

Семинар по школьной олимпиадной физике

9 КЛАСС



Организатор: Анатолий Найдин



г. Томск, ТФТЛ

2024

Занятие 1. Что изучает физика?

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

II. Физика – наука о природе.

Физика изучает только физические явления: механические (демонстрация колебаний пружинного маятника); тепловые (тепловое расширение жидкости в термометре); электромагнитные (демонстрация искрового разряда, демонстрация притяжения магнитом куска железа, демонстрация возникновения индукционного тока в катушке); световые (демонстрация фотолюминесценции).

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)? $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_{np}}$.

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, определяют 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.**

III. Задачи:

1. Какой 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

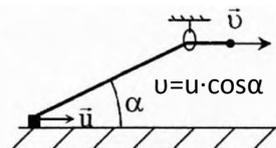
2. В старинных мерах длины внутренний диаметр русской винтовки равен трем линиям. Известно, что в 1 м содержится 3,28 фута. В 1 футе – 12 дюймов, в одном дюйме – 10 линий. Выразите в миллиметрах диаметр ствола русской

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°

IV. Олимпиада:

1. Когда 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. К грузу, который может перемещаться по полу, прикреплен шнур, продетый через кольцо на высоте над полом. Шнур вытаскивают со скоростью v . С какой скоростью u движется груз в момент, когда шнур составляет с плоскостью пола угол α ?
3. Тёплый пол. Отопление кухни организовано с помощью системы электрического тёплого пола. Сначала он работал в базовом режиме, и на кухне установилась температура $t_1 = 18^{\circ}\text{C}$. Затем его мощность увеличили в 4 раза, и температура на кухне возросла до $t_2 = 21^{\circ}\text{C}$. Какая температура t_x установится на кухне, если базовую мощность увеличить в 9 раз? Определите температуру t_0 воздуха на улице. 26 и 17 на улице.



V. 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. Когда из кастрюли с компотом достали 10 брошенных туда Машей одинаковых кубиков, объём компота уменьшился на 2 литра. Какого размера были кубики?
4. С какой точностью надо измерить сторону квадрата, чтобы определить его площадь с точностью не ниже 1%?
5. Найдутся ли натуральные числа X , Y и Z , удовлетворяющие условию $28X+30Y+31Z=365$?
6. 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 $1/\text{м}^3$, а π – безразмерная величина. В каких единицах измеряется λ ? В метрах.

Олимпиада:

1. 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%)?

Занятие 2. Равномерное движение

I. Вопросы (блиц):

1. С какой точностью вычислили объем прямоугольного бруска, если его стороны измерены с точностью 2%? 65
2. Если Сергей купит 15 тетрадей, то у него останется 7 рублей, а если купит 20 тетрадей, то у него не хватит 8 рублей. Сколько денег у Сергея? 52 руб
3. Металлические кубик и шар, имеющие одинаковую площадь поверхности, погружены в воду. На какой из этих предметов действует большая выталкивающая сила? Куб
4. Как с помощью линейки узнать вместимость бутылки, если в нее налито 300 мл воды?
5. Сколько должна стоить пицца диаметром 20 см, если пицца диаметром 10 см стоит 10 рублей? 40 р
6. 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 длиной 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 M . К его левому 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. $M/3 < m < 5M$

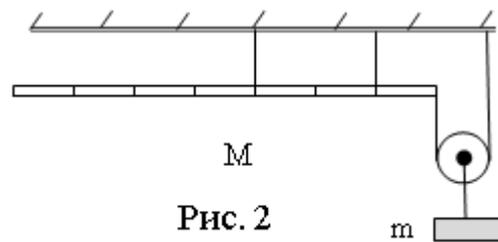
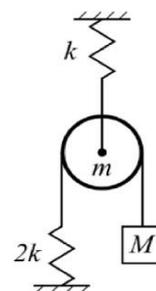
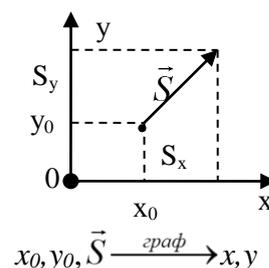


Рис. 2

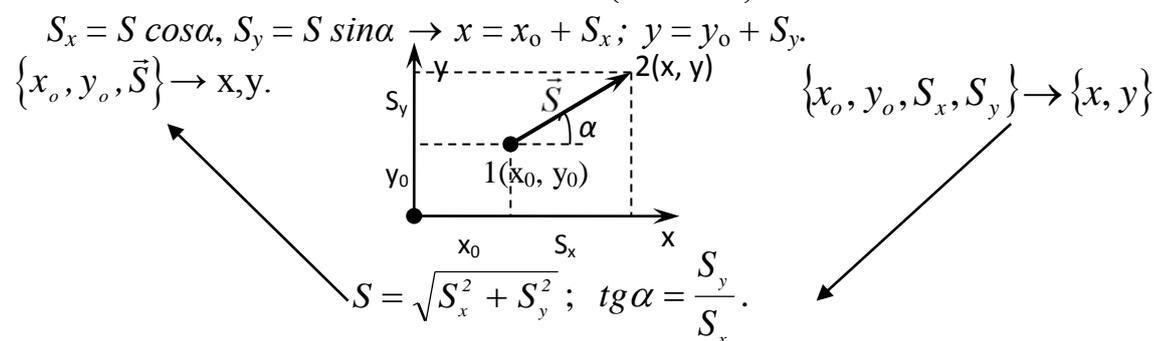
III. Механическое движение – изменение положения тела относительно других тел в пространстве с течением времени. Основная задача механики – определить положение тела в любой момент времени.

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. Как измерить путь?



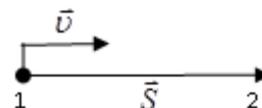
4. Перемещение (\vec{S}) – свойство движущегося тела изменять свое положение в пространстве, измеряемое длиной отрезка, соединяющего начальное и конечное положение тела. Перемещение - это сколько и куда, а путь – только сколько.

1. Графический метод (на чертеже): $\{x_0, y_0, \vec{S}\} \rightarrow \{x, y\}$. **2.** Аналитический метод:



Самый простой вид движения – **прямолинейное равномерное движение**. Как определить перемещение тела? Рисунок движения. $\vec{S} = \vec{v} t$ – графический метод решения задачи: $\{x_0, y_0, \vec{v}, t\} \rightarrow \{x, y\}$. От графического способа легко перейти к аналитическому методу: $S_x = v_x t \rightarrow x = x_0 + v_x t.$

IV. Задачи:



- 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, $23,5^\circ$
- 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, $47,8^\circ$
- 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 $\alpha = 37^\circ$. Спустя время $t = 6$ с направление на самолет изменилось на угловое расстояние $\varphi = 14^\circ$. Найти скорость v самолета. Считать движение самолета на данном участке практически горизонтальным. 84 м/с
- 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

V. Олимпиада:

- 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.
 - В сколько раз скорость велосипедиста больше скорости Алисы и Боба? 2,25
 - На каком расстоянии от моста находился велосипедист в момент начала движения Алисы и Боба, если длина моста равна 144 м? 90 м
- В калориметр, содержащий 1,7 кг воды при 10°C , 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. Мяч упал с высоты 3 м, отскочил от пола и был пойман на высоте 1 м. Найти путь и перемещение мяча.
3. Человек, стоящий на крутом берегу озера, тянет за веревку находящуюся на воде лодку. Скорость, с которой человек выбирает веревку, постоянна и равна v . Какую скорость u будет иметь лодка в момент, когда угол между веревкой и поверхностью воды равен α ?
4. Тело движется прямолинейно, совершая за равные промежутки времени одинаковые перемещения. Можно ли утверждать, что движение тела равномерное?

Олимпиада:

1. 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?
2. 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
3. Вася и Петя, стартовав одновременно, бегут дистанцию, состоящую из трёх одинаковых кругов. Первый круг Петя пробежал на 1 минуту быстрее, чем Вася. Вторым круг Вася пробежал со скоростью на 20% большей, чем Петя, но финишировали они вторым круг одновременно. Третий круг Вася пробежал за такое же время, как и первый. Оказалось, что третий круг он бежал со скоростью в 1,4 раза большей, чем Петя. В пределах каждого круга скорость каждого из мальчиков не изменялась. Кто выиграл соревнование? Какое время длился забег Пети, если он пробежал третий круг за 7 минут? Какое время длился забег Васи?
4. 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

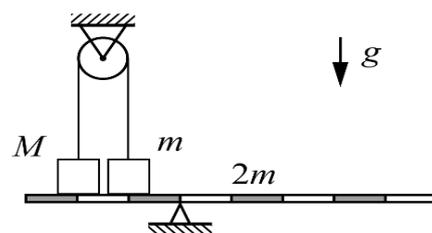
Занятие 3. График движения

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. Пройдя 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
3. Олег едет со скоростью 60 км/ч . С какой скоростью ему надо ехать, чтобы проезжать каждый километр на полминуты быстрее? 120 км/ч
4. Если 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. Каков модуль и направление вектора скорости, если ее проекции: $v_x = 40 \text{ м/с}$, $v_y = 30 \text{ м/с}$? 50 м/с , $\sin \alpha = 0,6$.
6. С какой скоростью летел космонавт, если расстояние 3 световых года он преодолел за 4 года? $0,75 \text{ с}$
7. Три бегуна бегут по 100 метров. Когда финишировал первый, второй отстал от него на 10 м. Когда финишировал второй, третий отстал от него на 10 м. На сколько третий отстал от первого? На 19 метров. На каждых 10 метрах бега бегуна В бегун С отстаёт от него на 1 метр.
8. 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. Чтобы попасть на место в заданное время, Емеля пошёл из деревни в город со скоростью $v_1 = 5 \text{ км/ч}$. Начался сильный снегопад, и он снизил скорость до $v_2 = 3 \text{ км/ч}$. 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? $1,25 \text{ ч}$
2. Группа школьников прошла сначала $0,40 \text{ км}$ на северо-запад, затем $0,50 \text{ км}$ на восток и ещё $0,30 \text{ км}$ на север. Найти модуль и направление перемещения группы.
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. При каких значениях масс груза M возможно равновесие системы, приведенной на рисунке, если $m = 4,0 \text{ кг}$? Горизонтальный рычаг массой $2m$ разделен на 8 одинаковых участков. Нить выдерживает максимальное натяжение $T_0 = 25 \text{ Н}$. $5,75 \text{ кг} > M > 2 \text{ кг}$
5. 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

III. Графики можно строить только для скалярных величин. Пример: $x = 2 \text{ м} + 0,1 \text{ м/с } t$ – **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: $S_x = x - x_0$.

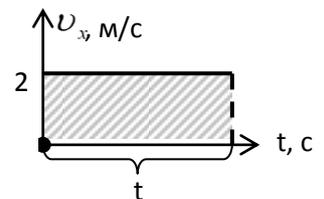
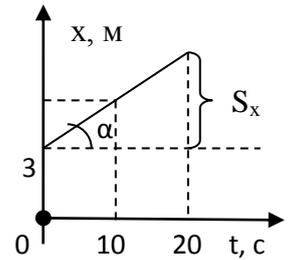
- Проекцию скорости тела: $v_x = \frac{x - x_0}{t} = \frac{S_x}{t} = \text{tg} \alpha$.

- Записать уравнение движения тела: $x = x(t)$.

График проекции скорости. Пример: $v_x = 2 \text{ м/с}$.

По графику проекции скорости можно определить:

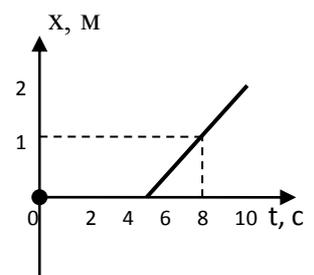
- Проекцию скорости в любой момент времени.
- Проекцию перемещения тела (равна площади фигуры под графиком проекции скорости в координатах v_x, t).
- Записать уравнение движения тела, если известна его начальная координата x_0 .



IV. Задачи (блиц):

1. Уравнение движения тела вдоль оси x имеет вид: $x = -4 \text{ м} + 2 \text{ м/с} \cdot t$. Изобразите рисунок движения и постройте график движения.

2. Пользуясь 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 бежит Ослик? 15 км/ч

2. На поверхности воды, температура которой 0°C , 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°C . 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 $S = 430 \text{ м}$. Скорость Вани равна $V = 2 \text{ м/с}$, 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.

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)

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. 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. Вопросы (блиц):

1. Точка движется вдоль оси ОХ по закону: $x = 4 \cdot (2 + 5t)$. Чему равна проекция её скорости на ось ОХ? 20 м/с
2. У Тани и Димы денег поровну. Какую часть денег должна Таня отдать Диме, чтобы у него стало в два раза больше, чем у нее? Треть
3. 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
4. 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
5. 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? $x=20+Vt$
6. 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

7. Велосипедист 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
8. Вася 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

II. Задачи (блиц):

1. По графику движения постройте график зависимости проекции скорости тела

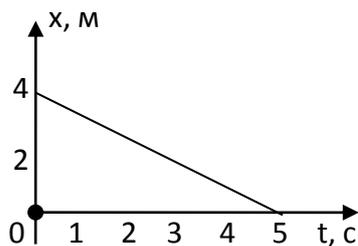


Рис. 1

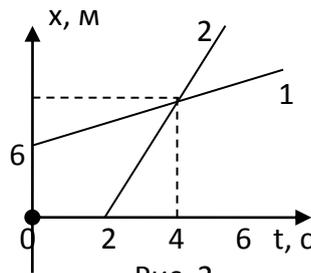
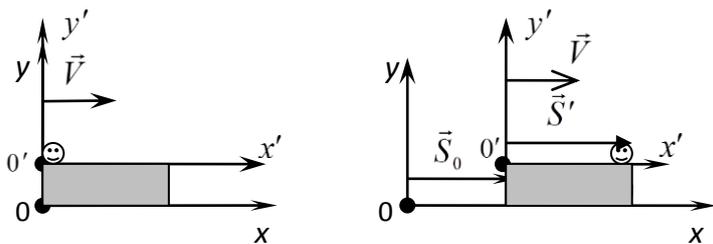


Рис. 2

от времени и график зависимости проеденного пути от времени (Рис. 1).

2. На рисунке 2 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?

III. Многие физические величины зависят от того, в какой системе отсчета, движущейся или неподвижной, производится их измерение. Такие величины называют относительными. Абсолютные (инвариантные) величины не зависят от выбора системы отсчета.



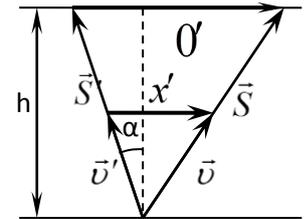
Пример с ученицей и ее котом, который начал перемещаться по крыше движущегося поезда (в этот момент точки O и O' совпадали, наши часы показывали $t = t' = 0$). Спустя некоторое время: $\vec{S} = \vec{S}' + \vec{S}_0$. Если обе части равенства разделить на t , то мы получим: $\frac{\vec{S}}{t} = \frac{\vec{S}_0}{t}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

$\frac{\vec{S}'}{t'} = \vec{v}'$ - скорость тела относительно движущейся системы отсчета (собственная скорость). $\frac{\vec{S}_0}{t} = \vec{V}$ - скорость движущейся системы отсчета относительно неподвижной (переносная скорость). $\frac{\vec{S}}{t} = \vec{v}$ - скорость тела относительно неподвижной системы отсчета.

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

Перемещение и скорость – относительные величины!

Перемещение плывущего ученика в разных системах отсчета. Очевидно, что $\vec{S} = \vec{S}' + \vec{S}_0$ - треугольник перемещений. Если обе части равенства разделить на t , то мы получим треугольник скоростей: $\vec{v} = \vec{v}' + \vec{V}$. Подобие треугольника перемещений и треугольника скоростей: $t = S'/v' = S_0/v_0 = S/v = h/v'\cos \alpha$ (Рассмотреть случаи $\alpha = 0$, $\alpha = 60^\circ$, $\alpha \rightarrow 90^\circ$). Кто же прав? С какой скоростью плывет ученик?



IV. Задачи (блиц):

1. 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
2. На противоположных берегах прямолинейного участка реки точно друг напротив друга находятся два человека. Они одновременно начинают движение: первый бежит со скоростью $v_1 = 2$ м/с вдоль берега реки по течению, второй плывет на катере, максимальная скорость которого относительно воды $v_2 = 13$ 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.

Олимпиада

1. 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. Можно решать с берега, собственные скорости лодок одинаковы. $L=38$ км
2. Скорость лодки относительно воды равна $v_{л} = 1,5$ 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° (по точкам, через график и производную)

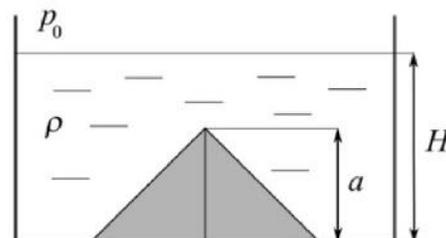
Разное

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 $v_0 = 5$ км/час, при езде на велосипеде одного человека его скорость $v_1 = 20$ км/час, а при езде вдвоем - $v_2 = 15$ 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 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?

