты. Определите минимальное и максимальное значения коэффициента трения μ, при которых возможно такое столкновение. 0,27. Если же после столкновения шайбы с плитой проекция скорости шайбы на ось OX сравняется с проекцией скорости плиты на ту же ось, то коэффициент трения μ может быть любым большим 0,27.



Занятие 22. Работа.

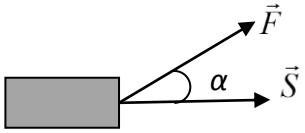
I. *Вопросы (блиц):*

1. **Ка**к отличается сила удара пули и кувалды? И причём здесь импульс?
2. В чем принципиальное отличие реактивной силы тяги от силы тяги обычного двигателя?
3. **Ск**орость истечения газа в ионном двигателе может достигать υ = 50 км/с, а величина силы тяги этого двигателя F = 200 мН. Сколько времени может непрерывно работать этот двигатель, если запас топлива составляет m = 250 кг? 723 сут
4. Можно ли так «закрутить» пулю при выстреле, чтобы отправить ее по кривой траектории?
5. **Ра**кета массой m = 50 т стартует с ускорением a = 1,5g. Чему равен расход топлива, если скорость истечения продуктов сгорания из ракеты равна u = 2 км/с? 625 кг/с
6. **Ра**кета, входящая в плотные слои атмосферы с круговой орбиты, имеет настолько большую скорость, что большая ее часть сгорает из-за трения о воздух. Но чтобы запустить ракету на орбиту, ей нужно сообщить именно такую скорость. Почему же она не сгорает во время подъема?
7. **Ко**нечная скорость последней ступени многоступенчатой ракеты намного больше конечной скорости одноступенчатой ракеты той же массы при таком же запасе горючего. Объясните этот факт. Ответ: из-за отсутствия балласта.
8. В лодку массой 500 кг, движущуюся с постоянной скоростью 2 м/с, запрыгнул с моста человек массой 70 кг. Как изменилась скорость лодки? Умен. на 0,25 м/с
9. **По**чему входное отверстие, пробиваемое пулей от воздушного ружья в пустом стакане, меньше выходного?

II. *Задачи (блиц):*

1. Школьник наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Модуль скорости мяча через t_1 = 1 с и t_2 = 2 с после старта одинаков. За этот промежуток времени вектор скорости повернулся на угол $2\beta = 60^0$.
   - Найдите продолжительность t полета от старта до падения на площадку. 3 с
   - Найдите максимальную высоту $h_{мах}$ полета. 18,75 м.
   - Найдите радиус R кривизны траектории в момент времени t_1 = 1 с. 46 м
2. **Ма**льчик массой M = 60 кг, стоя на гладком льду, бросает груз массой m = 10 кг под углом α = 60° к горизонту со скоростью υ = 6 м/с относительно земли. Какую скорость u приобретает мальчик? 0,5 м/с

III. Различают энергию **механическую, внутреннюю, электромагнитную, ядерную. Энергия** – еще одна сохраняющаяся величина, но прежде необходимо ввести понятие работы. Механическая работа показывает, какая энергия передается от одного тела к другому при их взаимодействии.



Механическая работа: $A = F \cdot S \cdot \cos\alpha$. Единица работы в СИ: [А] = [Н·м] = [Дж]. Обсуждение формулы:

1. Если $F = 0,\ S \neq 0,\ то\ A = 0$ (движение по инерции).

2. Если $F \neq 0,\ S = 0,\ то\ A = 0.$

3. Работа не производится и в тех случаях, когда сила перпендикулярна перемещению. Пример: движение Луны вокруг Земли, спутника.

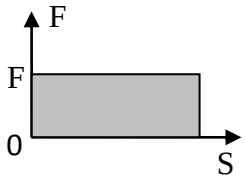
4. Работа может быть положительной ($\alpha < 90^0$), отрицательной ($\alpha > 90^0$) и равной нулю ($\alpha = 90^0$).

5. Работа, производимая данной силой, максимальна, если направление силы совпадает с направлением перемещения: $A = F \cdot S$.

6. Полная работа ($A_П$), совершаемая над телом, является алгебраической суммой работ каждой из сил, действующих на тело. Пример: подъем груза.

$A = FS$, $A' = F_т S$, $A_П = A + A' = (F - F_т) S$.

а) Если $A_П > 0$, $\upsilon > \upsilon_0$; б) $A_П < 0$, $\upsilon < \upsilon_0$; в) $A_П = 0$, $\upsilon = \upsilon_0$.



7. Геометрическое истолкование работы: **Работа равна площади фигуры под графиком силы в координатах *F* и *S*.**

Формулу для измерения механической работы можно применять только при постоянной силе. А если сила переменная?

IV. *Задачи (блиц):*

1. Какую минимальную работу надо совершить, передвигая ящик массой 30 кг по шероховатой горизонтальной поверхности на 9 м, если ящик тянут веревкой под углом 30^0 к горизонту, а коэффициент трения 0,4? 640 Дж
2. На гладком полу лежит доска длиной L = 1,5 м и массой M = 3 кг. На краю доски сидит кот массой m = 3 кг. Какую минимальную работу A_{min} должен совершить кот при прыжке, чтобы достичь второго края доски? 11,25 Дж
3. Брусок массой m и длиной ℓ лежит на горизонтальной поверхности стола. Какую работу надо совершить, чтобы повернуть брусок в горизонтальной плоскости на малый угол α, если коэффициент трения бруска о стол равен μ? $A = 0{,}5\mu mg\ell\alpha$
4. **Мо**лот массой 40 кг свободно падает с высоты 0,75 м. Какую силу нужно приложить к молоту, чтобы, падая с высоты 0,5 м, он приобрел такую же кинетическую энергию? Полная работа двух сил: F + mg. 200 Н
5. Какую работу надо совершить, чтобы равномерно втащить сани с грузом массой m = 50 кг на гору высотой H = 20 м? Угол наклона α = 30°. Коэффициент трения между санями и горой μ = 0,1. Ответ: $A = mgH(1 + \mu\, ctg\alpha)$

V. Олимпиада:

1. **В о**ткрытой с обеих сторон горизонтальной трубе сечением S закреплены на расстоянии L друг от друга два поршня. Масса одного из них в два раза больше массы другого. Когда воздух, находившийся в сосуде между поршнями, был полностью выкачан, поршни освобождают. Определите, какое количество теплоты выделится при их неупругом соударении, если трением при движении поршней можно пренебречь? Атмосферное давление – p_0. $Q = Lp_0S$.
2. **Те**ло массой m подняли на большую (сравнимую с радиусом Земли R) высоту h над землей. Какую работу совершила поднимающая сила?

$$\Delta A_1' = \frac{GmM}{r_1^2}\Delta r = \frac{GmM}{r_1 r_2}(r_2 - r_1) = GmM\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right). \quad A = \frac{Rmgh}{R+h}$$

3. **В п**орту установили современную линию погрузки судов. Баржа проплывает мимо порта с постоянной скоростью υ, в это время кран опускает на баржу

контейнер массой m. Контейнер скользит по барже и останавливается через время t. Найдите длину следа, который контейнер оставляет на барже и работу силы трения. Длину следа через кинематику, дальше через закон сохранения энергии.

Вопросы:

1. Изменится ли работа, совершаемая двигателем эскалатора, если пассажир, стоящий на движущейся вверх лестнице эскалатора, будет подниматься по ней с постоянной скоростью?
2. Какая работа будет совершена, если силой 30 Н поднять груз массой 2 кг на высоту 5 м?
3. Для подъема грузов применяется как наклонная плоскость, так и наклонный транспортер – лента, движущаяся по роликам. Какое из этих устройств имеет больший КПД?
4. Почему подниматься по лестнице значительно тяжелее, чем спускаться?
5. Какую работу совершает летящая стрела, врезаясь в мишень?
6. Трое играют в настольный теннис, причем игрок, проигравший партию, уступает место игроку, не участвовавшему в ней. В итоге оказалось, что первый игрок сыграл 21 партию, а второй - 10. Сколько партий сыграл третий игрок? 11

Разное.

1. Летящий снаряд разрывается на два осколка, при этом первый осколок летит со скоростью 50 м/с под углом 90° по отношению к направлению движения снаряда, а второй — со скоростью 200 м/с под углом 30°. Найдите отношение массы первого осколка к массе второго осколка.
2. Космонавт массой M = 100 кг находится на поверхности астероида, имеющего форму шара радиусом R = 1,0 км, и держит в руках камень массой m = 1,0 кг. Какой максимальной горизонтальной скоростью относительно астероида космонавт может бросить камень, не рискуя, что сам станет спутником астероида? Плотность вещества однородного астероида $\rho = 5{,}0$ г/см^3. 120 м/с

Занятие 23. Кинетическая энергия.

I. *Вопросы (блиц):*

1. **По**чему сила, действующая на тело под углом к направлению перемещения, совершает меньшую работу?
2. Во время прохождения через шлюз корабль массой 20 тысяч тонн поднялся на 10 метров. Какая работа была совершена? Какая сила совершила работу? $2 \cdot 10^9$ Дж
3. **Чт**обы растянуть пружину на 20 см приложили силу 80 Н. Какую работу при этом совершили? 8 Дж
4. **Со**вершает ли лошадь работу, когда она равномерно тянет телегу? Увеличивает скорость движения телеги?
5. **По**чему падающий с большой высоты камень разбивается вдребезги?
6. **Пр**иведите примеры, когда вам приходилось совершать отрицательную работу?
7. В чем понятие работы, используемое в повседневной жизни, совпадает с понятием работы в физике, и в чем их отличие?

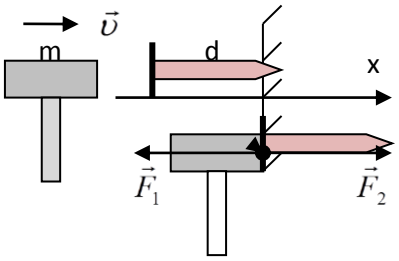
II. *Задачи (блиц):*

1. **Ре**бята толкнули портфель массой 3 кг по горизонтальной ледяной поверхности катка со скоростью 3 м/с, он уехал на 5 метров. Чему равна работа силы

тяжести, действующей на портфель на этом пути и работа силы трения? 0. 13,5 Дж

2. Льдина площадью 1 м^2 и толщиной 0,4 м плавает в воде. Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы полностью погрузить льдину в воду? 8 Дж
3. Двое рабочих должны выкопать колодец глубиной 2 м. До какой глубины следует копать первому рабочему, чтобы работа оказалась распределенной поровну (аналогия с вертикальной установкой бревна)? 1,24 м

III. Движущееся тело способно совершить работу. Примеры: летящее пушечное ядро пробивает кирпичную стену, движущийся молоток производит работу по забиванию гвоздя. Как эту работу можно измерить?



$a_x = \dfrac{0-\upsilon^2}{2d}$; $F_{1x} = \dfrac{-m\upsilon^2}{2d}$; $F_{2x} = \dfrac{m\upsilon^2}{2d}$; $A = F_{2x}d = \dfrac{m\upsilon^2}{2}$

Движущееся тело способно совершить работу $A = \dfrac{m\upsilon^2}{2}$, следовательно, оно обладает **энергией.** У него есть энергия движения — **кинетическая энергия.**

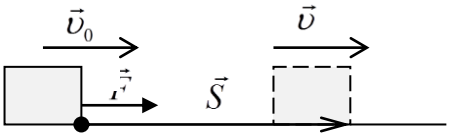
Механическая энергия (*E*) - свойство тела, определяющее его способность совершать работу, измеряемое в данной системе отсчета максимальной работой, которую тело может произвести.

$$[E_K] = [кг\cdot м^2/с^2] = [Н\cdot м] = [Дж]$$

Выводы:

1) **Кинетическая энергия - величина относительная**.
2) **Кинетическая энергия - величина скалярная.**
3) **$E_к = p^2/(2m)$.** Пуля или ружье получает большую энергию при выстреле?

Сила, действующая на тело, сообщает ему ускорение (изменяет его скорость) и совершает работу (тело перемещается и ему передается энергия от другого тела).



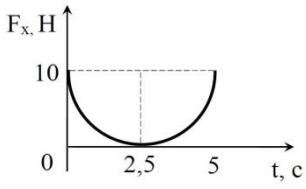
$$\vec{F} = m\vec{a} \rightarrow \Delta A = m\frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}\Delta S = m\upsilon\cdot\Delta\upsilon \rightarrow A = \frac{m\upsilon^2}{2} - \frac{m\upsilon_0^2}{2}.$$

Полная работа, произведенная над телом:

$$\mathbf{A = A_П = E_{К2} - E_{К1}}.$$

IV. *Задачи (блиц):*

1. Сила F = 40 Н, действовавшая в течение короткого промежутка времени t = 0,1 с на покоящееся тело, сообщила ему кинетическую энергию $W_{к0}$ = 6 Дж. Какую энергию сообщит эта сила тому же телу, если начальная скорость тела υ_0 = 5 м/с, а сила действует в направлении скорости? Ответы: масса тела 4/3 кг, ускорение 30 м/с^2, перемещение 0,65 м, работа силы 26 Дж. 32 Дж
2. На тело массы m = 5 кг действует сила F_x, график которой представляет собой полуокружность. Найдите работу этой силы за время от 0 до 5 с, если начальная скорость тела v_0 = 2,85 м/с. 42,2 Дж



3. Джип (все колеса ведущие) массой m = 2000 кг разгоняется из состояния покоя до скорости υ = 100 км/ч. Коэффициент трения колес автомобиля по асфальту μ = 0,4.
   1) Каково минимальное время t разгона? 7 с
   2) Какой импульс p и какую кинетическую энергию $E_{кин}$ приобретает

автомобиль за это время? 55556 кг·м/с. 784 кДж

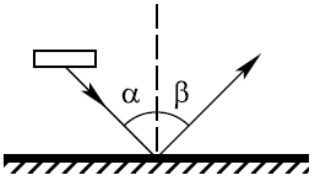
3) Какая сила F создала импульс автомобиля? 8 кН

4) Чему равна работа этой силы? 784 кДж

4. **По**дводная лодка всплывает с глубины 100 м из неподвижного состояния. Водоизмещение подводной лодки (масса воды в объеме лодки) составляет 10000 т. В конце всплытия скорость лодки направлена вертикально и равна 2 м/с. Определите среднюю силу сопротивления воды, если средняя плотность всплывающей лодки отличается от плотности воды на 2%. 1,8 МН

V. Олимпиада:

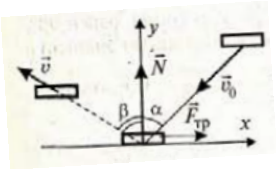
1. **То**нкий деревянный цилиндр (карандаш) высотой a = 20 см удерживают на дне водоёма в вертикальном положении. Глубина водоёма h = 1 м. На какую максимальную высоту над водой сможет подняться верхний торец цилиндра, если его быстро отпустить? Сопротивлением воды и воздуха пренебрегите. Средняя плотность карандаша $\rho_д$ = 400 кг/м^3. 1,45 м.
2. **На** полигоне проводятся испытания тормозной системы нового автомобиля, в процессе которых замеряется тормозной путь. Это расстояние от точки, в которой водитель получает сигнал о необходимости торможения, до точки, в которой автомобиль полностью останавливается. Оказалось, что при скорости автомобиля 18 км/ч тормозной путь составляет 5 м, а при скорости 36 км/ч – 15 м. Каков будет тормозной путь при скорости 72 км/ч? Считайте, что с момента нажатия водителем на педаль тормоза до момента полной остановки автомобиль движется равноускоренно, сопротивлением воздуха можно пренебречь. Задержка 0,5 с, μ = 0,5. Ответ 50 м



3. **Ша**йба ударяется о горизонтальную поверхность льда под углом α = 45^0 и отскакивает под тем же углом. Коэффициент трения скольжения шайбы о лёд μ = 0,04. Найдите потери кинетической энергии шайбы при ударе. Действием силы тяжести за время соударения пренебречь. Движение шайбы считать поступательным. Изменение кинетической энергии шайбы при ударе делим на кинетическую энергию шайбы. 4%

$\Delta E_K = F_{тр}\upsilon_x \Delta t$. $2m\upsilon_y = N\Delta t = F_{тр}\Delta t/\mu$. $\upsilon_x = \upsilon_y = \upsilon/\sqrt{2}$. $\Delta E_K / E_K = 2\mu$.

4. Шайба ударяется о поверхность льда под углом α = 45^0 к вертикали и отскакивает под углом β = 60^0, потеряв половину кинетической энергии. Найдите коэффициент трения шайбы о поверхность льда. Действие силы тяжести за время удара не учитывать. Движение шайбы считать поступательным. Ответ 0,09



Вопросы:

1. Какова ваша максимальная кинетическая энергия во время бега?
2. Тело массы m бросили со скоростью υ_0 с башни высоты h. На землю тело упало со скоростью υ. Найти по этим данным работу силы сопротивления воздуха A_c.
3. Можно ли кинетическую энергию аккумулировать и использовать повторно?

Это называется рекуперативным торможением, и оно применяется, например, в гибридных автомобилях. Когда машина тормозит, ее кинетическая энергия преобразуется в электрическую энергию, которая затем используется для подзарядки аккумулятора.

