



# Подготовка к ОГЭ и ЕГЭ: законы сохранения в механике

Выполнила учитель  
физики МБОУ  
« КСОШ №1 »  
Старкова Г.В.

# www.fipi.ru

Методическую помощь учителю и учащимся при подготовке к ЕГЭ и ОГЭ могут оказать материалы с сайта ФИПИ ([www.fipi.ru](http://www.fipi.ru)):

- документы, определяющие структуру и содержание КИМ ЕГЭ 2017 г. (кодификатор элементов содержания, спецификация и демонстрационный вариант КИМ);
- открытый сегмент Федерального банка тестовых заданий;
- учебно-методические материалы для председателей и членов региональных предметных комиссий по проверке выполнения заданий с развернутым ответом экзаменационных работ ЕГЭ и ОГЭ;
- аналитические отчеты о результатах экзамена и методические письма прошлых лет;
- перечень учебных изданий, разработанных специалистами ФИПИ или рекомендуемых ФИПИ для подготовки к ЕГЭ и ОГЭ.

### Алгоритм решения задач на закон сохранения импульса:

1. Записать краткое условие задачи.
2. Перевести единицы измерения в систему СИ.
3. Выбрать систему отсчёта.
4. Считать систему тел замкнутой.
5. Нарисовать тела до взаимодействия и после, учитывая упругий удар или неупругий, указывая направления их скоростей.
6. Выбрать оси координат.
7. Записать Закон сохранения импульса в векторной форме.
8. Спроецировать Закон сохранения импульса на оси координат.
9. Решить систему уравнений.
10. Оценить полученный результат.

### **Алгоритм решения задач на закон сохранения энергии:**

1. Записать краткое условие задачи.
2. Перевести единицы измерения в систему СИ.
3. Выбрать систему отсчёта.
4. Определить начальное и конечное положения тел, а так же, если необходимо, то промежуточные положения, о которых идёт речь в задаче.
5. Выбрать нулевой уровень потенциальной энергии.
6. Если на тела действуют только потенциальные силы, записать закон сохранения механической энергии:  $E_1 = E_2$ . Если в системе тел действуют также и непотенциальные силы, то закон сохранения энергии записать в следующем виде:  
 $\Delta E = E_2 - E_1 = A$ , где  $A$  - работа непотенциальных сил.
7. Выразить неизвестное.
8. Произвести расчёт численного значения и единиц измерения.
9. Оценить полученный результат.

# Законы сохранения

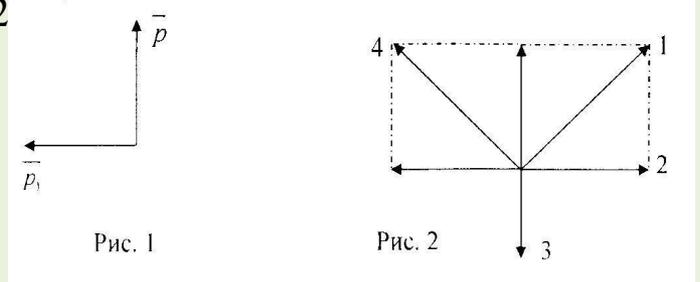
1. Пластилиновый шар массой 0,1 кг имеет скорость 1 м/с. Он налетает на неподвижную тележку массой 0,1 кг, прикрепленную к пружине, соединенную с неподвижной стенкой, и прилипает к ней. Чему равна полная энергия системы при ее дальнейших колебаниях. Трением пренебречь.

1) 0,025 Дж    2) 0,05 Дж    3) 0,5 Дж    4) 0,1 Дж.

2. Человек массой 60 кг, бегущий со скоростью 5 м/с, догоняет тележку массой 40 кг, движущуюся со скоростью 2 м/с, и вскакивает на нее. С какой скоростью продолжит движение тележка?

1) 3,8 м/с    2) 4,8 м/с    3) 2,8 м/с    4) 3,5 м/с

3. Снаряд, импульс которого  $p$  был направлен вертикально вверх, разорвался на два осколка. Импульс одного осколка  $p_1$  в момент взрыва был направлен горизонтально (рис.1). Какое направление имел импульс  $p_2$  второго осколка? (рис.2)



4. Ударная часть молота массой 10 т свободно падает с высоты 2,5 м на стальную деталь массой 200 кг. На сколько градусов нагрелась деталь, если молот сделал 32 удара? На нагревание расходуется 25% энергии молота

5. Мальчик бросает мяч вертикально вверх с поверхности Земли со скоростью  $v$ . *Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. При увеличении массы бросаемого мяча в 2 раза при прочих неизменных условиях высота подъёма мяча...*

6. **Мяч был брошен с поверхности Земли вертикально вверх. Он достиг высшей точки траектории и затем упал на Землю. Сопротивлением воздуха пренебрегаем. В какой момент времени движения полная механическая энергия мяча имела максимальное значение?**

7. Пуля массой 5 г летит горизонтально со скоростью 400 м/с, попадает в неподвижный брусок на горизонтальной поверхности и застревает в нем. На какое расстояние при этом передвигается брусок массой 495 г? Коэффициент трения между бруском и поверхностью стола равен 0,2.