3. 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

Олимпиада

1. В безветренную погоду мотодельтаплан совершает полёт между пунктами А и В 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 АВ? Модуль скорости ветра в три раза меньше модуля скорости мотодельтаплана. 0,36 ч
2. Фигурку, склеенную из двух половинок куба со стороной a , приклеили ко дну сосуда. В сосуд налили жидкость плотности ρ до высоты $H > a$. Определите величину и направление силы, с которой жидкость давит на фигурку. Атмосферное давление равно p_0 .



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. 10 собак и кошек съели 56 галет. Каждой собаке досталось 6, а каждой кошке – 5 галет. Сколько было собак и сколько кошек? 6 собак и 4 кошки
3. 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
4. Собственная скорость лодки вдвое больше скорости течения реки. Во сколько раз время путешествия против течения реки больше времени путешествия по течению? 3
5. 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
6. Автобус 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
7. 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?
8. 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
9. Моторная 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. Самолет в безветренную погоду взлетает со скоростью 40 м/с под углом 10° к горизонту. Внезапно начинает дуть горизонтальный встречный ветер,

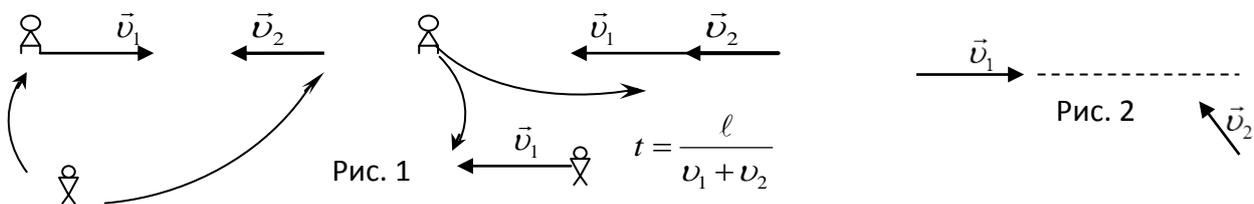
скорость которого 10 м/с. Какой стала скорость самолета относительно земли и какой угол она составляет с горизонтом? 30 м/с, $13,4^\circ$

2. Боря и Света бегают по стадиону с постоянными скоростями, Боря в $\frac{4}{3}$ 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 (решения трех задач учителем)?

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?

Ситуация для наблюдателя на земле. Ситуация для пассажира.



Задача 2. На рисунке 2 изображены траектории двух автомобилей, движущихся со скоростями \vec{v}_1 и \vec{v}_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!

IV. Задачи:

1. Два корабля движутся из одной точки под углом 60° градусов друг к другу со скоростями $v_1=10$ м/с и $v_2=15$ м/с. Найти относительную скорость кораблей. 13
2. Приборы, 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°
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)

Олимпиада:

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. Автомобиль приближается к пункту А со скоростью 80 км/ч. В тот момент, когда ему оставалось проехать 10 км, из пункта А в перпендикулярном

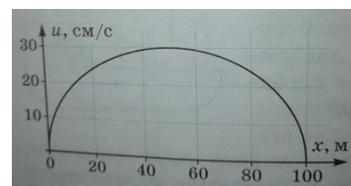
направлении выезжает грузовик со скоростью 60 км/ч. Чему равно наименьшее расстояние (в км) между автомобилем и грузовиком? 6 км

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. Скорость мальчика относительно воды постоянна и равна $v = 1$ м/с. Он смог переплыть реку шириной $L = 100$ м за минимальное время. Зависимость скорости течения u 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



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 v ?
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 мальчика поднимаются по идущему вверх эскалатору, не пропуская ступенек. Один поднимается быстрее другого. Кто из них насчитает больше ступенек?
5. Будет ли кто-то из дуэлянтов иметь преимущество, если дуэль на пистолетах происходит в трюме движущегося корабля?
6. Мяч летит горизонтально со скоростью 10 м/с и налетает по нормали на массивную стенку, которая движется ему навстречу со скоростью 5 м/с. Скорость мотоциклиста 54 км/ч, а скорость встречного ветра 3 м/с. Какова скорость ветра в системе отсчета, связанной с мотоциклистом?

Разное

1. Рыболов, 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

Олимпиада:

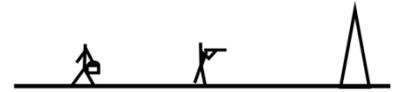
1. Однажды студенты отправились на морскую экскурсию на теплоходе. Теплоход двигался с постоянной скоростью $v_1 = 15$ узлов прямолинейным курсом. Студенты увидели в трех милях к югу от теплохода катер, идущий постоянным курсом со скоростью $v_2 = 26$ узлов. Через некоторое время студенты заметили этот 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°

2. 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

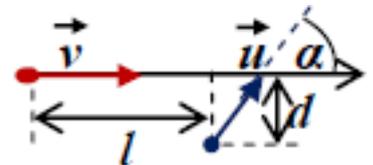
2) С какой скоростью V_R увеличивается в этот момент расстояние между мотоциклистами? 33 м/с

3. На плоской открытой местности находится охотник, грибник и скала. Охотник из точки, расположенной между грибником и скалой, стреляет. Грибник через



время t_1 после выстрела слышит его звук, а затем, через время t_2 после выстрела – эхо от звука, вызванное его отражением от скалы. Грибник остается на одном месте, а охотник подходит к нему и делает второй выстрел. Звук эха доносится через время t_3 после второго выстрела. Определите скорость ветра, дующего в направлении скалы, если скорость звука в неподвижном воздухе равна u .

4. Пилот космического корабля, летевшего прямолинейно со скоростью $v = 50$ км/с (в системе отсчета, связанной с Солнцем), заметил впереди крупный болид, летевший со скоростью $u = 25$ км/с, движущийся под углом $\alpha = 60^\circ$ к курсу корабля. В момент обнаружения болид находился на расстоянии $d = 200$ км от ближайшей к нему точки курса корабля, а эта точка находилась на расстоянии $l = 350$ км от корабля (см. рисунок). На каком минимальном расстоянии друг от друга пройдут корабль и болид, если корабль не будет изменять свою скорость? 1795 м.



5. 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

6. 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?

Занятие 6. Средняя скорость.

I. Вопросы (блиц):

1. Теплоход из Нижнего Новгорода до Астрахани плывет 5 сут, а обратно 7 сут. Сколько времени от Нижнего Новгорода до Астрахани плывет плот? 35 сут
2. 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
3. Автомобиль, двигаясь со скоростью 45 км/ч, в течение 10 с прошел такой же путь, как автобус, двигающийся в том же направлении с постоянной скоростью. прошел за 15 с. Найдите величину их относительной скорости. 15 м/с
4. На 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
5. 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? $v_{\text{ф}} = v_{\text{а}}/2$.
6. 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
7. Катер, переправляясь через реку шириной 800 м, двигался со скоростью 4 м/с перпендикулярно течению реки в системе отсчета, связанной с водой. На сколько будет снесен катер течением, если скорость течения реки 1,5 м/с? 300 м
8. Мяч, 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. 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
10. Пролетая вдоль железной дороги, Карлсон заметил, что все поезда ходят с одинаковой скоростью. При этом встречные поезда проезжают мимо него с относительной скоростью $v_1 = 160$ км/ч, а попутные – с относительной скоростью $v_2 = 40$ км/ч. С какой скоростью летел Карлсон? 100 км/ч

II. Задачи (блиц):

3. Лодочник 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° .

4. Весной катер идёт против течения реки в $1\frac{2}{3}$ раза медленнее, чем по течению. Летом течение становится на 1 км/ч медленнее. Поэтому летом катер идёт против течения в $1\frac{1}{2}$ раза медленнее, чем по течению. Ответ: 5 км/ч — скорость течения весной, 4 км/ч — скорость течения летом. 20 км/ч — собственная скорость катера относительно стоячей воды.

5. Перелет из Каира в Женеву при боковом ветре занимает время $t_1 = 4$ ч. При встречном ветре такой же скорости и полет длится большее время, $t_2 = 4$ ч 27 мин. Какое время t летит самолет по этому маршруту, когда нет ветра? 3,27 ч

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

III. Прямолинейное неравномерное движение. $\vec{v}_{cp} = \frac{\vec{S}}{t}$. Пример: Если поезд проходит 600 км за 10 ч, то его средняя скорость равна 60 км/ч. А менялась ли его скорость в процессе движения? Можно ли по этой формуле рассчитать перемещение тела за 20 ч; за 6 ч движения? Нет! Почему? **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)? $\vec{S} = \vec{v}_{cp} \cdot t$

IV. Задачи (блиц):

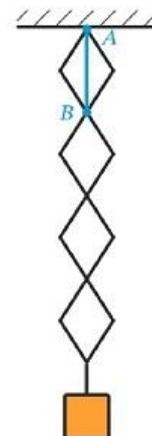
1. Автомобиль движется по автомагистрали со скоростью 120 км/ч. Преодолев $\frac{2}{5}$ своего пути, автомобиль съехал на шоссе, где ему пришлось снизить скорость до 80 км/ч. Проехав с такой скоростью половину всего пути, автомобиль въехал в населенный пункты и уменьшил скорость до 60 км/ч. С такой скоростью он добрался до конечной точки маршрута. Чему равна средняя скорость автомобиля на всем пути? Определите среднюю скорость автомобиля на первых $\frac{4}{5}$ его пути. 89 км/ч. 96 км/ч
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.
3. Движение материальной точки задано системой уравнений: $x_1 = A_1 t^2 + B_1 t + C_1$ при $t \geq 2$ с и $x_2 = A_2 t^2 + B_2 t + C_2$ при $t < 2$ с, где $A_1 = 0,5$ м/с², $B_1 = -2$ м/с, $C_1 = 4$ м, $A_2 = -1$ м/с², $B_2 = 4$ 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

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. Первую 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. Груз массой 10 кг подвешен на легком шарнире, состоящем из четырех звеньев. Определите силу натяжения нити, соединяющей точки А и В шарнира. 400 Н



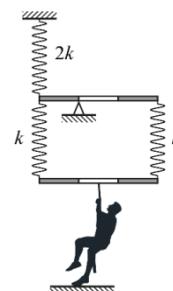
6. Вдоль длинной дороги с постоянной скоростью на равных расстояниях друг от друга колонной ползут черепахи. Мимо стоящего Ахиллеса в минуту проползает $n_1 = 5$ черепах. Если Ахиллес побежит трусцой в сторону движения колонны, то он будет обгонять в минуту $n_2 = 45$ черепах, а если он поедет на велосипеде 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

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. В каком случае мгновенная и средняя скорости равны между собой?
3. Если средняя скорость тела за определенный промежуток времени равна нулю, то означает ли это, что тело находилось в покое?
4. 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?
5. Как, имея часы, определить среднюю скорость поезда: а) днем; б) ночью?
6. 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.

Олимпиада:

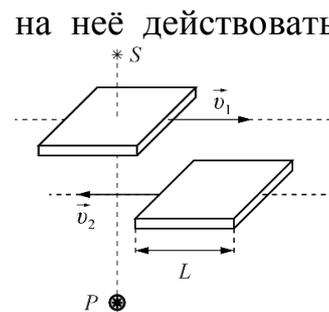
1. Система состоит из трёх лёгких пружин и двух лёгких стержней. Коэффициенты жёсткости пружин указаны на рисунке. Верхний стержень на трети своей длины прикреплен к шарнирной опоре. Углы поворота стержней малы. Пружины остаются вертикальными.



1) Как изменится (в какую сторону и на сколько) длина верхней пружины, если к середине нижнего стержня приложить внешнюю силу F , направленную вертикально вниз?

2) Чему равен коэффициент k_0 – жёсткости системы, если на неё действовать внешней вертикальной силой, приложенной к середине нижнего стержня?

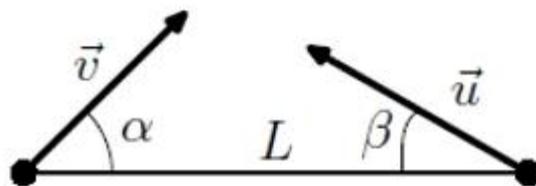
2. Между источником сигнала S и приёмником P перпендикулярно соединяющей их прямой движутся навстречу друг другу с постоянными скоростями две пластины длиной $L = 1$ м. Если сигнал по пути от источника к приёмнику проходит только через одну из пластин, то приёмник зажигает жёлтую лампочку, если через 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

3. Поезд, отправившийся с вокзала Кингс-Кросс, $1/8$ часть пути прошёл со скоростью $v_1 = 52$ км/ч. Средняя скорость поезда на всём пути оказалась равной $v_{\text{ср}} = 34$ 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. 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. Два корабля вышли из одного пункта и движутся под углом $\alpha = 60^\circ$ 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, $49,1^\circ$, 39,8 км.

6. Крейсер движется со скоростью $v = 40$ км/ч, а миноносец со скоростью $u = 60$ км/ч (см. рисунок). Когда корабли были на расстоянии $L = 10$ км, их скорости образовывали с линией, соединяющей корабли, углы $\alpha = 60^\circ$ и $\beta = 30^\circ$, соответственно. На каком минимальном расстоянии пройдут корабли друг от друга?



7. Первую треть пути автомобиль ехал со скоростью $v_1 = 27$ км/ч, а последнюю треть времени – со скоростью $v_3 = 3$ км/ч. На втором участке пути его скорость равнялась средней скорости движения на всём пути. Известно, что $v_1 > v_3$. Какой из участков самый короткий, а какой самый длинный? На каком участке автомобиль находился дольше всего, а на каком – меньше всего?
8. 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 $v_{\text{ср}}$ на всём пути. Вычислите $v_{\text{ср}}$. При каких значениях n такое движение возможно?

Занятие 7. Равноускоренное движение.

I. Вопросы (блиц):

1. От какой скорости – средней или мгновенной – зависит степень повреждения автомобиля при аварийной остановке автомобиля?
2. 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
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. Половину времени на пути из пункта А в пункт В 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. По 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. Футболист бьет по мячу. Считая удар абсолютно упругим и центральным, определите скорость мяча после удара. Скорость бутсы во время удара не изменяется и равна u . Задачу решить для двух случаев: а) мяч перед ударом покоился; б) мяч двигался навстречу со скоростью u .
8. На дно пустого цилиндрического сосуда постоянного сечения $S = \pi a^2$, где $\pi = 7$, положили ледяной кубик, длина ребра которого равна a . Через некоторое время кубик растаял. Во сколько раз изменилось давление на дно сосуда? Во сколько раз изменились сила, действующая на дно сосуда? Давление в 7 раз, сила 1.
9. 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. Первые две трети пути катер двигался со скоростью, на 7 км/ч превышающей его среднюю скорость за все время движения v_{cp} . На оставшейся части пути он сбросил скорость, так что она оказалась в полтора раза меньше средней v_{cp} . Определить среднюю скорость катера v_{cp} . 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.

$$\begin{array}{ccc} \vec{v}_1 = \vec{v}_0 & \vec{v}_2 = \vec{v} & \vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \\ \begin{array}{c} \bullet \xrightarrow{\hspace{2cm}} \\ t_1 = 0 \end{array} & \begin{array}{c} \bullet \xrightarrow{\hspace{2cm}} \\ t_2 = t \end{array} & \end{array}$$

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: $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$ (уравнение скорости).

Пусть задана зависимость проекции скорости тела от времени: $v_x = v_{0x} + a_x t$ (уравнение проекции скорости). Каков характер движения тела? Что можно определить по графику проекции скорости тела от времени?

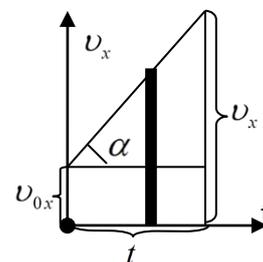
- Проекцию скорости тела в любой момент времени.

- Проекцию ускорения тела: $a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t} = \operatorname{tg} \alpha$.

- Проекцию перемещения тела?

Основные формулы кинематики прямолинейного равноускоренного

движения: $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$; $\vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$.



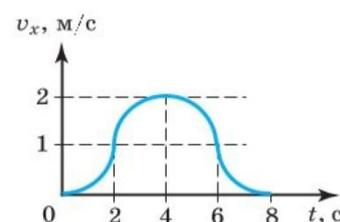
Задачи (блиц):

1. 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/с²

2. 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

3. Материальная 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. $t = t_1(2 + \sqrt{2})$

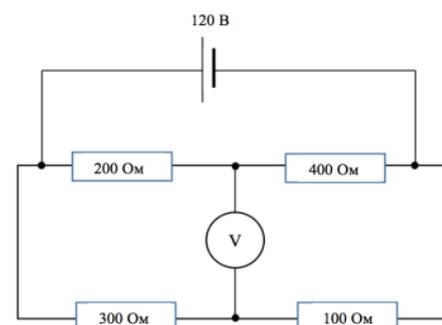
4. По графику проекции скорости прямолинейно движущегося тела найдите путь, который тело прошло к моменту времени 4 с, и среднюю скорость за 8 секунд движения. Известно, что график составлен из одинаковых дуг окружностей. 4 м. 1 м/с



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 на выводах 120 В и идеального вольтметра. Что показывает вольтметр? Сопротивления резисторов указаны на схеме. 50 В



3. В калориметр с $m_0 = 200$ г воды при температуре $t_0 = 60^\circ\text{C}$ поместили три кубика льда массой $m = 10$ г каждый, имеющие температуры $t_1 = -10^\circ\text{C}$, $t_2 = -20^\circ\text{C}$ и $t_3 = -30^\circ\text{C}$. Какая температура установится в калориметре? $40,3^\circ\text{C}$.