4. Пустую, закрытую пол-литровую бутылку, погружают в воду один раз горлышком вниз, а другой раз горлышком вверх на одну и ту же глубину, равную половине высоты бутылки. В каком случае совершается большая работа?
5. Человек стоит на неподвижной тележке и бросает горизонтально камень массой 8 кг со скоростью 5 м/с. Определить, какую работу совершает человек, если масса человека вместе с тележкой 160 кг. 105 Дж
5. Тело массой m движется со скоростью υ. После упругого столкновения со стенкой тело стало двигаться в противоположном направлении с такой же скоростью. Чему равна работа силы, действующей на тело со стороны стенки? 0
6. На тело действует сразу несколько сил. Работа какой силы фигурирует в теореме о кинетической энергии?
7. Для увеличения скорости некоторого свободного тела в два раза необходимо совершить работу 3 Дж. Какую работу необходимо совершить для увеличения скорости этого тела еще в два раза?
8. Может ли совершать работу сила нормальной реакции опоры?
9. Пуля, которая летит с известной скоростью, пробивает стену на глубину 5 см. Насколько глубоко может войти пуля, если она летит со вдвое большей скоростью?

Разное

1. Пуля массой 10 г, летящая со скоростью 500 м/с, пробивает доску толщиной 5 см и вылетает со скоростью 200 м/с. Определите среднюю силу сопротивления, которая действовала на пулю. 21 кН
2. Какая часть энергии движения метеорита, летящего со скоростью 60 км/с, достаточна для его полного испарения, если на испарение 1 г каменного метеорита идет 100 Дж энергии? Куда расходуется остаток кинетической энергии метеорита? $0{,}056 \cdot 10^{-3}$.
3. Тело движется прямолинейно. Кинематическое уравнение движения имеет вид: $x = 100 - 20t + t^2$. Масса тела 500 г. Определите: а) импульс тела в момент начала движения по данному закону; б) изменение кинетической энергии через 2 с после начала отсчета времени.

Олимпиада:

1. Гопник Афанасий сидел на корточках и решил резко выпрямиться. Он отталкивается от пола и сильно подпрыгивает так, что его центр массы поднимается на высоту h, равную ¾ его роста ℓ(высота отсчитывается от пола). Найти среднюю силу, с которой Афанасий действует на пол во время отталкивания. Центр его массы, когда он стоит прямо, находится на высоте ℓ/2 от пола. Перед самим прыжком центр массы человека находился на высоте ℓ/4 от пола. Масса Афанасия m = 75 кг.

Занятие 24. Потенциальная энергия.

I. *Вопросы (блиц):*

1. **По**чему при выстреле убивает пуля, а не ружье, ведь их импульсы одинаковы?
2. **Два** шарика разной массы, имеющие одинаковые кинетические энергии, летят

навстречу друг другу. В какую сторону они полетят после центрального абсолютно неупругого удара?

3. **Ка**кова кинетическая энергия тела массой 0,2 кг, брошенного вертикально вверх со скоростью 30 м/с, через 2 с после броска? Ответ.10 Дж.
4. В каком случае можно быстрее протащить груз по грунту на заданное расстояние — приложив силу F, параллельную дороге, или силу 2F, направленную к ней под углом 60°? Во втором работа меньше
5. В системе отсчета «Звезды» один нейтрон покоится, другой же летит от него со скоростью υ. В какой ИСО суммарная кинетическая энергия нейтронов минимальна? V = υ/2
6. **По**чему увеличивается кинетическая энергия пузырька воздуха при его подъеме со дна на поверхность?
7. Чтобы бросить мяч с большой скоростью, надо быть спортсменом. Почему?
8. Одинаков ли расход топлива при увеличении скорости автомобиля вдвое в случаях, когда начальная скорость 20 км/ч и 50 км/ч? При увеличении скорости на 20 км/ч с этими же начальными скоростями?
9. **По**чему слабо надутый футбольный мяч трудно отбить на большое расстояние?

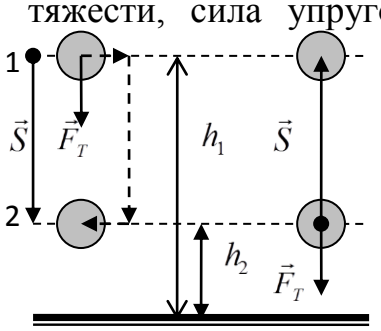
II. *Задачи (блиц):*

1. **По**считайте минимальную энергию, необходимую для того, чтобы забить мяч под перекладину с 11 метрового. Масса мяча 0,5 кг и высота ворот 2,5 м. 73 Дж

$$\upsilon_1 = \sqrt{2gh}\,.\ \upsilon_2 = \frac{H}{t} = \frac{H}{\sqrt{2h/g}}\,.\ E_K = \frac{m}{2}(\upsilon_1^2 + \upsilon_2^2) = \frac{m}{2}\left(2gh + \frac{H^2 g}{2h}\right) = mg\left(h + \frac{H^2}{4h}\right) = 73 \text{ Дж}$$

2. Шарик массой 100 г, подвешенный на нити длиной 40 см, описывает в горизонтальной плоскости окружность. Какова кинетическая энергия шарика, если во время его движения нить образует с вертикалью угол 60°? 0,3 Дж

III. Можно говорить, что энергия тела обусловлена не только его движением, но и положением в пространстве. Примеры. Работа силы тяжести: $A' = mg(h_1 - h_2)$. Работа силы тяжести не зависит от вида траектории тела, а по замкнутому пути она ("кругосветное путешествие") равна нулю. Сила тяжести - консервативная сила, а гравитационное поле - потенциальное поле! Консервативные силы: сила тяжести, сила упругости, архимедова сила. **Неконсервативные силы:** сила трения, сила сопротивления.



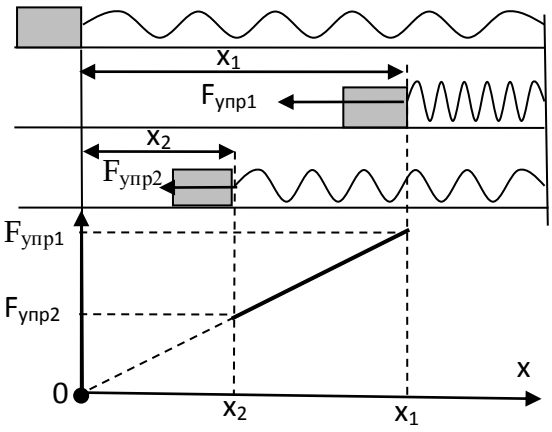
Гравитационное поле (поле тяготения) - физическое объект, через которое осуществляется гравитационное взаимодействие между частицами вещества.

Для тела, находящегося в гравитационном поле, можно ввести понятие потенциальной энергии. Обозначим через $E_{П1}$ потенциальную энергию тела на уровне 1, а через $E_{П2}$ – потенциальную энергию тела на уровне 2. Тогда $A' = E_{П1} - E_{П2}$ и не зависит от вида траектории. Сравнивая, получим: $\mathbf{E_П = mgh}$.

Потенциальная энергия тела в поле силы тяжести (общий случай). $E_П = -\dfrac{GmM}{r}$.

Полная энергия тела в гравитационном поле: $E = E_K + E_П = \dfrac{m\upsilon^2}{2} - \dfrac{GmM}{r}$

Вторая космическая скорость. $\upsilon^2 = \frac{2GM}{R} = 2gR$.



Помимо **гравитационной**, существуют и другие виды потенциальной энергии. С доисторических времен использовалась потенциальная энергия упругости, накопленная в корпусе лука. Пружина в сжатом или растянутом состоянии также обладает **потенциальной энергией**, поскольку способна совершить работу (демонстрация). Вычислим работу, которую совершает сжатая пружина: $F_{упр} = k{\cdot}x$; $S = x_1 - x_2$;

$$A' = \frac{kx_1 + kx_2}{2}(x_1 - x_2) = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}. \quad \boldsymbol{A' = E_{П1} - E_{П2}}.$$

Зависит ли она от того, каким способом достигнуто это состояние сжатия? Работа силы упругости при "кругосветном путешествии" равна нулю, следовательно, сила упругости – **консервативная сила** (консерватор).

IV. *Задачи (блиц):*

1. Груз массой 130 кг поднимается вертикально вверх на высоту 30 м одиночным тросом с ускорением 0,5 g. Вычислите: а) натяжение троса; б) работу, совершаемую тросом над грузом; в) работу, совершаемую над грузом силой тяжести; г) полную работу, совершаемую над грузом; д) конечную скорость груза, считая, что его начальная скорость равна нулю. 1950 Н. 58,5 кДж. -39 кДж.
2. **Пр**ужина жесткостью 500 Н/м сжата силой 100 Н. Определите работу внешней силы, дополнительно сжимающей пружину на 2 см. 2,1 Дж

V. Олимпиада:

1. **Ма**ленький очень прочный шарик долго падает в атмосфере Земли с очень большой высоты, двигаясь с постоянной скоростью. Сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости его движения. В результате удара о поверхность Земли шарик потерял 80 % своей кинетической энергии, отскочив вертикально вверх и практически сохранив свою форму. Во сколько раз модуль ускорения шарика сразу после отскока больше модуля ускорения свободного падения g? 1,2
2. **Пр**и каком размере астероида по нему можно ходить, не опасаясь улететь в космос? Для второй космической скорости у астероида $\upsilon^2 = 2g_a R_a$. Из закона сохранения энергии $\upsilon^2 = 2g_з h_з$. Для планет одинаковой плотности: $\frac{g_a}{g_з} = \frac{R_a}{R_з}$, тогда $R_a = \sqrt{h_з R_з} = 2{,}5$ км
3. **Сп**утник Земли массой m = 10 кг обращается в верхних слоях атмосферы. Определить, насколько изменится скорость спутника за один оборот, если сила сопротивления его движению составляет $F_{сопр} = 5 \cdot 10^{-4}$ Н. Космос - линия Кармана. $A_C = -F_C 2\pi R = \Delta E_K$. $E_K = m\upsilon^2/2$. $dE_K/d\upsilon = m\upsilon \to \Delta E_K = m\upsilon\Delta\upsilon$. $m\upsilon\Delta\upsilon = F_C 2\pi R$. 0,25 м/с.

Вопросы:

1. Тело массой m поднимают на высоту h: а) вертикально вверх; б) по гладкой наклонной плоскости; в) по шероховатой наклонной плоскости. Сравните работы внешней силы и силы тяжести.

2. В чем сходство работ, совершаемых силой упругости и силой тяжести?
3. Как графически показать, что при изменении потенциальной энергии тела U на постоянную величину ΔU сила, действующая на тело в каждой точке, не изменится? На примере силы тяжести
4. Груз массы m, подвешенный на пружине жесткостью k, находится в равновесии. Чему равна потенциальная энергия деформации пружины? $E_П = \frac{(mg)^2}{2k}$
5. Небольшой деревянный брусок погрузили на дно аквариума и отпустили. Как изменится его потенциальная энергия, когда он всплывет? Как изменится потенциальная энергия воды?
6. Воздушный шар, удерживаемый веревкой, поднялся на высоту H. Как изменилась потенциальная энергия системы шар — воздух — Земля?
7. Работа – это процесс переноса энергии. От чего и к чему переносится энергия при падении камня?
8. По какой траектории полетит пуля, выпущенная из спутника?
9. За счет какой энергии поднимаются вверх стратостаты и шары-зонды?
10. Сила тяжести совершила работу 10 Дж. Как это понимать?

Разное

1. Цилиндрическую цистерну для забора воды массой m = 1200 кг и радиусом R = 1 м медленно опускают в большой водоем, поддерживая ось цилиндра в вертикальном положении. Трос отцепляют, когда дно цистерны касается воды. Найти количество теплоты, которое выделится до установления равновесия. Ответ: 2292 Дж
2. На пружине жёсткостью 100 Н/м, прикреплённой к потолку, покоится тело массой 2 кг. На него начинает действовать направленная вертикально вниз сила 30 Н. Найти первоначальную деформацию пружины и работу силы к тому моменту, когда груз опустится на высоту 10 см. 20 см. 3 Дж
3. Санки длиной l = 80 см скользят горизонтально по снегу и останавливаются, частично выехав на асфальт. Определите время торможения, если трение о снег отсутствует, а коэффициент трения об асфальт μ = 0,4. Масса санок распределена по их длине равномерно. 0,71 с
4. Санки, движущиеся поступательно по горизонтальной поверхности льда со скоростью 4 м/с, выезжают на горизонтальный асфальт. Направление движения санок перпендикулярно границе раздела льда и асфальта. Длина полозьев санок 1 м, коэффициент трения об асфальт 0,8. Какой путь пройдут санки по асфальту до полной остановки?

Олимпиада:

Занятие 25. Закон сохранения энергии.

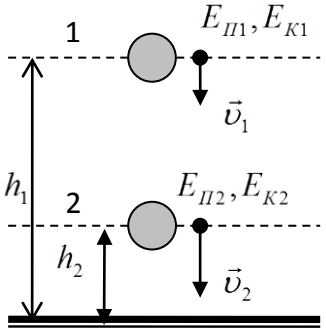
I. *Вопросы (блиц):* Разобрать задачу 1 с прошлого урока.

1. **Ко**гда труднее растянуть пружину на 1 см, когда она не растянута или, когда она предварительно растянута?
2. **Пр**и извержении вулкана в воздух на высоту 500 м выбрасывается 4 км^3 породы с плотностью 1600 кг/м^3. Какая энергия выделяется при этом? $3{,}14 \cdot 10^{16}$ Дж

3. **Гр**уз, подвешенный на легкой пружине жесткостью k=200 Н/м, растягивает ее на x = 2 см. Какую работу необходимо совершить вертикальной силе, приложенной к грузу, чтобы деформация пружины стала вдвое больше начальной?
4. Работа – это процесс переноса энергии. От чего и к чему переносится энергия при падении камня?
5. **Для** растяжения недеформированной пружины на 1 см требуется сила, равная 30 Н. Какую работу требуется совершить для сжатия этой же пружины на 20 см? Ответ. 60 Дж.
6. **Им**еются две одинаковой длины разной жесткости, которые растягивают на одинаковую длину. В каком случае работа будет больше?
7. **Бр**евно длинной ℓ лежит на земле. Что легче, поднять бревно на высоту h = ℓ/2 , или поставить бревно вертикально? Одинакова
8. Что вносит больший вклад в энергию вылетающей стрелы — корпус лука или тетива? Корпус лука вносит больший вклад в энергию вылетающей стрелы.

II. *Задачи:*

1. **Ка**кую минимальную работу надо совершить, чтобы опрокинуть шкаф массой 50 кг, высотой 2 м и шириной 1 м? 59 Дж
2. Глубокий бассейн площадью 15 м^2 заполнен водой до глубины 1 м и перегорожен пополам вертикальной перегородкой. Какую работу совершают, медленно переместив перегородку так, чтобы она делила бассейн в отношении 1:3? Вода через перегородку не проникает. 25 кДж
3. Брусок массы m покоится на горизонтальной плоскости. К нему прикреплена недеформированная пружина жесткостью k. Какую работу нужно совершить, чтобы сдвинуть с места брусок, растягивая пружину в направлении, составляющем угол α с горизонтом? Коэффициент трения между бруском и плоскостью μ. $A = \dfrac{\mu^2 m^2 g^2}{2k(\cos\alpha + \mu\sin\alpha)^2}$



III. Консервативные силы. Замкнутая система тел, между которыми действуют только консервативные силы. Если, например, тело падает в поле тяготения Земли, то система, состоящая из тела и Земли, замкнутая и консервативная (движение Земли не учитывается). $A' = E_{п1} - E_{п2}$ - работа консервативной силы. $A_П = E_{К2} - E_{К1}$ - теорема о кинетической энергии. $A' = A_П$; $E_{П1} - E_{П2} = E_{К2} - E_{К1}$. → $\mathbf{E_{К1} + E_{П1} = E_{К2} + E_{П2} = E = пост.}$

Пример 1. Если тело падает с высоты *h* без начальной скорости, то его скорость в конце падения $\upsilon = \sqrt{2gh} \rightarrow mgh + E_{пз} + E_{кз} = \dfrac{m\upsilon^2}{2} + E_{пз} + E_{кз} \rightarrow mgh = \dfrac{m\upsilon^2}{2}$. Мы не будем учитывать потенциальную и кинетическую энергию Земли, поскольку они не изменяются!

Пример 2. Шар массой 2 кг падает без начальной скорости с высоты 50 см на расположенную вертикальную пружину, которая при ударе сжимается. Если у пружины коэффициент жесткости 500 Н/м, то на какую максимальную длину сожмется пружина? Пружина невесома.

1 состояние: $E_{К1} = 0$, $E_{П1} = mgh$, $E_{ПП1} = 0$. **2** состояние: $E_{К2} = 0$, $E_{К2} = -mg\ell$, $E_{ПП2} = \frac{k\ell^2}{2}$. $E_{К1} + E_{П1} + E_{ПП1} = E_{К2} + E_{П2} + E_{ПП2} \rightarrow mgh = \frac{k\ell^2}{2} - mg\ell$. $\Delta\ell = 16$ см

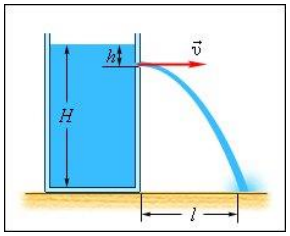
Пример 3. Движение тела, брошенного под углом к горизонту: $\frac{m\upsilon_0^2}{2} = \frac{m\upsilon^2}{2} + mgh$

Пример 4. Давление в потоке жидкости или газа меньше там, где скорость больше и наоборот (**закон Бернулли):**

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho\upsilon_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho\upsilon_2^2 + \rho g h_2$$

IV. *Задачи (блиц):*

1. Шарик массы m на нитке отклонили на угол φ от положения равновесия. Найти зависимость натяжения нити от угла α, который образует нить с положением равновесия в других точках траектории шарика. Найти натяжение нити в нижней точке траектории. T=mg(3cosα -2cosφ)
2. **Ци**линдрический сосуд высотой H полностью заполнен жидкостью. На какой высоте h необходимо пробить маленькое отверстие, чтобы дальность полета струи была максимальной? H/2. Дать представление о способах определения экстремума функции.