8. С помощью веревки, направленной под углом  $\alpha = 53^\circ$  к горизонтальной поверхности, тянут ящик массой 20 кг. Сила упругости  $F_y$  равна 100 Н, коэффициент трения  $\mu = 0,25$ . Определите ускорение ящика и пройденный им из состояния покоя путь за 4 с. Примите в расчетах  $g \approx 10 \text{ м/с}^2$ ,  $\sin 53^\circ \approx 0,8$ ,  $\cos 53^\circ \approx 0,6$ .

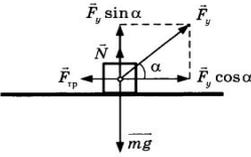
9. Свинцовый шар массой 500 г, движущийся со скоростью 0,6 м/с, сталкивается с неподвижным шаром из воска массой 100 г, после чего оба шара движутся вместе. Определите кинетическую энергию шаров после удара.

10. Два пластилиновых шарика массами по 50 г движутся с одинаковыми по модулю скоростями 0,8 м/с, направленными под углом  $90^\circ$  друг к другу. Какая часть энергии перейдет в тепло при абсолютно неупругом ударе?

# Законы сохранения

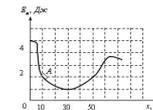
| № | правильный ответ | Решение   |
|---|------------------|---|
| 1 | 1                | закон сохранения импульса: $mv = 2mu$ , $u = v/2$ , $E = 2mu^2/2 = mu^2$ .  |
| 2 | 1                | $m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)v$ , $v = (m_1v_1 + m_2v_2)/(m_1 + m_2)$  |
| 3 | 1                | Сложение векторов, по правилу треугольника  |
| 4 | 20               |   |
| 5 | не изменится     | $E_k = E_p$ $2mu^2/2 = 2mgh$ $u^2/2 = gh$   |
| 6 |                  | <b>В течение всего времени полета полная механическая энергия была одинакова</b>  |
| 7 | 4 м/с, 4м        | <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><math>m = 0,005</math> кг<br/> <math>v = 400</math> м/с<br/> <math>M = 0,495</math> кг<br/> <math>\mu = 0,2</math><br/> <math>s = ?</math></p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><math>mv = (m + M)V</math>,<br/> <math>V = \frac{mv}{M + m} = \frac{0,005 \cdot 400}{0,495 + 0,005}</math> м/с = 4 м/с,<br/> <math>\frac{(M + m)V^2}{2} = \mu(M + m)gs</math>,<br/> <math>s = \frac{(M + m)V^2}{2\mu(M + m)g} = \frac{V^2}{2\mu g} = \frac{16}{2 \cdot 0,2 \cdot 10}</math> м = 4 м.</p> </div> </div> |

# Законы сохранения

| №  | правильный ответ            | Решение   |
|----|-----------------------------|---|
| 8  | 1,5 м/с <sup>2</sup> , 12 м | <p>24.</p> <p><math>m = 20 \text{ кг}</math><br/> <math>F_y = 100 \text{ Н}</math><br/> <math>\alpha = 53^\circ</math><br/> <math>\mu = 0,25</math><br/> <math>t = 4 \text{ с}</math><br/> <math>a = ?</math><br/> <math>s = ?</math></p>  $a = \frac{F_y \cos \alpha - F_{\text{тр}}}{m} = \frac{F_y \cos \alpha - \mu N}{m} = \frac{F_y \cos \alpha - \mu(mg - F_y \sin \alpha)}{m},$ $a = \frac{100 \cdot 0,6 - 0,25(20 \cdot 10 - 100 \cdot 0,8)}{20} \text{ м/с}^2 = 1,5 \text{ м/с}^2.$ $s = \frac{at^2}{2} = \frac{1,5 \cdot 16}{2} \text{ м} = 12 \text{ м}.$ <p>Ответ: 1,5 м/с<sup>2</sup>, 12 м.</p> |
| 9  | 0,075 Дж                    | $m_1 v_0 = (m_1 + m_2) v$ $v = \frac{m_1 v_0}{m_1 + m_2}; \quad E = (m_1 + m_2) v^2 / 2;$   |
| 10 | Ответ: 50%                  | $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$ $m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v \cos 45^\circ$ $v = \frac{m_1 v_1}{(m_1 + m_2) \cos 45^\circ}; \quad v = 0,4 \sqrt{2} \text{ м/с}$ <p>Энергия системы до удара: <math>E_1 = m_1 v_1^2 / 2 + m_2 v_2^2 / 2</math>; <math>E_1 = 0,032 \text{ Дж}</math><br/> Энергия системы после удара: <math>E_2 = (m_1 + m_2) v^2 / 2</math>; <math>E_2 = 0,016 \text{ Дж}</math><br/> Количество теплоты, выделенное при ударе: <math>Q = E_1 - E_2</math>; <math>Q = 0,016 \text{ Дж}</math><br/> Часть энергии, перешедшая в тепло после удара: <math>Q/E_1 = 0,5</math></p>  |