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. 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 $x(t)$, $s(t)$, $v_x(t)$.

Олимпиада:

1. 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. Равноускоренное движение.

I. Вопросы (блиц):

1. При прямолинейном движении в начале и в конце движения модуль скорости оказался одинаков. Могло ли тело двигаться с постоянным ускорением?
2. Количество мальчиков, решивших трудную задачу по физике, равно количеству девочек, ее не решивших. Кого в классе больше: решивших задачу или девочек? поровну.
3. Турист проехал автобусом на 80 км больше, чем прошел пешком. Поездом он проехал на 120 км больше, чем автобусом. Какое расстояние он проехал автобусом, если поездом он преодолел в 6 раз большее расстояние, чем пешком? 120 км
4. Тело 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. В прямоугольном треугольнике известны острый угол $\alpha = 60^\circ$ и прилежащий катет $a = 25$ мм. Найти гипотенузу и противолежащий катет. 50 мм; 43,3 мм.
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. 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 .

9. Тело движется по закону $x = -8 + 4t - t^2$. Найти перемещение тела за 3 секунды.

II. Задачи (блиц):

1. 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

2. Поезд начинает движение из состояния покоя и равномерно увеличивает свою скорость. На первом километре она возросла на 10 м/с . Какой она будет в конце второго километра? 14 м/с

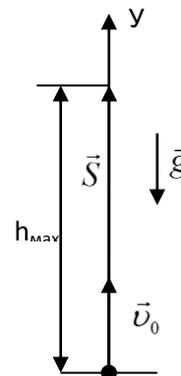
3. Уравнение движения материальной точки имеет вид: $x(t) = 3 - 4t + t^2$. Найдите координату точки через 4 с и путь, пройденный ею за это время. Постройте графики $x(t)$, $s(t)$, $v_x(t)$.

4. 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. $\tau = 0,5(t_1^2 - 3t_2^2) - t_1$

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

1. **Время подъема тела до максимальной высоты:** $t = v_0/g = t_{\text{под}}$ и максимальную высоту подъема: $h_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{2g}$.

2. **Время полета тела:** $0 = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = t \left(v_0 - \frac{gt}{2} \right) \rightarrow t_{\text{пол}} = \frac{2v_0}{g} = 2t_{\text{под}}$ и скорость тела в момент падения.



Задачи (блиц):

1. Прыгая с вышки, пловец погрузился в воду на глубину 2 м за $0,4 \text{ с}$. С каким средним ускорением двигался пловец в воде? С какой высоты он прыгал? 25 м/с^2 . 5 м

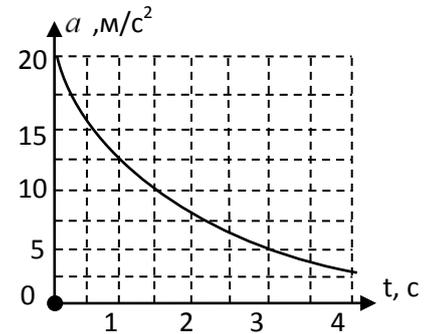
2. Маленькая ракета, взлетающая с Луны, поднимается вверх с ускорением 3 м/с^2 . Через 40 с после начала движения от нее отделяются пустые топливные баки. Через какое время после этого они упадут на поверхность Луны? $2,8 \text{ мин}$

3. 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. $20,6 \text{ м/с}$

4. 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? Ответ дайте в метрах, округлив до целых. Клифф-дайвинг — это прыжки в воду с естественных вышек — например, скал. Считайте, что начальная скорость прыгуна равна

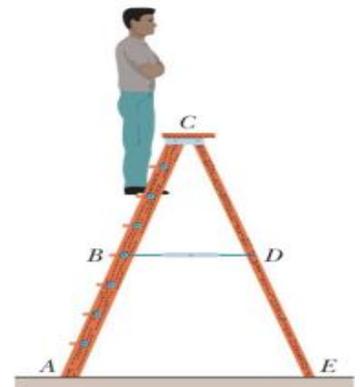
нулю. Ответ: 5.

5. 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
6. 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 $g = 10 \text{ м/с}^2$. 25 м/с. Изменение скорости за 1,5 с равно площади под графиком.

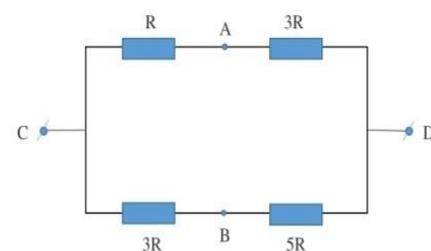


Олимпиада:

1. 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
2. В сосуд, наполненный до краев водой с температурой $t_0 = 44^\circ\text{C}$, аккуратно опускают кубик льда. После завершения теплообмена в сосуде устанавливается температура $t_1 = 33^\circ\text{C}$. 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°C
3. Если в схеме, изображенной на рисунке, между точками A и B включить идеальный вольтметр, то он покажет напряжение $U_v = 21 \text{ В}$. Когда между теми же точками включен идеальный амперметр, то он показывает ток $I_A = 1 \text{ А}$. Найдите сопротивление R и напряжение U между точками C и D. Между точками C и D напряжение постоянно. 8 Ом. 168 В
4. 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.



$$t = 2 \frac{\sqrt{U^2 + 2gH}}{g}$$

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. Выведите формулу длины пути ℓ , который проходит свободно падающее тело за последнюю секунду своего падения.
 3. Начальная скорость брошенного вверх тела уменьшилась в 2 раза. Во сколько раз уменьшилась высота подъема?
 4. 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.
 5. Как надо бросить камень с балкона, чтобы его скорость при падении на землю была наибольшей?
 6. Камень начинает свободно падать. За последнюю секунду своего движения он пролетел 20 метров. Сколько времени падал камень? Ответ. 2,5 с.
 7. Лыжник скатывается с горы (наклонная плоскость) за время τ . За какое время он спустится с горы такой же формы, но в 4 раза большего размера?
 8. Медведь упал в яму-ловушку глубиной 19,617 метров. Время его падения составило 2,000 с. Какого цвета был медведь?
 9. Из двух точек, расположенных на одной вертикали вблизи поверхности Земли, начинают одновременно падать два тела. Как будет меняться расстояние между ними при свободном падении?

Олимпиада:

1. Камень, брошенный вертикально вверх, оказался на высоте $h_2 = 20$ м через время $\tau = 2$ с после того, как он побывал на высоте $h_1 = 16$ м. Определите максимальную высоту H , на которую поднялся камень во время полета.
2. 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.
3. В стакане находится горячий чай, в котором растворено 10 г сахара. Масса содержимого стакана M , температура 100°C . Чай охлаждают по следующей методике. В него опускают кусочек льда массой $M/9$ при 0°C . 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°C . 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. Если из первой стоки во вторую переложить 10 тетрадей, то тетрадей в стопках

- станет поровну. На сколько тетрадей в первой стопке больше чем во второй? 20
3. 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
 4. Два шарика выпущены из одной точки один после другого. Меняется ли расстояния между ними при падении? Нет
 5. На поверхность Марса тело падает с высоты 100 м примерно 3 с. С какой скоростью оно достигает поверхности? 28,6 м/с
 6. По 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
 7. Какой должна быть начальная скорость камня, брошенного с земли вертикально вверх, чтобы за четвертую секунду после броска его перемещение было равно нулю? 35 м/с
 8. Почему восходящая струя фонтана сплошная, а нисходящая распадается на отдельные части?
 9. Доказать, что при свободном движении тел вблизи поверхности Земли их относительная скорость постоянна. $v_2 - v_1 = v_{02} - v_{01}$

II. Задачи (блиц):

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. 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 $AB = 2,5$ м. $t = 5$ с
4. Определить, как относится время прохождения свободно падающим телом первой половины пути ко времени прохождения им второй половины. $\sqrt{2} - 1$

III. Задача: Мяч брошен со скоростью v_0 под углом α к горизонту. Определите

Дано:
v_0, α
$h_{\max} - ?$
$\tau - ?$
...

$$S_x = v_{0x}t, S_y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}, v_x = v_{0x}, v_y = v_{0y} - gt.$$

высоту наибольшего подъема, время полета, дальность полета, скорость и перемещение за любое время, записать уравнение траектории.

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

а) Время подъема $t = \frac{v_{0y}}{g}$ и максимальную высоту подъема тела $h_{max} = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = \frac{v_{0y}^2}{2g}$,

скорость в верхней точке ($v = v_{0x}$).

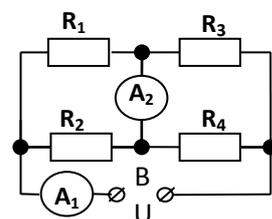
б) Время полета ($0 = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} \rightarrow t = 2 \cdot v_{0y}/g$) и дальность полета тела ($L = S_x = v_{0x}t = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$).

Задачи (блиц):

1. Найти дальность полета пули, вылетевшей со скоростью 700 м/с из винтовки, расположенной горизонтально на высоте 1,5 м. 380 м
2. При защите ледяной крепости со сторожевой башни бросают горизонтально снежок со скоростью 5 м/с, который находится в полете 1,2 с. Определите высоту башни, дальность полета до цели и конечную скорость снежка. 7,2 м. 6 м
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. На одной неизвестной планете камушек, брошенный со скоростью 10 м/с под углом 60° к горизонту, через время 2 с имел скорость, направленную под углом 30° к горизонту. Определите, на какую высоту поднялся камушек за это время? Соппротивлением воздуха пренебречь. $2,9 \text{ м/с}^2$
5. 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. Соппротивление воздуха не учитывать.

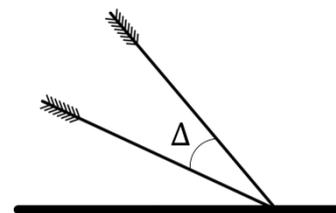
Олимпиада:

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 v_0 и побежала вертикально вверх по сосне. С какой постоянной скоростью нужно бежать белке, чтобы поймать орех? $u = v \left(\frac{H}{L} - \frac{g}{2v^2} \right)$.
2. 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° 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.
3. Во время лабораторной работы Костя собрал схему из четырех резисторов и двух амперметров. При напряжении 2 В он снял показания амперметров ($A_1 = 1 \text{ мА}$, $A_2 = 0 \text{ мА}$), 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 ($U = 14 \text{ В}$, $A_1 = 3 \text{ мА}$, $A_2 = 2 \text{ мА}$). Определите сопротивление всех резисторов. Амперметры идеальные, резистор после плавления не проводит ток. $R_1 = R_3 = 2 \text{ кОм}$. $R_2 = R_4 = 4 \text{ кОм}$.

4. 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 $\Delta = 40^\circ$. 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: $\sin(2x) = 2 \sin(x) \cos(x)$. $\alpha = 25^\circ$, $\beta = 65^\circ$.



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 v_0 . В какой точке траектории его ускорение максимально?
3. Скорость тела, брошенного горизонтально с некоторой высоты, уменьшили в четыре раза. Как изменилась дальность полета; время полета?
4. Почему грязь от передних колес прицепа забрызгивает трактор?

Олимпиада:

1. Из некоторой точки А брошено тело под углом к горизонту. Через время t оно достигло точки В, в которой вектор его скорости оказался перпендикулярным вектору начальной скорости тела. Найдите расстояние АВ между точками А и В. Сопротивление воздуха можно не учитывать. Ускорение свободного падения примите равным g .

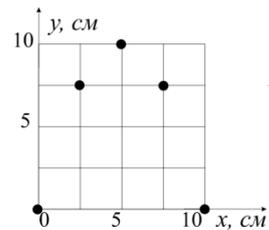
2. С земли необходимо перебросить мяч через сетку, находящуюся на расстоянии L от места броска. Верхний край сетки находится на высоте H . При какой наименьшей начальной скорости мяч перелетит через сетку? Под каким углом к горизонту необходимо его при этом бросить?

$$V_0 \geq \sqrt{g(H + \sqrt{H^2 + L^2})}; \quad \text{tg}\alpha = \frac{H}{L} + \sqrt{1 + \frac{H^2}{L^2}}$$

3. Находящийся на горизонтальной площадке фейерверк разрывается на множество осколков, летящих с одинаковой по модулю скоростью во всевозможных направлениях. Через время $\tau = 1 \text{ с}$ после разрыва один из осколков находился на высоте $h = 15 \text{ м}$ и на расстоянии $l = 34,6 \text{ м}$ 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. $8 \cdot 10^4 \text{ м}^2$

4. На рисунке показана стробоскопическая фотография шарика, брошенного под углом к горизонту из начала координат. Найдите начальную скорость шарика. 1,44 м/с



5. 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 $\eta = 0,17$. Масса стрелы $m = 54$ г. В момент выстрела стрела находится на $h = 70$ см выше центра мишени. Ускорение свободного падения $9,8$ м/с². Выр. \cos через \sin и решить $25,8^\circ$. $72,5^\circ$

6. 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/с².

- На каком расстоянии от середины ленты шайба перестанет скользить по ленте?
- Каков коэффициент трения шайбы о ленту? 0,5

7. 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

8. Небольшая катапульта умеет стрелять маленькими петардами под любым углом к горизонту. На расстоянии $L = 3$ м по горизонтали от катапульти и на высоте $H = 4$ м находится мишень. Петарда зажигается в момент запуска из катапульти, и проведя в полёте время $t = 1,2$ с, взрывается. С какой минимальной скоростью V нужно запускать петарды, чтобы они достигли мишени в момент взрыва? Под каким углом к горизонту следует запустить петарду, чтобы она находилась на минимальном расстоянии от мишени в момент взрыва, если начальная скорость петарды будет меньше V ? Ускорение свободного падения g считайте известным.

9. Камень бросают с вышки со скоростью $v_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. В полете камень все время приближается к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2,5v_0$. 1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю. 2) Найти время полета камня. 3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета. падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

10. Из окна десятого этажа многоквартирного дома бросили небольшой шарик со скоростью $v_0 = 6,5$ м/с, так что величина перемещения шарика за первую секунду движения составила 6,5 м. Считая ускорение свободного падения равным 10 м/с², а также пренебрегая силой сопротивления воздуха, ответьте на следующие вопросы.

- На какую наибольшую высоту поднимается шарик относительно начальной точки в процессе движения?
- Чему равна абсолютная величина перемещения шарика за вторую секунду движения, если известно, что за это время шарик не достигает поверхности земли?

11. Утка летела по горизонтальной прямой с постоянной скоростью \vec{u} (рис.3). В нее бросил камень неопытный охотник, причем бросок был сделан без упреждения, т. е. в момент броска скорость камня \vec{v}_0 была направлена как раз на утку под углом α к горизонту. На какой высоте летела утка, если камень всё же попал в нее? Сопротивлением воздуха, размерами утки и ростом охотника пренебречь.

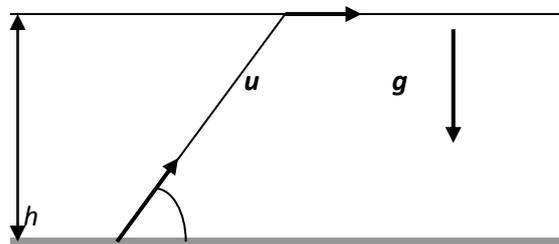


Рис.3

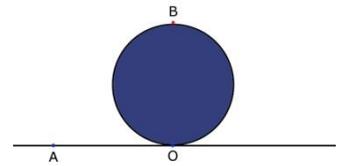
12. Самолет А летит над землей на высоте h с горизонтальной скоростью v_1 . Из орудия В произведен выстрел по самолету в тот момент, когда самолет находится на одной вертикали с орудием. Найти: 1) Какому условию должна удовлетворять начальная скорость v_0 снаряда для того, чтобы он мог попасть в самолет; 2) Под каким углом α к горизонту должен быть сделан выстрел. Сопротивлением воздуха пренебречь. Должно быть два действительных корня.

Занятие 10. Вращательное движение.

