

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Тульский государственный университет»

**Материалы заданий
олимпиады школьников
«Наследники Левши» по физике
за 2017/18 учебный год**

Тула 2018



ФГБОУ ВО
«Тульский государственный университет»

Олимпиада школьников
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике
2017/18



Отборочный этап

7 класс

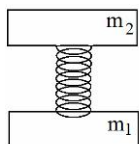
1. Два пассажира, имея секундомеры, решили определить скорость поезда: один по стуку колес на стыках рельсов (зная, что длина рельса 10 м), а другой по числу телеграфных столбов, мелькающих в окне (зная, что расстояние между столбами 50 м). Первый пассажир при первом стуке колес пустил в ход свой секундомер и на 156 стуке его остановил. Оказалось, что прошло 3 мин . Второй пассажир пустил свой секундомер при появлении в окне первого столба и остановил при появлении 32 -го столба. Оказалось, что и его опыт длился 3 мин . У первого пассажира получилось, что скорость поезда равна $V_1 = 31,2\text{ км/час}$, а у второго $V_2 = 32\text{ км/час}$. Кто из них ошибся и почему? Какова скорость поезда в действительности? **Ответ: 31 км/час**

2. Два друга, живущие на одной трассе на расстоянии $L = 18\text{ км}$ друг от друга, решили поехать на рыбалку. Они выехали одновременно в одном направлении со скоростями $V_1 = 10\text{ м/с}$ и $V_2 = 15\text{ м/с}$. К месту рыбалки они подъехали одновременно. Сколько времени они были в пути? На каком расстоянии от первого друга находилось место рыбалки? **Ответ: 1 час ; 36 км**

3. К велосипеду Василия, решившие повеселиться друзья, привязали консервные банки. С какой скоростью должен ехать Василий, чтобы не слышать грохота банок? **Ответ: 0 м/с**

4. В бочку налили керосин до высоты H , при этом давление на дно сосуда составило $P_1 = 104\text{ кПа}$. Во вторую бочку до той же высоты налили ртуть. Чему равно давление на дно второй бочки? Плотность керосина $\rho_1 = 800\text{ кг/м}^3$, плотность ртути $\rho_2 = 13600\text{ кг/м}^3$, атмосферное давление $P_0 = 100\text{ кПа}$

Ответ: 168 кПа



5. Два тела массами $m_1 = 1\text{ кг}$ и $m_2 = 2\text{ кг}$ соединили пружиной и поставили друг на друга как показано на рисунке, при этом длина пружины оказалась равной 12 см . Если поменять грузы местами, то длина пружины будет 14 см . Определить жесткость пружины.

Ускорение свободного падения $g = 10\text{ м/с}^2$. **Ответ: 500 Н/м**



ФГБОУ ВО
«Тульский государственный университет»

Олимпиада школьников
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике
2017/18



Отборочный этап

8 класс

1. Друзья готовили декорации для сказочного представления. Они решили, что трёх-голового дракона вылепят из пластилина. Получившийся дракон так понравился Ивану, что он решил слепить такого же для себя, но у него не было столько пластилина, да и такой большой дракон дома занимает слишком много места. Иван прикинул, что если он сделает точную копию, но размер уменьшит в два раза, то материала у него хватит. Сколько пластилина использовал Иван, если на “оригинал дракона” истрачено 4 кг пластилина? **Ответ: 0,5 кг**

2. Самый длинный пешеходный мост в Санкт-Петербурге – мост Александра Невского. Этот мост имеет длину $L = 629$ м. Колонна солдат длиной $l = 100$ м проходит этот мост за 3 минуты. Какова скорость колонны? **Ответ: 4,05 м/с**

3. Друзья решили покататься на льдине, их массы: 1 – 40 кг, 2 – 45 кг, 3 – 50 кг, 4 – 57 кг, 5 – 60 кг. Смогут ли они осуществить свою затею или кто-то останется на берегу? Ответ обосновать. Льдина плоская, её площадь $S = 5$ м², толщина $h = 40$ см. Плотность воды $\rho_1 = 1000$ кг/м³, плотность льда $\rho_2 = 0,9 \cdot 10^3$ кг/м³.

Ответ: на берегу останется № 4 или № 5

4. Два приятеля, созвонившись друг с другом, одновременно вышли из дома и пошли к школе. Школа находилась на перекрёстке пересекающихся под прямым углом улиц, по которым шли приятели. Первый шёл со скоростью $v_1 = 3$ км/час, второй $v_2 = 4$ км/час. Подошли к школе друзья одновременно. Судя по карте, расстояние между их домами 1,25 км. Сколько времени ушло на дорогу до школы? **Ответ: 15 мин**

5. Друзья за два часа до Нового года решили приготовить лёд в комнатном холодильнике. За 5 минут температура воды понизилась от $t_1 = 16^\circ \text{C}$ до $t_2 = 12^\circ \text{C}$. Получат ли друзья лёд к бою курантов? Сколько времени уйдёт на его приготовление?

Удельная теплота кристаллизации воды $\lambda = 3,35 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$, удельная теплоёмкость льда $c_1 = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$, удельная теплоёмкость воды $c_2 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$. **Ответ: 2 часа**



ФГБОУ ВО
«Тульский государственный университет»

Олимпиада школьников
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике
2017/18



Отборочный этап

9 класс

1. Жонглёр бросает мячи вверх один за другим. Каждый следующий мяч он бросает в момент, когда предыдущий достигает верхней точки полёта. На какую высоту поднимаются мячи, если жонглёр бросает два мяча в секунду? Ускорение свободного падения принять равным $g = 10 \text{ м/с}^2$, сопротивлением воздуха пренебречь. **Ответ: 1,25 м**
2. Герой рассказа О'Генри дал пинок поросёнку с такой силой, что тот полетел «опережая звук собственного визга». С какой силой должен был ударить поросёнка герой рассказа, чтобы это произошло в действительности? Массу поросёнка принять равной $m = 5 \text{ кг}$, продолжительность удара $\Delta t = 0,01 \text{ с}$, скорость звука в воздухе 320 м/с . **Ответ: 160 кН**
3. Маленькой обезьянке понравилось качаться на лиане. Наблюдавший за ней Николай посчитал, что за минуту она делает 15 колебаний. Определите длину лианы. Масса обезьянки $m = 5 \text{ кг}$, ускорение свободного падения принять равным $g = 10 \text{ м/с}^2$, сопротивлением воздуха пренебречь. **Ответ: 4,05 м**
4. В ёлочной гирлянде были лампочки трёх цветов, соединённые последовательно. Ребята решили добавить лампочки ещё одного цвета. Они перепаяли гирлянду, оставив последовательное соединение лампочек. Лампочек каждого цвета получилось одинаковое количество, сопротивления у всех лампочек одинаковое. Во сколько раз изменилась яркость гирлянды?
Ответ: уменьшилась в 1,33 раза
5. Москвич Володя, находясь на смотровой площадке Исаакиевского собора, решил провести опыт по определению ускорения свободного падения (проверить действительно ли оно изменяется в зависимости от широты местности). Экскурсовод сказал, что площадка находится на высоте $H = 43 \text{ м}$. У Володи в кармане было несколько стальных шариков, и он замерил время их падения, пользуясь секундомером в телефоне. Среднее время оказалось равно $t = 2,959 \text{ с}$. Какой результат получил мальчик? Ответ дать с точностью до четырёх значащих цифр. **Ответ: $9,822 \text{ м/с}^2$**



ФГБОУ ВО
«Тульский государственный университет»

Олимпиада школьников
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике
2017/18



Отборочный этап

10 класс

1. Коротышки (герои Н. Носова «Незнайка на Луне») решили, будучи на Луне, сыграть в футбол. Знайка сказал, что на Луне дальность полета мяча будет больше и рассчитал заранее во сколько раз. На Земле максимальная дальность полета мяча у Незнайки $L = 10$ м. Определите максимальную дальность полёта футбольного мяча на Луне, считая, что сила удара не изменяется. Масса Луны $M_{\text{л}} = \frac{M_{\text{з}}}{81}$, радиус Луны $R_{\text{л}} = 0,273R_{\text{з}}$. Ускорение свободного падения на Земле принять равным $g = 10 \text{ м/с}^2$, сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: 60 м

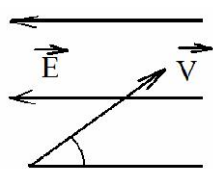
2. Три одинаковых кирпича массой $m = 2$ кг и размерами $250 \times 120 \times 65$ мм положили на крышу разными сторонами. Определить ускорение каждого из кирпичей и действующую на них силу трения. Угол наклона крыши к горизонту $\alpha = 30^\circ$, коэффициент трения скольжения между поверхностью крыши и кирпичами $\mu = 0,8$. Ускорение свободного падения принять равным $g = 10 \text{ м/с}^2$. **Ответ: 10Н, 0 м/с².**

3. В кино иногда показывают, как пули сталкиваются друг с другом. Определите, какова должна быть скорость пуль, чтобы при столкновении они расплавились. Считать, что пули одинаковые, изготовлены из свинца, имеют массу $m = 10$ г, летят по одной прямой навстречу друг другу. Потерями тепла в окружающее пространство пренебречь.

Температура плавления свинца $t_1 = 327^\circ \text{C}$, удельная теплота плавления свинца $\lambda = 0,25 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$, удельная теплоемкость свинца $c = 140 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$, окружающая температура $t_0 = 27^\circ \text{C}$.

Ответ: 366 м/с

4. При последовательном подключении к сети двух проводников с различными сопротивлениями R_1 и R_2 сила тока в 6,25 раз меньше, чем при параллельном подключении этих проводников. Известно, что $R_1 > R_2$. Во сколько раз сопротивление первого проводника больше, чем второго? **Ответ: в 4 раза**



5. Шарик массой $m = 1$ г и зарядом $q = 1$ мкКл брошен с поверхности земли под углом $\alpha = 37^\circ$ к горизонту со скоростью $V = 10 \text{ м/с}$. У поверхности земли создано однородное электростатическое поле с напряжённостью $E = 2000 \text{ В/м}$. На каком расстоянии от точки бросания шарик упадёт на землю? Сопротивление воздуха не учитывать. Ускорение свободного падения принять равным $g = 10 \text{ м/с}^2$. **Ответ: 8,16 м**



ФГБОУ ВО
«Тул'sкий госудаpственный университет»
Олимпиада школьников
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике
2017/18



Отборочный этап

11 класс

1. В X-XI веке встречаются первые упоминания о играх клюшками на льду в Древней Руси. В русских летописях рассказывается о ледовой забаве, в которой несколько человек палками гоняют какой-нибудь круглый предмет, как правило овощ, например репу. Какова кинетическая энергия репы, брошенной горизонтально одним из игроков, если во время броска человек совершил работу 76,5 Дж? Масса репы в 50 раз меньше массы человека.