В физике очень важна производная от функции по времени: скорость, ускорение. Производная – это скорость!

V. Олимпиада:

1. **Бр**усок массой m = 3 кг скользит по гладкой горизонтальной поверхности под действием приложенной к нему горизонтальной силы, которая в течение времени t = 8 с равномерно изменяется от величины $F_1 = 20$ Н до $F_2 = 40$ Н. Если начальная скорость бруска была равна нулю, то чему она станет равной через указанный интервал времени? $F_{ст} \cdot \Delta t = m\upsilon$. 80 м/с
2. **На т**арзанке длиной 10 м (качели – палка на одной веревке), находящейся на берегу озера над поверхностью воды, качаются вместе Саша и Миша, котрые имеют одинаковую массу. Отклонив веревку тарзанки на угол 30^0 градусов и ухватившись за палку, они отправляются в полет. При прохождении тарзанкой положения равновесия Саша разжимает руки и ныряет в озеро. С какой горизонтальной скоростью Саша вошел в воду? На какую высоту поднимется Миша на тарзанке? 5,2 м/с, 1,3 м.
3. **Пл**ощадь поршня, вставленного в горизонтально расположенный налитый водой цилиндр $S_1 = 1{,}5$ см^2, а площадь выходного отверстия, расположенного по оси цилиндра $S_2 = 0{,}8$ мм^2. Ход поршня $\ell = 5$ см. Пренебрегая трением, определить время, в течение которого вода будет удалена из цилиндра через отверстие S_2 под действием силы F = 5 Н, приложенной к поршню. $S_1\upsilon_1 = S_2\upsilon_2$. $\frac{\rho\upsilon_1^2}{2} + p = \frac{\rho\upsilon_2^2}{2}$. $t = \frac{\ell}{\upsilon_1}$. 1,15 с

Вопросы:

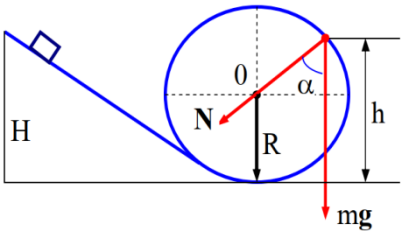
1. Тренируясь, штангист «взял» в рывке штангу. Одинаковые ли механические работы были произведены силой, приложенной к штанге, на первой и второй половине высоты подъема её?

2. Запал сигнальной ракеты горит в течение времени t. Как связаны начальная скорость и угол ее пуска, обеспечивающие вспышку в наивысшей точке траектории? Вертикально вверх.
3. Предложите конструкцию измерителя жесткости пружин.
4. Штангист, держащий штангу над головой, все–таки совершает работу! А почему?
5. С какой целью метатель диска сообщает вращение своему снаряду во время броска?
6. Человек спрыгнул с тележки, стоящей на горизонтальной поверхности, при этом тележка пришла в движение. Совершил ли человек работу?
7. На некоторых американских горках используются механические катапульты. Как они действуют?
8. Какому роботу легче прыгать – миниатюрному или крупному? Почему?
9. У полусферической лунки с вертикальной осью симметрии гладкие стенки. Маленькую шайбу с массой 100 г отпускают без начальной скорости от края этой лунки. С какой силой он будет давить на поверхность полусферы при прохождении точки, радиус которой наклонен под углом $\alpha = 30^0$ к горизонту? 1,5 Н
10. Есть ли физическая ошибка в высказывании классного руководителя: «Чтобы потенциальные возможности стали кинетическими, над ними надо упорно работать»?
11. Санки скатились без трения с наклонной плоскости. Продемонстрируйте справедливость закона сохранения энергии в системе отсчета скатившихся санок.

Разное.

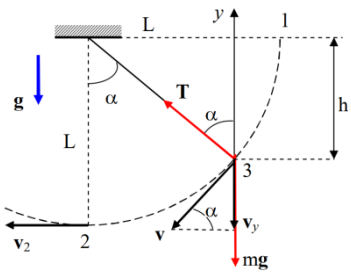
1. Гиря, положенная на верхний конец спиральной пружины, сжимает ее на 5 мм. Насколько сожмет пружину та же гиря, упавшая на конец пружины с высоты h = 10 см? Ответ: 37 мм.
2. Лиана выдерживает двух обезьян, висящих на ее конце. Выдержит ли лиана, если одна обезьяна начнет раскачиваться на ней с отклонением от вертикали 45°? $T \approx 1{,}596\ mg$. Выдержит.
3. Гейзер Эксельсиор в Йеллоустонском национальном парке (США) выбрасывает воду на высоту 76 м. Оценить давление жидкости у основания гейзера. Сколько литров воды извергается за секунду, если диаметр гейзера 10 м? > 0,85 МПа; $3 \cdot 10^6$ л
4. При наличии трения обруч скатывается с наклонной плоскости, а при отсутствии - скользит по ней. В каком случае и во сколько раз скорость, которую будет иметь обруч у основания наклонной плоскости, будет $\upsilon_1 = \upsilon_2 / \sqrt{2}$ больше? Через закон сохранения энергии.
5. Какова минимальная кинетическая энергия, которую необходимо сообщить мячу массой m = 1 кг, чтобы он перелетел через забор высотой H = 4 м, коснувшись его в верхней точке своей траектории? Мяч бросают с уровня h = 0,8 м над Землей L = 6,4 м от забора. Сопротивлением воздуха пренебречь. 64 Дж

6. Определить расход жидкости Q (в л/мин) из широкого сосуда через узкое отверстие диаметром d = 5,0 мм. Высота столба жидкости над отверстием h = 1,5 м. 6,4 л/мин.
7. Премоугольная тележка длиной ℓ = 8 см и высотой h = 6 см съехала с горки, после чего ее колеса заклинило и тележку перевернуло. Как вы думайте, какой минимальной высоты была горка? 5 см
8. В горизонтальной трубе диаметром 5 см вода течет со скоростью 0,2 м/с при давлении 0,2 МПа. Какое давление будет в узкой части трубы диаметром 2 см?
9. Какую минимальную работу надо совершить, чтобы груз массой 1 кг, стоящий на столе, поднять на высоту 1 м при помощи резинового шнура, привязанного к телу? Жесткость шнура 10 Н/м. В начальном состоянии шнур не растянут, массой шнура можно пренебречь. 15 Дж
10. Небольшое тело соскальзывает вниз с высоты H = 7 м по наклонному жёлобу, переходящему в «мёртвую петлю» радиуса R = 4 м. На какой высоте h тело оторвётся от петли? Трением пренебрегайте. Проанализируйте, при каких значениях H для заданного радиуса R тело от петли не оторвётся?



Олимпиада:

1. Шарик, подвешенный на невесомой нерастяжимой нити, отводят в сторону так, что нить принимает горизонтальное положение, и отпускают. Какой угол с вертикалью образует нить в тот момент, когда проекция скорости шарика на вертикальное направление наибольшая? $3\cos^2\alpha - 1 = 0$, откуда $\alpha = 55^0$



2. Лёгкая нерастяжимая нить длиной L = 2 м удерживается за концы так, что они находятся на одной высоте рядом друг с другом. На нити висит кусочек проволоки массой M = 1 г, изогнутый в виде перевёрнутой буквы U. Нить выдерживает максимальную силу натяжения F = 5 Н. Концы нити одновременно начинают перемещать в противоположных горизонтальных направлениях с одинаковыми скоростями v = 1 м/с. В какой то момент нить не выдерживает и рвётся. На какую максимальную высоту относительно уровня концов нити взлетит кусочек проволоки? Ускорение свободного падения g = 10 м/с^2, сопротивлением воздуха пренебречь. 5 м

Занятие 26. Закон сохранения энергии и импульса.

I. *Вопросы (блиц):*

1. **Вы**сота подъема воды в женевском фонтане 140 м. Площадь сечения сопла 100 см^2. Сколько воды расходует фонтан ежесекундно? Ответ: 530 л
2. **За**пал сигнальной ракеты горит в течение времени t. Как связаны начальная скорость и угол ее пуска, обеспечивающие вспышку в наивысшей точке траектории? Вертикально вверх.
3. **В р**езультате перехода марсианского зонда с одной круговой орбиты на другую, его центростремительное ускорение увеличилось. Как изменилась при этом его

кинетическая энергия? Радиус орбиты уменьшился, скорость возросла.

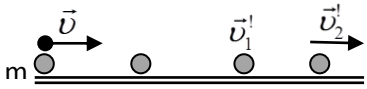
4. **У** полусферической лунки с вертикальной осью симметрии гладкие стенки. Маленькую шайбу с массой 100 г отпускают без начальной скорости от края этой лунки. Найдите ускорение шайбы при прохождении самой нижней точки лунки. 2g
5. **В ч**ем различие между энергией и работой?
6. Вода переливается через край плотины. Во время паводка водосброс (масса воды, проходящая за 1 с) увеличивается втрое. Во сколько раз возрастает при этом уровень воды над плотиной? $m = \rho h d \upsilon t$. $\upsilon = \sqrt{2gh}$. $m = \rho h d \sqrt{2gh}t$. 2,08
7. **Т**ело брошено вертикально вверх со скоростью υ_0. Какова будет его скорость на половине максимальной высоты подъема? $\upsilon = \upsilon_0/\sqrt{2}$

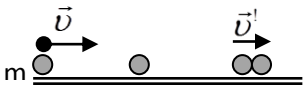
II. *Задачи (блиц):*

1. На высоте h = 60 м над уровнем земли находится катапульта, которая запускает снаряд массой m = 1 кг с начальной скоростью υ_0 = 40 м/с. Через время t_1 = 2 с полета кинетическая энергия снаряда оказалась равна E_K = 600 Дж. Через сколько секунд t_2 после выстрела и с какой скоростью снаряд упадёт на землю? Сопротивлением воздуха пренебречь. 6 с. 53 м/с.
2. **Тело** массой m = 200 г подвешено на нити длиной ℓ = 80 см. Его отклонили от положения равновесия до высоты точки подвеса и отпустили, в результате чего нить оборвалась. На какой высоте h ниже точки подвеса находилось тело в момент разрыва нити, если она разрывается под действием силы T = 4 Н? 53 см
3. **В б**очку заливается вода со скоростью 200 см^3/с. На дне бочки образовалось отверстие площадью поперечного сечения 0,8 см^2. Пренебрегая вязкостью воды, определите уровень воды в бочке. 31,9 см.

III. **Удар –** это столкновение двух и более тел, при котором их взаимодействие длится очень короткое время. Самый простой – центральный удар двух шаров. *Задачи:*

1. **Абсолютно упругий** и **неупругий** удары на примере взаимодействия двух шаров одинаковой массы из стали и из пластилина.





сталь

$m\upsilon = m\upsilon_{1X}' + m\upsilon_2'$

$m\cdot\upsilon^2/2 = m\cdot\upsilon_1'^2/2 + m\cdot\upsilon_2'^2/2$

$\upsilon_2' = \upsilon$; $\upsilon_1' = 0$.

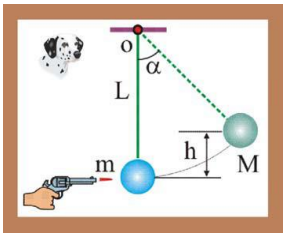
пластилин

$m\upsilon = 2m\upsilon'$

$m\upsilon^2/2 = 2(m\upsilon^2/8) + Q$

$\upsilon' = \upsilon/2$

2. Нейтрон массой m_0 ударяется о неподвижное ядро атома углерода $m = 12m_0$. Во сколько раз уменьшится энергия нейтрона, если удар будет центральным и абсолютно неупругим (абсолютно упругим)? $E_{K0}/E_K = 13^2$. $E_{K0}/E_K = (13/11)^2$.
3. **Пу**ля, летевшая горизонтально со скоростью 400 м/с, попадает в брусок, подвешенный на нити длиной 4 м, и застревает в нем. Определите угол α, на который отклонился брусок, если масса пули 20 г и масса бруска 5 кг. Нить невесома и нерастяжима. 14,5^0

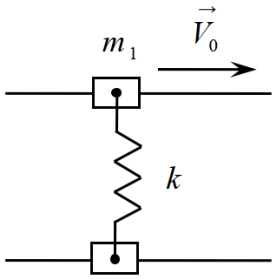


IV. *Задачи (блиц):*

1. Автомобиль массы 3 т, движущийся по обледеневшей дороге со скоростью 72 км/ч, сталкивается «в лоб» с автомобилем массы 1 т, движущимся навстречу со скоростью 72 км/ч. В результате столкновения автомобили оказываются сцепленными. Чему равна их результирующая скорость? Чему равно изменение скорости для пассажира тяжелого автомобиля? Сколько кинетической энергии потеряно при столкновении? 36 км/ч. 36 км/ч. 600 кДж
2. Две платформы собственной массой по $m_1 = m_2 = m = 400$ кг катятся по инерции в одном направлении по параллельным рельсам со скоростями $\upsilon_1 = \upsilon_2 =$ 2 м/с. На одной из них лежит груз 100 кг. Найти скорости платформ после того, как груз будет переброшен с одной платформы на другую. Закон сохранения импульса и энергии: $\upsilon_1' = \sqrt{2} м/с; \upsilon_2' = 2{,}3 м/с$
3. **В** зажатой между двумя телами пружине содержится 100 Дж запасенной энергии. Масса одного из тел равна 900 г, масса другого 100 г. Как распределится энергия после освобождения пружины? $E_2/E_1=9$. $E_2=90$ Дж. $E_1=10$ Дж

V. Олимпиада:

1. **Два** длинных параллельных стержня закреплены в горизонтальной плоскости. По стержням могут скользить без трения грузы 1 и 2 массами $m_1 = 0{,}25$ кг и $m_2 = 0{,}1$ кг. Грузы соединены невесомой пружиной жёсткостью $k = 50$ Н/м. Пружина может свободно поворачиваться вокруг точек крепления к грузам. В некоторый момент времени, когда расстояние между грузами минимально, пружина растянута, скорость груза 1 равна $V_0 = 0{,}8$ м/с, а скорость груза 2 равна нулю. Удлинение пружины в этом положении $x_0 = 2{,}5$ см. Найдите максимальное удлинение пружины x при дальнейшем движении. 5,9 см. Колебания системы рассмотреть.



2. **Один** конец горизонтальной пружины прикреплён к вертикальной стене, а другой конец – к деревянному бруску массой M = 990 г, лежащему на гладком столе (см. рисунок). В этот брусок попадает и застревает в нём пуля массой m = 10 г, летящая горизонтально со скоростью v = 500 м/с, направленной вдоль оси пружины. Определить максимальную величину сжатия пружины, если коэффициент ее жёсткости $k = 1 \cdot 10^4$ Н/м. 5 см

3. **На** гладком горизонтальном столе лежит пробирка длины L = 20 см и массы M = 100 г. В нее влетает шарик массы m = 20 г, имеющий скорость $\upsilon_0 = 1$ м/с вдоль оси пробирки. Через какое время шарик из пробирки выскочит? Удар шарика о внутренний торец пробирки лобовой и абсолютно упругий. Сохранение энергии и импульса.

Вопросы:

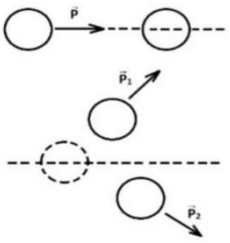
1. Можно ли определить скорость пули, выстрелив из винтовки в контейнер с песком?
2. Чем отличается абсолютно упругий удар от абсолютно неупругого удара?
3. Снаряд, выпущенный со скоростью v_0 из пушки, находящейся на поверхности земли, разорвался на два одинаковых осколка. Один из них полетел вертикально вверх, а второй - горизонтально, оба со скоростями

$$h = \frac{\upsilon_0^2}{2g}$$

$v_0/2$. На какой высоте произошел взрыв?

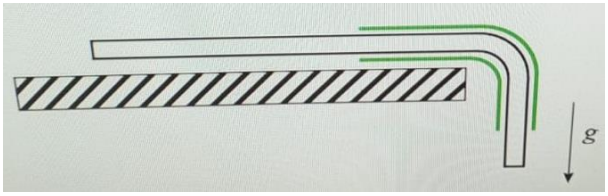
4. Забить гвоздь в фанерную стенку трудно – при ударе фанера прогибается. Однако гвоздь удается забить, если с противоположной стороны стенки поместить массивное тело, например, топор. Как это объяснить?
5. Тело массой m, движущееся со скоростью υ, упруго ударяется о покоящееся тело массой M. В каком случае первое тело отскочит назад? остановится? будет продолжать движение в том же направлении?
6. Воздушный шар, удерживаемый веревкой, поднялся на высоту H. Как изменилась потенциальная энергия системы шар - воздух - Земля?
7. На нити подвешен шарик. Нить приводят в горизонтальное положение и затем отпускают шарик. В какой точке траектории его ускорение направлено вверх; вертикально вниз; горизонтально?
8. На неподвижный шар массы M налетает со скоростью v другой шар. В результате упругого удара шар массы m отлетел со скоростью u=mv/M. Правильное ли это утверждение? При m = M скорость u = v. Такого не бывает. Такое бывает лишь при m >> M!
9. Под каким углом разлетяться два одинаковых упругих шара после центрального удара, если один из них до удара покоился? Свояк остановится!
10. Массивное тело падает с высоты h на легкий упругий мячик, лежащий на полу. Происходит абсолютно упругое столкновение. Оцените, на какую высоту подпрыгнет мячик после этого. Масса тела много-много больше массы мячика. Силой сопротивления воздуха пренебречь. Размеры мячика и тела — малы. h/4 Тело после отражения имеет скорость υ, как и верхняя точка мячика, а центр масса мячика скорость υ/2.
11. На горизонтальной плоскости покоится шар. С ним сталкивается другой шар такой же массы. Удар абсолютно упругий и нецентральный. Определите угол, под которым разлетятся шары после удара.