I. Вопросы (блиц):

1. Мяч бросили с начальной скоростью 20 м/с под углом 30° к горизонту. Через какое время после броска скорость мяча будет направлена горизонтально? 1с
2. Если бы школьник купил 11 тетрадей, то у него осталось бы 5 рублей. А на 15 тетрадей у него не хватило 7 рублей. Сколько денег было у школьника? 38 руб.
3. Если Аня идет в школу пешком, а обратно едет на автобусе, то всего на дорогу она тратит 1,5 часа. Если она едет на автобусе в оба конца, то весь путь у нее занимает 30 минут. Сколько потратит Аня на дорогу, если и в школу и из школы она будет идти пешком? 2,5 ч
4. Как движется тело, уравнение движения которого имеет вид $y = 12 + 6 \cdot t - 4,9 \cdot t^2$?
5. 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
6. В каком случае выпавший из окна вагона предмет упадет на землю раньше: когда вагон стоит на месте или, когда он движется? Без разницы

7. Камень, брошенный под углом 30° к горизонту, находился в полете 2 секунды. Определить модуль скорости, с которой камень упал на землю. Ответ. 20 м/с.
8. 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? $D/\sqrt{2}$
9. Мышонок 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? 5 м



II. Задачи (ближ):

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° к горизонту? 11 м
2. Минометная батарея расположена у подножья горы с наклоном к горизонту 45° . Под каким углом к горизонту нужно установить ствол орудия, чтобы мина достигала склона на максимальной высоте? $54,7^\circ$
3. Теннисный мяч ударяют ракеткой у самой земли, сообщая ему скорость $V_0 = 20$ м/с под углом $\alpha = 45^\circ$ 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? 10 м.
4. Тело, брошенное под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, оказалось на высоте h в моменты времени $t_1 = 3$ с и $t_2 = 7$ с. Найдите эту высоту h и модуль начальной скорости v_0 тела. Сопротивлением воздуха пренебрь. 125 м. 100 м/с

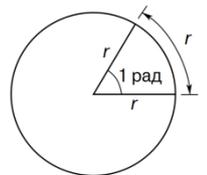
III. Равномерное вращательное движение. Ускорение тела, равномерно движущегося по окружности - центростремительное, т.е. направлено по радиусу окружности к ее центру. $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \rightarrow \frac{\Delta v}{v} = \frac{S}{R} = \frac{v \Delta t}{R} \rightarrow a_n = \frac{v^2}{R}$. Модуль тангенциального

ускорения: $a_\tau = \frac{v - v_0}{t}$. Модуль полного ускорения: $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$

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. $n = \frac{N}{t}$; $n = \frac{1}{T}$.

2. Угол поворота (φ) - угол, на который поворачивается тело за данный промежуток времени, измеряемый в радианах.

3. Угловая скорость (ω):



$$\omega = \frac{\varphi - \varphi_0}{t}; [\omega] = [c^{-1}] = [\text{рад/с}]; \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n; v = \omega R; a_n = \omega^2 R.$$

Направление вектора угловой скорости определяется с помощью правила правой руки.

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_z t - \text{уравнение движения.}$$

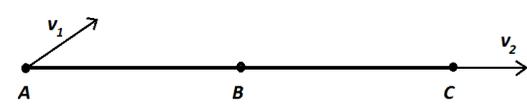
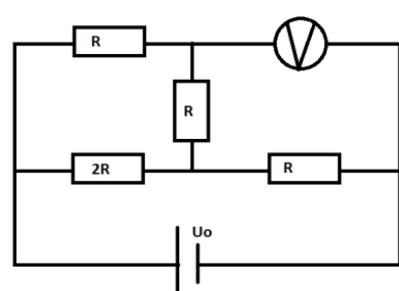
Равноускоренное вращательное движение: $\varphi = \varphi_0 + \omega_{0z}t + \frac{\varepsilon_z t^2}{2}$. $\Delta\varphi = 2\pi N$

Угловое ускорение ($\vec{\varepsilon}$): $\vec{\varepsilon} = \frac{\vec{\omega} - \vec{\omega}_0}{t}$; $\vec{\omega} = \vec{\omega}_0 + \vec{\varepsilon}t$. $a_\tau = \varepsilon \cdot R$.

IV. Задачи (блиц):

1. Поезд 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 $v = 0,5$ м/с. Вектор скорости изменяет направление на $\Delta\varphi = 30^\circ$ за время $\Delta t = 2$ с. Каково нормальное ускорение точки? $0,13$ м/с²
3. 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 $n = 2$ об/с, а радиус колес велосипеда $R = 0,35$ м? $8,8$ м/с

Олимпиада:

13. Твёрдый стержень движется 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 (см. рисунок). Определите для этого момента времени скорость середины стержня. Ответ: $\approx 4,3$ м/с.
 
14. Небольшая 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/с²? $\approx 7,92$ м/с.
15. 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. $\Delta\varphi = 2,23$ рад, 9 рад/с, 2 рад/с², $t_2 = 1$ с, $a_\tau = 0,4$ м/с², $a_n = 9,8$ м/с², $a = 9,8$ м/с².
16. Определить показания идеального вольтметра, изображенного на рисунке, если напряжение на батарее 12 В, а сопротивление $R = 100$ Ом. 9 В
 
17. 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 v и $2v$. С какой угловой скоростью вращается стержень гантели в этот момент времени? (скорость центра масс $1,5v$, поэтому $\omega = v/L$.)

Вопросы:

1. Как определить радиус окружности, по которой движется на тело, на каком-

либо участке криволинейной траектории?

2. 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.
3. Укажите два случая движения тел, в которых тангенциальное ускорение обращается в нуль?
4. 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?
5. Как изменяется угол между скоростью и ускорением у тела, которое начинает двигаться по окружности с возрастающей скоростью?
6. Под каким углом - острым или тупым - направлено полное ускорение относительно скорости автомобиля, когда водитель тормозит на закругленном участке дороги?
7. Точка движется по окружности радиуса 2 м с постоянным по модулю центростремительным ускорением 8 м/с^2 . Определить модуль перемещения точки за время $\pi \text{ с}$.

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. $5,2 \text{ м/с}$
2. С какой минимальной скоростью следует бросить камень с горизонтальной поверхности земли, чтобы он смог перелететь через дом высотой 4 и шириной 6? $11,8 \text{ м/с}$

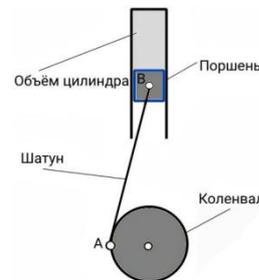
Олимпиада:

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. $1,5 \text{ с}$
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. 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 $h_1 = 25 \text{ см}$, а второй – на высоте $h_2 = 10 \text{ см}$ над диском. Определите ускорение свободного падения g , если после пережигания

нити следы от упавших шариков на диске оказались разошедшимися на угол $\varphi = 38^\circ$.

4. Камень брошен горизонтально со скоростью 25 м/с. Найдите отношение модуля нормального ускорения к модулю тангенциального ускорения в конце первой секунды после начала движения.

5. 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 АВ, равна $L = 136$ мм.



1) Сколько раз поршень остановится за один оборот коленвала?

2

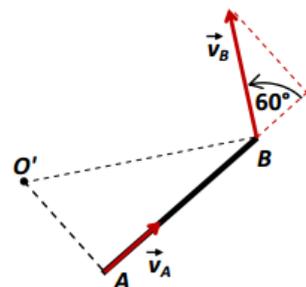
2) Найдите скорость нижнего конца А шатуна в м/с. 6,6

3) Найдите путь, проходимый поршнем за одну минуту. 252 м

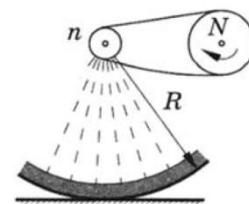
4) Найдите степень сжатия данного двигателя. Степенью сжатия называется отношение максимального объема цилиндра к его минимальному значению. Известно, что минимальный объем цилиндра $V_{\min} = 0.058$ л. 12

6. Муравей бежит по вращающейся грампластинке с постоянной (относительно пластинки) скоростью v , направленной по радиусу от центра. Пластинка вращается с постоянной угловой скоростью ω . Найдите величину полного ускорения муравья относительно Земли в тот момент, когда расстояние от него до центра грампластинки равно r .

7. Жесткий стержень АВ длиной 1 м скользит по ровной поверхности, и в некоторый момент времени скорость одного конца А направлена в сторону В и равна по величине 0,5 м/с. В тот же момент времени скорость конца В составляет с АВ угол 60° . Найти величину скорости конца В и угловую скорость вращения стержня.



8. По окружности радиуса $R = 100$ м бежит с постоянной скоростью $V_1 = 0,628$ м/с кролик, нерастяжимая натянутая веревочка привязана к кролику и закреплена в центре круга. В начальный момент времени в центре круга находится улитка, она бросается в погоню - ползет по веревочке со скоростью $V_2 = 0,2$ см/с. На каком расстоянии от начальной своей точки будет находиться кролик в тот момент, когда улитка его догонит? Считать размеры кролика и улитки очень маленькими.



9. Велосипедное колесо с радиусом R катится с постоянной скоростью v по горизонтальному участку земли в поле тяжести g без проскальзывания. С его верхней точки от покрышки отрывается кусочек глины. Какое расстояние S успеет проехать после этого колесо прежде, чем наедет на оторвавшийся кусочек, который упал на землю и сразу к ней прилип?

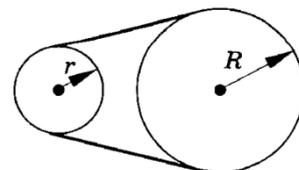
Занятие 11. Законы Ньютона.

I. Вопросы (блиц):

1. Что длиннее – градус широты или градус долготы? Широты
2. У овец и кур вместе 36 голов и сто ног. Сколько всего овец? 14
3. 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.
4. Из дома Юра вышел на 5 минут позже Лены, но шел в 2 раза быстрее, чем она. Через какое время Юра догонит Лену? 5 мин
5. Известно, 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?
1. Во сколько раз угловая скорость вращения Земли вокруг своей оси больше угловой скорости обращения Земли вокруг Солнца? 365,25
2. Выразите в радианах угол, на который поворачивается часовая стрелка за 1 ч.
3. Чему равно перемещение тела за 45 с, период обращения которого 10 с? диам.
4. Когда жители Земли движутся быстрее вокруг Солнца – в полдень или в полночь? Ночью (на экваторе почти на 1 км/с быстрее, чем днем).
5. Какую скорость имеют верхние точки обода велосипедного колеса, если велосипедист едет со скоростью 18 км/ч? 10 м/с
6. Найдите нормальное ускорение точек колеса автомобиля, соприкасающихся с дорогой, если автомобиль движется со скоростью $v = 72$ км/ч, а его колеса делают $n = 8$ об/с. 1000 м/с^2

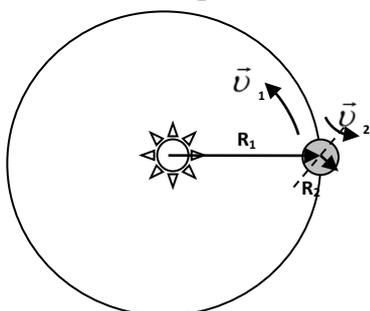
II. Задачи (ближ):

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. Диск, находившийся в состоянии покоя, начал вращаться с постоянным угловым ускорением $0,25 \text{ рад/с}^2$. Через сколько времени угол между векторами скорости и ускорения составит 45° ? 1 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 v и период обращения T_2 второго шкива. $\pi \text{ м/с}$. 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?



$$a_1 = \frac{4\pi^2}{T_1^2} R_1 = 0,0006 \text{ м/с}^2 - \text{орбитальное движение Земли.}$$

$$a_2 = \frac{4\pi^2}{T_2^2} R_2 = 0,034 \text{ м/с}^2 - \text{суточное вращение Земли (для точки на экваторе). Систему отсчета, связанную с Землей, грубо}$$

можно считать инерциальной.

Мы будем изучать движение тел, находясь в ИСО! В ИСО свободное тело сохраняет свою скорость неизменной (первый закон Ньютона). Именно в ИСО выполняются законы Ньютона! **Первый закон Ньютона: Существуют такие системы отсчета, в которых свободное движение происходит с постоянной скоростью.**

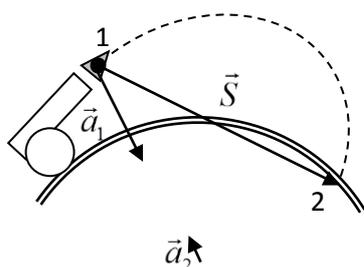
Причина изменения скорости тела (ускорения) - некомпенсированное воздействие (влияние) других тел. **Взаимодействие** - воздействие тел друг на друга, приводящее к изменению состояния их движения. Взаимодействие двух свободных тел. При взаимодействии оба тела изменяют свою скорость, причем их ускорения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

Влияние одного тела на другое коротко называют силой (\vec{F}).

$$m_1\vec{a}_1 = -m_2\vec{a}_2 = \vec{F}_{21} \text{ или } -m_1\vec{a}_1 = m_2\vec{a}_2 = \vec{F}_{12}.$$

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, $\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$ направленными вдоль одной и той же прямой, равными по модулю и противоположными по направлению.



IV. Задачи (блиц):

1. Сила натяжения тетивы лука 30 Н и угол $\alpha = 120^\circ$. Какое ускорение сообщает тетива стреле массой 50 г? 600 м/с^2
2. Тонкая нить из капрона, натянутая горизонтально, рвется, когда посередине 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 коленях трубки. По разности высот, можно измерить ускорение! $\Delta h = L a / g$.

Олимпиада:

1. Вода течет по трубе диаметром $d = 20 \text{ см}$, расположенной в горизонтальной плоскости и имеющей закругление радиуса $R = 2 \text{ м}$. Найти боковое давление воды при расходе 300 т в час. Выделить малый участок у задней стенки. 556 Па
2. На невесомом стержне на равном расстоянии друг от друга укреплены шесть шариков, массы которых m, 2m, 3m, 4m, 5m, 6m. Найти положение центра тяжести тела.
3. 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 $U_V = 16 \text{ В}$, амперметра $I_A = 24 \text{ мА}$. Определите напряжение источника U_0 и



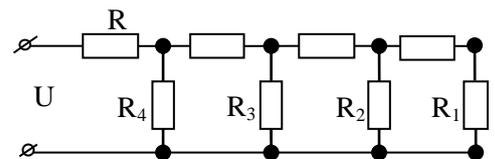
сопротивление резисторов R . Источник тока идеальный. 24 В, 1 кОм

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. Почему с точки зрения физики действие нельзя отличить от противодействия?
6. Два бруска, соединенные 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?
7. Найти равнодействующую двух сил по 10 Н каждая, приложенных в одной точке под углом 45° .
8. Имеет ли вес Земля?

Олимпиада:

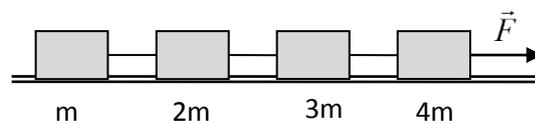
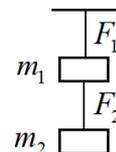
1. Во время летних каникул школьница сварила варенье объемом 1000 см^3 . Оказалось, что средняя плотность варенья больше плотности воды на 2,7%. Перед вторым кипячением школьница, следуя рецепту, добавила воду, чтобы уменьшить среднюю плотность варенья на 0,3%. Сколько кубических сантиметров воды было добавлено в варенье перед вторым кипячением? 129 см^3
2. Сплошной 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. В ванну налита вода температуры 20°C . В нее начинают наливать горячую воды из-под крана при температуре 80°C . 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°C . Вода в ванне быстро перемешивается, так что температура воды в ванне и температура вытекающей из сливного отверстия воды одинаковы.
4. В схеме, изображенной на рисунке, сопротивления резисторов $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1 \text{ Ом}$. При подаче на вход системы напряжения $U = 5 \text{ В}$, напряжения на этих резисторах равны соответственно $U_1 = 1 \text{ В}$, $U_2 = 2 \text{ В}$, $U_3 = 3 \text{ В}$, $U_4 = 4 \text{ В}$. Вычислите сопротивление R крайнего левого резистора в схеме.



Занятие 12. Сила упругости.

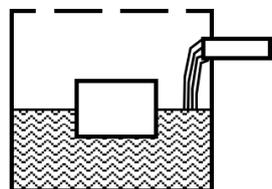
I. Вопросы (блиц):

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. Участникам школьной викторины было предложено 30 вопросов. За правильный ответ давали 13 очков, а за неправильный списывали 10. Один из участников ответил на все вопросы и набрал 160 очков. Сколько правильных ответов он дал? 20
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. Объясните, почему пролетающий над вами самолет «продавливает» землю на несколько микрон?
5. 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?
6. В траве содержится 60% воды, а в сене только 20%. Сколько сена можно получить из одной тонны травы? 500 кг
7. 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?