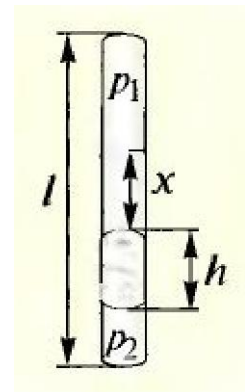
Ответ: 75 Дж

2. Струя воды ударяется о неподвижную плоскость, расположенную под углом 60° к направлению движения струи. Скорость струи 20 м/с, площадь ее поперечного сечения 5 см². Определить силу давления струи на плоскость.

Ответ: 346,41 Н

3. Посреди запаянной с обоих концов горизонтальной трубки длиной $l = 1$ м находится столбик ртути длиной $h = 20$ см. Если трубку поставить вертикально, столбик ртути сместится на $x = 10$ см. Какое давление было в трубке?

Ответ: $5,1 \cdot 10^4$ Па



4. Рубиновый лазер излучает в одном импульсе $N = 3,5 \cdot 10^{19}$ фотонов с длиной волны $\lambda = 649$ нм. Чему равна средняя мощность вспышки лазера, если ее длительность $t = 10$ мс?

Ответ: 10 кВт

5. В электрический чайник заливают 2,5 л воды комнатной температуры (20°C). Через 8 минут вода закипает. Определите сопротивление нагревательного элемента чайника, если напряжение в сети 220 В, а к.п.д. чайника 85%

Ответ: 23,5 Ом



ФГБОУ ВО
«Тульский государственный университет»

Олимпиада школьников
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике
2017/18

Заключительный этап



7 класс

1. Миша участвовал в игре по спортивному ориентированию. В течение *20 минут* он бежал на север со скоростью $v_1 = 9 \text{ км/час}$, *10 минут* шел на восток со скоростью $v_2 = 6 \text{ км/час}$, *30 минут* шел со скоростью $v_3 = 4 \text{ км/час}$, а последние *15 минут* бежал со скоростью $v_4 = 8 \text{ км/час}$. На каком расстоянии от старта оказался финиш? Чему равна средняя скорость движения мальчика?

Ответ: 1,4 км; 5,7 км/час

2. “Три мудреца в одном тазу пустились по морю в грозу

Будь попрочнее старый таз длиннее был бы наш рассказ”

Рассчитайте, сколько времени длилась беседа мудрецов, если таз имел вертикальные боковые стенки высотой $H = 30 \text{ см}$, площадь дна $S = 1,5 \text{ м}^2$, массу $m = 10 \text{ кг}$. Общая масса мудрецов $M = 190 \text{ кг}$. Из-за дырок в тазу и ливня вода в тазу прибывала со скоростью 10 л/мин . Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Ответ: 25 мин

3. Гарри Поттер и Рон развлекались, меняя размер фигур на шахматной доске. Например, короля они уменьшили в 10 раз. Если считать, что масса при такой трансформации остаётся неизменной, то во сколько раз изменилась плотность шахматной фигуры? **Ответ: увеличится в 1000 раз**

4. Два автомобиля едут равномерно навстречу друг другу по одной прямой. Расстояние между ними уменьшается на $L_1 = 34 \text{ м}$ за каждые $t_1 = 10 \text{ с}$. После встречи автомобили поехали в одном направлении с прежними скоростями. В этом случае расстояние между ними увеличивалось на $L_2 = 3 \text{ м}$ за каждые $t_2 = 5 \text{ с}$. 1) Определить скорость каждого автомобиля. 2) На каком расстоянии друг от друга окажутся автомобили через *1 мин* с начала движения в одном направлении? **Ответ: 2 м/с; 1,4 м/с; 36 м**

5. Размер стандартного строительного кирпича $250 \text{ мм} \times 120 \text{ мм} \times 65 \text{ мм}$, масса $3,6 \text{ кг}$. Определите плотность и вес штабеля объёмом $V = 1 \text{ м}^3$. **Ответ: 18,4 т**



ФГБОУ ВО
«Тулский государственный университет»

Олимпиада школьников
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике
2017/18



Заключительный этап

8 класс

1. Из пункта **А** в пункт **В** по реке со скоростью $v_1 = 3 \text{ км/час}$ плывет лодка. Одновременно от пункта **В** к пункту **А** отходит прогулочный катер со скоростью $v_2 = 10 \text{ км/час}$. Катер прибывает в пункт **В** одновременно с лодкой, сделав за это время два рейса. Определить скорость и направление течения реки.

Ответ: $v = 2,5 \text{ км/час}$ от **А** к **В**

2. Цилиндрический каток массы $m = 100 \text{ кг}$, радиуса $R = 40 \text{ см}$ надо вкатить на ступеньку высотой $h = 20 \text{ см}$. Какую горизонтальную силу надо приложить для этого к оси колеса? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. **Ответ: 1730 Н**

3. В зале объёмом $V_1 = 300 \text{ м}^3$ относительная влажность воздуха $\varphi_1 = 70\%$, в соседнем помещении объёмом $V_2 = 200 \text{ м}^3$ относительная влажность воздуха $\varphi_2 = 40\%$. Температура в помещениях одинакова. Желая понизить влажность в зале до 60% , открыли двери в соседнее помещение. 1) Какая влажность установится в зале после перехода в равновесное состояние? 2) Что надо сделать, чтобы влажность в зале была точно 60% ? Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$

Ответ: 58 %

4. Дед Мазай, заполнив зайцами лодку, подцепил багром бревно, на котором тоже сидели зайцы, и потащил его к берегу. Сколько зайцев может сидеть на бревне длиной $l = 2 \text{ м}$ и площадью сечения $S = 0,2 \text{ м}^2$, не рискуя утонуть? Средняя масса зайца $m = 4,5 \text{ кг}$, плотность воды $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$, плотность дерева $\rho_2 = 800 \text{ кг/м}^3$. Высадив зайцев на берег, Мазай поплыл дальше по течению реки со скоростью $v_1 = 20 \text{ км/час}$. Перепуганные зайцы помчались от реки перпендикулярно её берегу. С какой скоростью они бежали, если через $t = 15 \text{ минут}$ расстояние между Мазаем и зайцами стало равно $L = 15,8 \text{ км}$. **Ответ: 17; 60 км/час**

5. Котлован глубины $H = 20 \text{ м}$ с ровными вертикальными стенками и площадью дна $S = 200 \text{ м}^2$ заполнен до краёв водой. При откачивании насос подаёт воду на поверхность земли через шланг диаметром $D = 20 \text{ см}$. Какую работу совершит насос, выкачав воду за 5 часов ? Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Ответ: 250 МДж



ФГБОУ ВО
«Тульский государственный университет»

Олимпиада школьников
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике
2017/18

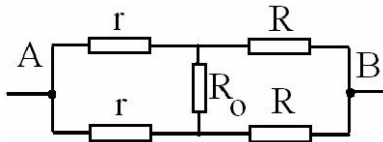
Заключительный этап



9 класс

1. Вася поливает газон из шланга. Он заметил, что максимальная дальность полёта струи воды $L = 20\text{ м}$. Ему было удобнее держать шланг под углом $\beta = 60^\circ$, хотя дальность полёта при этом была меньше. Вася решил рассчитать, на сколько различается масса воды, находящейся в воздухе в этих двух случаях. Считать, что начальная и конечная точки траектории находятся на одной горизонтали, напор воды не изменяется, радиус шланга $r = 5\text{ мм}$, плотность воды $\rho = 10^3\text{ кг/м}^3$, ускорение свободного падения принять равным $g = 10\text{ м/с}^2$. Какой результат получил Вася? **Ответ: 0,443 кг**

2. Космонавт на Земле весит $P = 1000\text{ Н}$. Сколько он будет весить на планете радиуса $R = 8000\text{ км}$, если на облёт этой планеты по круговой траектории радиуса $r = 8500\text{ км}$ было затрачено $t = 2\text{ час}$. **Ответ: 730 Н**



3. Сопротивление участка АВ на приведённой схеме $R_{AB} = 6\text{ Ом}$, $r = 2\text{ Ом}$. Определите величину сопротивления R. **Ответ: 10 Ом**

4. Снаряд массы $m = 800\text{ кг}$, выпущенный вертикально вверх с поверхности Земли, разрывается в верхней точке траектории на три части, которые разлетаются под углами 120° друг к другу. Массы осколков $m_1 : m_2 : m_3 = 1 : 2 : 4$. Скорость меньшего осколка после взрыва $v_1 = 20\text{ м/с}$. Определить 1) скорости остальных осколков; 2) кинетическую энергию осколков сразу после взрыва. **Ответ: 10 м/с; 5 м/с; 40 кДж**

5. Сергей и Володя перед поездкой на поезде решили приготовить лёд и взять его с собой в термосе, чтобы охлаждать лимонад. Они залили воду в формочки и поместили их в комнатный холодильник. За 5 минут температура воды понизилась от $t_1 = 16^\circ\text{ C}$ до $t_2 = 12^\circ\text{ C}$. До выхода из дома оставалось 2 час 15 мин. Получат ли друзья лёд к моменту выхода? Сколько времени уйдёт на его приготовление? Удельная теплота кристаллизации воды

$\lambda = 3,35 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$, удельная теплоемкость льда $c_1 = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$, удельная теплоемкость

воды $c_2 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$. **Ответ: 2 часа**



ФГБОУ ВО
«Тулский государственный университет»

Олимпиада школьников
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике
2017/18



Заключительный этап

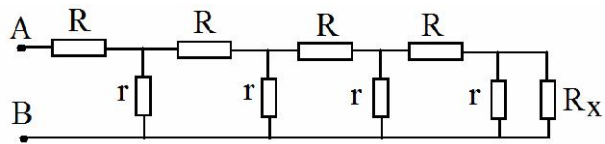
10 класс

1. В безветренную погоду воздушный шар поднимается с поверхности Земли вертикально вверх с постоянной скоростью. Этот шар запустили при горизонтальном ветре, скорость которого увеличивается с высотой по линейному закону. Коэффициент пропорциональности $A = 0,4$. В момент, когда шар переместился по горизонтали на $S = 480$ м, его высота над поверхностью Земли оказалась равна $H = 120$ м. Определите величину скорости шара в этот момент времени и угол наклона к горизонту.