Разное.



1. Камень для керлинга скользит без трения по льду с импульсом 5 кг·м/с и в какой-то момент сталкивается с другим покоящимся камнем той же массы. После удара камни разлетелись под углом 90^0 как показано на рисунке. Определите импульс второго камня после соударения, если импульс первого камня уменьшился до 4 кг·м/с, а удар камней был абсолютно упругим. Через закон импульса или через закон сохранения энергии. 3 кг·м/с.
2. Обруч радиуса r свободно скатывается с вершины неподвижной цилиндрической поверхности радиуса R>r. В какой точке поверхности начнется скольжение обруча? Коэффициент трения между обручем и поверхностью μ=0,5. H = Rcosϕ=0,8R

Олимпиада:



1. Однородная веревка длиной 1,5 м начинает соскальзывать со стола через гладкую направляющую трубку. Найдите время соскальзывания, если в начальный момент длина свисающей части равна одной четверти длины веревки. Трения в системе

нет. 1.9 с. Скорость через сохранение энергии, время через уравнения кинематики.

2. Шар массой m движется со скоростью υ и сталкивается с покоящимся шаром массой M. Определить скорости шаров после удара. Удар считать абсолютно упругим, прямым, центральным.

Каков был бы ответ задачи, если бы налетающий шар имел массу 10 г, скорость 100 м/с, а покоящийся шар массу 10 кг?

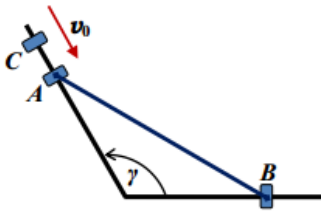
Решение учителя: $m\upsilon = m\upsilon_{1x}' + M\upsilon_2' \rightarrow \upsilon = x + (M/m)\,y \rightarrow \upsilon = x + \alpha y$.

$m\upsilon^2/2 = m\upsilon_{1x}'^2/2 + M\upsilon_2'^2/2 \rightarrow \upsilon^2 = x^2 + \alpha y^2$. $\upsilon_{1x}' = \upsilon - \dfrac{2M\upsilon}{m+M}, \upsilon_2' = \dfrac{2m\upsilon}{m+M}$. 1) Если m << M, то $\upsilon_2' = 0$, $\upsilon_{1x}' = -\upsilon$. Легкая частица при столкновении с тяжелой сильно изменяет свой импульс, почти не изменяя энергии! 2) Если m = M, то $\upsilon_2' = \upsilon$, $\upsilon_{1x}' = 0$! 3) Если m>> M (удар тяжелой теннисной ракеткой по легкому мячу, удар молекулы о стенку, капля дождя налетает на комара), то $\upsilon_{1x}' = \upsilon$, $\upsilon_2' = 2\upsilon$ (подача)! Какую скорость приобретет мяч при встречном ударе?

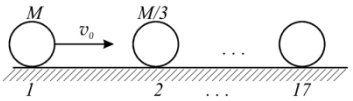
3. Определить момент инерции I проволочного равностороннего треугольника со стороной a = 10 см относительно: 1) оси, лежащей в плоскости треугольника и проходящей через его вершину параллельно стороне, противоположной этой вершине; 2) оси, совпадающей с одной из сторон треугольника. Масса m треугольника равна 12 г и равномерно распределена по длине проволоки. $5\cdot10^{-5}$ кг·м^2; $2\cdot10^{-5}$ кг·м^2.

4. Гантель, состоящая из двух маленьких шариков массы m и легкого жесткого L , стержня длины, движется в плоскости таким образом, что скорость ее центра масс равна V , а угловая скорость ω. Чему равна ее кинетическая энергия? $E_K = m\left(V^2 + \dfrac{\omega^2 L^2}{4}\right)$.

5. Три муфты (A,B и C) с одинаковыми массами могут скользить по двум гладким горизонтальным направляющим, пересекающимся под углом γ = 120°. Муфты A и B изначально покоятся, и они шарнирно соединены с легким жестким стержнем так, что стержень составляет одинаковые углы с обеими направляющими. Между муфтой C, движущейся по направляющей со скоростью v = 1,5 м/с, и муфтой A происходит упругое соударение. Определите скорость муфты A сразу после удара. 2,4 м/с.



6. На гладкой горизонтальной поверхности установлены 17 шаров, причем масса каждого последующего в 3 раза меньше массы предыдущего. Самому массивному шару сообщаю скорость υ_0. Найдите скорость самого легкого шара после всех соударений. Все удары центральные и абсолютно упругие. υ_0.



Занятие 27. Работа силы трения.

I. *Вопросы (блиц):*

1. **Дв**ум одинаковым телам сообщают равные скорости, направленные под одним и тем же углом к горизонту. Одно тело находится после броска в свободном движении, а другое движется без трения по прямой трубе. Какое тело поднимется на большую высоту? Второе.
2. **Ка**к объяснить, что двигавшийся биллиардный шар при лобовом столкновении останавливается, а неподвижный шар движется вперед?
3. **Ве**ревка выдерживает двух восьмиклассников, висящих на ее конце. Выдержит

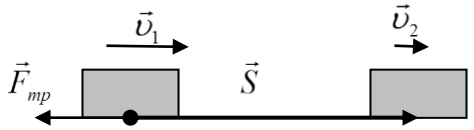
ли веревка, если один восьмиклассник начнет раскачиваться на ней с отклонением на 45^0? Выдержит

4. **По**чему щиты, установленные вдоль дороги, предохраняют дорогу от снежных заносов?
5. **На** тележку, движущуюся со скоростью υ, опускают с небольшой высоты кирпич. Изменится ли кинетическая энергия тележки? Уменьшится.
6. Воздушный шар, удерживаемый веревкой, поднялся на высоту Н. Как изменилась потенциальная энергия системы шар - воздух - Земля?
7. Почему при абсолютно упругом соударении шарика со стенкой импульс шарика изменяется, а кинетическая энергия не меняется?
8. На неподвижный шар массы М налетает со скоростью υ другой шар. В результате упругого удара шар массы m отлетел со скоростью u = mυ/M. Правильное ли это утверждение?
9. Неподвижное атомное ядро распадается на два осколка с массами m_1 и m_2, кинетическая энергия которых равна Е. Определить скорости осколков υ_1 и υ_2. $\upsilon_1 = \sqrt{\dfrac{2Em_2}{m_1(m_1+m_2)}}$

II. *Задачи*.

1. Шар массой 1,8 кг сталкивается с покоящимся шаром большей массы М. В результате прямого упругого удара шар потерял 0,36% своей кинетической энергии. Определите массу большого шара. 16,2 кг
2. Снаряд, выпущенный со скоростью υ_0 из пушки, находящейся на поверхности земли, разорвался на два одинаковых осколка. Один из них полетел вертикально вверх, а второй - горизонтально, оба со скоростями $\upsilon_0/2$. На какой высоте произошел взрыв? $h = 7\upsilon_0^2/16g$.
3. **Два** маленьких шарика массами 10 г и 20 г висят на длинных одинаковых вертикальных нитях. Между ними находится сжатая пружина, которая удерживается в сжатом состоянии связывающей ее нитью. Потенциальная энергия деформации пружины 0,05 Дж. Нить, связывающую тела, пережигают. Найти максимальные высоты, на которые поднимутся шарики. 33,2 см. 8,3 см

III. Возникновение силы трения при относительном движении соприкасающихся тел. **Работа силы трения скольжения всегда отрицательна** ($A = -F_{тр}S$) и при перемещении тела по замкнутому пути не равна нулю (неконсервативная сила). **Работа силы трения покоя может быть, как положительной** (ходьба, движение автомобиля, кирпич на ленте транспортера), **так и отрицательной** (спуск с горки без проскальзывания). Если при движении тела работу совершает только сила трения скольжения (рисунок на доске), то для вычисления работы можно воспользоваться теоремой о кинетической энергии: $A = A_п = E_{K2} - E_{K1} = \dfrac{m\upsilon_2^2}{2} - \dfrac{m\upsilon_1^2}{2}$. Поскольку $A < 0$, то $\upsilon_2 < \upsilon_1$ и $-F_{TP} \cdot S = \dfrac{m\upsilon_2^2}{2} - \dfrac{m\upsilon_1^2}{2} \rightarrow \dfrac{m\upsilon_1^2}{2} = \dfrac{m\upsilon_2^2}{2} + F_{TP} \cdot S$ (чем больше S, тем меньше $E_{к2}$). Пройдя некоторое расстояние,



тело остановится совсем ($\upsilon_2 = 0$): $\frac{m\upsilon_1^2}{2} = F_{тр} \cdot S_{тор}$. Куда делась механическая энергия тела (демонстрация)?! Нет! Механическая энергия не исчезает, а переходит во внутреннюю энергию! При этом было установлено, что полная энергия замкнутой системы охраняется:

$E_{к1} + E_{п1}$ + (другие виды энергии)$_1$ = $E_{к2} + E_{п2}$ + (другие виды энергии)$_2$.

При любых процессах полная энергия замкнутой системы не увеличивается и не уменьшается (никуда не девается и не берется из ничего). Энергия может превращаться из одного вида в другой и передаваться от одного тела к другому, но ее полная величина остается неизменной. В нашем примере:

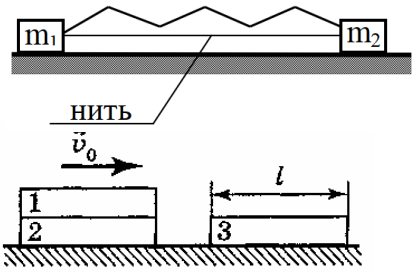
$$E_{к1} + E_{п1} + U_1 = E_{к2} + E_{п2} + U_2 \rightarrow \frac{m\upsilon_1^2}{2} = \frac{m\upsilon_2^2}{2} + \Delta U \rightarrow \quad \Delta U = F_{тр} \cdot S$$

IV. *Задачи (блиц):*

1. Пуля массой m, летящая горизонтально, попадает в центр лежащего на краю стола шара массой M и застревает в нем. Найдите, с какой скоростью шар упадет на пол, если пуля летела со скоростью υ_0 и высота стола H. Сопротивлением воздуха пренебречь. $\upsilon = \sqrt{\left(m\upsilon_0 / M + m\right)^2 + 2gH}$
2. На катке навстречу друг другу едут хоккеист массой m_1 = 90 кг и судья массой m_2 = 60 кг, их скорости равны υ_1 = 5 м/с и υ_2 = 3 м/с соответственно. Происходит абсолютно неупругий удар. Сколько тепла выделится в результате такого столкновения? 1152 Дж

V. Олимпиада:

1. **Не**большой брусок начинает скользить по наклонной плоскости, составляющей угол α с горизонтом. Коэффициент трения зависит от пройденного пути x по закону μ = kx, где k - постоянная. Найти максимальную скорость υ_{max} его на этом пути. Работа силы трения по графику силы трения от пути. $\upsilon_{max} = \sqrt{\frac{g \cdot tg\alpha \cdot \sin\alpha}{k}}$
2. **Ба**ржа плыла под мостом со скоростью u = 6 м/с, когда на нее с моста плавно опустили мешок с цементом. Мешок заскользил по палубе и оставил след длиной s = 3 м. Второй мешок при спуске сорвался и упал на палубу. С какой минимальной высоты h сорвался мешок, если он не скользил и не оставил следа? Сила реакции при ударе мешка во много раз превышает силу тяжести. $P_x = mu = F_{тр}t$. 5 м
3. **Дв**а тела, связанные между собой нитью, расположены на горизонтальной поверхности. Между телами вставляют сжатую пружину. Нить пережигают, и тела начинают двигаться в противоположные стороны. Коэффициент трения между телами и поверхностью одинаков. Определите отношение путей, пройденных телами до остановки, если отношение масс тел равно $n = m_2/m_1$ = 2,5. 6,25
4. Доска 1 лежит на такой же доске 2. Обе они как целое скользят по гладкой ледяной поверхности со скоростью v_0 и сталкиваются с такой же доской 3, верхняя поверхность которой покрыта тонким слоем резины (рис.). При ударе доски 2 и 3 прочно сцепляются. Чему равна длина ℓ каждой доски, если известно, что доска 1 прекратила движение



$$\ell = \frac{\upsilon_0^2}{6\mu \cdot g}$$

относительно досок 2 и 3 из-за трения после того, как она полностью переместилась с 2 на 3? Все доски твердые. Коэффициент трения между досками 1 и 3 равен μ. Трением между досками 1 и 2, а также трением досок 2 и 3 о лед можно пренебречь.

Вопросы:

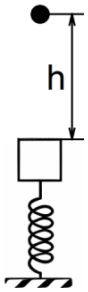
1. Тело массы m бросили со скоростью υ_0 с башни высоты h. На землю тело упало со скоростью υ. Найти по этим данным работу силы сопротивления воздуха A_c.
2. Сравните работу двигателя автомобиля при разгоне с места от 0 до 20 км/ч и от 20 км/ч до 40 км/ч, если время разгона и сила сопротивления в обоих случаях одинаковы. Средняя скорость в 3,путь в 3, полная работа в 3, работа силы тяги в 3. 3
3. Какую работу нужно совершить, чтобы поднять на высоту 2 м груз массой 50 кг, перемещая его по наклонной плоскости, составляющей угол 45^0 с горизонтом. Коэффициент трения 0,2.
4. Небольшую шайбу массы m пустили снизу вверх по горке с начальной скоростью υ_0. Добравшись до некоторой высоты, шайба соскальзывает вниз, имея у основания скорость υ. Найти работу силы трения $A_{тр}$ над шайбой на всем пути ее движения.
5. Два тела одинаковой массы летели во взаимно перпендикулярных направлениях с одинаковой по модулю скоростью. Произошло абсолютно неупругое столкновение. Какая часть кинетической энергии перешла в тепло? 50%
6. Перед тем как взлететь, ночная бабочка довольно долго подрагивает крылышками. Зачем?
7. При абсолютно упругом ударе свободно падающий шарик отскакивает от земли на ту же высоту, при абсолютно неупругом ударе – не отскакивает вообще! Почему?
8. Какие преобразования энергии происходят при подъеме человеком груза не некоторую высоту?
9. Человек бежит по беговой дорожке и при этом остается на одном месте. На что он расходует энергию?
10. Как зависит длина тормозного пути от скорости движения автомобиля?
11. Сравните тормозные пути порожнего и груженого автомобиля.
12. Во сколько раз возрастает время торможения при увеличении скорости в два раза?
13. Санки массой m скатываются с горы высотой H и останавливаются. Оцените работу, которую нужно совершить, чтобы затащить санки от точки остановки на вершину горы. 2mgH
14. В брусок массой M, лежащий на идеально гладком столе, ударяется кусок пластилина массой m, летящий горизонтально со скоростью v, и прилипает к нему. Какое количество тепла Q выделится при ударе?

Разное

1. Длинный тонкий рулон обоев раскатан в лист и лежит на ровном горизонтальном полу. Длина рулона x, ширина ℓ, толщина h, плотность ρ. К

концу рулона приклеили трубку массы М. Трубку резко толкнули, в результате чего она покатилась, весь рулон плотно намотался на трубку и в этот момент движение прекратилось. Чему равна начальная кинетическая энергия трубки? Внешний диаметр трубки ничтожен по сравнению с диаметром намотавшегося на нее рулона, а сам рулон нерастяжим, но изгибается без усилия. $E_к = (M + \rho x h \ell) g \sqrt{(xh/\pi)}$

2. Легкая пружина жесткости k = 800 Н/м покоится в вертикальном положении на горизонтальном столе. К верхнему концу пружины прикреплён небольшой груз массы M = 0.5 кг. С какой высоты h нужно сбросить небольшой грузик массы m = 0.1 кг, чтобы в процессе дальнейшего движения пружина с грузом оторвалась от стола? Считайте, что после соударения грузы слипаются. 0,13 м



3. На наклонной горке лежит брусок на высоте Н. Если его стащить вниз до самого конца горки, то будет совершена некоторая работа А. Если потом затащить брусок от конца горки до прежнего места, то будет совершена в два раза большая работа. Найдите А, если масса бруска М. Ускорение свободного падения g. M=A/(gH)

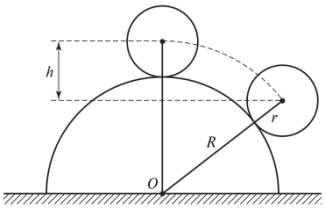
Занятие 28. Мощность.