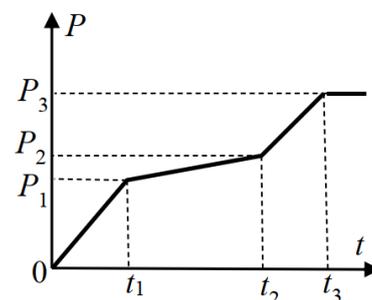


II. Задачи (блиц):

1. Четыре 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/с², 12 Н, 6 Н, 2 Н.
2. Три бруска, связанные невесомыми нитями, движутся вертикально вверх с ускорением $a = 4$ м/с². 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



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

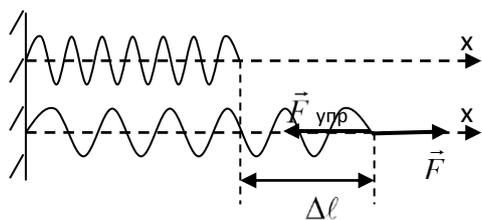


воды вблизи дна бассейна. Определите по данным графика плотность материала, из которого состоит тело. Атмосферное давление на графике принято за ноль. Плотность воды ρ_0 . Расход воды на точках + сила Арх.

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

Деформация – изменение взаимного положения множества частиц тела, приводящее к изменению его размеров и формы.

Деформация растяжения. Абсолютное и относительное удлинение.



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

$F = k\Delta\ell$; $F_{упр} = F = k \cdot \Delta\ell.$

Сила упругости ($\vec{F}_{упр}$) - свойство тела противодействовать деформации, измеряемое при малых деформациях растяжения и сжатия произведением коэффициента жесткости тела на

его абсолютное удлинение.

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

При параллельном соединении пружин общая жесткость увеличивается

$k = k_1 + k_2$, **а при последовательном соединении – уменьшается** $F_{упр1} = F_{упр2} = F_{упр}$;

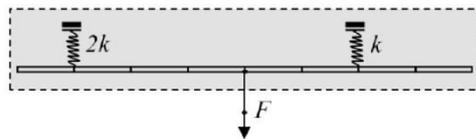
$$\frac{F}{k} = \frac{F_{упр1}}{k_1} + \frac{F_{упр2}}{k_2}; \quad \frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}. \quad k = E \frac{S}{\ell}$$

IV. Задачи (блиц):

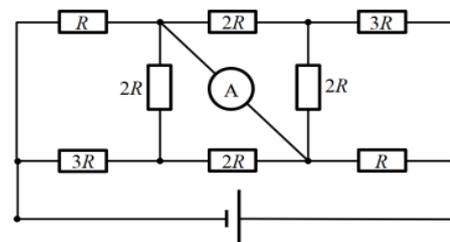
1. На подставке лежит тело массой 0,2 кг, подвешенное к потолку с помощью пружины. Вначале пружина не растянута. Подставку начинают опускать с ускорением 2,0 м/с². Через 0,2 с тело отрывается от подставки. Найти жёсткость пружины. 25 Н/м
2. Подвешенный в машине груз отклонился от положения равновесия на угол 10° при ее ускорении по горизонтальной дороге. Чему равно это ускорение (акселерометр)? 1,73 м/с²
3. 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. Чему равна длина недеформированной пружины? Ответ выразите в миллиметрах. Ответ: 55

Олимпиада:

1. Внутри 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 точку 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. Найдите показание идеального амперметра в электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, если $R = 1$ кОм, а батарейка идеальная и



напряжение на ней 8 В. Ответ выразите в мА, округлите до целого числа. Чрез $2R$ тока нет. 4 мА

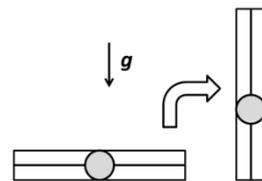
3. К невесомой пружине жесткостью 300 Н/м подвешен алюминиевый кубик. Длина пружины в таком состоянии 20,7 см. Если к этой же пружине подвесить деревянный кубик такого же объема, то длина пружины станет 20 см. Плотность дерева 600 кг/м³. Найдите объем кубика и определите длину пружины в нерастянутом состоянии. 19,8 см. 100 см³

Вопросы:

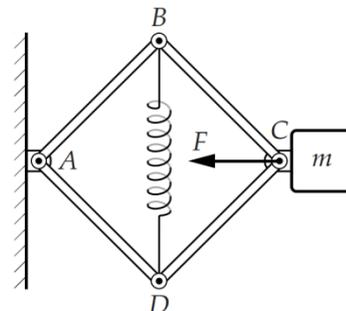
1. Почему опасно рывками поднимать шахтную клеть?
2. Почему человек, идя по льду, старается не сгибать ноги?
3. Как можно измерить силу натяжения каната?

Олимпиада:

1. Посередине горизонтально расположенного пенала покоится небольшой массивный шарик. Он прикреплен к стенкам пенала двумя невесомыми упругими резиновыми шнурами, каждый из которых растянут. Жесткость первого шнура в два раза больше жесткости второго. Сила, действующая на шарик со стороны одного шнура, равна F . Затем пенал поставили вертикально так, что шнур с большей жесткостью стал располагаться над шариком, при этом нижний шнур оказался нерастянутым и одновременно неизогнутым. Найдите массу шарика. Шарик может двигаться только внутри пенала вдоль его длины. Трения между шариком и пеналом нет. Ускорение свободного падения g .

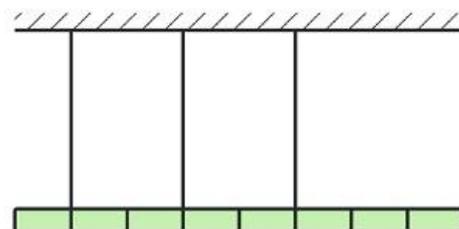


2. Жесткие стержни одинаковой длины $l = 10$ см, соединенные шарнирами, образуют конструкцию $ABCD$ в виде ромба. Шарнир A закреплён на стене, к шарниру C присоединён груз массой 1 кг (см. рисунок). Шарниры B и D связаны пружиной жесткостью 100 Н/м, при этом длина недеформированной пружины в 1,2 раза 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 $\sqrt{2}$ 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).

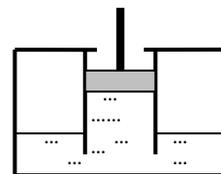
4. Однородный рычаг массой m подвешен на трех одинаковых тросах. Найдите силы натяжения тросов. При малых деформациях силы упругости тросов удовлетворяют закону Гука.



Занятие 13. Всемирное тяготение.

I. Вопросы (блиц):

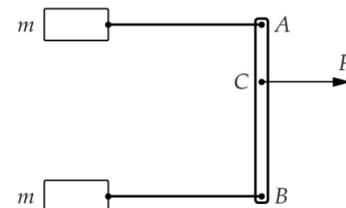
1. Почему веревка может тянуть, но не может толкать, а палка может толкать?
2. Шесть косцов выпили бочонок кваса за 8 часов. Сколько косцов за 3 часа выпьют такой же бочонок кваса? 16
3. Стальной шарик подвешен на нити к гвоздю, забитому в потолок. Какие силы действуют на шарик, на нить и на гвоздь?
4. Два мальчика растягивают динамометр в противоположные стороны, прилагая каждый силу 100 Н. Что покажет динамометр?
5. Три ученика записали закон Гука по разному: $F_{\text{упр}} = k \cdot \Delta l$, $(F_{\text{упр}})_x = -k \cdot x$, $F_{\text{упр}} = k \cdot x$. Кто из них ошибся? 3
6. К пружине длиной 10 см, коэффициент жесткости которой 500 Н/м, подвесили груз массой 2 кг. Какой стала длина пружины? Ответ. 0,14 м.
7. Канат может удерживать тело весом не более 1000 Н. На канате поднимают груз массой 70 кг. При каком ускорении канат разорвется?
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



II. Задачи (блиц):

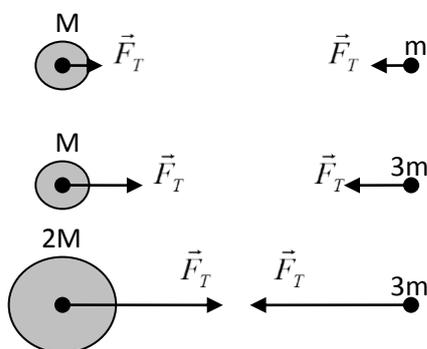
1. «Черный ящик» представляет собой систему, изображенную на рисунке. Внутри него находятся вода и погруженный в нее узкий вертикальный цилиндр с поршнем. К поршню прикреплен выходящий наружу вертикальный шток. Потянув за шток и подвигав его вверх-вниз, школьник решил, что в «черном ящике» находится 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. $0,1 \text{ м}^2$

2. Очень 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 $m = 1 \text{ кг}$. Сила $F = 3,6 \text{ Н}$, 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 . $2,4 \text{ м/с}^2$, $1,2 \text{ м/с}^2$
- 2) Определите ускорение точки C сразу после начала действия силы F . Ответ выразите в м/с^2 , округлите до целого. 2 м/с^2
- 3) Каким будет ускорение точки C при установившемся движении?

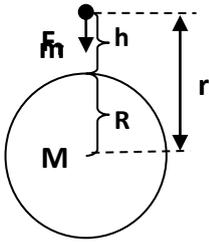
III.



Между любыми двумя телами действуют силы притяжения, которые прямо пропорциональные произведению масс и обратно пропорциональны расстоянию между телами.

$$|\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{21}| = F_T = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

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



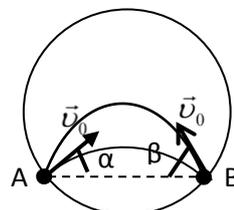
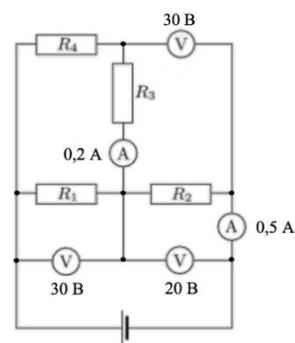
$F_T = G \frac{mM}{r^2} = G \frac{mM}{(R+h)^2}$. Сила тяжести убывает с удалением от Земли! Вблизи земной поверхности $h \ll R$ и $F_T = G \frac{mM}{R^2}$, а $g = G \frac{M}{R^2}$. При вычислениях: $GM = gR^2$.

IV. Задачи:

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? $3,2 \cdot 10^{32}$ кг
2. Высадившись 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"

Олимпиада:

1. Самолет 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.
2. Спортсмен-толкатель ядра, стоя на горизонтальной поверхности, толкнул ядро со скоростью 12 м/с под углом 30° 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? Чему равен максимальный радиус кривизны траектории камня в течение его полета? 8,1 м; 16,6 м
3. 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.
4. 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 $\alpha = 30^\circ$ 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 , α , t . Ответ: $5,13 \text{ м/с}^2$



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 при сближении двух тел, сила гравитационного притяжения между ними уменьшаться?
3. Как взаимодействует кончик нашего волоска с любой точкой во Вселенной? Какая информация хранится в нём?
4. Почему в периоды новолуний и полнолуний приливы достигают максимальной высоты?
5. 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. $L = 2 \text{ а.е.} = 3 \cdot 10^8 \text{ км}$.

Олимпиада:

Занятие 14. Вес тела.

I. Вопросы (блиц):

1. Как изменилась бы орбита Земли, если бы масса Земли вдвое возросла?
2. За два года завод снизил объем выпускаемой продукции на 51%, при этом каждый год он снижался на одно и то же число процентов. На сколько? 30%
3. Если бы линейные размеры всех тел на Земле и самой Земли уменьшились или увеличивались, то, как это можно было бы обнаружить?
4. 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. $2500 \times 274 \text{ м/с}^2 = 685000 \text{ м/с}^2$
5. 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 .
6. Были бы заметны приливы от Луны, если бы максимальная глубина морей и океанов была 1 м?
7. Может ли космонавт стать спутником орбитальной станции?
8. Из двух точек, расположенных на одной вертикали вблизи черной дыры, начинают одновременно падать два тела. Как будет меняться расстояние между ними при свободном падении?
9. Какие измерения должен проделать исследователь для определения массы другой планеты, например Юпитера?
10. Каково ускорение свободного падения внутри тонкой однородной сферы? 0
11. 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 $9,7 \text{ м/с}^2$? Радиус Земли 6400 км , а ускорение свободного падения на полюсах $9,8 \text{ м/с}^2$. $(1-g'/g)R=h = 65,3 \text{ км}$
2. Из всего добытого на Земле золота можно было бы сделать шар, диаметр которого всего 22 м . Плотность золота равна $19,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. С какой силой притягивал бы вас (60 кг) этот шар, если бы вы подошли к нему вплотную? $0,62 \text{ мН}$
3. 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. $0,5 m_{\odot}$

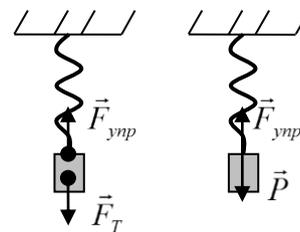
III. Вес тела (\vec{P}) – сила, с которой тело вследствие его притяжения к Земле действует на опору или подвес. Различие между **силой тяжести и весом тела**:

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!

$|\vec{F}_T| = |\vec{F}_{\text{уп}}|$ - по второму закону Ньютона.

$|\vec{F}_{\text{уп}}| = |\vec{P}|$ - по третьему закону Ньютона. $F_T = F_{\text{уп}} = P_1 = mg$



(тело неподвижно).

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

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

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

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: $\vec{F}_T + \vec{F}_{\text{уп}} = m\vec{a}$. $P_2 = F_{\text{уп}} = F_T - ma = m(g - a)$. 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 $a = 2,5 \text{ м/с}^2$. Определите вес сидящего в кресле пассажира массой $m = 60 \text{ кг}$ во время разгона. Ускорение свободного падения равно $9,8 \text{ м/с}^2$. 607 Н .
2. Два пиратских корабля, находящиеся на экваторе, поделив добычу, стали двигаться один строго на запад, а второй строго на восток с одинаковыми по модулю скоростями $v = 20 \text{ км/час}$ 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, $g = 10 \text{ м/с}^2$. Ответ: 16 граммов.

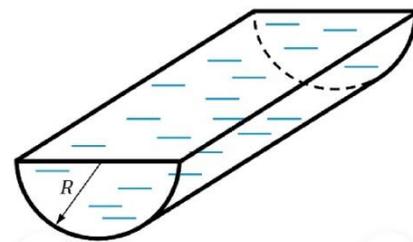
3. Зонд «Гюйгенс», совершивший впервые в мире посадку на спутник Сатурна Титан 14 января 2005 года, имел посадочную массу 319 кг. Зная, что радиус Титана равен $R=2575 \text{ км}$, и его масса $M=1,35 \cdot 10^{23} \text{ кг}$, оцените вес зонда на поверхности спутника после совершения посадки. 433 Н



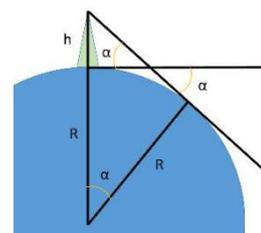
Олимпиада:

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

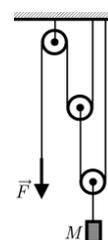
6. Корыто, имеющее форму половины цилиндра радиусом R , до краев заполнено жидкостью плотностью ρ . Длина корыта ℓ . Найдите силу давления жидкости на корыто F_1 . Найдите силу давления воздуха на поверхность корыта F_2 . Атмосферное давление равно p_0 . $dF = R^2 L \cos^2 \alpha \cdot d\alpha$



7. 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. $\alpha = 32''$ $h = 276 \text{ м}$.



8. Груз массой $M = 10 \text{ кг}$ 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.)

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? $8,29 \text{ м/с}^2$ до $13,07 \text{ м/с}^2$.
3. Космический корабль вращается вокруг Луны по круговой орбите радиуса $R = 3,4 \cdot 10^6 \text{ м}$. 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 $g_{\text{л}}$ на поверхности Луны в 6 раз меньше, чем на Земле. Радиус Луны $R_{\text{л}} = 1,7 \cdot 10^6 \text{ м}$. 200 м/с, 100 мин
4. Телу на поверхности Земли сообщили начальную скорость, равную первой космической скорости, направленную под углом α к горизонту. Найдите максимальную высоту подъема над поверхностью Земли и дальность полета.

Занятие 15. Трение.

I. Вопросы (блиц):

1. Где будет низ и верх для инопланетянина, находящегося в каюте на периферии вращающейся тарелки?
2. В коробке 7 красных и 4 синих карандаша. Сколько карандашей надо взять наугад, чтобы было взято не меньше 2 красных и не меньше 3 синих? (Самый крайний 7 красных, тогда 3 синих) 10
3. Одно из двух положительных чисел увеличилось на 1%, а другое – на 4%. Могла ли сумма этих чисел увеличиться на 3%? Могла, если $v=2a$
4. Имеет ли вес Луна?
5. В какой момент должны были ощутить невесомость герои романа Жуль Верна, отправившиеся в снаряде из пушки на Луну?
6. Может ли падающий камень ударить о препятствие с силой, превышающей его вес?
7. Определить вес тела массой 1 кг, находящегося в лифте, который поднимается вертикально вверх с ускорением 1 м/с^2 . Ответ. 11 Н.