Ответ: 48 м/с; 48,4 м/с; $\alpha = 7,1^\circ$

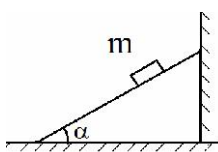
2. Любители экстремального спорта прыгают с моста высотой H , привязавшись к перилам резиновым жгутом. Длина и жёсткость жгута подбираются таким образом, чтобы у поверхности воды скорость спортсмена падала до нуля. После прекращения колебаний спортсмен зависает на высоте $h = 10$ м над поверхностью воды. Максимальная скорость экстремала во время падения $v_{\max} = 100$ км/час. Чему равна высота моста? Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с², сопротивлением воздуха пренебречь. Ответ: 50 м

3. Цепь состоит из сопротивлений $R = 4$ Ом и $r = 8$ Ом. При какой величине R_x сопротивление такой цепи не будет зависеть от числа звеньев? Ответ: 8 Ом



4. Горизонтальный цилиндр разделён неподвижной перегородкой на две равные части. В левой части находится $m = 50$ г смеси кислорода и водорода, правая часть откачена до вакуума. В перегородке открывают мембрану проницаемую только для молекул водорода. Когда система перешла в равновесное состояние, давление в левом сосуде уменьшилось на 40%. Определите массу кислорода и водорода в смеси.

Ответ: 40 г, 10 г



5. Брусok массы $m = 1$ кг положили на клин, имеющий угол наклона $\alpha = 30^\circ$. Клин находится на гладкой горизонтальной поверхности, коэффициент трения скольжения между бруском и наклонной плоскостью $\mu = 0,2$. С какой силой давит клин на вертикальную стенку? Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Ответ: 2,83 Н



ФГБОУ ВПО
«Тул'sкий государственный университет»

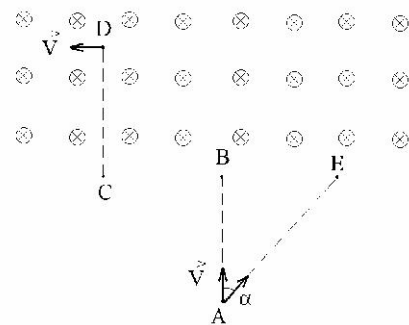
Олимпиада школьников
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике
2017/18



Заключительный этап

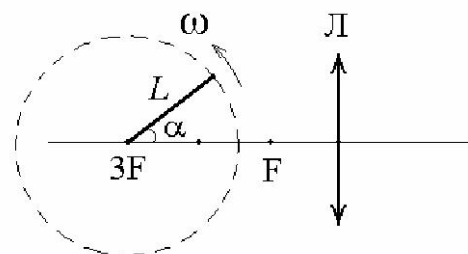
11 класс

1. Бесконечная плоскость **С-В-Е** делит пространство на две области, в одной из которых создано однородное магнитное поле параллельное этой плоскости (см. рисунок). Микрочастица, обладающая электрическим зарядом $q = 1 \text{ мКл}$ и массой $m = 10^{-10} \text{ кг}$, вылетела из точки **А** со скоростью $V = 10^5 \text{ м/с}$ и устремилась по кратчайшему пути к границе областей, войдя в магнитное поле в точке **В**. Через время $t_1 = 12,56 \text{ мкс}$ частица была уже в точке **Д**, где ее скорость в этот момент была параллельна границе. Если бы эта частица вылетела из точки **А** под углом α к нормали **АВ**, то она попала бы в магнитное поле в точке **Е** и также пролетела бы через точку **Д**, двигаясь в той же плоскости, но при этом время ее движения от **Е** до **Д** было бы в два раза больше, чем t_1 . Принять $\pi = 3,14$.



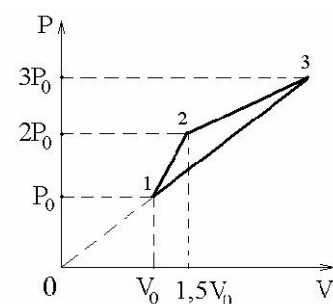
- 1) Чему равно кратчайшее расстояние **DC** от точки **Д** до границы раздела?
- 2) Чему равна индукция магнитного поля?
- 3) Под каким углом вылетела частица во втором случае?
- 4) Чему равно расстояние **АВ**?
- 5) Во сколько раз время движения от точки **А** до точки **Д** во втором случае больше, чем в первом?

2. Перед тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием $F = 10 \text{ см}$ в плоскости рисунка вращается стержень длиной $L = 1,5F$ с угловой скоростью $\omega = 0,1 \text{ рад/с}$ вокруг своего конца, помещенного в тройной фокус линзы. Найдите угловую скорость изображения в линзе в тот момент, когда угол α между стержнем и главной оптической осью равен



- 1) $\alpha = 0^\circ$ 2) $\alpha = 90^\circ$ 3) $\alpha = 45^\circ$

3. Тепловая машина работает по циклу, изображенному на рисунке. Нагревателем для этой машины служит печь, в которой горит уголь с удельной теплотой сгорания $q = 30 \text{ МДж/кг}$, а холодильником служит тающий лед с удельной теплотой плавления $\lambda = 0,33 \text{ МДж/кг}$. Рабочим телом является идеальный одноатомный газ. Эта машина развивала механическую мощность $N = 1 \text{ кВт}$ в течение одного часа.



- 1) Каков КПД этой тепловой машины?
- 2) Сколько угля сгорело за это время?
- 3) Сколько льда расплавилось за это время?

4. Из горизонтальной трубы, расположенной над головой человека, вылетает однородный поток маленьких шариков массой $m_0 = 1 \text{ мг}$ каждый, концентрация которых равна $n = 100 \text{ см}^{-3}$. Этот поток налетает на кружок площадью $S = 10 \text{ см}^2$, прикрепленный стержнем к шарниру на поверхности земли, причем плоскость кружка перпендикулярна оси трубы, а расстояние от центра кружка до шарнира равно $L = 3 \text{ м}$. На расстоянии $l = 0,5 \text{ м}$ от шарнира к стержню прикреплен легкий трос. При абсолютно упругом столкновении шариков с кружком они дают на него, и человеку приходится прилагать усилие к тросу, чтобы удержать стержень в равновесии. При скорости шариков $V_1 = 10 \text{ м/с}$ человеку удастся удерживать стержень в вертикальном положении (см. рис.1). Если скорость шариков увеличить вдвое, то стержень отклонится на угол $\alpha = 30^\circ$ (см. рис.2). В обоих случаях человек тянет трос в направлении, параллельном оси трубы. Найти силу натяжения троса в первом и втором случаях. Масса стержня вместе с кружком равна $M = 5 \text{ кг}$, а центр масс этой системы находится на расстоянии $H = 2 \text{ м}$ от шарнира. Считать, что отскакивающие от кружка шарики не сталкиваются с шариками из налетающего потока. Ускорение свободного падения принять равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

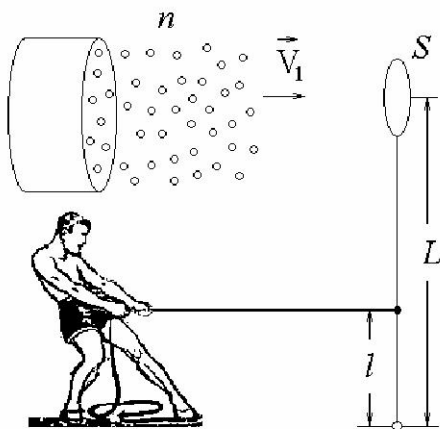


Рис.1

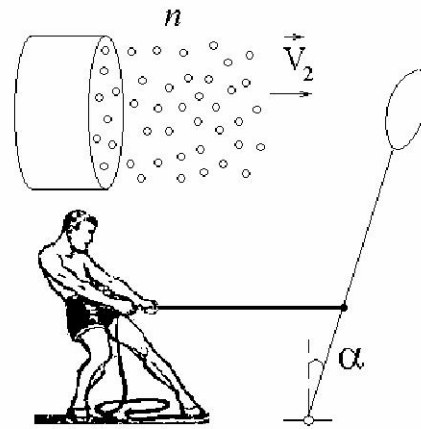


Рис.2

5. На длинной невесомой нити длины $L = 8,1 \text{ м}$ висит маленький шарик массы $m = 100 \text{ г}$. Такой же шарик подлетает к нему со скоростью $V = 5 \text{ м/с}$ под углом $\alpha = 30^\circ$ к вертикали. Между ними происходит центральный абсолютно упругий удар.

- 1) Найти скорости шариков сразу после удара;
- 2) На какую максимальную высоту поднимется шарик на нити?
- 3) Найти расстояние между шариками в тот момент, когда шарик на нити первый раз остановится.