I. *Вопросы (блиц):*

1. **Поч**ему по песку ходить труднее, чем по твердому грунту?
2. **Ка**кую работу нужно совершить, чтобы увеличить скорость тела от 2,0 до 6,0 м/с на пути 10 м? Масса тела 1,0 кг. На всем пути действует сила трения 2,0 Н. 34 Дж
3. Каким образом рессоры смягчают движение кузова?
4. **На** обледеневшем участке шоссе коэффициент трения между колесами и дорогой в десять раз меньше, чем на не обледеневшем. Во сколько раз нужно уменьшить скорость автомобиля, чтобы тормозной путь на обледеневшем участке шоссе остался прежним? 3,2 раза.
5. **Те**ло массы m = 1,0 кг брошено вверх с начальной скоростью υ_0= 10 м/с. Высота подъема тела оказалась равной h = 4,0 м. Найти по этим данным работу силы сопротивления воздуха A_c. 10 Дж
6. Сила трения совершила работу 30 Дж. Как это понимать?
7. **То**рмозной путь грузового автомобиля короче при блокировке передних колес или задних? При блокировке колеса не вращаются. Задних. Трение больше.
8. **Ес**ли обойти школу с мешком картошки на плечах, то моя работа будет равна нулю. Так ли это?
9. Произведенная работа показывает, какая энергия передается от одного физического объекта (какого?) к другому (какому?) при их взаимодействии. Приведите примеры.
10. В каких случаях кинетическая энергия системы тел изменяется, а суммарный импульс остается постоянным? При неупругом столкновении.
11. Винтовка большего или меньшего калибра лучше для снайперской стрельбы на большое расстояние?

II. *Задачи (блиц):*

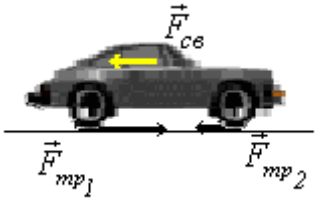
1. С вершины полусферы радиуса R скатывается без проскальзывания обруч радиусом r. На какой высоте он оторвется от полусферы? H= 0.5(r+R)



2. **Оп**ределите плотность материала, из которого изготовлен шарик объемом 0,04 см^3, равномерно падающий по вертикали в воде, если при его перемещении на 6 м выделилось 24,84 мДж энергии? Ответ: 11350 кг/м^3
3. Шарик для игры в настольный теннис радиусом 15 мм и массой 5 г погружен в воду на глубину 30 см. Когда шарик отпустили, он выпрыгнул из воды на высоту 10 см. Какая энергия перешла в теплоту вследствие трения шарика о воду? Ответ: 22 мДж.

III. Мощность (N) - это скорость, с которой производится работа или передается энергия! Если известна мощность двигателя, то по формуле A = N·t можно рассчитать произведенную работу.

Движение тел при постоянной силе сопротивления: самолеты, корабли, автомобили.



$$\left|\vec{F}_c\right| = \left|\vec{F}\right|; \qquad N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot S}{t} = F \cdot \upsilon = F_c \cdot \upsilon \rightarrow \upsilon = \frac{N}{F_c}.$$

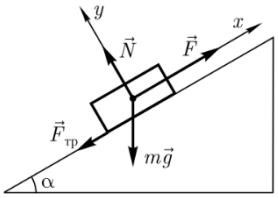
При постоянной силе сопротивления скорость тела пропорциональна мощности двигателя.

Это не совсем так, поскольку при таких скоростях $F_c = k\upsilon^2$ и $N = k\upsilon^3$.

Если мы хотим увеличить скорость автомобиля вдвое, то мощность двигателя (затраты топлива) нужно увеличить в восемь раз. Из формулы $F = \frac{N}{\upsilon}$ следует, **что при постоянной мощности двигателя сила тяги F больше при малых скоростях (**переключение передач). **Формула** мощности при вращении с постоянной угловой скоростью (вывод): $N = M \cdot \omega$.

IV. *Задачи (блиц):*

1. **Те**плоход тянет буксирную баржу со скоростью 9 км/ч, при этом натяжение буксирного каната составляет 120 кН, а мощность двигателя 400 кВт. Какой будет скорость буксира, если он будет плыть без баржи при той же мощности двигателя? Сила сопротивления воды прямо пропорциональна скорости движения. Барже по тросу передается мощность 300 кВт и 100 кВт на сопротивление теплохода. Во втором случае вся мощность уходит на сопротивление. 18 км/ч
2. Оцените, какую работу должен совершить ученик массой 50 кг, чтобы пробежать 100 м за 10 с. Эффективности преобразования энергии в мышцах человека около 60%. Какую среднюю мощность он развивает? 4,2 кДж. 420 Вт
3. Груз массой 80 кг поднимают вдоль наклонной плоскости с ускорением 1 м/с^2 м. Длина наклонной плоскости 3 м, угол ее наклона к горизонту равен 30^0, а коэффициент трения 0,15. Определите: 1) работу, совершаемую подъемным устройством; 2) его среднюю мощность; 3) его максимальную мощность. Начальная скорость



груза равна нулю. 1,72 кДж. 702 В. 1,41 кВт

V. Олимпиада:

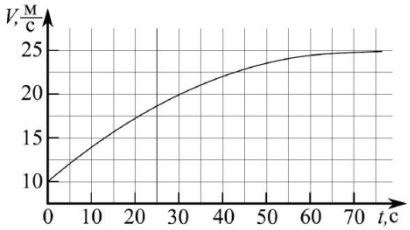
1. **Сн**егоход разгоняется на прямой заснеженной трассе из состояния покоя. При разгоне мощность мотора снегохода растет в зависимости от времени t по закону N = βt, где β = 0,7 кВт/с. Масса снегохода с сидящим на нем человеком m = 350 кг. Коэффициент трения о снег μ = 0,1. Какую скорость приобретает снегоход через t = 15 с после начала движения? Движение саней равноускоренное $N = Fat\,.\,\beta \cdot t^2/2 - \mu mgat^2/2 = m(at)^2/2$. После решения уравнения ускорение 1 м/с^2, 15 м/с
2. **Оц**ените минимальное время, за которое гоночный автомобиль с полным приводом массой 1000 кг и двигателем мощностью 100 кВт на ровной асфальтовой горизонтальной дороге сможет разогнаться до скорости 100 км/ч, стартуя с нулевой начальной скоростью. Коэффициент трения шин об асфальт 0,7. Сопротивлением воздуха и трением качения пренебречь. 4,87 с
3. **Авт**омобиль массой m трогается с места. Обе оси автомобиля ведущие. Его колеса вращаются синхронно и имеют радиус R. Двигатель автомобиля выдает постоянную механическую мощность P . Сколько оборотов N сделают колеса автомобиля до момента, когда прекратится их проскальзывание относительно дороги? Коэффициент трения колес о дорогу равен μ. $N = \dfrac{P^2}{(\mu g)^3 m^2 2\pi r}$
4. Со шкива диаметром d = 0,48 м через ремень передается мощность N = 9 кВт. Шкив вращается с частотой n = 240 мин$^{-1}$. Сила натяжения ведущей ветви ремня T_1 в два раза больше силы натяжения T_2 ведомой. Найти силы натяжения обеих ветвей ремня. 2986 Н; 1493 Н

Вопросы:

1. Велосипедист, съехав с горки на горизонтальное шоссе, очень сильно разогнался. Сможет ли он поддерживать эту скорость очень долго?
2. С помощью удара можно выиграть в мощности. Каким образом? Приведите примеры.
3. Какова сила трения скольжения при торможении автомобиля ведущими колесами, такова и его максимальная сила тяги. Так ли это?
4. Почему при скольжении соприкасающиеся поверхности нагреваются?
5. Почему для перевозки тяжёлого груза по железной дороге требуется мощность двигателей электровоза или тепловоза намного больше, чем мощность двигателей корабля, перевозящего этот же груз по воде?
6. Один и тот же груз нужно протащить по грунту на заданное расстояние. В каком случае больше мощность: если приложить к грузу силу *F* в направлении перемещения или силу *2F* под углом 60^0 к нему?
7. Некто сконструировал педальный вертолёт с такими параметрами: масса очень мала, диаметр винта *d* = 8 м. Сможет ли пилот массой *M* = 80 кг взлететь на такой машине? Не сможет. Средняя мощность при взлете Mgυ/2. 1400 Вт
8. Тело брошено под углом к горизонту. В каких точках его траектории мощность силы тяжести имеет наибольшее и наименьшее значение?
9. Почему у ветряка всего три лопасти?

Разное.

1. По оси x в положительном направлении движется тело с постоянной скоростью 5 м/с. Потенциальная энергия тела меняется вдоль оси по закону $U(x) = -10^{-2}x$ Дж. Найдите мощность, развиваемую силами сопротивления, препятствующими движению. $dU + dA = 0$. $\frac{dA}{dt} = -\frac{dU}{dt}$. 0,05 Вт
2. Автомобиль массой m = 1,5 т движется под гору с уклоном n = 0,02 при выключенном моторе с постоянной скоростью υ = 60 км/ч. Какую мощность должен развивать двигатель автомобиля, чтобы двигаться с той же скоростью в гору с таким же уклоном. Ускорение силы тяжести g = 10 м/с^2. 11,8 кВт
3. При движении на велосипеде спортсмен действует на каждую педаль со средней силой, равной 750 Н и направленной вниз. Чему равна работа этой силы за один оборот педалей, если каждая педаль описывает окружность, диаметр которой равен 36 см? Какую мощность развивает спортсмен, если полный оборот педалей он делает за 3 секунды? 180 Вт
4. Автомобиль массой m = 1800 кг движется с постоянной скоростью, затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна $F_к$ = 500 Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости. Колёса считать лёгкими.



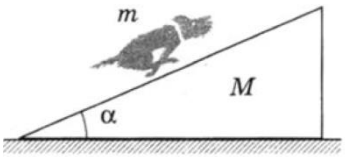
Используя график, найти…

1) Ускорение автомобиля при скорости V_1 = 20 м/с. 0,25 м/с^2
2) Найти силу тяги F_1 при скорости V_1. 850 Н
3) Какая мощность P_1 передается от двигателя на ведущие колеса при скорости V_1? 17 кВт

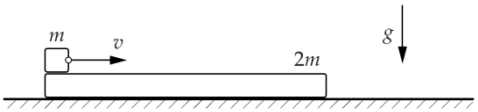
3. Один шар налетает на другой, большей массы, первоначально покоившийся. После центрального упругого удара шары разлетаются так, что величина скорости меньшего шара в 2,5 раза больше величины скорости большего шара. Найти отношение массы большего шара к массе меньшего шара. 6

Олимпиада:

1. Призма массой M с углом наклона α лежит на гладкой горизонтальной поверхности льда. Какую мощность будет развивать собака массой m, если она будет двигаться со скоростью u относительно призмы? υ = m·u·cosα/(M+m).

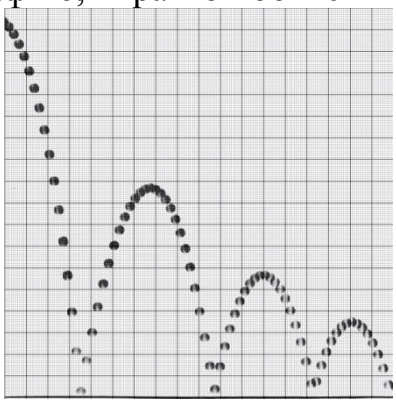


2. На конце достаточно длинной доски массой $2m$, лежащей на гладкой горизонтальной поверхности, располагается небольшой кубик массой m. Кубику сообщается скорость, направленная вдоль доски. Вследствие трения скорость кубика относительно доски в процессе движения уменьшается и к моменту, когда кубик достигает конца доски, становится в 4 раза меньше, чем в начале движения.



- Какая часть начальной кинетической энергии кубика в лабораторной системе отсчёта выделится в виде тепла в процессе его движения по доске?
- Если длина доски равна 1 м, а начальная скорость кубика равна 4 м/с, то чему равен коэффициент трения кубика о поверхность доски?

3. На стробоскопической фотографии (см. рисунок) можно видеть положение движущегося в поле тяжести земли мяча, сталкивающегося с горизонтальной поверхностью, в разные моменты времени. Промежутки времени между двумя последовательными вспышками стробоскопической лампы одинаковы. Фотография инвертирована (чёрный цвет изменён на белый, белый заменён на чёрный), сетка наложена в графическом редакторе позже для удобства расчётов. Столкновения мяча с горизонтальной поверхностью нельзя считать упругими, в процессе столкновения кинетическая энергия поступательного движения мяча уменьшается.
   - Далее везде в этой задаче мы предполагаем, что сила сопротивления воздуха пренебрежимо мала. Изучив фотографию, кратко объясните, насколько справедливо наше предположение?
   - Найдите отношение v_1/v_3, где v_1 и v_3 —скорости мяча в наивысшей точке траектории после
   - первого и третьего ударов о поверхность соответственно.
   - Определите как можно точнее угол между скоростью мяча сразу после первого столкновения и горизонтом.
   - Во сколько раз изменяется кинетическая энергия мяча в процессе второго столкновения с поверхностью?



Занятие 29. Вращательное движение.

I. *Вопросы (блиц):*

1. Как зависит длина тормозного пути от скорости движения автомобиля?
2. Сравните тормозные пути порожнего и груженого автомобиля.
3. Почему при скольжении соприкасающиеся поверхности нагреваются?
4. Ньютон – школьник победил на соревнованиях по прыжкам в длину, потому что выждал момент, когда ветер помогал ему. Почему это удалось?
5. Во сколько раз возрастает время торможения при увеличении скорости в два раза?
6. В каких случаях кинетическая энергия системы тел изменяется, а суммарный импульс остается постоянным?
7. Винтовка большего или меньшего калибра лучше для снайперской стрельбы на большое расстояние?
8. Санки массой m скатываются с горы высотой H и останавливаются. Оцените работу, которую нужно совершить, чтобы затащить санки от точки остановки на вершину горы.
9. В каком случае космический корабль многоразового использования нагревается сильнее – при взлете или при спуске?

II. *Задачи:*

4. Мигрирующие рыбы, накопив в море запас жира, заходят в устья рек. В пресной воде они не питаются, поэтому им важно добраться до нерестилищ в верховьях реки с наименьшими потерями массы. Расход жира на поддержание основного обмена веществ в организме рыбы в единицу времени равен N, а добавочный расход $k\upsilon^2$ тратится на движение со скоростью υ. С какой скоростью должны двигаться рыбы, чтобы затраты жира на пути до нерестилища были минимальны? $A = Nt + k\upsilon^2 t$, $t = s/\upsilon$. Находим минимум A.
5. К телу массой m_1 расположенному на гладком горизонтальном столе, привязана веревка, переброшенная через невесомый блок. За свисающий конец веревки цепляется обезьяна массой m_2, которая, перебирая веревку, стремится оставаться на одной высоте. Как долго ей это удается, если максимальная мощность, развиваемая обезьяной, равна N? $\tau = N \cdot m_1/(m_2(m_2 - m_1)g^2)$

III. $\vec{M} = I\vec{\varepsilon}$ **– основное уравнение динамики вращательного движения.** Момент инерции (I) – свойство вращающегося тела противодействовать изменению его угловой скорости (инерция вращения), измеряемое для материальной точки произведением массы на квадрат радиуса вращения. Единица момента инерции в СИ: [I] = [кг·м^2].

Величина $\vec{L} = I\vec{\omega}$ называется **моментом импульса тела:** [L] = $\left[\frac{кг \cdot м^2}{с}\right]$. Полный момент импульса вращающегося тела остается постоянным, если векторная сумма моментов сил, действующих на него, равна нулю. $I\omega = I_0\omega_0 = const$ – здесь I_0 и ω_0 – соответственно момент инерции и угловая скорость тела относительно какой-либо оси в начальный момент времени, а I и ω – значения этих величин в какой-либо другой момент времени. Если по окружности движется материальная точка, то $L = mR^2\omega = m \cdot R^2 \cdot \frac{\upsilon}{R} = m\upsilon R$. Такой формулой будет определяться модуль момента импульса материальной точки, если угол между векторами $\vec{R}$ и $\vec{\upsilon}$ равен 90^0. А если угол равен φ? **Кинетическая энергия вращающегося тела.**

$E_K = \sum \frac{1}{2} m_i \upsilon_i^2 = \frac{1}{2} \sum mi\omega^2 R_i^2 = \frac{1}{2}\omega^2 \sum m_i R_i^2 = \frac{I\omega^2}{2}$. Если тело вращается, и при этом его центр масс перемещается поступательно, то оно обладает как кинетической энергией поступательного, так и вращательного движения. Полная кинетическая энергия тела равна сумме кинетической энергии поступательного движения его центра масс и кинетической энергии его вращения относительно центра масс:

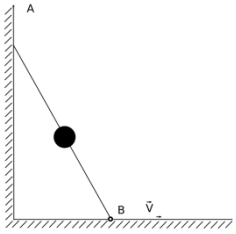
$$\mathbf{E_K = E_{К.пост} + E_{К.вращ}}$$

Пусть к диску по касательной к его ободу приложена сила F. Работа и мощность этой силы: $A = F\Delta\ell = FR\Delta\varphi = M\Delta\varphi$, $N = \frac{A}{t} = M\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = M\omega$.

IV. *Задачи:*

1. Найти момент инерции барабана, радиус которого равен R = 0,2 м, если известно, что груз массой m = 5 кг, прикрепленный к намотанному на барабан шнуру, опускается с ускорением a = 2 м/с^2. Ответ: I = 0,8 кг·м^2.