8. Как спастись в падающем лифте?
9. Навстречу 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. $t = \sqrt{\frac{2m}{k}} \left(\frac{g}{a} - 1 \right)$
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. Ракета массой 6 т движется у поверхности Луны с постоянным ускорением 2 м/с² под углом 30° к горизонту. Найдите силу тяги, если на Луне ускорение свободного падения $g/6$. 14,4 кН

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

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

«Паспорт» силы трения скольжения:

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

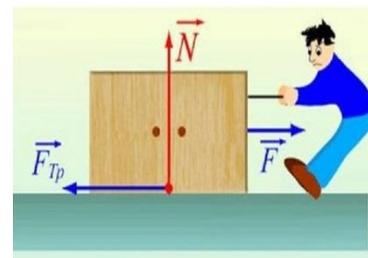
Трение покоя. Направление силы трения покоя: против приложенной силы; в сторону движения (сила тяги автомобиля, подъем на горку) или против движения (спуск с горки). Максимальная сила трения

покоя также пропорциональна силе давления. Опыт показывает, что максимальная сила трения покоя всегда больше силы трения скольжения, однако это отличие невелико, поэтому при решении задач мы будем считать, что $F_{\text{тр}} = F_{\text{тр.п. max}}$.

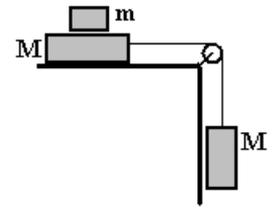
Сухое и жидкое трение. В жидкостях, как и в газах, нет трения покоя. $F_c = k v$ – ламинарное течение. $F_c = k v^2$ (турбулентное течение).

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° к горизонту вниз. Модуль этой силы 1 Н. Сдвинется ли учебник с места? нет
2. Санки, находящиеся на горизонтальной поверхности, тянут, действуя силой, направленной под углом 60° 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. $\mu = 1/\sqrt{3}$



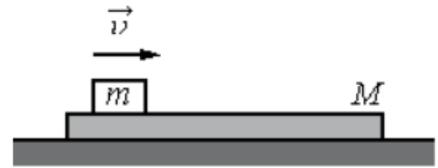
3. При каком значении коэффициента трения между телами они будут проскальзывать друг относительно друга? Больше нигде трения нет.

$$\mu \leq \frac{M}{2M + m}$$

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 $\mu = 0,5$. Трением между бокалом и скатертью пренебречь. А если не пренебречь? $12,5 \text{ м/с}^2$

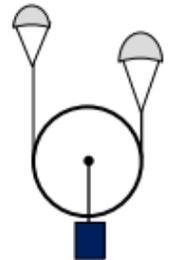
Олимпиада:

1. На гладкой горизонтальной плоскости находится длинная доска массой $M = 2$ кг. По доске скользит шайба массой m . Коэффициент трения между шайбой и доской $\mu = 0,2$. В начальный момент времени скорость шайбы $v_0 = 2$ м/с, а доска покоится. В момент $\tau = 0,8$ с шайба перестаёт скользить по доске. Чему равна масса шайбы m ? $0,5$ кг



2. Хоккейная шайба падает на лед под углом α к вертикали со скоростью v_0 . С какой скоростью шайба начнет скользить по льду, если после удара о лед она не подпрыгивает? Коэффициент трения шайбы о лед равен μ .
Время удара мало. $v = v_0 (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$

3. Маленькое тело падает на землю. Если к нему прикрепить парашют, установившаяся скорость падения равна v . Если прикрепить к телу больший парашют, установившаяся скорость падения равна $v/3$. 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 с разными скоростями, но в ИСО блока их скорости одинаковы $u = \frac{2v}{3\sqrt{2}}$



Вопросы:

1. Почему не падают магниты на холодильнике?
2. Какую силу называют силой тяги автомобиля?
3. На горизонтальной доске лежит груз. Коэффициент трения между грузом и доской $\mu = 0,2$. Какое горизонтальное ускорение следует сообщить доске, чтобы груз начал с нее соскальзывать?
4. 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?

5. 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
6. 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?

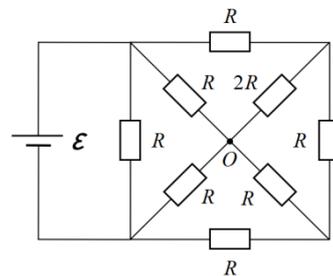
Разное.

1. С каким ускорением будет двигаться тело массой $m = 1 \text{ кг}$ в горизонтальном направлении, если к нему приложена сила $F = 4 \text{ Н}$, направленная под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту? Коэффициент трения равен $\mu = 0,1$. $2,6 \text{ м/с}^2$
2. Приближенная формула для силы вязкого трения, действующей на животное, падающее в воздухе, имеет вид $F = (0,2 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4) S \cdot v^2$, где S — площадь сечения, перпендикулярного к направлению скорости движения. Определите конечную скорость падения пятикилограммового кота, площадь сечения которого порядка $0,1 \text{ м}^2$.

Олимпиада:

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

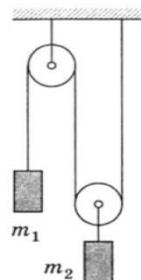
2. Преобразование треугольника сопротивлений в звезду. Из семи одинаковых сопротивлений $R = 180 \text{ Ом}$ и одного сопротивления $2R$ собран квадрат с диагоналями, спаянными в точке O . Квадрат подключён к батарее с ЭДС $\varepsilon = 9 \text{ В}$. Найдите тепловую мощность P , выделяющуюся на всём 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 $V_1 = 5 \text{ м/с}$. Если взять парашют побольше, то установившаяся скорость падения составит $V_2 = 3 \text{ м/с}$. 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 парашюта 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.

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2\sqrt{2}} \approx 2,8$$

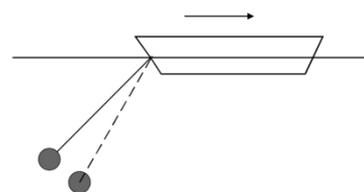
4. В системе, изображенной на рисунке, известны массы грузов m_1 и m_2 . Нить невесома и нерастяжима, массы блоков и трение в осях пренебрежимо малы. Найти ускорения грузов и силу натяжения нити. При каком соотношении масс грузов система будет находиться в равновесии?



Занятие 16. Наклонная плоскость.

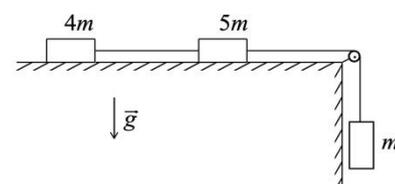
I. Вопросы (блиц):

1. Чем объяснить, что при буксовании колес тепловоза или автомобиля сила тяги значительно падает?
2. 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
3. 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, $2F_{\text{тр}} = 8mg$. $4mg/\mu$.
4. Определите вес тела массой 70 кг, находящегося в лифте, движущемся вверх с ускорением 2 м/с^2 . 840 Н.
5. 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.
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 $\mu = 0,5$. Что происходит с бруском? покоится
8. Можно ли формулу силы трения записать в векторной форме? Нет
9. Равно ли время подъема камня, брошенного вертикально вверх, времени его падения в воздухе?
10. 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? $18,3^\circ$
11. Какое значение имеют щетинки на поверхности тела дождевого червя для его передвижения?



II. Задачи (блиц):

1. Доска массой $M = 5 \text{ кг}$ лежит на гладкой горизонтальной поверхности, на ней находится брусок массой $m = 1 \text{ кг}$. Коэффициент трения между бруском и доской $\mu = 0,3$. Какую горизонтальную силу надо приложить к нижней доске, чтобы она двигалась с ускорением вдвое большим, чем ускорение бруска? 33
2. Два груза массами $4m$ и $5m$, находящиеся на гладком горизонтальном столе, связаны нитью и соединены с грузом массой m другой нитью, перекинутой через

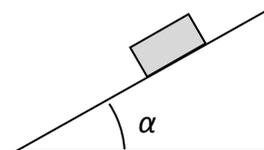


невесомый блок. Трением в оси блока можно пренебречь. Найти ускорение грузов. Во сколько раз сила натяжения нити между грузами на столе меньше силы натяжения другой нити? 1 м/с^2 . $T_1/T_2 = 4/9$

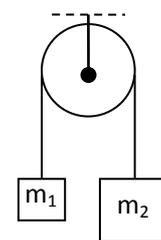
3. На тело массой 1 кг , находящееся на горизонтальной плоскости, действует горизонтальная сила $F_1=3 \text{ Н}$. С какой минимальной горизонтальной силой надо подействовать на тело в перпендикулярном F_1 направлении, чтобы тело начало скользить? Коэффициент трения тела о плоскость $0,5$. 4 Н

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 ($\text{tg}\alpha \geq \mu$)? Рассмотреть оба случая: движение вверх, движение вниз.



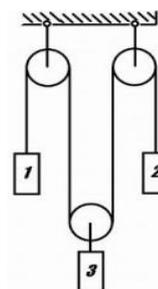
2. Устройство, в котором два груза поддерживаются блоком, называется машиной Атвуда. Считая, что блок не обладает ни массой, ни трением, вычислите: а) ускорение системы; б) натяжение нити.



IV. Задачи (блиц):

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

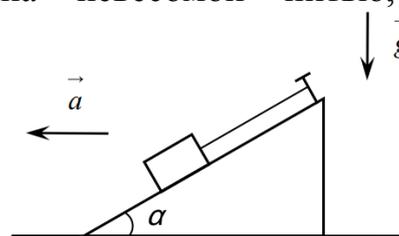
2. Из невесомых блоков, невесомых и нерастяжимых нитей собрана система, изображенная на рисунке. Масса первого груза m , масса второго груза $7m$. Какой массы нужно взять третий груз, чтобы первый груз не двигался? $1,4 m$.



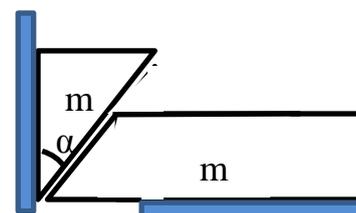
Олимпиада:

1. С какой скоростью можно увеличивать число оборотов в секунду колёс мотоцикла, чтобы не происходило пробуксовки? Коэффициент трения колёс о дорогу $\mu = 0,70$, радиус колеса $R = 0,30 \text{ м}$. Считать, что на заднее колесо, приводящее его в движение, приходится половина веса мотоцикла. $1,8 \text{ с}^{-1}$

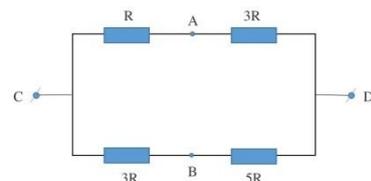
2. На гладкой наклонной грани клина, образующей с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$, лежит брусок, прикрепленный к верхушке клина невесомой нитью, параллельной грани. Клин начинают разгонять с горизонтальным ускорением, абсолютная величина которого зависит от времени по закону $a = k t$, где $k = 0,9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



3. Имеются два клина массами m_1 и m_2 , угол раствора одного из них α . Рассчитайте ускорение левого клина в случае отсутствия силы трения. $a_1 = \frac{m_1}{m_1 + m_2 \text{tg}^2 \alpha} g$



4. Если в схеме, изображенной на рисунке, между точками А и В 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 С и D. Между точками С и D напряжение постоянно. 168 В. 8 Ом



Вопросы:

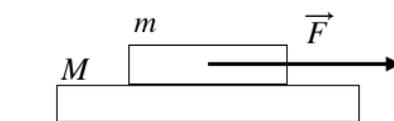
1. Почему легче плыть, чем бежать по дну по пояс погруженным в воду?
2. Что движется с большей скоростью, плот или вода?
3. Почему на пологий склон взобраться гораздо легче, чем на крутой склон?
4. Какая из двух тележек быстрее доедет до края стола: к которой приложена сила 20 Н или, к которой через блок прикреплен груз весом 20 Н?
5. Почему одежда задирается при ношении рюкзака? Какая одежда меньше задирается?
6. Почему у машин хорошей проходимости все четыре колеса должны быть ведущими?
7. Почему нельзя учесть сопротивление воздуха при описании движения падающих тел путем простого уменьшения ускорения свободного падения?
8. Колеса автомобиля заблокированы ручным тормозом, но он скользит вниз по склону. Что нужно сделать, чтобы это прекратилось - частично разгрузить кузов или, наоборот, нагрузить?
9. 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 $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, а Петя толкает такие же санки с Дашей, направляя силу $F_2 = 140$ Н вниз под углом $\alpha = 30^\circ$ 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/с². Коэффициент трения $\mu = 0,20$. Ответ: 127 Н.

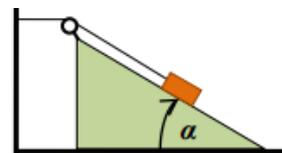
Олимпиада:

1. Двигатель робота работает от идеального аккумулятора с ЭДС $\varepsilon = 30$ 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 $v_1 = 3,2$ 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 $\mu = 0,4$. 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

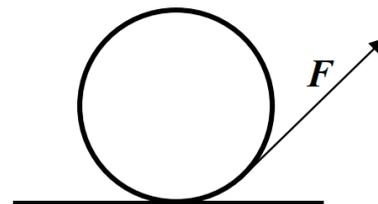


равен $\mu_1 = 0,25$. Коэффициент трения между бруском массой $m = 0,4$ кг и поверхностью бруска массой M равен $\mu_2 = 1,0$. К бруску m приложили горизонтальную силу $F = 3,4$ Н, как показано на рисунке. Найти величину силы трения $F_{\text{тр}}$, действующую на брусок m , в случае, когда оба бруска движутся с одинаковыми ускорениями. 3,04 Н

3. Клин с углом при основании $\alpha = 30^\circ$ находится на горизонтальной поверхности. На его гладкой наклонной поверхности находится небольшой брусок, прикрепленный легким нерастяжимым тросом к стене. Масса клина в два раза больше массы бруска, коэффициент трения между клином и горизонтальной поверхностью равен $\mu = 0,125$. Систему удерживают, а затем аккуратно отпускают. С каким ускорением начнет движение клин? Известно, что это движение поступательное.

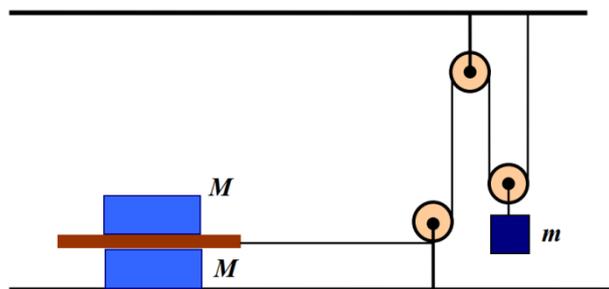


4. На шероховатом горизонтальном столе лежит шероховатый цилиндр. На цилиндр намотана нить. Конец нити тянут под углом вверх с силой F (см. рис.). При этом цилиндр вращается, но не сдвигается с места. При каком минимальном значении силы F возможна такая ситуация? Масса цилиндра m , коэффициент трения между цилиндром и столом равен μ .



5. Небольшой кубик массы m покоится на шероховатой плоскости, наклоненной к горизонту под углом α . Коэффициент трения $k = 2 \cdot \text{tg } \alpha$. Определить, с какой минимальной горизонтальной силой F , лежащей в плоскости склона, нужно толкать, кубик, чтобы он начал двигаться.

5. Система тел, изображенная на рисунке, удерживается неподвижной. Найти ускорение, с которым начнет двигаться очень легкая доска после отпускания. Доска, зажата между двумя одинаковыми брусками с массами M , масса груза равна m . Поверхность, на которой находятся бруски с доской, горизонтальна и коэффициент трения нижнего бруска о поверхность равен $\mu_1 = 0,5$. Коэффициент трения между доской и каждым из брусков $\mu_2 = 1/6$, нить практически невесомая и нерастяжимая. Все блоки невесомы, равноплечие и вращаются без трения.



Занятие 17. Движение на поворотах.

I. Вопросы (блиц):

1. На горизонтальной доске лежит груз. Коэффициент трения между грузом и доской $\mu = 0,2$. Какое горизонтальное ускорение следует сообщить доске, чтобы груз начал с нее соскальзывать? 2 м/с^2
2. В классе 40 учеников. Найдется ли такой месяц в году, в который отмечают свой день рождения не меньше чем 4 ученика этого класса? $12 \cdot 3 = 36$, а 4 попадут

3. Автомобиль массы m движется с постоянной скоростью в горку, угол при основании которой равен α . Найти модуль и направление силы трения $F_{\text{тр}}$, действующей на автомобиль. $F_{\text{тр}} = mg \cdot \sin \alpha$
4. Чему равно ускорение тела, скользящего без трения вниз по гладкой наклонной плоскости с углом наклона 45° . 7 м/с^2 .
5. 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 $0,04$?
6. 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?
7. 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?
8. ТОП-5 способов побыть в невесомости! Назовите их.
9. Если шар скатывается с наклонной плоскости без трения (с трением), то чему равно его ускорение? $a = g \cdot \sin \alpha$. $a = 5/7(g \cdot \sin \alpha)$.