Принять ускорение свободного падения равным $g = 10 \text{ м/с}^2$, $\pi = 3,14$

Ответы к заданиям 11 класса:

Задания	1 задача	2 задача	3 задача	4 задача	5 задача
Баллы	20	20	20	20	20
Ответы	1) $DC = R = 0,8$ м 2) $B = 0,0125$ Тл 3) $\alpha = 30^\circ$ 4) $AB = 1,01$ м 5) время движения во втором случае в 1,62 раза больше, чем в первом.	1) $\omega_1 = 2\omega$; 2) $\omega_1 = \omega/2$; 3) $\omega_1 = 0,8\omega$	1) КПД: 3% 2) Сгорело угля : 3,96кг 3) Расплавилось угля 349 кг	: $T_1 = 120$ Н, $T_2 = 532$ Н	1) $V_1 = 3$ м/с; $V_2 = 4$ м/с 2) $h = 0,8$ м 3) $r = 9,1$ м

Критерии оценивания заданий отборочного этапа для 7-10 классов:

<p>1</p>	<p>1) Записаны физические законы и формулы применение которых необходимо для решения данной задачи 2) Представлен правильный рисунок, если при решении данной задачи необходимы пояснения с помощью рисунка 3) Проведены необходимые математические преобразования, выведена формула для определения искомой величины (возможно и решение по частям) 4) Представлен правильный числовой ответ с указанием единиц измерения</p>	<p>20 баллов</p>
<p>2</p>	<p>Правильно записаны необходимые физические законы и формулы, проведены математические преобразования, но имеются следующие недостатки 1) В математических преобразованиях допущены ошибки или 2) необходимый рисунок отсутствует или в нём имеются ошибки или 3) ошибка в конечных вычислениях или в ответе отсутствуют единицы измерения.</p>	<p>10-15 баллов</p>
<p>3</p>	<p>1) Записаны только физические законы и формулы без каких-либо преобразований Или 2) В решении отсутствует одна из исходных формул, но присутствуют правильные преобразования с имеющимися формулами Или 3) в одной из исходных формул допущена ошибка, но присутствуют правильные преобразования с имеющимися формулами</p>	<p>5 баллов</p>
<p>4</p>	<p>Все случаи, которые не соответствуют вышеуказанным критериям</p>	<p>0 баллов</p>

Критерии оценивания заданий заключительного этапа 7-10 классов:

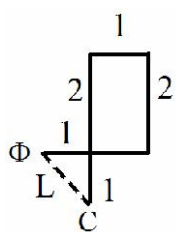
1	<p>1) Записаны физические законы и формулы, применение которых необходимо для решения данной задачи</p> <p>2) Представлен правильный рисунок, если при решении данной задачи необходимы пояснения с помощью рисунка</p> <p>3) Проведены необходимые математические преобразования, выведена формула для определения искомой величины (возможно и решение по частям)</p> <p>4) Представлен правильный числовой ответ с указанием единиц измерения</p>	<p>20 баллов</p>
2	<p>Правильно записаны необходимые физические законы и формулы, проведены математические преобразования, но имеются следующие недостатки</p> <p>1) В математических преобразованиях допущены ошибки или</p> <p>2) необходимый рисунок отсутствует или в нём имеются ошибки или</p> <p>3) ошибка в конечных вычислениях или в ответе отсутствуют единицы измерения.</p>	<p>10-15 баллов</p>
3	<p>1) Записаны только физические законы и формулы без каких-либо преобразований Или</p> <p>2) В решении отсутствует одна из исходных формул, но присутствуют правильные преобразования с имеющимися формулами Или</p> <p>3) в одной из исходных формул допущена ошибка, но присутствуют правильные преобразования с имеющимися формулами</p>	<p>5 баллов</p>
4	<p>Все случаи, которые не соответствуют вышеуказанным критериям</p>	<p>0 баллов</p>

Решение задач заключительного этапа

7 класс

1. Миша участвовал в игре по спортивному ориентированию. В течение 20 минут он бежал на север со скоростью $v_1 = 9 \text{ км/час}$, 10 минут шел на восток со скоростью $v_2 = 6 \text{ км/час}$, 30 минут шел на юг со скоростью $v_3 = 4 \text{ км/час}$, а последние 15 минут бежал на восток со скоростью $v_4 = 8 \text{ км/час}$. На каком расстоянии от старта оказался финиш? Чему равна средняя скорость движения мальчика?

Решение



Путь $S_1 = v_1 t_1 = 9 \cdot \frac{1}{3} = 3 \text{ км}$; $S_2 = v_2 t_2 = 6 \cdot \frac{1}{6} = 1 \text{ км}$;

$S_3 = v_3 t_3 = 4 \cdot \frac{1}{2} = 2 \text{ км}$; $S_4 = v_4 t_4 = 8 \cdot \frac{1}{4} = 2 \text{ км}$.

Из рисунка (все расстояния даны в км) видно, что расстояние между точками старта и финиша можно найти по теореме Пифагора

$$L = \sqrt{1+1} = 1,41 \text{ км}$$

Средняя скорость $v_{cp} = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + S_4}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4} = \frac{8}{\frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4}} = 6,4 \text{ км/час} = 1,78 \text{ м/с}$.

2. “Три мудреца в одном тазу пустились по морю в грозу
Будь попрочнее старый таз длиннее был бы наш рассказ”

Рассчитайте сколько времени длилась беседа мудрецов, если таз имел вертикальные боковые стенки высотой $H = 30 \text{ см}$, площадь дна $S = 1,5 \text{ м}^2$, массу $m = 10 \text{ кг}$. Общая масса мудрецов $M = 190 \text{ кг}$. Из-за дырок в тазу и ливня вода в тазу прибывала со скоростью 10 л/мин . Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Решение

Таз будет плавать при условии, что сила Архимеда уравновешивает силу тяжести, т.е.

$$(M + m + m_1)g = \rho g V \quad (1)$$

Масса попавшей в таз воды $m_1 = \rho v t$, при погружении до краёв объём будет равен $V = SH$. Подставляя в (1), получим $M + m + \rho v t = \rho V$.

Тогда время до погружения $t = \frac{\rho SH - M - m}{\rho v} = \frac{1000 \cdot 1,5 \cdot 0,3 - 190 - 10}{1000 \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 25 \text{ мин}$

3. Гарри Поттер и Рон развлекались, меняя размер фигур на шахматной доске. Например, короля они уменьшили в 10 раз. Если считать, что масса при такой трансформации остаётся неизменной, то во сколько раз изменилась плотность шахматной фигуры?

Решение

Если размеры уменьшаются в 10 раз, то объём уменьшается в 1000 раз.

Плотность $\rho = \frac{m}{V}$, следовательно, при неизменной массе плотность увеличится в 1000 раз.

4. Два автомобиля едут равномерно навстречу друг другу по одной прямой. Расстояние между ними уменьшается на $L_1 = 34\text{ м}$ за каждые $t_1 = 10\text{ с}$. После встречи автомобили поехали в одном направлении с прежними скоростями. В этом случае расстояние между ними увеличивалось на $L_2 = 3\text{ м}$ за каждые $t_2 = 5\text{ с}$.

- 1) Определить скорость каждого автомобиля.
- 2) На каком расстоянии друг от друга окажутся автомобили через 1 мин с начала движения в одном направлении?

Решение

$$\begin{aligned} \text{При движении навстречу} & L_1 = (v_1 + v_2)t_1 \\ \text{При движении в одном направлении} & L_2 = (v_1 - v_2)t_2 \\ \text{После подстановки известных величин получим} & v_1 + v_2 = 3,4 \\ & v_1 - v_2 = 0,6 \end{aligned}$$

Тогда $v_1 = 2\text{ м/с}$; $v_2 = 1,4\text{ м/с}$

Расстояние между ними через 1 минуту $L = (v_1 - v_2)t = (2 - 1,4)60 = 36\text{ м}$

5. Размер стандартного строительного кирпича $250\text{ мм} \times 120\text{ мм} \times 65\text{ мм}$, масса $m = 3,6\text{ кг}$. Определите плотность кирпича и вес штабеля объёмом $V = 1\text{ м}^3$. Ускорение свободного падения $g = 10\text{ м/с}^2$.

Решение

$$\text{Плотность } \rho = \frac{m}{V_{\kappa}} = \frac{m}{abc} = \frac{3,6}{0,25 \cdot 0,12 \cdot 0,065} = 1846\text{ кг/м}^3.$$

Вес штабеля $P = mg = \rho Vg = 18460\text{ Н} = 18,5\text{ кН}$

8 класс

1. Из пункта **А** в пункт **В** по реке со скоростью $v_1 = 3 \text{ км/час}$ плывет лодка. Одновременно от пункта **В** к пункту **А** отходит прогулочный катер со скоростью $v_2 = 10 \text{ км/час}$. Катер прибывает в пункт **В** одновременно с лодкой, сделав за это время два рейса. Определить скорость и направление течения реки.

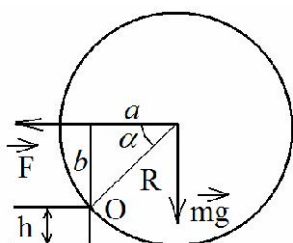
Решение

Предположим, что река течёт от пункта **А** к пункту **В**, тогда скорость лодки при движении по течению $v_1 = v_n + v$, скорость катера при движении от **В** к **А** равна $v_2 = v_k - v$, а на обратном пути $(v_k + v)$, где v – скорость течения реки. Тогда время в пути $t = \frac{S}{v_1} = \frac{2S}{v_2} + \frac{2S}{v_k + v}$. Скорость катера $v_k = v_2 + v$. Используя эти уравнения, получаем скорость течения реки $v = 2,5 \text{ км/час}$.

При предположении, что река течёт от **В** к **А** получается физически не имеющий смысла результат.

2. Цилиндрический каток массы $m = 100 \text{ кг}$, радиуса $R = 40 \text{ см}$ надо вкатить на ступеньку высотой $h = 20 \text{ см}$. Какую горизонтальную силу надо приложить для этого к оси колеса? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Решение



Запишем условие равновесия относительно точки **О**:
 $R \cdot F \sin \alpha - mgR \cos \alpha = 0$.

Следовательно, сила $F \geq \frac{mg}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{mg \cdot b}{a}$. Из рисунка $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$.

$$F \geq \frac{mg \sqrt{R^2 - (R-h)^2}}{R-h} = 1730 \text{ Н}.$$

3. В зале объёмом $V_1 = 300 \text{ м}^3$ относительная влажность воздуха $\varphi_1 = 70\%$, в соседнем помещении объёмом $V_2 = 200 \text{ м}^3$ относительная влажность воздуха $\varphi_2 = 40\%$. Температура в помещениях одинакова. Желая понизить влажность в зале до 60% , открыли двери в соседнее помещение.

1) Какая влажность установится в зале после перехода в равновесное состояние?

2) Что надо сделать, чтобы влажность в зале была точно 60% ?

Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$

Решение

Относительная влажность в зале $\varphi_1 = \frac{\rho_1}{\rho_H} \cdot 100\%$, где ρ_H – плотность насыщенного водяного пара при данной температуре.

Масса водяного пара в зале $m_1 = \rho_1 V_1 = \varphi_1 \rho_H V_1$, в соседнем помещении $m_2 = \varphi_2 \rho_H V_2$, общая масса $m = \rho_H (\varphi_1 V_1 + \varphi_2 V_2)$.

Следовательно, плотность пара станет равна $\rho_3 = \frac{m}{V_1 + V_2}$.

Влажность в зале станет равна $\varphi_3 = \frac{\rho_3}{\rho_H} = \frac{\varphi_1 V_1 + \varphi_2 V_2}{V_1 + V_2} = 0,58 = 58\%$.