2. По сторонам прямоугольного угла скользит жесткая палочка длиной 2ℓ, посередине которой закреплена бусина массой m. Скорость точки B постоянна и равна $\vec{V}$. Определить, с какой силой действует бусина на палку в тот момент, когда α = 45°?



$$F = m\left(g - \frac{V^2}{\sqrt{2\ell}}\right)$$

3. Шарик массой m = 50 г, привязанный к нити длиной l = 1 м, вращается с частотой n_1 = 1 об/с, описывая окружность в горизонтальной плоскости. Нить укоротили до значения l_2 = 0,5 м. С какой частотой будет при этом вращаться шарик? Ответ: n_2 = 4 об/с. Какую работу А совершает внешняя сила, укорачивая нить? Трением шарика о плоскость пренебречь. 2,96 Дж
4. Начальная скорость трубы, катящейся по горизонтальной плоскости, υ_0 = 4 м/с. На какое расстояние переместится труба до остановки, если коэффициент трения μ = 0,080? 20 м

V. Олимпиада:

1. Период обращения Солнца вокруг своей оси 27 суток. После того, как полностью выгорит ядерное горючее, Солнце испытает гравитационный коллапс (момент импульса при этом сохраняется). Каким будет минимальный радиус Солнца, прежде чем оно разлетится на части (последнее произойдет, когда центростремительное ускорение превысит гравитационное на его поверхности). Масса Солнца $2\cdot10^{30}$ кг, радиус 696342 км. 10^5 км
2. Шар массой m = 1 кг, катящийся без скольжения, ударяется о стенку и отскакивает от нее. Скорость шара до удара v_1 = 10 см/с, после удара v_2 = 8 см/с. Найти количество тепла, выделившееся при ударе. Ответ: Q = 2,52 Дж.
3. В лаборатории для исследования магнитных полей используют магнитную стрелку на подставке. Муха, летящая на запад, села на конец стрелки. Определить начальную угловую скорость, приобретенную стрелкой после посадки. Принять: массу стрелки M = 20 г; длину стрелки l = 7 см; массу мухи m = 5 г; скорость полета v = 5 м/с. Ответ: ω = 71,4 рад/с.

Вопросы:

1. Почему по мере «старения» пульсары раскручиваются? Как это понимать?
2. В результате взрыва звезда, вращавшаяся вокруг своей оси, увеличила объем в 8 раз. Считая звезду однородным шаром, определить каким стал период ее вращения, если до взрыва он был равен 1 месяцу? 4 месяца
3. Обруч, имеющий скорость υ, закатывается без проскальзывания на наклонную плоскость. На какую максимальную высоту может подняться его центр? $h = \frac{\upsilon^2}{g}$
4. При приземлении самолета можно наблюдать, что в момент касания колеса с посадочной полосой появляется легкий дымок. Почему?
5. Почему вертолёт имеет два винта?
6. Известно, что для того, чтобы отличить сырое яйцо от яйца, сваренного вкрутую, достаточно попытаться закрутить его на столе. Вареное яйцо крутится долго. Сырое же раскрутить не удается. Объяснить, на чем основан этот способ.
7. Почему вареное яйцо сначала вращается «лёжа», а потом «стоя»?

8. Энергия вращения обратно пропорциональна квадрату периода. Так ли это?
9. В лежащем на горизонтальном столе кубике застревает горизонтально летевшая пуля. Будет ли зависеть начальная скорость бруска от того, в какую точку попадет пуля?

10. Шар и сплошной цилиндр одинаковых масс из одного и того же материала, катятся без скольжения с одинаковой скоростью. Определить, во сколько раз отличаются их кинетические энергии.
11. При игре в бильярд два шара оказались напротив лузы. Опытный игрок тихим «накатом» укладывает в нее два шара, а новичок бьет сильно и забивает только один шар. Почему?
12. В лаборатории была изготовлена точная копия турбины, уменьшенная в 10 раз. Во сколько раз кинетическая энергия вращения ее ротора меньше кинетической энергии вращения ротора оригинала, если их угловые скорости одинаковы?
13. Покажите, что колесо на наклонной плоскости разгоняется медленнее, чем тело, которое просто соскальзывает.
14. Если шар, гладкий куб и цилиндр одинаковой массы будут одновременно пущены вниз по гладкой наклонной плоскости, что первым очутится внизу?
15. Перед Олимпиадой-2018 главный тренер сборной России по керлингу обратился к физикам с заданием: «Исследовать и определить, какой диск, совершающий вращение вокруг оси или не совершающий, пройдет больший путь до своей полной остановки, если: а) начальные поступательные скорости центров равны; б) механические энергии дисков равны». А как вы думаете, какой диск проедет дальше и почему?

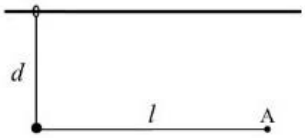
Разное

1. Маховик диаметром 40 см и массой 25 кг может накопить 10 кВт·ч энергии. С какой угловой скоростью он должен вращаться?
2. Обруч, раскрученный в вертикальной плоскости и посланный по полу рукой гимнастки, через несколько секунд сам возвращается к ней. Определите коэффициент трения между обручем и полом, если начальная скорость центра обруча равна υ, а расстояние, на которое откатывается обруч, равно L.

   Обруч не прекращает вращения: $\mu = \dfrac{\upsilon^2}{2Lg}$

Олимпиада:

1. Чему равен полный момент импульса системы Земля - Луна? $36 \cdot 10^{33}$ кг·м^2/с
2. Если Земля перестанет вращаться, то на каком максимальном расстоянии от Земли будет находиться Луна? $105 \cdot 10^6$ км. Каким будет в этом случае время полного оборота Луны? 738 лет
3. К одному концу невесомой и нерастяжимой нити прикреплено невесомое колечко, которое может без трения скользить по горизонтальному стержню. Второй конец нити закреплен в некоторой точке А так, что стержень и нить лежат в одной плоскости. По нити может без трения скользить маленькая массивная бусинка. Вначале колечко и бусинку удерживают так, что участок нити от



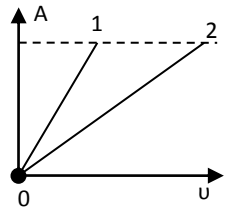
колечка до бусинки вертикален, и его длина равна d. Участок нити от бусинки до точки крепления второго конца нити горизонтален и его длина равна ℓ. Затем колечко и бусинку отпускают.

1) Найти ускорение бусинки и силу натяжения нити сразу после этого.
2) Найти тангенциальное ускорение бусинки в тот момент, когда ее горизонтальное перемещение составит ℓ/2.
3) Найти силу натяжения нити в тот момент, когда бусинка окажется под точкой крепления второго конца нити. Масса бусинки m. 1) g, mg. 2) $a_\tau = g\dfrac{2-\sqrt{2}}{2+\sqrt{2}}$. 3) T = 3mg.

Занятие 30. Свободные колебания.

I. *Вопросы (блиц):*

1. Судно перешло из реки в море. При этом мощность, развиваемая двигателями, и число оборотов винта не изменились. Изменилась ли скорость движения суд на относительно воды?
2. На горизонтальном столе в Санкт-Петербурге лежат вверх циферблатом часы. Куда направлен вектор угловой скорости их часовой стрелки?
3. В двух магазинах молоко стоило одинаково. В первом оно подешевело на 40%, а во втором - сначала на 20%, а затем на 25%. В каком из магазинов молоко теперь дешевле? Одинаково.
4. Почему при ударе кием по нижней части бильярдного шара он движется замедленно, а при ударе по верхней части – первое время равноускорено?
5. Максимальное ускорение автомобиля с полным приводом можно найти по формуле a = mgμ/m = gμ. Получается, что ускорение автомобиля постоянно и не зависит от мощности двигателя. Так ли это на самом деле?
6. Почему при разгоне автомобиля по горизонтальной дороге невыгодно включать большую мощность при малых скоростях? Почему же при разгоне самолета его двигатели сразу включаются на максимальную мощность?
7. Автомобилист хочет набрать максимальную скорость за минимальное время. Как ему надо для этого двигаться?
8. На рисунке представлены графики работы двух тел от скорости. Какое из тел развило большую механическую мощность? 1



II. *Задачи (блиц):*

1. Мощность моторов самолета массой m = 4 т при отрыве от земли N = 600 кВт. Разгоняясь равноускоренно, самолет достигает скорости υ = 30 м/с. Принимая, что коэффициент сопротивления k = 0,04 не зависит от скорости, определите длину пробега самолета перед взлетом. 98 м
2. Ветрогенератор вырабатывает электроэнергию при любой скорости вращения лопастей, при этом его мощность пропорциональна квадрату скорости ветра. Один ветрогенератор развивает мощность 1 МВт при скорости ветра 12 м/с. Какую суммарную мощность будут развивать 10 параллельно соединенных генераторов при скорости ветра 2 м/с? Ответ: N_{10} = 280 кВт.

3. В момент старта автогонщик для скорейшего набора скорости развил мощность двигателя 500 кВт. Машина при этом стала ускорятся в режиме проскальзывания двух ведущих колес вплоть до скорости 50 м/с. Какая часть совершенной двигателем работы перешла в энергию движения машины? Масса машины с гонщиком 1000 кг, коэффициент трения протекторов колес о дорогу 0,5. Сопротивлением воздуха пренебречь. 0,5

III. Периодичность - главная черта колебаний. Период колебаний (T) - свойство гармонически колеблющегося объекта повторять свое движение через равные промежутки времени, измеряемое часами в секундах.

Частота колебаний (ν) – отношение числа полных периодов колебаний гармонически колеблющегося объекта к промежутку времени, за который они происходят. **Амплитуда колебаний (A) –** наибольшее отклонение гармонически колеблющегося объекта от положения равновесия, измеряемое линейкой в метрах. **Смещение (x) -** значение координаты гармонически колеблющегося объекта в данный момент времени. x = [-A; A].

Основная задача механики для колебательного движения: x = x (t).

Свободные колебания. **Пружинный маятник.** $a_x = -\frac{k}{m}x = -\omega_{оп}^2 \cdot x$.

Математический маятник - материальная точка, подвешенная не невесомой и нерастяжимой нити. $a_x = -\frac{g}{l}x = -\omega_{ом}^2 \cdot x$.

$\boxed{\mathbf{x = A\cos\varphi = A\cos(\omega t+\varphi_0)}}$ – уравнение **гармонических колебаний**.

Зависимость скорости и ускорения гармонически колеблющегося тела от времени. **Амплитуда скорости**: $\upsilon_m = \omega \cdot A$. **Амплитуда ускорения:** $a_m = \omega^2 \cdot A$.

$a_x = -a_m \cos\omega t = -\omega^2 \cdot A\cos\omega t = -\omega^2 x \rightarrow a_x = -\omega^2 x$.

Проекция ускорения гармонически колеблющегося тела прямо пропорциональна смещению с обратным знаком.

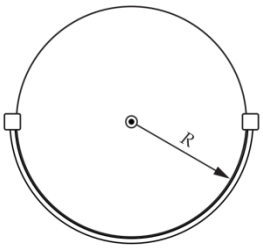
Гармонические колебания	**Пружинный маятник**	**Математический маятник**
Смещение……x	x	x
Амплитуда……..A	A	A
Циклическая частота…….ω	$\omega_{оп} = \sqrt{\frac{k}{m}}$	$\omega_{ом} = \sqrt{\frac{g}{l}}$
Период……T	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$
Смещение…x = A cos (ωt + φ0)	x = A cos ($\omega_{оп}$t + φ0)	x = A cos ($\omega_{ом}$t + φ0)

IV. *Задачи (блиц):*

1. Шар положен на край гладкого стола, плоскость которого перпендикулярна к отвесу. Определите период его малых колебаний. $T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$
2. По обледенелой дороге обычно идут, делая маленькие шаги. С какой шириной шага должен идти человек, не боясь упасть, если длина его ног 1 м, а коэффициент трения подошв обуви о дорогу 0,1. 10 см
3. Шарик, подвешенный на нити, качается в вертикальной плоскости так, что его ускорения в крайних – верхнем и нижнем положениях равны друг другу. Найти

угол максимального отклонения нити от положения равновесия. 53^0

V. Олимпиада:



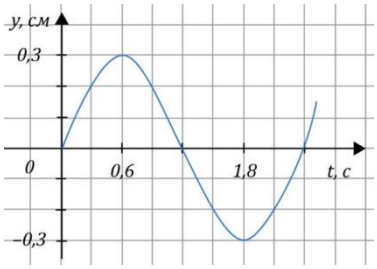
1. Диск радиусом R = 10 см пренебрежимо малой массы может вращаться без трения вокруг закреплённой горизонтальной оси. Однородная проволочная дуга в виде полуокружности радиусом R, а также два одинаковых груза, суммарная масса которых равна массе дуги, закреплены на ободе диска. Определите период колебаний диска вблизи положения равновесия. Диаметр проволоки и размеры грузов пренебрежимо малы по сравнению с радиусом диска. 1,1 с

2. Брусок может без трения скользить по рельсам. К нему привязана нерастяжимая невесомая нить, которая проходит между рельсами не касаясь их. С другого конца к ней привязан второй брусок массы в два раза меньшей, чем первый. Подвешенный брусок отклонили на небольшой угол и измерили частоту колебаний. Затем бруски поменяли местами. Как изменилась частота колебаний? 1,4

Вопросы:

1. Христиан Гюйгенс предложил использовать в качестве единого стандарта метра длину математического маятника с периодом 2 с. Почему от него позже отказались?
2. Как называют график колебаний сердца, Земли, колеблющегося тела?
3. Что можно определить по графику движения при гармонических колебаниях?
4. Амплитуда колебаний равна А. Какой путь пройдет за 2 с тело, совершающее гармонические колебания, если частота колебаний 5 Гц. Ответ. 40А.
5. Гармоническое колебание материальной точки задано уравнением: $x = A\cos\frac{2\pi}{T}t$. Какой путь проходит эта точка за время t?
6. При гармонических колебаниях с круговой частотой 5 рад/с максимальное ускорение тела равно 1,5 м/с^2. Какова амплитуда колебаний? Ответ. 6 см.
7. Нить с одинаковыми грузами на концах перекинута через блок. Почему нарушается равновесие, если один из грузов отклонить от вертикали?
8. Шарик, подвешенный на пружине, сместили на 1 см от положения равновесия и отпустили. За какое время путь, пройденный шариком, будет равен 48 см, если частота колебаний 5 Гц?
9. Длина нитяного маятника 1 м. Грузик маятника отклоняют от положения равновесия на 30^0 и отпускают. Определите:
   - перемещение грузика за половину периода колебаний.
   - амплитуду колебаний.
   - путь за период колебаний.
   - период колебаний.
   - зависимость смещения от времени.

Разное.

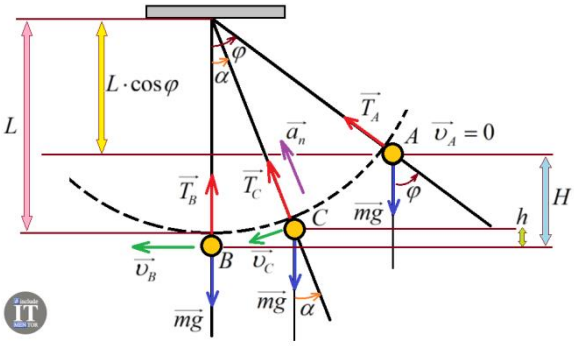


1. График зависимости координаты от времени для вертикальных колебаний поплавка во время поклевки

представлен на рисунке. Определите период колебаний, амплитуду скорости и расстояние между ближайшими гребнями волны, распространяющейся от поплавка, если скорость ее распространения 1,8 м/с. Запишите уравнения проекции скорости и проекции ускорения поплавка.

T = 2,4 с, υ_{max} = 0,785 см/с, λ = 4,32 м, υ_y = 0,785 cos(2,62 c^{-1}·t).

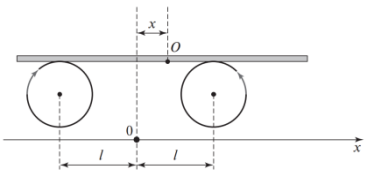
2. Есть математический маятник или любое тяжелое тело на идеальной (невесомой и нерастяжимой) нити. Шарик отклонили на угол φ — максимальный угол отклонения шарика. Найти зависимость натяжения нити от угла α. Найти натяжение нити в нижней точке траектории (точке B). φ — максимальный угол отклонения маятника (амплитудный угол). α — текущий угол между вертикалью и нитью.



3. Как изменится период колебаний пружинного и математического маятников, если их поднять на высоту над поверхности Земли, равную земному радиусу. Не изменится. Возрастет в 2 раза.
4. Обруч диаметром d = 1 м висит на гвозде, вбитом в стену, и совершает гармонические колебания в плоскости, параллельной стене. Найдите период колебаний. 1,4 с
5. Горизонтальный поршень на вертикальной пружине жесткостью k = 10^3 Н/м совершает вертикальные колебания с амплитудой h_o = 2,5 см. На поршне неподвижно (относительно него) лежат легкие песчинки. Определить массу поршня, если песчинки начнут отрываться от него при малейшем увеличении амплитуды колебаний.