II. Задачи (ближ):

1. К телу массой 5 кг , находящемуся на наклонной плоскости с углом наклона 30° , приложена вверх сила F под углом 45° 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 . $46 \geq F \geq 25 \text{ Н}$. 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 . $1 \text{ ч } 23 \text{ мин}$
3. Тело движется вверх по наклонной плоскости, составляющей угол 30° с горизонтом. Определить коэффициент трения, если время подъема в $1,5$ раза меньше времени спуска. $0,22$
4. С какой минимальной силой юноша массой $m = 51 \text{ кг}$ должен тянуть за веревку, привязанную к ящику массой $M = 129 \text{ кг}$, чтобы сдвинуть его с места? Ящик при этом не переворачивается, а юноша не движется. Коэффициенты трения между ногами юноши и поверхностью $\mu_1 = 0,2$, а между ящиком и поверхностью $\mu_2 = 0,1$. 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.

Боковая и продольная силы трения являются составляющими полной силы трения шин о дорогу: $F_{\text{тр.полн}} = \sqrt{F_{\text{тр.бок}}^2 + F_{\text{тр.прод}}^2}$. 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 $ma = N - F_T$ и $N = F_T + ma$. Для наблюдателя, который находится в лифте $N > F_T$, однако тело в покое (1-й и 2-ой законы Ньютона не выполняется). Если ввести фиктивную силу инерции, то $N = F_T + F_{ин}$ (теперь законы Ньютона выполняются и в неинерциальной системе отсчета), а $F_{ин} = ma$ и направлена она в сторону, противоположную ускорению.

"Паспорт" силы инерции:

- **Фиктивная сила (возникает в неинерциальных системах отсчета);**
- **Модуль $F_{ин} = m a$;**
- **Точка приложения (центр тяжести тела);**
- **Направление (в сторону, противоположную ускорению).**

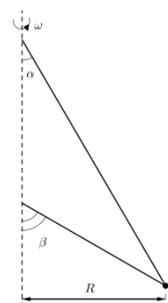
IV. Задачи (блиц):

1. Известно, что, благодаря антикрыльям, вес болида Формулы-1 при скорости $v = 216$ 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 $\mu = 0,8$. 75 м
2. Самолет, 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? 87,7°

Олимпиада:

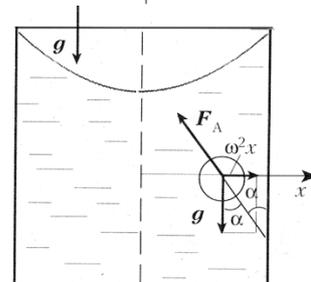
1. Автомобиль, трогаясь с места, равномерно набирает скорость, двигаясь по горизонтальному участку дороги, представляющему собой дугу окружности в 30° радиуса $R = 100$ м. С какой максимальной скоростью автомобиль может выехать на прямой участок пути? Коэффициент трения колес о землю $\mu = 0,3$. (53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

2. Шарик на нитях. Небольшой шарик массой m движется в горизонтальной плоскости по окружности радиуса $R = 25,0$ см вокруг вертикальной оси. Шарик удерживают две нити (рис. 1), составляющие с осью вращения углы $\alpha = 30^\circ$ и $\beta = 60^\circ$. Найдите значения угловой скорости ω , при которой силы натяжения нитей отличаются в 2 раза. Ускорение свободного падения $g = 9,81$ м/с². 5,7 с⁻¹



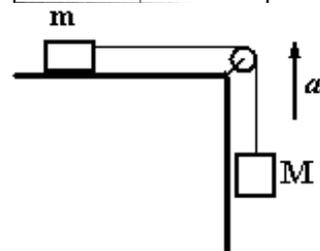
3. Вертикальный цилиндрический сосуд радиусом R , частично заполненный жидкостью, вращается вместе с жидкостью вокруг своей оси. К боковой стенке сосуда на нити длиной l привязан воздушный шарик радиусом r ; во время вращения нить образует со стенкой угол α . Найдите угловую скорость вращения сосуда.

$$\omega = \sqrt{\frac{g \cdot \operatorname{tg} \alpha}{R - (\ell + r) \sin \alpha}}$$



4. Установка, изображенная на рисунке, находится в лифте, который движется вверх с ускорением a . Трения нет. Каково натяжение нити?

$$T = Mm \frac{(a + g)}{(M + m)}$$



5. Тело массы m положили на наклонную грань клина массой $2m$ с углом при основании $\alpha = 30^\circ$. 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. $3,25mg$

Вопросы:

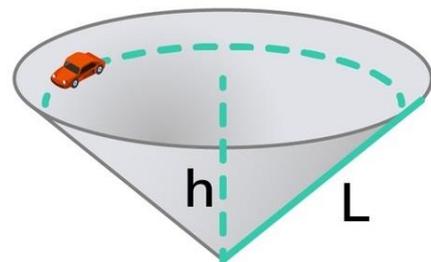
1. На диске центробежной машины лежит шайба. Если постепенно увеличивать скорость вращения диска, то наступает момент, когда шайба соскользнет с диска. Какие измерения в данном опыте вам необходимо провести, чтобы определить коэффициент трения шайбы о диск?
2. На столике в вагоне поезда лежат книга и мяч. Почему, когда поезд тронулся с места, мяч покатился назад (относительно поезда), а книга осталась в покое?
3. Где легче луноходу «не вписаться в поворот» - на Земле или на Луне?
4. Почему на космической станции космонавт находится в состоянии невесомости, а на центрифуге – испытывает перегрузку?
5. Почему на поворотах не следует резко тормозить?
6. Почему поворот трамвая часто происходит со скрежетом?

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 $\mu_1 = 0,23$, а между доской и столом $\mu_2 = 0,52$. 22 Н
2. Внутри вращающейся сферической чаши радиусом R находится небольшое тело. Радиус-вектор тела составляет угол α с вертикалью при вращении. С какой угловой скоростью ω должна вращаться чаша, чтобы тело не соскальзывало, если коэффициент трения покоя равен μ ?
3. 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:

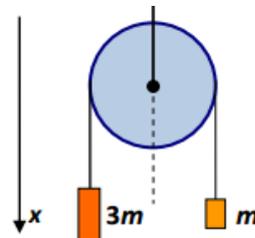
1. Вертикальный цилиндрический сосуд радиусом R , частично заполненный жидкостью, вращается вместе с жидкостью вокруг своей оси. К боковой стенке сосуда на нити длиной l привязан воздушный шарик радиусом r ; во время вращения нить образует со стенкой угол α . Найдите угловую скорость вращения сосуда.
2. 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



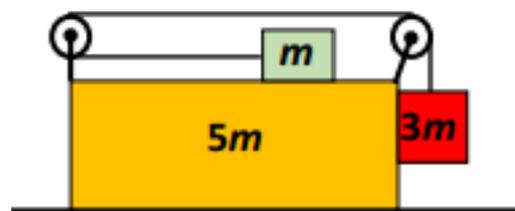
за пределы конуса, если коэффициент трения колес о поверхность $\mu = 0,5$? Все четыре колеса машины ведущие. $v_{\max} = 7 \text{ м/с}$

3. 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. $R = 1/2\pi (1 - m\omega^2/4\pi^2k)$.

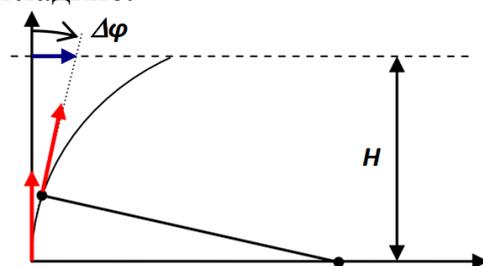
4. Однажды техник Гайка сконструировала систему из легкого блока с перекинутой через него легкой нерастяжимой нитью, на концах которой прикреплены грузы с массами m и $3m$. Она поручила Вжигу тянуть ось блока таким образом, чтобы она двигалась вертикально и при этом ускорения грузов относительно Земли отличались друг от друга по модулю вдвое. Найдите необходимое значение проекции ускорения оси блока на ось x , направленную вертикально вниз (см. рисунок).



5. Брусок массы $5m$ находится на горизонтальной поверхности. На него поместили брусок массы m , который с помощью невесомой нерастяжимой нити и двух идеальных блоков (см. рисунок) соединили с бруском массой $3m$. Участки нити, не лежащие на блоках, горизонтальны либо вертикальны, третий брусок касается первого боковой поверхностью. Тела удерживают неподвижно, затем аккуратно отпускают. Найдите ускорение бруска $5m$ сразу после отпускания. Все тела гладкие.



6. Самолет летит горизонтально на высоте H с постоянной скоростью u . С Земли из точки, находящейся прямо под самолетом стартует ракета. Ракета летит с постоянной по величине скоростью v , причем вектор скорости всегда направлен на самолет. Пренебрегая силой сопротивления воздуха, найти величину силы тяги двигателя ракеты сразу после старта. Масса ракеты m .



7. Стекланный 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 $2,5 \text{ г/см}^3$, плотность воды 1 г/см^3 .

8. 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. $R = 1/2\pi (1 - m\omega^2/4\pi^2k)$.

Занятие 18. Статика.

I. Вопросы (блиц):

1. Почему нелегко удержаться на ногах стоящему человеку в движущемся транспорте в случае его экстренного торможения? Не противоречит ли этот

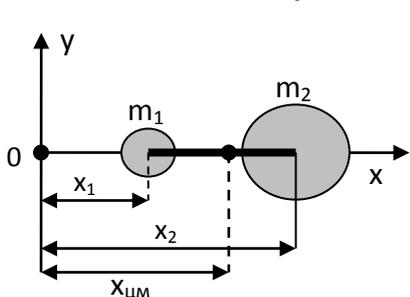
опыт законам Ньютона?

2. 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 седьмом подъезде на 5 этаже.
3. Если тесто для пиццы в виде диска быстро вращать в воздухе, то оно постепенно растягивается от центра в стороны. Почему?
4. Определите вес тела массой 70 кг, находящегося в лифте, движущемся вверх с ускорением 2 м/с^2 . 840 Н.
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 воздуха скапливаются в невесомости на оси вращения чайного шарика?
8. В каком случае мотоциклист сможет более уверенно проехать по скользкой дороге (льду) в момент заноса, если едет сидя или стоит на подножках?

II. Задачи (блиц):

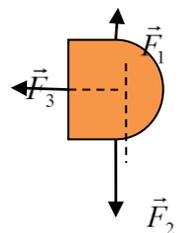
1. Каков должен быть минимальный коэффициент трения $\mu_{\text{мин}}$ между шинами полноприводного автомобиля и асфальтом, чтобы автомобиль мог пройти без проскальзывания закругление радиуса $R = 100 \text{ м}$ на скорости $v = 72 \text{ км/ч}$ и 80% от максимальной тяги? 0,67
2. Мотоцикл едет по внутренней поверхности вертикального цилиндра радиусом $R = 11,2 \text{ м}$. Центр тяжести мотоцикла с человеком расположен на расстоянии $\ell = 0,8 \text{ м}$ от поверхности цилиндра. Коэффициент трения покрышек μ о поверхность цилиндра равен 0,6. С какой минимальной скоростью $v_{\text{мин}}$ должен ехать мотоциклист? Каков при этом угол φ его наклона к плоскости горизонта? 13 м/с ; 31° .
3. 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 $T(x) = \frac{M\omega^2}{4L}(L^2 - x^2)$ на расстоянии x от оси вращения. Через интеграл

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:



$$X_{\text{цм}} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + \dots + m_N x_N}{M} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i x_i}{M}.$$

Центр тяжести тела – точка приложения равнодействующей всех сил тяжести. У конуса $x_{\text{ц}} = h/4$, 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!

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.

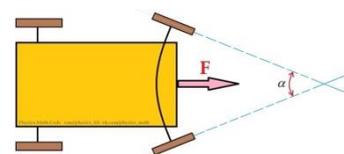
$$M = F \cdot r \cdot \sin\varphi = F \cdot d.$$

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

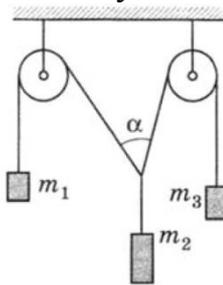
IV. Задачи (блиц):

1. Велосипедист 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? $16,4^\circ$

2. 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 посередине между осями. $0,5Mg\sin(\alpha/2)$.

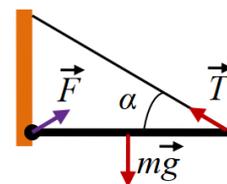


3. На полусфере радиусом 0,5 м находится маленькое тело. Определите высоту h от основания полусферы, начиная с которой тело будет соскальзывать с полусферы. Коэффициент трения $\mu = 0,6$. 43 см



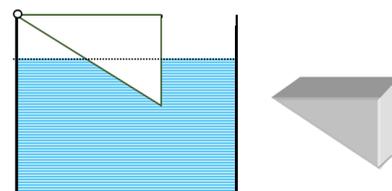
Олимпиада:

1. В системе, изображенной на рисунке, нити невесомы, а трение в осях блоков отсутствует. 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 ромба и стороны, по теореме косинусов. $59,2^\circ$



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, а потом и саму силу).

3. Однородный клин уравновешен в сосуде с водой, так как это показано на рисунке. Клин опирается вершиной на стенку сосуда (вершина клина закреплена «шарнирно»). Верхняя его грань параллельна уровню воды и погружен клин в воду на половину своей высоты (половину вертикального катета). Определите плотность материала клина. Плотность воды 1 г/см^3 . Центр тяжести прям. треугольника $(2/3)a$; 312 г/см^3 .



Вопросы:

1. Если быстро движущийся автомобиль резко затормозит, то его передок опускается книзу. Почему это происходит?

2. 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?

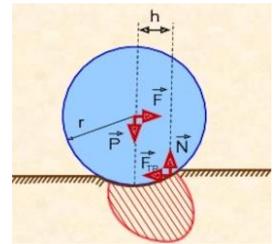


3. В вагоне поезда, идущего горизонтально и равномерно со скоростью 20 м/с по закруглению радиуса 200 м, производится взвешивание груза с помощью динамометра, подвешенного к потолку вагона. Масса груза 5 кг. Каков результат опыта? Для наблюдателя в вагоне задача на статику (принцип Даламбера).

4. Можно ли и как переносить точку приложения силы в твердом теле?

5. Почему человек не может сохранить горизонтальное положение на воде, если не двигает ни руками, ни ногами?

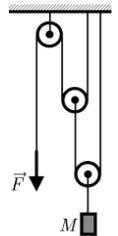
6. Как легче вытянуть увязшую телегу: толкая ее или поворачивая колесо за верхнюю точку колеса?



7. Муравей решил утащить к муравейнику соломинку. Как ему следует поступить, если сила, с которой он может тащить соломинку несколько меньше максимальной силы трения покоя?

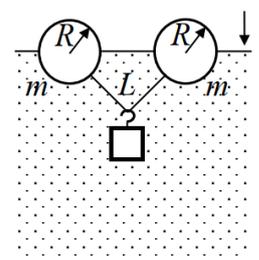
Олимпиада:

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? Ответ дайте в метрах. 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 .

$$\text{ответ: } T = mg \frac{L + 2R}{\sqrt{L^2 + 4RL}}$$



Разное

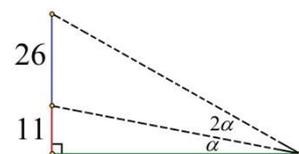
1. Кордовая модель самолета массой 100 г прикреплена к шнуру длиной 10 м и пренебрежимо малой массы. Самолет движется с постоянной скоростью 10 м/с и описывает горизонтальную окружность на такой высоте, что шнур образует угол 30° с поверхностью земли во время движения. Найти натяжение шнура, считая, что подъемная сила перпендикулярна шнуру. 9,5 Н

2. 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; $F=mg/2$.

Занятие 19. Устойчивость.

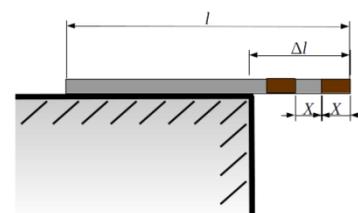
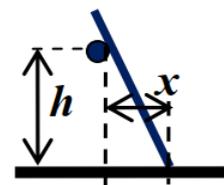
I. Вопросы (блиц):

1. Если велосипедист на повороте не наклонится в сторону поворота, то он упадет в противоположную сторону. Почему?
2. 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
3. По рисунку найдите x и α . $17,3, 32,5^{\circ}$.
4. Определите положение центра масс системы, состоящей из двух тел массами 15 и 10 кг, находящихся на расстоянии 10 м друг от друга. 4 м
5. Какой должен быть угол наклона горки, чтобы с нее можно было кататься на санках при коэффициенте трения 0,1? Минимум 6°
6. 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
7. Для чего при вытаскивании гвоздей из доски подкладывают под гвоздодер железную полоску или дощечку?
8. Какой гамак скорее выйдет из употребления: туго натянутый между деревьями или слегка провисающий? Ответ: сила натяжения веревки $T = mg/(2\sin\alpha)$.
9. Зачем стрелку компаса сажают на острие иглы, ведь сила трения не зависит от площади соприкосновения?
10. Абсолютно твердое тело брошено в воздух без вращения. При отсутствии сопротивления воздуха вращения тела в полете не возникает. Объясните этот факт.
11. Почему толстый гвоздь труднее выдернуть?
12. При очень резком старте автомобиль может "встать на дыбы", т.е. передние колеса могут подняться в воздух. Почему?
13. Надо ли широко расставлять ноги при подъеме больших тяжестей, или их надо держать вместе?