Если закрыть дверь в соседнее помещение, то чтобы влажность стала 60%, надо распылить дополнительно в зале $\Delta m = V_1(\rho_4 - \rho_3) = \rho_H V_1(\varphi_4 - \varphi_3) = \rho_H 300(0,6 - 0,58) = 6 \cdot \rho_H$.

4. Дед Мазай, заполнив зайцами лодку, подцепил багром бревно, на котором тоже сидели зайцы, и потащил его к берегу. Сколько зайцев может сидеть на бревне длиной $l = 2\text{ м}$ и площадью сечения $S = 0,2\text{ м}^2$, не рискуя утонуть? Средняя масса зайца $m = 4,5\text{ кг}$, плотность воды $\rho_1 = 1000\text{ кг/м}^3$, плотность дерева $\rho_2 = 800\text{ кг/м}^3$. Высадив зайцев на берег, Мазай поплыл дальше по течению реки со скоростью $v_1 = 20\text{ км/час}$. Перепуганные зайцы помчались от реки перпендикулярно её берегу. С какой скоростью они бежали, если через $t = 15\text{ минут}$ расстояние между Мазаем и зайцами стало равно $L = 15,8\text{ км}$.

Решение

Сила Архимеда, действующая на бревно, уравновешивает силу тяжести бревна и зайцев

$$F_A = (M + Nm)g, \text{ масса бревна } m = \rho_2 V = \rho_2 SL.$$

Тогда число зайцев на бревне $N = \frac{(\rho_1 - \rho_2)SL}{m} = 17,7$, т.е. можно посадить только 17 зайцев.

За 15 минут дед Мазай проплывет расстояние $L_1 = v_1 t$, а зайцы пробегут $L_2 = v_2 t$. Так как они движутся под прямым углом друг к другу, то расстояние между ними $L^2 = (v_1 t)^2 + (v_2 t)^2$. Отсюда средняя скорость зайцев $v_2 = \sqrt{\left(\frac{L}{t}\right)^2 - v_1^2} = 60\text{ км/час}$.

5. Котлован глубины $H = 20\text{ м}$ с ровными вертикальными стенками и площадью дна $S = 200\text{ м}^2$ заполнен до краёв водой. При откачивании насос подаёт воду на поверхность земли через шланг диаметром $D = 20\text{ см}$. Какую работу совершит насос, выкачав воду за 5 часов?

Плотность воды $\rho = 1000\text{ кг/м}^3$, ускорение свободного падения $g = 10\text{ м/с}^2$.

Решение

Работа, затраченная на подъём воды равна $A = \frac{mgH}{2} + \frac{mV^2}{2}$. (1)

Масса воды $m = \rho V = \rho SH = \rho \frac{\pi D^2}{4} \cdot vt$, так как объём воды в котловане равен объёму воды прошедшему через шланг насоса $V = S_{\text{шланга}} vt$. Тогда скорость течения воды по шлангу $v = \frac{4SH}{t\pi D^2}$. Подставляя в (1), получим $A = \frac{\rho SH^2 g}{2} + \frac{\rho SH 16(SH)^2}{2(t\pi D^2)^2}$ или

$$A = \frac{\rho SH^2}{2} \left(g + \frac{16S^2 H}{(t\pi D^2)^2} \right) = 250\text{ МДж}.$$

9 класс

2. Вася поливает газон из шланга. Он заметил, что максимальная дальность полёта струи воды $L = 20\text{ м}$. Ему было удобнее держать шланг под углом $\beta = 60^\circ$, хотя дальность полёта при этом была меньше. Вася решил рассчитать, на сколько различается масса воды, находящейся в воздухе, в этих двух случаях. Считать, что начальная и конечная точки траектории находятся на одной горизонтали, напор воды не изменяется, радиус шланга $r = 5\text{ мм}$, плотность воды $\rho = 10^3\text{ кг/м}^3$, ускорение свободного падения принять равным $g = 10\text{ м/с}^2$. Какой результат получил Вася?

Решение

Запишем уравнения кинематики в проекциях на координатные оси

$$x = v_0 \cos \alpha t_1 = L,$$

$$y = v_0 \sin \alpha t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = 0.$$

Из этих уравнений получаем время полёта и его дальность.

Дальность полета струи $L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$. Максимальная дальность будет, если угол

наклона шланга к горизонту будет $\alpha = 45^\circ$. Отсюда найдем начальную скорость

$$v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}} = 14,1\text{ м/с}.$$

$$\text{Время в полёте } t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = 2\text{ с}, \quad t_2 = \frac{2v_0 \sin \beta}{g} = 2,44\text{ с}$$

Масса воды, находящейся в воздухе в первом и втором случаях $m_1 = \rho S v_0 t_1$; $m_2 = \rho S v_0 t_2$. Площадь сечения шланга $S = \pi r^2$.

Тогда масса воды в воздухе различается на $\Delta m = \rho S v_0 (t_2 - t_1) = 0,443\text{ кг}$

3. Космонавт на Земле весит $P = 1000\text{ Н}$. Сколько он будет весить на планете радиуса $R = 8000\text{ км}$, если на облёт этой планеты по круговой траектории радиуса $r = 8500\text{ км}$ было затрачено $t = 2\text{ час}$.

Решение

$$\text{Уравнение динамики для корабля } \frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}, \quad (1)$$

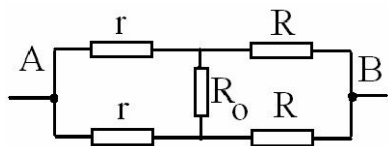
где M – масса планеты, m – масса корабля.

$$\text{Скорость движения по круговой орбите } v = \frac{2\pi r}{T}. \quad (2)$$

$$\text{Из (1) и (2) получаем } \left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 = \frac{GM}{r} = \frac{GM}{R^2} \cdot \frac{R^2}{r} = \frac{gR^2}{r}.$$

Ускорение свободного падения на неизвестной планете $g = \left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 r = 7,3 м/с^2$.

Вес космонавта на Земле $P = mg_0$, на другой планете $P_1 = mg = \frac{P}{g_0} g = 730Н$.



4. Сопротивление участка АВ на приведённой схеме $R_{AB} = 6 Ом$, $r = 2 Ом$. Определите величину сопротивления R .

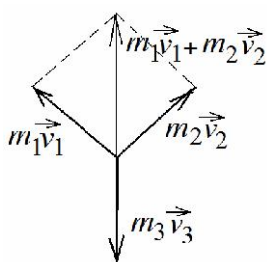
Решение

Из симметрии схемы следует, что ток в точке А делится на две одинаковые части. Следовательно, потенциалы в точках 1 и 2 одинаковы, т.е. через резистор R_0 ток не идёт.

Тогда сопротивления верхнего и нижнего участков одинаковы и равны $(r + R)$. Сопротивление $\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{r + R} + \frac{1}{r + R}$. Из этого уравнения получаем $R = 2R_{AB} - r = 10 Ом$.

4. Снаряд массы $m = 800$ кг, выпущенный вертикально вверх с поверхности Земли, разрывается в верхней точке траектории на три части, которые разлетаются под углами 120° друг к другу. Массы осколков $m_1 : m_2 : m_3 = 1 : 2 : 4$. Скорость меньшего осколка после взрыва $v_1 = 20 м/с$. Определить 1) скорости остальных осколков; 2) кинетическую энергию осколков сразу после взрыва.

Решение



В верхней точке траектории скорость снаряда равна нулю. По закону сохранения импульса $0 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_3 \vec{v}_3$.

Если осколки разлетаются под углами 120° , то суммарный импульс будет равен нулю, если модули импульсов одинаковы, тогда $m_1 v_1 = m_2 v_2 = 2m_1 v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{v_1}{2} = 10 м/с$

$$m_1 v_1 = m_3 v_3 = 4m_1 v_3 \Rightarrow v_3 = \frac{v_1}{4} = 5 м/с$$

С учётом соотношения масс, получаем $m = m_1 + m_2 + m_3 = 7m_1 \Rightarrow m_1 = \frac{m}{7}$.

Кинетическая	энергия	после	взрыва
$E = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} + \frac{m_3 v_3^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} \cdot \frac{7}{4} = \frac{m v_1^2}{8} = \frac{800 \cdot 400}{8} = 40000 Дж = 40 кДж$			

5. Сергей и Володя перед поездкой на поезде решили приготовить лёд и взять его с собой в термосе, чтобы охладить лимонад. Они залили воду в формочки и поместили их в комнатный холодильник. За 5 минут температура во-

ды понизилась от $t_1 = 16^\circ C$ до $t_2 = 12^\circ C$. До выхода из дома оставалось *2 час 15 мин.* Получат ли друзья лёд к моменту выхода? Сколько времени уйдёт на его приготовление? Удельная теплота кристаллизации воды $\lambda = 3,35 \cdot 10^5 \frac{Дж}{кг}$, удельная теплоемкость льда $c_1 = 2100 \frac{Дж}{кг \cdot K}$, удельная теплоемкость воды $c_2 = 4200 \frac{Дж}{кг \cdot K}$.

Решение

Мощность комнатного холодильника считаем одинаковой. Для первых пяти минут

$$c_2 m (t_2 - t_1) = P \tau_1. \quad (1)$$

Для остывания воды до $0^\circ C$ и кристаллизации

$$c_2 (0 - t_2) m - m \lambda = P \tau_2. \quad (2)$$

Разделив (2) на (1) получим

$$\frac{c_2 t_2 + \lambda}{c_2 (t_1 - t_2)} = \frac{\tau_2}{\tau_1}.$$

Время $\tau_2 = \frac{(c_2 t_2 + \lambda) \tau_1}{c_2 (t_1 - t_2)} = 115 \text{ мин.}$

Общее время с момента закладки в холодильник до получения льда 120 мин, или 2 часа, т.е. друзья успеют получить лёд до отъезда.

10 класс

1. В безветренную погоду воздушный шар поднимается с поверхности Земли вертикально вверх с постоянной скоростью. Этот шар запустили при горизонтальном ветре, скорость которого увеличивается с высотой по линейному закону. Коэффициент пропорциональности $A = 0,4$. В момент, когда шар переместился по горизонтали на $S = 480$ м, его высота над поверхностью Земли оказалась равна $H = 120$ м. Определите величину скорости шара в этот момент времени и угол наклона к горизонту.