Олимпиада:

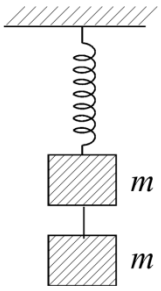
1. Заданный интервал времени (например, минута), измеряемый маятниковыми часами, пропорционален периоду колебаний маятника. Рассмотрим маятниковые часы, в устройство которых входит маятник длиной L = 1 м, сделанный из стали. При такой длине движение маятника в одну сторону занимает 1,00 с. Известно, что при температуре окружающей среды t_1 = 5^0C часы показывают точное время. Насколько отстанут за сутки часы при температуре t_2 = 25^0C? Линейное тепловое расширение тел описывается формулой $L = L_0\,(1 + \alpha(t - t_0))$, где L и L_0 — размер тела при температурах t и t_0 соответственно, α — постоянный коэффициент линейного расширения, равный для стали $\alpha = 12{,}5 \cdot 10^{-6}$ 1/ ^{0}C.
2. Два одинаковых колеса быстро вращаются в противоположных направлениях с одинаковой угловой скоростью. На колеса положили планку так, что середина планки (точка O) оказалась ближе к правому колесу, чем к левому. Оси колес, перпендикулярные плоскости, находятся на одной высоте, расстояние между осями 2ℓ= 20 см, коэффициент трения между планкой и колесами μ = 0,3. Найти период колебаний планки. Ответ: 1,15 с



Занятие 31. Превращения энергии при свободных колебаниях.

I. *Вопросы (блиц):*

1. Почему листья на деревьях после порыва ветра качаются с большей частотой (дрожат), чем сами деревья?
2. За одно и то же время первый математический маятник совершает одно колебание, а второй - три. Во сколько раз длина первого маятника больше длины второго маятника?
3. Как можно сравнить между собой массы тел, измеряя частоты колебаний при присоединении этих тел к пружине?
4. Грузик на нити укреплен на тележке. В некоторый момент времени тележка начинает двигаться с ускорением a. Определить, на какой максимальный угол от вертикали отклонится грузик в процессе колебаний.
5. В какие моменты времени проходит положение равновесия точка, совершающая колебания по закону синуса с периодом T = 1 с и начальной фазой $\varphi_0 = \pi/2$? $t_n = T/4\,(2n-1)$, где n = (1,2,3…n)
6. Период колебаний одного маятника в 2 раза больше, чем второго маятника, а их длины отличаются на 30 см. Чему равна длина первого маятника? 0,4 м
7. Почему маятниковые часы, позволявшие определять время с точностью до 2 секунд в день, после того как их привезли в Америку (1700 г.), стали отставать более чем на 30 секунд в день?
8. На Луне математический маятник совершает 6 колебаний в минуту. Сколько колебаний в минуту совершит этот маятника на Марсе? 9
9. Как изменится период колебаний нитяного маятника, если его перенести из воздуха в воду?
10. Тело массой 200 г совершает гармонические колебания на пружине по закону: $x = 0{,}2м \cdot \cos 2c^{-1}t$. Найдите жесткость пружины.



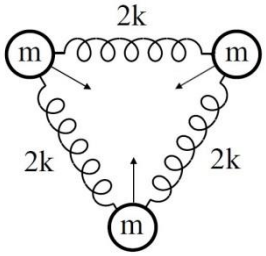
11. К концу пружины подвешены два одинаковых груза массы m каждый, соединенные нитью. В некоторый момент нить пережигают. Найдите амплитуду колебаний верхнего груза. Коэффициент жесткости пружины k, массами пружин и нити можно пренебречь. A = mg/k.
12. Тело совершает гармонические колебания по закону $x(t) = A\cdot\cos\omega t$ с периодом T = 20 с и амплитудой A = 50 см.
    1) Какой путь прошло тело за первые 5 с, вторые 5 с, третьи 5 с?
    2) Какой путь прошло тело за 40 с?
    3) Какой путь прошло тело за первую секунду, вторую секунду, третью секунду? 2,45 см, 7,1 см, 11,06 см;
13. Как изменится период колебаний нитяного маятника, если штатив с маятником установить на наклонную плоскость с углом наклона 30^0?

II. *Задачи:*

1. К потолку покоящегося вагона на нити длиной ℓ подвешен маленький шарик. В некоторый момент времени вагон приходит в движение в горизонтальном направлении с постоянным ускорением a. На какую максимальную высоту h относительно своего начального положения поднимется шарик? $h = \dfrac{2la^2}{g^2 + a^2}$

Ускорение свободного падения g.

2. Три одинаковых шарика массы m каждый, соединенные одинаковыми пружинами жесткости 2k, образуют равносторонний треугольник. Одновременно все три шарика толкнули, сообщив им одинаковые по модулю скорости, направленные к центру треугольника. Через какое минимальное время после этого пружины будут сильнее всего растянуты? Массу пружин и гравитационное взаимодействие не учитывать. $t = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{3m}{2k}}$



III. Превращение энергии при гармонических колебаниях:

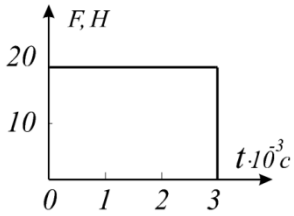
$$E = E_К + E_П = \frac{m\upsilon^2}{2} + \frac{kx^2}{2}.$$

Свободные колебания при наличии трения являются затухающими.

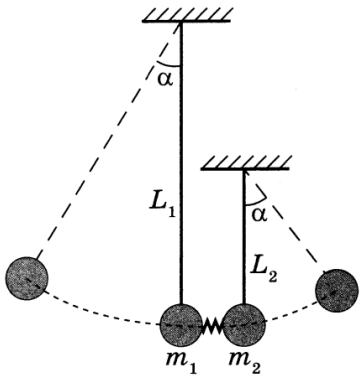
Вынужденными называют колебания, происходящие под действием внешней периодической силы. Вынужденные колебания: происходят с частотой внешней периодической силы, незатухающие, прекращаются после прекращения действия внешней силы. Амплитуда вынужденных колебаний в системе зависит от частоты внешней периодической силы, причем при совпадении этой частоты с собственной частотой наблюдается **явление резонанса**: $\nu_{рез} = \nu_o$.

IV. *Задачи:*

1. Шарик массы m = 100 г может колебаться на пружине с частотой 2 Гц. Система находится в покое. Затем на шарик начинает действовать сила, зависящая от времени, как показано на рисунке. Найдите амплитуду колебаний шарика. $A = F\Delta t/m\omega \approx 5$ см



2. Определите отношение потенциальной энергии материальной точки, совершающей гармонические колебания, к ее кинетической энергии в момент времени t =T/3 , если начальная фаза колебаний равна нулю. 3
3. Два шарика подвешены на вертикальных тонких нитях так, что они находятся на одной высоте. Между шариками находится сжатая и связанная нитью легкая пружина, длиной которой можно пребречь. При пережигании этой нити пружина распрямляется, расталкивает шарики и падает ввниз. В результате нити откланяются в разные стороны на одинаковые углы. Во сколько раз одна нить длинее другой, если отношение масс шариков $m_2/m_1 = 1{,}5$? Ответ: 2,25.



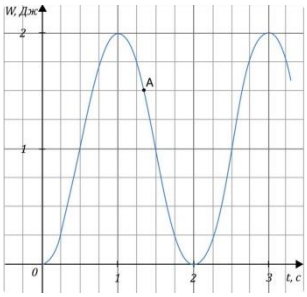
V. Олимпиада:

1. Однородная палочка с заостренным концом стоит на столе. Если ее отпустить, то в момент падения скорость верхнего конца палочки 8,0 м/с. Чему равна длина палочки? При падении заостренный конец палочки не проскальзывает.
2. Детский пружинный пистолет выстреливает шариком со скоростью υ. Если выстрелить шариком вдвое большей массы, то скорость его уменьшится до $\upsilon_1 = \upsilon\sqrt{2/3}$

$\upsilon_3 = \upsilon/\sqrt{2}$

. Какова будет скорость вылета шарика тройной массы?

3. Физический маятник в виде невесомого стержня длиной L, на концах которого закреплены два одинаковых небольших груза. На каком расстоянии от центра стержня необходимо сделать точку подвеса, чтобы частота колебаний системы была максимальной? $x \to L/2$
4. Как по изменению периода колебаний односекундного маятника, помещенного вблизи рудничного месторождения, оценить объем месторождения, если известна плотность руды ρ_1 = 8г/см^3 и средняя плотность Земли ρ =5,6 г/см^3. V = $8 \cdot 10^{23}$ м^3 (Т-Т')^3.



Вопросы:

1. По графику зависимости потенциальной энергии математического маятника от времени определите кинетическую энергию маятника в момент времени 1,3 с (точка А), период колебаний и максимальную скорость. Масса груза маятника 160 г. E_K = 1Дж, υ_{max} = 3,54 м/с, Т = 4 с.
2. Два одинаковых полых шара заполнены один водой, а другой песком и подвешены на нитях одной и той же длины. Шары отклонили на одинаковые углы. Будут ли равны периоды колебаний таких маятников? Одинаково ли долго они будут колебаться?
3. Откуда тело получает энергию при свободных колебаниях?
4. Зависит ли энергия колебаний от частоты колебательного процесса?
5. Для чего продавец, выдавая покупателю хрустальную посуду, легко постукивает по ней стеклянной палочкой или карандашом?
6. При отличающихся в 3 раза частотах вынужденных колебаний маятника их амплитуда одинакова. Во сколько раз отличаются их максимальные кинетические энергии в этих состояниях?
7. Маятник совершает гармонические колебания. Каково соотношение между кинетической и потенциальной энергиями маятника через 1/8 периода?
8. Почему Пизанская башня, выстроенная на мягком грунте в 1372 году, пережила много землетрясений и остается невредимой?
9. Почему паук, спускаясь с потолка, не закручивается на своей паутине?
10. Почему не принято чокаться бокалами с шампанским?

Разное.

1. Математический маятник длиной 83 см совершает колебания параллельно вертикальной стенке. Ниже подвеса на расстоянии 20,75 см от точки подвеса (в точке А) в стенку забит тонкий гвоздь. Определи период колебаний такого маятника. 1,7 с
2. Маятник метронома совершает гармонические колебания с периодом 2,48 с и амплитудой 65^0. На фотографии, сделанной с достаточно большой выдержкой, изображение грузика метронома получилось в виде дуги, один конец которой имеет угловое положение 22^0, а второй 37^0 относительно вертикального направления. В течение какого времени был открыт затвор фотоаппарата? 0,14
3. Шарик, подвешенный на нити, качается в вертикальной плоскости. Величина ускорения шарика в положении наибольшего отклонения нити от вертикали в

два раза меньше величины ускорения в момент прохождения положения равновесия. Найти угол наибольшего отклонения нити. 90^0

Занятие 32. Свойства волн.

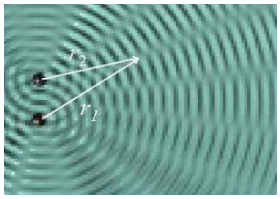
I. *Вопросы (блиц):*

1. Какой маятник будет качаться дольше в вакууме − из дерева или из металла?
2. Грузику, подвешенному на нити длиной 1 м, сообщают горизонтальную скорость, в результате чего он начинает совершать гармонические колебания с амплитудой 10 см. Найдите начальную скорость грузика.
3. Тело, подвешенное на пружине, совершает гармонические колебания с частотой 3 Гц. С какой частотой изменяется кинетическая энергия тела?
4. Объясни тамильскую пословицу: «Медный сосуд звенит, а глиняный молчит».
5. Почему при проверке колес вагонов во время остановки поезда их обстукивают молотком?
6. Как изменяется период колебаний при их затухании (аналогия с шариком, который уронили на горизонтальную плиту)?
7. Зависит ли энергия колебаний от частоты колебательного процесса?
8. Зависит ли период колебания качелей от того, как качаются на них: стоя или сидя?

II. *Задачи:*

1. На горизонтальном столе стоит брусок массой m = 2 кг, прикреплённый к вертикальной стене невесомой недеформированной пружиной жёсткостью k = 15 Н/м. Коэффициент трения скольжения бруска по столу μ = 0,1. Коротким ударом бруску сообщают скорость V_0 = 0,8 м/с, направленную вдоль пружины влево. Найдите время τ, прошедшее от начала движения до момента, когда скорость бруска обратится в нуль. 0,42 с
2. Частица массой 10 г совершает гармонические колебания по закону синуса с периодом 2 с и начальной фазой, равной нулю. Полная энергия колеблющейся частицы равна 0.01 мДж. Найти наибольшее значение силы, действующей на частицу, и записать уравнение колебаний. 1,4 мН
3. Чему равен логарифмический декремент математического маятника длиной 90 см, если за 2 минуты амплитуда колебаний уменьшилась в три раза? $17{,}5\cdot10^{-3}$
4. Самолет летит со скоростью υ = 300 км/ч над наблюдателем на высоте h = 990 м. Определить на какое расстояние звуковое изображение самолёта отстает от визуального. Скорость звука $\upsilon_{зв}$ = 330 м/с.

III. **Длина волны (λ)** - расстояние, на которое распространяется волна за время, равное периоду колебаний. **Скорость распространения волны:** $\upsilon = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu$. Как только волна пошла, скорость ее распространения определяется только свойствами среды, в которой она распространяется, - источник же волны никакой роли больше не играет. **У волны четыре свойства: амплитуда А, длина волны λ, частота ν и скорость υ.** Волны в среде. **Плоская волна** (рисунок). Почему волна называется плоской? **Волновая поверхность и луч**.



Интерференцией называется явление наложения волн одинаковой природы друг на друга, в результате которого вдоль одних направлений происходят колебания удвоенной амплитуды, а вдоль других она равна нулю. Если до некоторой точки наблюдения разность хода равна целому числу длин волн, то в этой точке происходит усиление колебаний, а если не целому, то ослабление.
Как определить результат интерференции в некоторой точке?
Волновой фронт - геометрическое место точек, до которых доходят колебания к моменту времени. Вторичные волны – когерентные. Колебания в точке наблюдения Р являются результатом их интерференции. **Закон отражения волн**. **Закон преломления волн**. **Дисперсия волн -** явление разбрасывания волн на границе раздела двух сред, показатель преломления которой зависит от частоты. **Дифракция** - явление огибания волнами препятствий.

IV. *Задачи:*

1. В некоторую точку пространства приходят когерентные лучи с оптической разностью хода 1,875 мкм. Определить, усилится или ослабнет свет в этой точке, если в нее приходят: 1) красные лучи с длиной волны 750 нм; 2) оранжевые лучи с длиной волны 625 нм; 3) фиолетовые лучи с длиной волны 0,420 мкм. 1) ослабнет. 2) усилят. 3) ослабят.
2. Волны проходят от глубокой к мелкой части кюветы с углом падения 60° и углом преломления 45°. Найти отношение скоростей распространения волн в этих частях кюветы. Если в глубокой части кюветы скорость волн составляет 25 м/с, то чему она равна в мелкой части? √1,5 . 20 м/с.
3. Расстояние между двумя когерентными источниками волн на поверхности воды 5 см. Точка наблюдения Р, лежащая на третьей узловой линии, находится на расстоянии 10 см от центральной линии и на расстоянии 20 см от точки, лежащей посредине между источниками. Определите длину волны. 1 см
5. От первого источника акустических волн колебания достигают микрофона М за время τ_1 = 0,67 с. От второго источника, начавшего работать одновременно с первым, колебания в точку расположения микрофона доходят за τ_2 = 0,7 с. Минимальный или максимальный сигнал будет фиксировать микрофон, если волны с λ = 6,8 м когерентные. Скорость звука $\upsilon_{зв}$ = 340 м/с. $\Delta = 1{,}5\lambda$ (мин)
4. На краях открытой сцены на расстоянии 6 м установлены две акустические системы. Из-за ошибки звукооператора они «загудели». Зритель, находившийся напротив центра сцены на расстоянии 20 м от неё, обнаружил, что если он смещается из своего начального положения влево или вправо на 2 м, то громкость звука оказывается наименьшей. На какой частоте «гудели» акустические системы? Скорость звука в воздухе была равна 345 м/с. 292 Гц.
5. Определите показатель преломления среды, если известно, что свет с частотой $7{,}5\cdot10^{14}$ Гц имеет длину волны в ней 0,3 мкм. 1,33

V. Олимпиада:

3. Полицейская машина включает сирену каждые 3 с. Чему равна скорость полицейской машины, если пешеход, к которому она приближается, слышит звуки сирены с интервалом 2,7 с? 0,1 с

4. Космические станции двигаются навстречу друг другу по прямой линии. Скорость сближения станций υ = 8000 км/ч. С одной станции каждые Δt = 10 минут в направлении другой станции посылают почтовый контейнер со скоростью υ_1 = 12000 км/ч относительно первой станции. Определите, сколько контейнеров будет получать вторая станция в течение T = 1 ч. $N = \frac{(\upsilon + \upsilon_1)T}{\upsilon_1 \Delta t} = 10$

Вопросы:

1. Расстояние между следующими друг за другом гребнями волны на поверхности воды 5 м. Скорость распространения волны равна 2,5 м/с. Определить частоту колебаний частиц воды. Ответ. 0,5 Гц.
2. Почему одинокая свая, вбитая в дно, не ослабляет волн на воде?
3. При интерференции волны могут гасить друг друга. Не противоречит ли этот факт закону сохранения энергии?
4. Почему неожиданно появляются и исчезают в океане волны-гиганты (высота до 40 м)? Морские огромные волны-убийцы называли по-разному и "три сестры", и "девятый вал", и "стена воды", и "дыра в море".
5. Разность хода волн от двух когерентных источников света с длиной волны 600 нм, сходящихся в некоторой точке, равна 1,5 мкм. Что будет наблюдаться в этой точке?
6. Как будут интерферировать волны, у которых сдвиг по фазе составляет π?
7. Почему линия прибоя всегда почти параллельна берегу, хотя ветер на море может дуть и под углом?
8. Почему не наблюдается дифракция света при его прохождении через замочную скважину? А если уменьшить ширину отверстия?
9. Почему от прямоугольного кирпича на поверхности воды распространяется кольцевая волна?
10. Прибой – наложение волн различной частоты и амплитуды. Является ли полученное колебание периодическим?