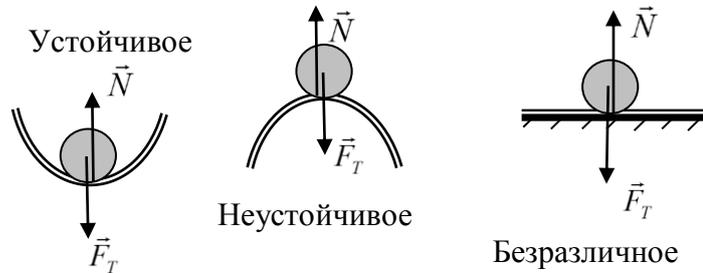
II. Задачи:

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. 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 $\Delta l = 3,5$ 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 ?

III. Понятие равновесия — одно из самых универсальных в естественных науках. Характеристика равновесия, называемая **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.**



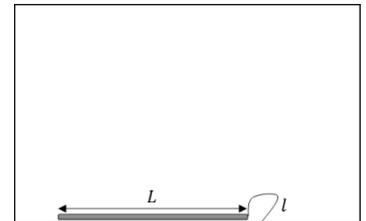
Равновесие тел на опоре.

IV. Задачи:

1. На наклонной плоскости с углом наклона 30° стоит однородный цилиндр радиусом 10 см. Чему равна наибольшая высота цилиндра, при которой он еще не опрокинется? 34,6 см
2. Расстояние между осями передних и задних ведущих колес робота $\ell = 9$ 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 $\mu = 0,8$. Зачем нужен коэффициент трения? Тяга ведущих, поедет при $\mu > 0,6$. 6 см

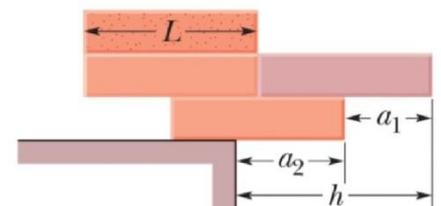
Олимпиада:

1. К горизонтальному дну сосуда с помощью нити длиной $l = 20$ см привязан конец тонкой прямой однородной палочки. Длина палочки $L = 50$ см, площадь её поперечного сечения $s = 2$ мм², её плотность $\rho = 500$ кг/м³. В сосуд наливают воду, плотность воды $\rho_0 = 1000$ кг/м³. Палочка не касается стенок сосуда. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

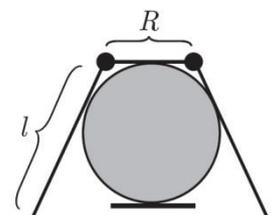


- 1) Определите угол наклона палочки к горизонту, если уровень воды находится на расстоянии $h = 10$ см от дна сосуда. 0°
- 2) Определите угол наклона палочки к горизонту, если уровень воды находится на расстоянии $H = 30$ см от дна сосуда. $16,4^\circ$.
- 3) Определите модуль силы натяжения нити во втором случае. 12,1 мН

2. 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 . $(\frac{1}{2})L$, $(\frac{2}{3})L$; $h = (\frac{5}{6})L$



3. Три однородных стержня одинаковой линейной плотности соединены шарнирами и свободно лежат на поверхности гладкого цилиндра радиуса R (см. рис.). Длина среднего стержня равна радиусу цилиндра. Какой длины l



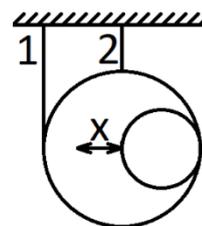
должны быть крайние стержни, чтобы средний стержень оторвался от поверхности цилиндра? Через силы моменты сил относительно $R/2$.

Вопросы:

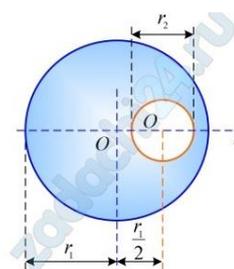
1. Какой стакан более устойчив – пустой или с сахаром?
2. Почему по скользкому льду люди ходят маленькими шажками?
3. Что устойчивее: цилиндр или конус, если высота и площадь основания у них одинаковы?
4. Почему бутылка, частично заполненная водой, плавает вертикально?
5. Чем объясняется форма ареометра: широкая утяжеленная нижняя часть, узкая и легкая верхняя?
6. 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. У гладкой стены стоит лестница. Коэффициент трения лестницы о землю $0,5$. Центр тяжести лестницы находится посередине. Определите наименьший угол, который лестница может образовать с горизонтом, не соскальзывая. 45°
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. $x = (1/6)r$



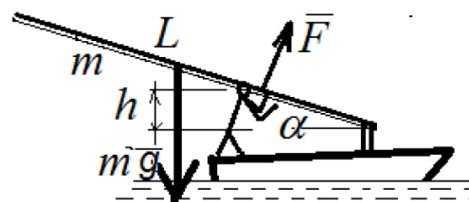
3. В цилиндрический стакан наливают воду. При высоте уровня воды 4 см центр масс системы «стакан + вода» занимает самое низкое положение. Масса воды в стакане в этом случае равна массе стакана. На какой высоте находится центр масс стакана? 6 см. Наинизшее положение центр тяжести системы тогда, когда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



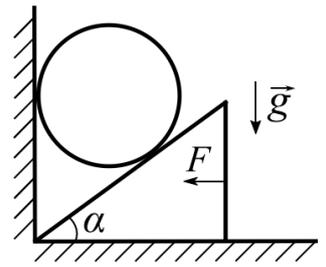
$$OB = \frac{r_1}{2(4(\frac{r_1}{r_2})^2 - 1)}$$

Олимпиада:

1. Человек поднимает мачту на пришвартованной к берегу яхте, упираясь в неё снизу руками и перебирая ими от конца мачты к основанию. При этом он прикладывает наименьшую силу, достаточную для подъема мачты. При каком значении угла наклона мачты к горизонту α эта сила будет максимальной? Чему она равна, если длина мачты $L=5$ м, ее масса $m=25$ кг, а руки человека все время находятся на постоянной высоте $h=1$ м относительно точки крепления мачты? Ответ: при $\alpha=45^\circ$, 310 Н.



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

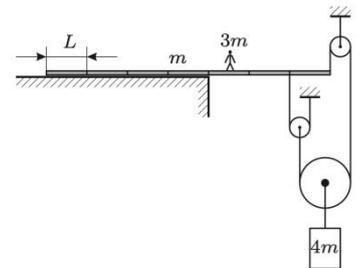


- 1) Найдите горизонтальную силу F , которой систему удерживают в покое. $5,8 \text{ Н}$

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

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

3. Доска массой m лежит на краю обрыва, выступая на $3/7$ своей длины. Длина одной седьмой части доски $L = 1 \text{ м}$. К свисающему краю доски с помощью невесомых блоков и нитей (рис. 1) прикреплен противовес, имеющий массу $4m$. На каком расстоянии от края обрыва на доске может стоять человек массой $3m$, чтобы доска оставалась горизонтальной?

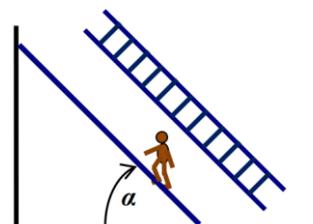


4. Небольшой робот должен двигать перед собой с постоянной скоростью кубик, поднимаясь по наклонной плоскости. Известно, что масса кубика в 2 раза меньше массы самого робота, коэффициенты трения ведущих (задних) колес робота и кубика о наклонную плоскость равны $\mu = 2/3$. Передние колеса робота катятся без проскальзывания, расстояние между осями колес у него $l = 20 \text{ см}$. Центр масс робота находится точно посередине между колесными осями на высоте $h = 7,5 \text{ см}$. Высота точки давления рамы робота на кубик над поверхностью равна $H = 15 \text{ см}$. Найдите максимальный угол наклона плоскости, при котором робот может выполнить свою задачу. $9,5^\circ$

5. Брусок квадратного сечения изготовлен из материала плотностью $\rho < \rho_0$ (где ρ_0 - плотность воды). При какой величине ρ брусок будет стабильно плавать на поверхности воды таким образом, что пара его граней будет параллельна поверхности воды?

6. 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. $\varepsilon = 3g/4R$

7. Цилиндр массой m и радиусом R скатывается без скольжения по наклонной плоскости под углом α к горизонту. Чему равна сила трения покоя, действующая на цилиндр?

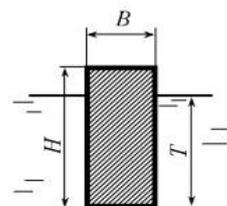


8. У лестницы 11 одинаковых ступеней, распределенных

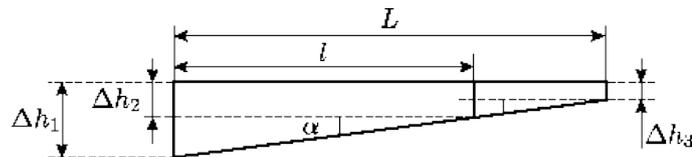
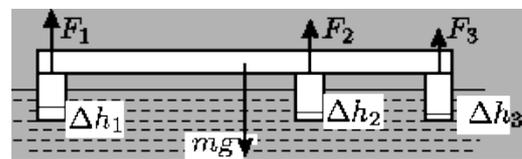
равномерно: расстояние от нижнего конца до нижней ступени, расстояния между соседними ступенями и расстояние от верхней ступени до верхнего конца одинаковы. Ее поставили в угол, образованный стеной и полом. Коэффициент трения между стеной и лестницей $\mu_1 = 0,25$, а коэффициент трения между лестницей и полом $\mu_2 = 0,5$. Человек с массой, равной удвоенной массе лестницы, поднимается по ступеням. Когда он перенес весь свой вес на девятую ступень, лестница, немного постояв, начала скользить. Чему равнялся угол между лестницей и полом?

ОТВЕТ: $\alpha = \arctg\left(\frac{1-\mu^2}{3\mu}\right) = \arctg\left(\frac{5}{4}\right)$.

9. Определить осадку T и проверить устойчивость бруса, плавающего в воде, в положении указанном на рисунке. Размеры бруса: $H = 0,4$ м, $B = 0,2$ м, $L = 6,0$ м, плотность древесины $\rho = 800$ кг/м³, а плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³. Определите ширину бруса, при которой он будет в устойчивом положении. 0,32 м;



10. Три одинаковых длинных поплавка 1, 2 и 3 квадратного сечения плавают в воде параллельно друг другу. Поперёк поплавков положили жёсткую однородную доску массой m и длиной L так, что она концами опирается на середины крайних поплавков 1 и 3, а расстояние между поплавком 1 и поплавком 2, нагруженным также посередине, равно $L/4$. Найдите силы F_1 , F_2 и F_3 давления доски на поплавки, считая, что их поперечные размеры много меньше L , и что доска лежит почти горизонтально, не касаясь воды.



Разное.

1. Каков должен быть коэффициент трения для того, чтобы клин, заколоченный в бревно, не выскакивал из него? Угол при вершине клина 30° . Весом клина пренебречь. Почему боек молотка держится на ручке, не соскальзывая? 0,27

Занятие 20. Импульс тела.

I. Вопросы (блиц):

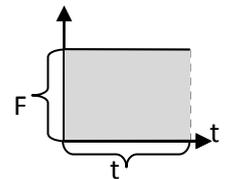
1. Чем объясняется форма ареометра: широкая утяжеленная нижняя часть, узкая и легкая верхняя?
2. Загаданы 4 числа. Их попарные суммы: -2, 1, 3, 5, 7, 10. Найдите все загаданные числа. Система 6 уравнений с четырьмя неизвестными. -3, 1, 4, 6.
3. Что устойчивее: цилиндр или конус, если высота и площадь основания у них одинаковы?
4. Почему бутылка, частично заполненная водой, плавает вертикально?
5. Пустой кувшин с края крыши быстро свалится (персидская пословица). Поясните!
6. Почему бревна, плывущие по реке, ориентируются всегда по течению, а не поперек его?

II. Задачи:

6. Одинаковые доски длиной $\ell = 2$ м каждая начинают складывать друг на друга стопкой-«лесенкой» так, что каждая следующая доска выступает над предыдущей на $a = 40$ см. Сколько досок удастся уложить в стопку, пока она не рухнет? В стопку можно уложить 5 досок.
7. Цепочка массы $0,5$ кг подвешена за концы так, что вблизи точек подвеса она образует с горизонталью угол 30° . Определите силу натяжения цепочки в ее нижней части и в точках подвеса. $T_1 = (M/2)g \operatorname{ctg} \alpha = 4,3$ Н. $T_2 = Mg / (2 \sin \alpha) = 5$ Н.
8. 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/с², $T_1 = 4,5$ Н, $T_2 = 6,28$ Н.

III. Первая сохраняющаяся величина – импульс. Импульс (количество движения): $\vec{p} = m\vec{v}$. Теперь попробуем выяснить,

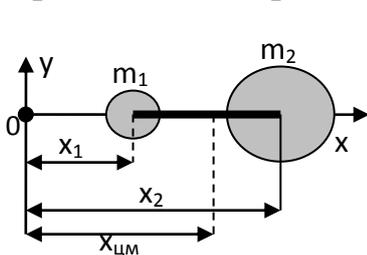
что необходимо для того, чтобы изменить количество движения тела: $\vec{F} = m\vec{a}$, $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$, $\vec{F}t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$;



Изменение количества движения (импульса) тела равно

импульсу силы. Примеры: открывание двери пулей и рукой. Импульс силы равен площади фигуры под графиком силы в координатах F, t .

Определение координат центра масс тела в данный момент времени:



$$X_{\text{цм}} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i x_i}{M}$$

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

второго тела? Импульс силы равен площади фигуры под графиком силы в координатах F, t . 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. Перепишем формулу в виде: $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2 \rightarrow \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 = \text{пост.}$

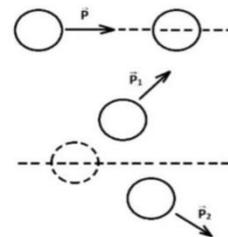
Полный импульс замкнутой системы из двух тележек (шаров) при взаимодействии сохраняется.

Абсолютно неупругий удар. 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 $v_1 = 8$ м/с и $v_2 = 2$ м/с соответственно. С какой скоростью будет двигаться кусок пластилина, образовавшийся в результате неупругого соударения шариков. $2,5$ м/с

- Шарик 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
- Частица, обладающая импульсом $p = 2$ кгм/с, влетает в область действия постоянной силы $F = 0,2$ Н под углом 60° к направлению этой силы. Через какое время после начала взаимодействия импульс частицы будет направлен перпендикулярно указанной силе? 5 с



Олимпиада:

- 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° 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 сохранения энергии. 3 кг·м/с.
- На движущуюся со скоростью v материальную точку массой m начинает действовать сила, которая зависит от скорости по закону $\vec{F} = -\beta\vec{v}$, где β – положительная постоянная. Найти путь, который необходимо пройти точке, чтобы ее скорость уменьшилась в два раза. $S = 0,5 mv/\beta$
- 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.

Вопросы:

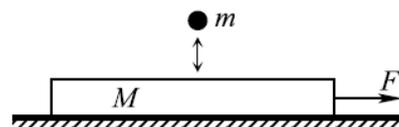
- Почему в восточных единоборствах предпочитают быстрые удары?
- Почему перед прыжком человек немного приседает?
- Почему большие гвозди забивают большим молотком?
- Почему хрупкий предмет разбивается, если его роняют на жесткий пол, и остается целым, если он падает на мягкую подстилку?
- Почему молотком забивают даже толстые гвозди, а бабой-копрой – сваи?
- В цилиндрический стакан наливают воду. При каком положении уровня воды в стакане центр тяжести стакана с водой занимает наинизшее положение? Массой дна стакана пренебречь. $h = H/2$
- 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.
- 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 v , 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 толчка будет оставаться неподвижной.

Разное

1. Однородную доску длиной $\ell = 1$ 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?

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 $\mu = 0,25$. Время удара шарика о пластину мало.



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. А.А. Найдин. Система задач из одной задачи?! //ИД "Первое сентября", газета "Физика", № 8, 2011 г.
16. А.А. Найдин. Как научить школьников открывать и применять законы? ж. «Физика в школе», №7, 2012 г.
17. Исаков А. Я. Физика. Решение задач ЕГЭ, часть 1 - 9. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2012.
18. Славов А.В., Щеглова О.А., Абражевич Э.Б., Чудов В.Л., ФИЗИКА, ЗАДАЧИ, КАЧЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ, ТЕСТЫ. «Издательский дом МЭИ», 2016
19. 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.

20. Личный сайт Найдина Анатолия Анатольевича. <https://naidin.ru>