Решение

Высота подъёма шара $H = V_0 t$, где V_0 - вертикальная составляющая скорости.

Горизонтальная составляющая скорости $V_x = A \cdot H = AV_0 t$, т.е. ускорение по оси X равно $a_x = A \cdot V_0$. Тогда расстояние, на которое шар переместился по горизонтали $S = \frac{a_x t^2}{2} = \frac{AV_0}{2} \cdot \frac{H^2}{V_0^2} = \frac{AH^2}{2V_0}$. Отсюда $V_0 = \frac{AH^2}{2S} = \frac{0,4 \cdot 120^2}{2 \cdot 480} = 6 \text{ м/с} = \text{const}$.

В заданный в условии момент $V_x = 0,4 \cdot 120 = 48 \text{ м/с}$.

Полная скорость $V = \sqrt{V_0^2 + V_x^2} = 48,4 \text{ м/с}$.

Тангенс угла наклона к горизонту $\text{tg} \alpha = \frac{V_0}{V_x} = \frac{6}{48} = 0,125$. Угол $\alpha = 7,1^\circ$.

Ответ: 48 м/с ; $48,4 \text{ м/с}$; $\alpha = 7,1^\circ$

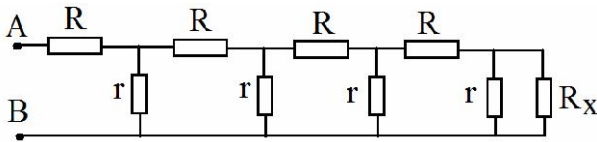
2. Любители экстремального спорта прыгают с моста высотой H , привязавшись к перилам резиновым жгутом. Длина и жёсткость жгута подбираются таким образом, чтобы у поверхности воды скорость спортсмена падала до нуля. После прекращения колебаний спортсмен висит на высоте $h = 10$ м над поверхностью воды. Максимальная скорость экстремала во время падения $v_{\text{max}} = 100 \text{ км/час}$. Чему равна высота моста? Ускорение свободного падения принять $g = 10 \text{ м/с}^2$, сопротивлением воздуха пренебречь.

Решение

В положении равновесия (на высоте h над поверхностью воды) $mg = kx$, где k - жёсткость пружины, x - деформация жгута. При колебаниях амплитуда равна h .

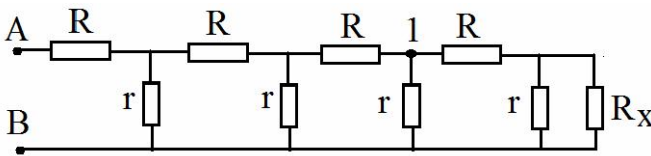
Из закона сохранения энергии: $mgH = \frac{kh^2}{2}$; $mgH = \frac{kx^2}{2} + \frac{mV^2}{2} + mgh$.

Из этих уравнений получаем $H = 49,1 \text{ м}$



3. Цепь состоит из сопротивлений $R = 4 \text{ Ом}$ и $r = 8 \text{ Ом}$. При какой величине R_x сопротивление такой цепи не будет зависеть от числа звеньев? (8 Ом)

Решение



Если справа от точки 1 сопротивление равно R_x , то общее сопротивление не будет зависеть от числа звеньев.

$$R_x = R + \frac{r \cdot R_x}{r + R_x}.$$

Получаем квадратное уравнение $R_x^2 - RR_x - Rr = 0$.

Его решение $R_x = \frac{R}{2} \pm \sqrt{\frac{R^2}{4} + rR} = \frac{4}{2} \pm \sqrt{\frac{16}{4} + 8 \cdot 4} = 2 \pm 6$. Следовательно $R_x = 8 \text{ Ом}$.

Ответ: $R_x = 8 \text{ Ом}$

4. Горизонтальный цилиндр разделён неподвижной перегородкой на две равные части. В левой части находится $m = 50 \text{ г}$ смеси кислорода и водорода, правая часть откачена до вакуума. В перегородке открывают мембрану проницаемую только для молекул водорода. Когда система перешла в равновесное состояние, давление в левом сосуде уменьшилось на 40%. Определите массу кислорода и водорода в смеси.

Решение

Пусть ν_1 - количество вещества кислорода, ν_2 - водорода. Молярная масса кислорода $\mu_1 = 32 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$, водорода $\mu_2 = 2 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$.

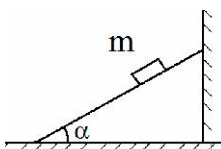
В исходном состоянии для левой части сосуда $(\nu_1 + \nu_2)RT = PV$ (1)

После открытия заслонки $\left(\nu_1 + \frac{\nu_2}{2}\right)RT = 0,6PV$ (2)

Разделим (1) на (2) $\frac{\nu_1 + \nu_2}{\nu_1 + 0,5\nu_2} = \frac{1}{0,6}$, отсюда получим $\nu_2 = 4\nu_1$, т.е.

$\frac{m_2}{\mu_2} = \frac{4m_1}{\mu_1} \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{\mu_1}{4\mu_2} = \frac{32}{2 \cdot 4} = 4$. Общая масса $m = m_1 + m_2 = 5m_2$.

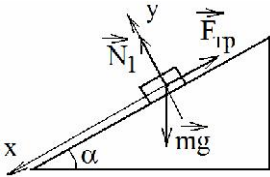
Следовательно $m_2 = 10 \text{ г}$; $m_1 = 40 \text{ г}$.



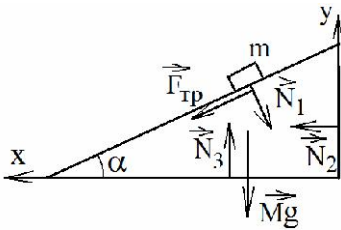
5. Брусок массы $m = 1 \text{ кг}$ положили на клин, имеющий угол наклона $\alpha = 30^\circ$. Клин находится на гладкой горизонтальной поверхности, коэффициент трения скольжения между бруском и наклонной плоскостью

$\mu = 0,2$. С какой силой давит клин на вертикальную стенку? Ускорение свободного падения принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Решение



Для бруска запишем II закон Ньютона в проекции на ось ОУ:
 $N_1 - mg \cos \alpha = 0$. тогда сила трения между бруском и клином равна
 $F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$.



Для клина в проекции на ОХ: $N_2 + F_{тр} \cos \alpha - N_1 \sin \alpha = 0$, отсюда
 $N_2 = -F_{тр} \cos \alpha + N_1 \sin \alpha = -\mu mg \cos^2 \alpha + mg \cos \alpha \cdot \sin \alpha$



ФГБОУ ВПО
«Тульский государственный университет»

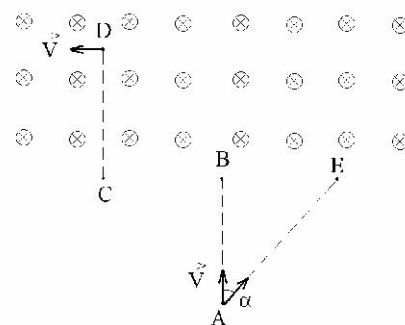
Олимпиада школьников
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике
2017/18



Заключительный этап

11 класс

1. Бесконечная плоскость **С-В-Е** делит пространство на две области, в одной из которых создано однородное магнитное поле параллельное этой плоскости (см. рисунок). Микрочастица, обладающая электрическим зарядом $q = 1 \text{ мКл}$ и массой $m = 10^{-10} \text{ кг}$, вылетела из точки **А** со скоростью $V = 10^5 \text{ м/с}$ и устремилась по кратчайшему пути к границе областей, войдя в магнитное поле в точке **В**. Через время $t_1 = 12,56 \text{ мкс}$ частица была уже в точке **Д**, где ее скорость в этот момент была параллельна границе. Если бы эта частица вылетела из точки **А** под углом α к нормали **АВ**, то она попала бы в магнитное поле в точке **Е** и также пролетела бы через точку **Д**, двигаясь в той же плоскости, но при этом время ее движения от **Е** до **Д** было бы в два раза больше, чем t_1 . Принять $\pi = 3,14$.



- 1) Чему равно кратчайшее расстояние **DC** от точки **Д** до границы раздела?
- 2) Чему равна индукция магнитного поля?
- 3) Под каким углом вылетела частица во втором случае?
- 4) Чему равно расстояние **АВ**?
- 5) Во сколько раз время движения от точки **А** до точки **Д** во втором случае больше, чем в первом?

РЕШЕНИЕ:

Частица в магнитном поле будет двигаться по дуге окружности.

В первом случае за время t_1 частица прошла путь

$S = V \cdot t_1 = 10^5 \cdot 12,56 \cdot 10^{-6} = 1,256 \text{ м}$, что составило четверть окружности

$S = \frac{2\pi R}{4} = \frac{\pi R}{2}$. Значит радиус окружности

$R = \frac{2S}{\pi} = \frac{2 \cdot 1,256}{3,14} = 0,8 \text{ м}$. Но расстояния **DC** и **CB** как раз и равны этому радиусу.

С другой стороны $R = \frac{mV}{qB}$, значит индукция магнитного поля

равна $B = \frac{mV}{qR} = \frac{10^{-10} \cdot 10^5}{10^{-3} \cdot 0,8} = 0,0125 \text{ Тл}$.

Если время движения в магнитном поле во втором случае в два раза больше, то частица прошла половину окружности, значит расстояние **DE** это диаметр. Значит угол $\angle CED = 30^\circ$, который в свою очередь равен углу $\angle BAE$.