Олимпиада:

Занятие 33. Звук.

I. *Вопросы (блиц):*

1. Почему ветровые волны разрушают берег, уничтожая заливы, бухты, мысы и полуострова?
2. Морские волны цунами, приближаясь к берегу, увеличивают высоту, достигая иногда 43 м. Почему это происходит?
3. Если лодка плывет навстречу бегущей волне, то волны бьют о форштевень чаще, чем, если она плывет в обратном направлении. Почему?
4. Почему на кораблях капитан подавал команды в машинное отделение по узкой трубе?
5. Почему водопроводный кран устраивают завинчивающимся краном, а не поворотным, как в самоваре?
6. Почему после дождя приятно пахнет землей?
7. Пневматические пушки для проверки самолета на прочность в случае

столкновения самолета с птицей, заряжают тушками курицы. Интересно, замороженная или не замороженная курица создаст большее давление?

8. Почему невозможно получить резкие изображения объектов при фотографировании в инфракрасных лучах?

II. *Задачи:*

1. Гибкая металлическая пластинка слегка прижата к зубцам зубчатого колеса, которое вращается равномерно, делая 600 оборотов в минуту. Если колесо имеет 50 зубцов, то какова частота и длина звуковой волны? 500 Гц
2. Волна частотой 12 Гц распространяется со скоростью 30 см/с в мелкой части сосуда с водой. Она пересекает границу более глубокой части сосуда под углом падения 35°. Чему равен угол преломления, если длина волны в более глубокой части сосуда равна 3,7 см? 58^0
3. По поверхности озера бегут волны со скоростью 2 м/с. Моторная лодка движется навстречу волнам со скоростью 5 м/с. С какой частотой бьются волны о нос лодки, если поплавок на поверхности воды колеблется с частотой 0,5 Гц?
4. Предположим, что небольшой камешек случайно оказался в трубе и неожиданно застрял в ней, полностью перекрыв течение воды. При какой наибольшей скорости водяного потока труба, рассчитанная на максимальное давление p_{max} = 25 атмосфер, может выдержать гидроудар? Плотность воды ρ = 1000 кг/м^3, скорость звука в воде $\upsilon_{зв}$ = 1250 м/с. 2 м/с

III. Длина волны (λ) - расстояние, на которое распространяется волна за время, равное периоду колебаний. **Скорость распространения волны:** $\upsilon = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu$. Как только волна пошла, скорость ее распространения определяется только свойствами среды, в которой она распространяется, - источник же волны никакой роли больше не играет. **У волны четыре свойства: амплитуда А, длина волны λ, частота ν и скорость υ.**

Звуковая волна - колебательное движение частиц упругой среды, распространяющееся в виде волн в газообразной, жидкой или твердой средах. Звук - ощущение, возникающее при воздействии звуковой волны на рецепторы **внутреннего уха. Источники звука** - любые колеблющиеся объекты, вызывающие местное изменение давления или механического напряжения.

Приемники звука: микрофон (демонстрация), ухо.

Скорость звука: υ = λ ν. Скорость звука в среде не зависит от скорости источника звука! **Музыкальный звук –** гармоническое колебание определенной частоты и амплитуды. Музыкальный звук характеризуют три физических параметра: высота, громкость, тембр. Зависимость высоты тона от частоты колебаний источника звука (демонстрация). **Громкость звука.** Зависимость громкости звука от амплитуды звуковой волны (демонстрация со звуковым генератором).

Громкость звука измеряют в децибелах (дБ). Закон Вебера-Фехнера: $\beta = 10\ell g\frac{I}{I_0}$ (дБ), где $I_0 = 1\cdot10^{-12}$ Вт/м^2 – порог звукового ощущения; $I = I_0$, β = 0 – порог

слышимости. I = 1 Вт/м^2, β = 120 дБ – порог болевого ощущения. Шум Ниагарского водопада достигает 90-100 децибел?

Высота звука определяется частотой звуковой волны**, а громкость –** амплитудой. **Свойства звука. Отражение** звуковых волн. **Эхо** — это звук, отраженный от удаленного препятствия. **Эхолокация. Преломление** звуковых волн. **Независимость распространения звуковых волн. Эффект Доплера:** $\nu = \frac{\nu_0}{1 - \frac{V}{c}}$

IV. *Задачи:*

1. Самолет летит горизонтально на высоте H = 4 км над поверхностью земли со сверхзвуковой скоростью. Звук доходит до наблюдателя через t = 10 с после того, как над ним пролетел самолет. Найдите скорость самолета, если скорость звука в воздухе равна с= 330 м/с. $V = \frac{cH}{\sqrt{H^2 - c^2t^2}} \approx 584$ м/с.
2. Велосипедист двигался вдоль железнодорожного полотна и увидел пар, вырывающийся при гудке движущегося навстречу паровоза, а через 2 с услышал сам гудок. Велосипедист двигался со скоростью 10 м/с и поровнялся с тепловозом через 28 с. С какой скоростью двигался тепловоз? Скорость звука 340 м/с. 15 м/с
3. С авианосца, движущегося со скоростью υ_a = 60 км/ч навстречу эсминцу, посылается по воде ультразвуковой сигнал частотой ν_0 = 60 кГц. Отраженный от эсминца сигнал принимается на авианосце с частотой ν_1 = 63 кГц. Определить скорость $\upsilon_э$ эсминца. Скорость ультразвука в воде с = 1,5 км/с. Ответ: 19,9 м/с

V. Олимпиада:

5. Полицейская машина включает сирену каждые 3 с. Чему равна скорость полицейской машины, если пешеход, к которому она приближается, слышит звуки сирены с интервалом 2,7 с? 0,1 с
6. Узкий пучок ультразвуковых волн частотой 50 кГц направлен от неподвижного локатора к приближающейся подводной лодке. Определите скорость подводной лодки, если разность частот колебаний источника и сигнала, отраженного от лодки равна 250 Гц. 3,84 м/с
7. На автомобиле, имеющем специальное устройство, определяют с помощью звукового сигнала расстояние от поста ГИБДД. Какое расстояние было до поста в момент испускания звукового сигнала, если после отражения от будки его приняли на автомобиле через 12 с? Скорость звука 325 м/с, скорость автомобиля 90 км/ч.
8. Движущийся автомобиль создает звуковой сигнал длительностью 10 с, который отражается от неподвижного предмета. Какова скорость автомобиля, если длительность отраженного сигнала оказалась равной 5 с? Скорость звука в воздухе 340 м/с. υ = с/3.

Вопросы:

1. У балалайки всего три струны, причем две из них одинаковые. Объясните, как при помощи такого малого количества струн удается получать такое широкое разнообразие звуков.
2. Скорость звука в воздухе, измеренная в лаборатории, оказалось 334 Ом.

Точность измерения 4%. Какова абсолютная погрешность измерения? Каков результат измерения?

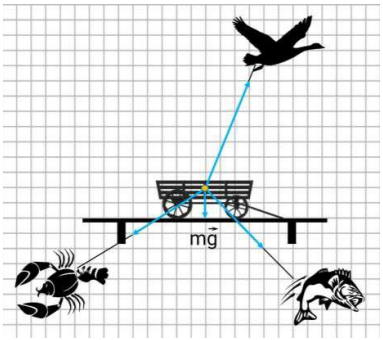
3. Какой опыт делает очевидным допущение, что скорость звука в воздухе одинакова для всех длин волн? Игра на музыкальных инструментах.
4. Почему никому из нас, находясь в лесу или в горах, не приходит в голову кричать "с разбегу"?
5. Амплитуда звуковой волны в 1000 раз превышает порог слышимости. Какова громкость звука? 30 дБ
6. Почему вы не слышите музыку скакалки?
7. Почему после снегопада так тихо?
8. Может ли звуковая волна убить человека?
9. Почему ультразвуковая локация применима на море и в медицине, но не в воздухе?
10. Почему вызов сотового телефона в виброрежиме оказывается зачастую достаточно громким и слышен на значительном удалении?

Разное

Занятие 34. Олимпиада.

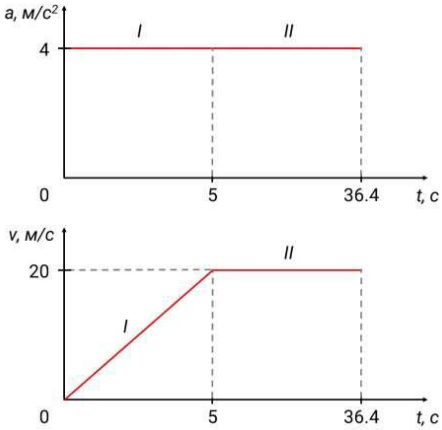
ОЛИМПИАДА 9 кл

1. Лебедь, щука и рак решили открыть предприятие по перевозке грузов. Они раздобыли телегу массой 20 кг, поставили её на мост и решили потренироваться. На рисунке показаны силы, с которыми они тянут телегу, размер клетки — 100 Н. Все силы лежат в одной вертикальной плоскости, при движении они не меняются по величине и направлению. Трения нет.



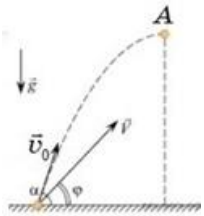
1) Кто из персонажей прикладывает самую большую силу? Лебедь
2) Как будет двигаться телега? Вправо по мосту
3) С какой силой тянет рак? Ответ выразите в ньютонах, округлите до целых. Ответ: засчитывается в диапазоне [582; 584]
4) Кто из персонажей совершает наибольшую работу при движении телеги? Обращаем внимание, что в данном вопросе требуется сравнивать работы с учётом их знаков. Щука
5) Чему равна мощность, развиваемая лебедем к концу второй секунды движения телеги? Ответ выразите в ваттах, округлите до целых. Ответ: 6000

2. На автомобиль установлено устройство, которое одновременно измеряет ускорение и скорость автомобиля. Данные, зафиксированные устройством, представлены в виде графиков. Известно, что траектория автомобиля могла состоять только из отрезков и дуг окружностей.

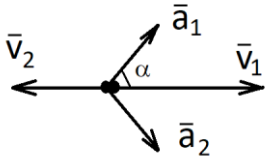


1) Какой была максимальная скорость автомобиля в ходе движения? 20 м/с
2) Какая траектория была у автомобиля на каждом из участков? I — прямая, II — окружность
3) Определите радиус окружности, по которой ехал автомобиль. 100 м
4) Определите перемещение автомобиля за всё время движения, т.е. от 0 с до 36.4 с. Ответ выразите в метрах, округлите до целых. Ответ: 50

3. Баржа плыла под мостом со скоростью u = 6 м/с, когда на нее с моста плавно опустили мешок с цементом. Мешок заскользил по палубе и оставил след длиной s = 3 м. Второй мешок при спуске сорвался и упал на палубу. С какой минимальной высоты h сорвался мешок, если он не скользил и не оставил следа? $h = \frac{2gS}{u^2} = 1{,}7$ м.
4. Проволока, когда ее начинают резать ножницами, выскальзывает к их концам и только тогда, когда угол раствора ножниц по мере движения проволоки уменьшится до значения α, ножницы надрезают проволоку. Почему это происходит? Определите коэффициент трения проволоки о лезвие ножниц. Силой тяжести пренебречь. Проволока не закреплена. $\mu = \frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}$
5. Шарик массой m , подвешенный на невесомой нерастяжимой нити, отклонили от вертикали на угол φ_0 и отпустили без начальной скорости. Найдите силу натяжения нити T как функцию угла отклонения шарика от вертикали φ. $T = mg(3\cos\varphi - 2\cos\varphi_0)$.



6. С горизонтальной плоскости вначале бросают маленький мячик под углом $\alpha = 60^0$ к горизонту со скоростью $\upsilon_0 = 20$ м/с. В момент, когда мячик достиг наивысшего положения на своей траектории, стреляют пулей из ружья со скоростью V = 150 м/с в направлении мячика, причем пуля вылетает из той же точки, из которой был брошен мячик. Под каким углом надо стрелять, чтобы пуля попала в мячик? 38^0
7. Имеется пучок, состоящий из большого числа одинаковых ядер, движущихся относительно земли с одинаковой по величине и направлению скоростью v. Ядра в пучке самопроизвольно делятся на пары одинаковых осколков. Известно, что если бы ядра были неподвижными, то при делении каждого ядра осколки разлетались бы в противоположные стороны с одинаковыми по величине скоростями. Причем направления разлета осколков при делении разных ядер, были бы разными. Известно также, что скорость осколков, движущихся в направлении скорости движения не разделившихся ядер (в направлении пучка) относительно земли равна 4v. Найдите скорость осколков, движущихся относительно земли в противоположном направлении. $V_1 = 2V$.
8. Две материальные точки в начальный момент времени находятся в одной точке пространства. Начальные скорости частиц v_1=10 м/с и v_2=2 м/с направлены в противоположные стороны. Частицы двигаются с постоянными ускорениями, равными по модулю $a_1 = a_2 = 4$ м/с^2. Угол между ускорениями составляет 90°. Считая угол α=15°, найдите,



за какое время t_3 после начала движения угол между векторами скоростей первой и второй частиц составит 90°. В этот момент скалярное произведение скоростей равно нулю. 7,63 с

9. С утеса бросают одновременно два свинцовых шара: один вертикально вверх со скоростью V_1, а другой – вертикально вниз со скоростью V_2. Чему равен промежуток времени, отделяющий падение шаров в воду, если высота утеса над поверхностью воды равна h? $t_1 - t_2 = \frac{V_1 + \sqrt{V_1^2 + 2gh}}{g} + \frac{V_2 - \sqrt{V_2^2 + 2gh}}{g}$
10. Катер массой m = 2,0 т с двигателем мощностью N = 50,0 кВт развивает максимальную скорость V_{max} = 90 км/ч. Определить время τ, в течение которого катер после выключения двигателя потерял половину скорости. Считать, что сила сопротивления движению $F = kV^2$. Второй закон Ньютона, интеграл. $t = \frac{mk}{V}$=25 с.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Основы методики преподавания физики в средней школе / В.Г. Разумовский и др.; Ред. А.В. Перышкин. – М.: Просвещение, 1984.
2. А.П. Рымкевич, П.А. Рымкевич. Сборник задач по физике для 8 – 10 классов средней школы. – М.: Просвещение, 1978
3. В.А. Касьянов. Физика. 10, 11 кл. − М.: Дрофа,2002.
4. М.Е. Тульчинский. Качественные задачи по физике в средней школе.- М.: Просвещение, 1972.
5. В.А. Буров, Б.С. Зворыкин, А.П. Кузьмин и др. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. - М.: Просвещение, 1972.
6. Д. Джанколи. Физика.- М.: Мир,1989.
7. А.А. Найдин. Использование обобщающих таблиц при формировании понятий. Физика в школе, 3 (1989).
8. О.Я. Савченко. Задачи по физике. Новосибирский государственный университет, 1999.
9. Н.В. Любимов, С.М. Новиков. Знакомимся с электрическими цепями. – М.: Наука, 1972.
10. Дж. Орир. Физика: Пер. с англ.-М.: Мир, 1981.
11. В.И. Лукашик. Сборник вопросов и задач по физике. – М.: Просвещение, 1981.
12. А.М. Прохоров и др. Физический энциклопедический словарь – М.: Советская энциклопедия, 1983.
13. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев. Физика: Учебное пособие: В 3 кн.– М; ФИЗМАТЛИТ, 2004.
14. Мякишев Г.Я., Синяков А.З., Слободсков Б.А. Физика: Электродинамика: Учебник для 10-11 классов с углубленным изучением физики. – М.: Дрофа, 2010 г.
15. Кондратьев А. С., Ларченкова Л. А, Ляпцев А. В. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ: – М.: Издательская фирма «Физико-математическая

литература» МАИК «Наука/Интерпериодика», 2012 г.
16. А.А. Найдин. Система задач из одной задачи?! //ИД "Первое сентября", газета "Физика", № 8,2011 г.
17. А.А. Найдин. Как научить школьников открывать и применять законы? ж. «Физика в школе», №7, 2012 г.
18. Исаков А. Я. Физика. Решение задач ЕГЭ, часть 1 - 9. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2012.
19. Славов А.В., Щеглова О.А., Абражевич Э.Б., Чудов В.Л., ФИЗИКА, ЗАДАЧИ, КАЧЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ, ТЕСТЫ. «Издательский дом МЭИ», 2016
20. Физика. 10—11 кл.: Сборник задач и заданий с ответами и решениями. Пособие для учащихся общеобразоват. учреждений / С.М. Козел, В. А. Коровин, В. А. Орлов. — М.: Мнемозина, 2001. — 254 с.: ил.
21. Кондратьев А.С., Прияткин Н.А. Современные технологии обучения физике: Учеб. пособие. — СПб.: С.-Петерб. ун-т, 2006.
22. Горлач В. В. Методы решения физических задач. – М.:ООО Юрайт, 2024.
23. К о н д р а т ь е в А. С., У з д и н В. М. Физика. Сборник задач. —М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 392 с. — ISBN 5-9221-0579-5.
24. Личный сайт Найдина Анатолия Анатольевича. https://naidin.ru