Найдем длины отрезков **АВ** и **АЕ**, а также времена движения по этим отрезкам.

$$AB = BE \cdot \operatorname{ctg} \alpha = (CE - CB) \cdot \operatorname{ctg} \alpha = (2R \cos \alpha - R) \operatorname{ctg} \alpha = R(\sqrt{3} - 1)\sqrt{3} = 1,01 \text{ м}, t_{AB} = \frac{AB}{V} = 1,01 \cdot 10^{-5} \text{ с}$$

$$AE = \frac{AB}{\cos \alpha} = \frac{1,01}{\sqrt{3}} \cdot 2 = 1,17 \text{ м}, t_{AE} = \frac{AE}{V} = 1,17 \cdot 10^{-5} \text{ с}$$

$$\frac{t_{AED}}{t_{ABD}} = \frac{2t_1 + t_{AE}}{t_1 + t_{AB}} = \frac{2 \cdot 12,56 \cdot 10^{-6} + 1,17 \cdot 10^{-5}}{12,56 \cdot 10^{-6} + 1,01 \cdot 10^{-5}} = \frac{3,682}{2,266} = 1,62$$

Ответ: 1) $DC = R = 0,8 \text{ м}$

2) $B = 0,0125 \text{ Тл}$

3) $\alpha = 30^\circ$

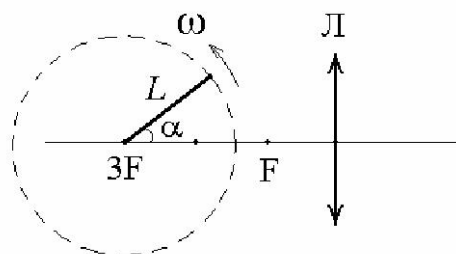
4) $AB = 1,01 \text{ м}$

5) время движения во втором случае в 1,62 раза больше, чем в первом.

	Критерии оценки	Балл
1	Указано, что частица в магнитном поле будет двигаться по дуге окружности и определен радиус окружности и путь за время t_1	1-5
2	Найдена индукция магнитного поля	1-2
3	Определено расстояние DE как диаметр окружности	1-2
4	Найден угол CED	1-2
5	Определены длины отрезков AB и AE, а также времена движения по этим отрезкам	1-9

2. Перед тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием $F = 10 \text{ см}$ в плоскости рисунка вращается стержень длиной $L = 1,5F$ с угловой скоростью $\omega = 0,1 \text{ рад/с}$ вокруг своего конца, помещенного в тройной фокус линзы. Найдите угловую скорость изображения в линзе в тот момент, когда угол α между стержнем и главной оптической осью равен

1) $\alpha = 0^\circ$ 2) $\alpha = 90^\circ$ 3) $\alpha = 45^\circ$

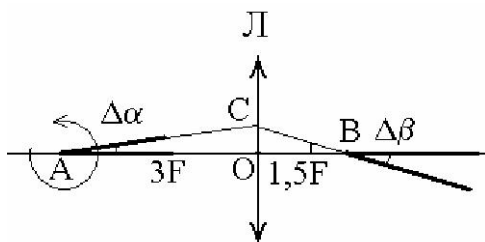


РЕШЕНИЕ:

С помощью формулы тонкой линзы рассчитаем положение изображения конца стержня в тройном фокусе.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{3F} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{3F} = \frac{2}{3F} \Rightarrow f = 1,5F$$

Проведем вдоль стержня луч, который после линзы пересечет главную оптическую ось на расстоянии $f = 1,5F$ от линзы и пройдет по изображению стержня.



Рассмотрим первый момент времени, когда угол $\alpha = 0^\circ$.

За малое время Δt стержень успеет повернуться на малый угол $\Delta \alpha$, а его изображение повернется на малый угол $\Delta \beta$.

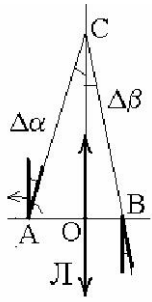
Из рисунка видно, что

$$OC = 3F \operatorname{tg} \Delta \alpha = 1,5F \operatorname{tg} \Delta \beta \Rightarrow 2\Delta \alpha \approx \Delta \beta,$$

так как при малых углах $\operatorname{tg} \Delta \alpha \approx \Delta \alpha$.

Угловая скорость изображения в этот момент равна

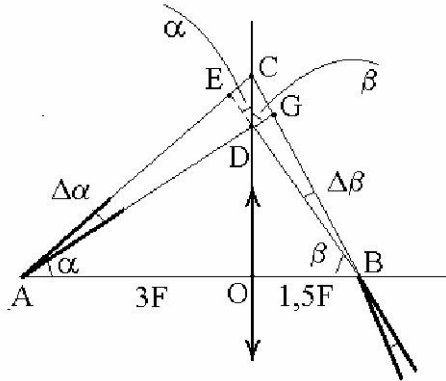
$$\omega_1 = \frac{\Delta \beta}{\Delta t} \approx \frac{2\Delta \alpha}{\Delta t} = 2\omega$$



Рассмотрим второй момент, когда за малое время Δt стержень повернется на малый угол $\Delta\alpha$ и станет перпендикулярным главной оптической оси. За это же время изображение повернется на малый угол $\Delta\beta$ и тоже станет перпендикулярным главной оптической оси.

Из рисунка видно, что $OC = \frac{3F}{\text{tg } \Delta\alpha} = \frac{1,5F}{\text{tg } \Delta\beta} \Rightarrow 2\Delta\beta \approx \Delta\alpha$

Угловая скорость изображения в этот момент равна $\omega_1 = \frac{\Delta\beta}{\Delta t} \approx \frac{\Delta\alpha}{2\Delta t} = \frac{\omega}{2}$



Рассмотрим третий момент, когда стержень находится под углом $\alpha = 45^\circ$ к главной оптической оси и за малое время Δt поворачивается на малый угол $\Delta\alpha$. Сначала найдем угол β , под которым в данный момент расположено изображение стержня:

$$OD = 3F \text{ tg } \alpha = 1,5F \text{ tg } \beta \Rightarrow \text{tg } \beta = 2 \text{ tg } 45^\circ = 2$$

$$\text{При этом } \cos \beta = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{tg}^2 \beta}} = \frac{1}{\sqrt{5}}$$

Далее проведем перпендикуляры из точки D на луч AC и на луч BC. Выразим длину луча $AD = \frac{3F}{\cos \alpha}$ и длину

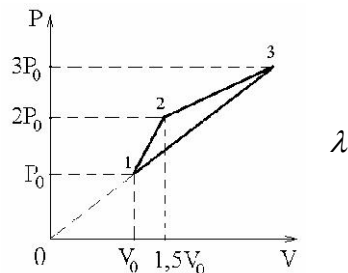
луча $BD = \frac{1,5F}{\cos \beta}$. Выразим длины отрезков $DE \approx AD \cdot \Delta\alpha$ и $DG \approx BD \cdot \Delta\beta$. И наконец

$$DC = \frac{DE}{\cos \alpha} = \frac{DG}{\cos \beta} \Rightarrow \frac{AD \cdot \Delta\alpha}{\cos \alpha} = \frac{BD \cdot \Delta\beta}{\cos \beta} \Rightarrow \frac{3F \cdot \Delta\alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1,5F \cdot \Delta\beta}{\cos^2 \beta} \Rightarrow \Delta\beta = \frac{2 \cos^2 \beta}{\cos^2 \alpha} \Delta\alpha$$

$$\omega_1 = \frac{\Delta\beta}{\Delta t} = \frac{2 \cdot 1/5}{1/2} \cdot \frac{\Delta\alpha}{\Delta t} = \frac{4}{5} \omega$$

	Критерии оценки	Балл
1	С помощью формулы тонкой линзы определено положение изображения конца стержня в тройном фокусе.	1-5
2	Правильно сделан рисунок для момента времени, когда угол $\alpha = 0^\circ$. Найдена угловая скорость изображения в этот момент	1-5
3	Правильно сделан рисунок для момента времени, когда угол $\alpha = 90^\circ$. Найдена угловая скорость изображения в этот момент	1-5
4	Правильно сделан рисунок для момента времени, когда угол $\alpha = 45^\circ$. Найдена угловая скорость изображения в этот момент	1-5

3. Тепловая машина работает по циклу, изображенному на рисунке. Нагревателем для этой машины служит печь, в которой горит уголь с удельной теплотой сгорания $q = 30 \text{ МДж/кг}$, а холодильником служит тающий лед с удельной теплотой плавления $= 0,33 \text{ МДж/кг}$. Рабочим телом является идеальный одноатомный газ. Эта машина развивала механическую мощность $N = 1 \text{ кВт}$ в течение одного часа.



- 1) Каков КПД этой тепловой машины?
- 2) Сколько угля сгорело за это время?
- 3) Сколько льда расплавилось за это время?

РЕШЕНИЕ:

Так как процесс 3-1 линейный и проходит через 0, то $V_3 = 3V_0$

Работа за цикл есть площадь треугольника 1-2-3-1, что есть разность площадей под участками 1-2-3 и участком 3-1:

$$A = \frac{P_0 + 2P_0}{2} \cdot (1,5V_0 - V_0) + \frac{2P_0 + 3P_0}{2} (3V_0 - 1,5V_0) - \frac{3P_0 + P_0}{2} (3V_0 - V_0) = 0,5P_0V_0$$

Из условия задачи эту работу можно найти как $A = N \cdot t = 10^3 \cdot 3600 = 3,6 \cdot 10^6$ Дж

Приравнявая работу, найденную в общем виде, к ее числовому значению находим:

$$P_0V_0 = 7,2 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

Найдем тепло, отданное машиной холодильнику:

$$|Q_x| = |Q_{31}| = |\Delta U_{31} + A_{31}| = \frac{3}{2}(3P_0 \cdot 3V_0 - P_0V_0) + \frac{3P_0 + P_0}{2}(3V_0 - V_0) = 16P_0V_0 = 115,2 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

Найдем тепло, полученное машиной от нагревателя:

$$Q_n = A + |Q_x| = 3,6 \cdot 10^6 + 115,2 \cdot 10^6 = 118,8 \cdot 10^6 \text{ Дж.}$$

1) Найдем КПД: $\eta = \frac{A}{Q_n} = \frac{3,6}{118,8} = 0,030$, т.е. 3%

2) Сгорело угля $m_1 = \frac{Q_n}{q} = \frac{118,8 \cdot 10^6}{30 \cdot 10^6} = 3,96$ кг

3) Расплавилось угля $m_2 = \frac{Q_x}{\lambda} = \frac{115,2 \cdot 10^6}{0,33 \cdot 10^6} = 349$ кг

	Критерии оценки	Балл
1	Определено, что процесс 3-1 линейный и найдено $V_3 = 3V_0$	1-2
2	Определена работа за цикл $0,5 P_0V_0$	1-3
3	Вычислена работа через мощность, определено P_0V_0	1-3
4	Найдено тепло, отданное машиной холодильнику	1-3
5	Найдено тепло, полученное машиной от нагревателя	1-3
6	Определено КПД	1-2
7	Определена масса сгоревшего угля	1-2
8	Определена масса расплавившегося угля	1-2

4. Из горизонтальной трубы, расположенной над головой человека, вылетает однородный поток маленьких шариков массой $m_0 = 1$ мг каждый, концентрация которых равна $n = 100 \text{ см}^{-3}$. Этот поток налетает на кружок площадью $S = 10 \text{ см}^2$, прикрепленный стержнем к шарниру на поверхности земли, причем плоскость кружка перпендикулярна оси трубы, а расстояние от центра кружка до шарнира равно $L = 3$ м. На расстоянии $l = 0,5$ м от шарнира к стержню прикреплен легкий трос. При абсолютно упругом столкновении шариков с кружком они дают на него, и человеку приходится прилагать усилие к тросу, чтобы удержать стержень в равновесии. При скорости шариков $V_1 = 10$ м/с человеку удается удерживать стержень в вертикальном положении (см. рис.1). Если скорость шариков увеличить вдвое, то стержень отклонится на угол $\alpha = 30^\circ$ (см. рис.2). В обоих случаях человек тянет трос в направлении, параллельном оси трубы. Найти силу натяжения троса в первом и втором случаях. Масса стержня вместе с кружком равна $M = 5$ кг, а центр масс этой системы находится на расстоянии $H = 2$ м от шарнира. Считать, что отскакивающие от кружка шарики не сталкиваются с

шариками из налетающего потока. Ускорение свободного падения принять равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

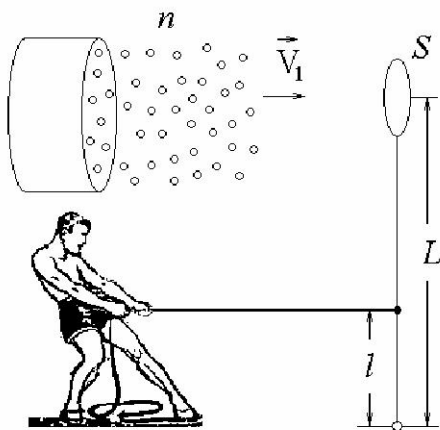


Рис.1

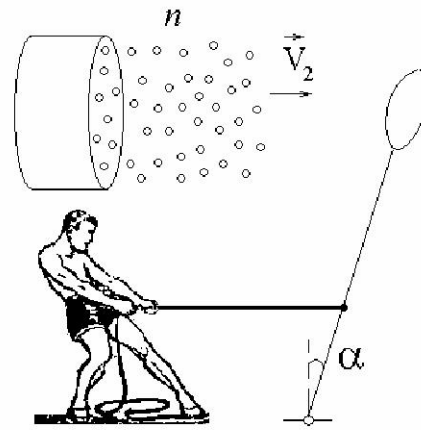


Рис.2

РЕШЕНИЕ:

При абсолютно упругом ударе в первом случае изменение импульса одного шарика равно $\Delta p_1 = 2m_0V_1$. За время Δt на кружок успевают налететь $\Delta N = n \cdot S \cdot V_1 \Delta t$ шариков, где $S \cdot V_1 \cdot \Delta t$ – это объем, содержащий эти шарики. Из второго закона Ньютона можно найти силу давления этих шариков на кружок:

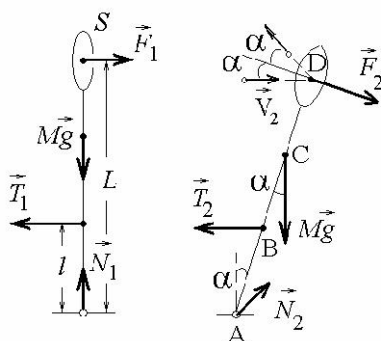
$$F_1 = \frac{\Delta N \cdot \Delta p_1}{\Delta t} = nSV_1 \cdot 2m_0V_1 = 2m_0nSV_1^2 = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-4} \cdot 100 = 20 \text{ Н}$$

Если кружок наклонится, то число шариков, налетающих на кружок за время Δt , изменится и станет равным

$\Delta N_2 = n \cdot S \cos \alpha \cdot V_2 \Delta t$, а изменение импульса одного шарика равно $\Delta p_1 = 2m_0V_2 \cos \alpha$ и направлено перпендикулярно плоскости кружка. Сила давления на кружок останется перпендикулярной к нему и будет равной

$$F_2 = \frac{\Delta N_2 \cdot \Delta p_1}{\Delta t} = 2m_0nSV_2^2 \cos^2 \alpha = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-4} \cdot 400 \cdot \frac{3}{4} = 60 \text{ Н}.$$

Применим условие статики (равенство нулю суммы моментов сил) в двух случаях



$$F_1L = T_1l \Rightarrow T_1 = \frac{F_1L}{l} = \frac{20 \cdot 3}{0,5} = 120 \text{ Н}$$

$$F_2L + Mg \cdot H \sin \alpha = T_2 \cdot l \cos \alpha \Rightarrow$$

$$T_2 = \frac{F_2L + Mg \cdot H \sin \alpha}{l \cos \alpha} = \frac{60 \cdot 3 + 50 \cdot 2 \cdot 0,5}{0,5 \cdot \sqrt{3}/2} = 532 \text{ Н}$$

	Критерии оценки	Балл
1	Определено изменение импульса шарика и приведена формула для определения объема, содержащего эти шарики	1-2
2	Найдена сила давления этих шариков на кружок	1-3
3	Определено число шариков, ударившихся о наклонный кружок и изменение импульса одного шарика	1-4
4	Найдена сила давления на кружок и ее направление	1-4
5	Применено условие статики (равенство нулю суммы моментов сил) в двух случаях и сделаны схемы действующих сил	1-7

5. На длинной невесомой нити длины $L = 8,1$ м висит маленький шарик массы $m = 100$ г. Такой же шарик подлетает к нему со скоростью $V = 5$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к вертикали. Между ними происходит центральный абсолютно упругий удар.

- 1) Найти скорости шариков сразу после удара;
- 2) На какую максимальную высоту поднимется шарик на нити?
- 3) Найти расстояние между шариками в тот момент, когда шарик на нити первый раз остановится.

Принять ускорение свободного падения равным $g = 10$ м/с², $\pi = 3,14$

РЕШЕНИЕ:

Во время мгновенного удара между шариками возникает очень большая сила взаимодействия N и резко увеличивается сила натяжения нити. Силой тяжести в этот момент можно пренебречь.

Используем понятие импульс силы, данный телу:

$$\Delta t \cdot \sum \vec{F}_i = \Delta \vec{p}$$

Рассмотрим импульс силы, переданный шарiku на нити в проекции на ось X:

$$\Delta t \cdot N \cdot \sin \alpha = mV_2. \quad \text{Отсюда выразим } \Delta t \cdot N = \frac{mV_2}{\sin 30^\circ} = 2mV_2$$

Аналогично рассмотрим импульс силы, переданный первому шарiku вдоль линии, соединяющей центры шариков, предполагая, что шарик изменит направление своего движения:

$$-\Delta t \cdot N = -mV_1 - mV$$

Подставим в это уравнения найденное выражение $\Delta t \cdot N$ и выразим

$$mV_1 = -mV + \Delta t \cdot N = -mV + 2mV_2 \quad \text{или} \quad V_1 = -V + 2V_2$$

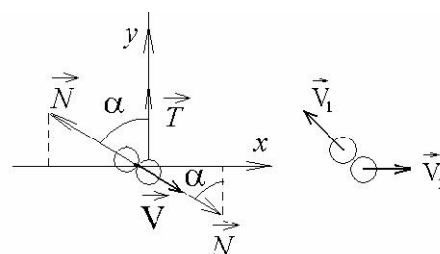
Применим закон сохранения энергии при абсолютно упругом ударе:

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{mV_2^2}{2} + \frac{mV_1^2}{2}. \quad \text{Сократив на массу и двойку, подставив выражения для } V_1 \text{ получим:}$$

$$V^2 = V_2^2 + V_1^2 = V_2^2 + V^2 - 4V_2V + 4V_2^2 \quad \text{откуда } 5V_2^2 = 4V_2V.$$

Таким образом $V_2 = \frac{4}{5}V = 4$ м/с и направлена горизонтально, $V_1 = -V + \frac{8}{5}V = \frac{3}{5}V = 3$ м/с и направлена под углом α к вертикали в противоположную сторону первоначальному направлению.

По закону сохранения энергии найдем максимальную высоту подъема шарика на нити:



$$\frac{mV_2^2}{2} = mgh \Rightarrow h = \frac{V_2^2}{2g} = \frac{16}{20} = 0,8 \text{ м. Как видно } h \ll L, \text{ значит отклонения малы, т.е. шарик}$$

на нити можно считать математическим маятником с периодом $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$.

Время подъема шарика на нити составляет четверть периода колебаний математического маятника

$$t = \frac{1}{4}T = \frac{1}{4} \cdot 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{L}{g}} = \frac{3,14}{2}\sqrt{\frac{8,1}{10}} = 1,57 \cdot 0,9 = 1,41 \text{ с.}$$

Найдем координаты центра первого шарика через это время:

$$x_1 = -V_1 \sin \alpha \cdot t = -3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,41 = -2,12 \text{ м} \quad y_1 = V_1 \cos \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 3 \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1,41 - \frac{10 \cdot 1,41^2}{2} = -6,34 \text{ м}$$

Найдем координаты центра шарика на нити через это время: $y_2 = h = 0,8 \text{ м}$

$$x_2 = \sqrt{L^2 - (L-h)^2} = \sqrt{8,1^2 - 7,3^2} = 3,51 \text{ м}$$

Расстояние между центрами шариков

$$r = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} = \sqrt{(-2,12 - 3,51)^2 + (-6,34 - 0,8)^2} = \sqrt{31,7 + 51} = 9,1 \text{ м}$$

	Критерии оценки	Балл
1	Правильно сделан рисунок с действующими силами	1-2
2	Рассмотрен импульс силы, переданный шарiku на нити в проекции на ось X	1-3
3	Рассмотрен импульс силы, переданный первому шарiku вдоль линии, соединяющей центры шариков, с учетом изменения направления его движения	1-3
4	По закону сохранения энергии найдена максимальная высота подъема шарика на нити и сделан вывод о том, что шарик на нити можно считать математическим маятником с периодом $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$	1-4
5	Определено время подъема шарика на нити t	1-2
6	Найдены координаты центра первого шарика через время t	1-2
7	Найдены координаты центра шарика на нити через время t	1-2
8	Определено расстояние между центрами шариков	1-2