# Качественные задачи

1. Капля маслянистой жидкости попадет на поверхность воды и растекается, образуя тонкую пленку. Обязательно ли эта пленка закроет всю поверхность воды? Ответ поясните.
2. Почему в печах с высокими трубами тяга больше, чем в печах с низкими трубами?
3. Можно ли набрать жидкость в шприц, находясь в космическом корабле в состоянии невесомости? Ответ поясните.
4. Какую траекторию при движении тележки описывает центр её колеса:
  1. Относительно прямолинейного отрезка пути?
  2. Относительно точки обода колеса?
  3. Относительно корпуса тележки?
5. На горизонтальном участке пути маневровый тепловоз толкнул вагон. Какие тела действуют на вагон во время и после толчка? Как будет двигаться вагон под влиянием этих тел?
6. Почему капли дождя при резком встряхивании слетают с одежды?
7. После толчка льдинка закатилась в яму с гладкими стенками, в которой она может двигаться практически без трения. На рисунке приведен график зависимости энергии взаимодействия льдинки с Землей от её координаты в яме. В некоторый момент времени льдинка находилась в точке  $A$  с координатой 10 см и двигалась влево, имея кинетическую энергию, равную 2 Дж. Сможет ли льдинка выскользнуть из ямы? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.
8. Деревянный брусок плавает на поверхности воды в миске. Миска покоится на поверхности Земли. Что произойдет с глубиной погружения бруска в воду, если миска будет стоять на полу лифта, который движется с ускорением, направленным вертикально вверх? Ответ поясните, используя физические закономерности.



9.

2011 год

00 вариант

C1

Две одинаковые лодки двигались в озере параллельными курсами со скоростями  $v_1$  и  $v_2 > v_1$ . В тот момент, когда лодки поравнялись, из первой лодки во вторую переложили рюкзак. Как при этом изменилась (увеличилась, уменьшилась, осталась без изменений) скорость второй лодки? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения. (Трением пренебречь).

Под гайку подкладывают широкое металлическое кольцо (шайбу). Изменится ли при этом (и если изменится, то как) сила давления на деталь, скрепляемую болтом? Ответ поясните.

**Ответ.** Сила давления не изменится. Шайба увеличивает площадь поверхности действия силы давления, при этом уменьшается давление, но сила давления остаётся неизменной.

# Решение. Качественные задачи

| № | Возможное решение   |
|---|---|
| 1 | <p>Нет, так как растечется капля так, образуя толщина пленки будет не меньше размера молекулы.</p> <p>1. <i>Ответ. Не обязательно. Масляная пленка может не закрыть всю поверхность воды.</i></p> <p>2. <i>Обоснование. Тонкая пленка будет растекаться по поверхности воды только до определенных пределов, так как толщина пленки не может быть меньше диаметра молекул маслянистой жидкости. Если площадь поверхности воды больше максимально возможного размера масляного пятна, то пленка не закроет всю поверхность воды, если меньше – то закроет.</i></p> |
| 2 | <p>В печах с высокими трубами меньше разность давлений вверху и внизу.</p> <p>В печах с высокими, трубами больше разность давлений вверху и внизу.</p> <p>Сильнее ветер у вершины высокой трубы.</p> <p>Больше времени движется воздух в высокой трубе.</p>   |
| 3 | <p><b>Ответ предполагает два элемента:</b></p> <p>1) правильный ответ на поставленный вопрос: можно</p> <p>2) пояснение, базирующееся на знании свойств данного явления: при выдвигании поршня из шприца под ним возникает разрежение. Поскольку внутри космического корабля поддерживается постоянное давление, возникает разность внешнего давления и давления внутри шприца. Под действием внешнего давления жидкость войдет в шприц</p>   |
| 4 | <p>1.Прямая линия.</p> <p>2.Окружность с центром в точке обода колеса и радиусом, равным радиусу колеса.</p> <p>3.Неподвижен.</p>   |
| 5 | <p>1.Во время толчка на вагон действуют Земля, рельсы и тепловоз.</p> <p>2.После толчка на вагон действуют Земля и рельсы.</p> <p>3.По второму закону Ньютона вагон после толчка покатится, а потом через некоторое время остановится из-за трения колес о рельсы.</p>  |

6 Встряхивая одежду, мы двигаем ее вниз, а потом резко останавливаем. Капли дождя двигаются вместе с одеждой, затем при резкой остановке или изменении направления движения, капли, сохраняя скорость, слетают с одежды (по инерции).

7 **Ответ:** Сможет **Решение (вариант):**

Для того, чтобы выскользнуть из ямки через левый край, льдинка должна иметь механическую энергию не менее 5 Дж, а через правый край – менее 4 Дж. В указанный момент механическая энергия льдинки равна  $E_k + E_p = 4$  Дж. Поскольку трение отсутствует, эта энергия сохраняется, значит, льдинка сможет выскользнуть из ямы через ее правый край.

8 **Ответ:** глубина погружения не изменится.

**Решение (вариант 1)** По второму закону Ньютона,  $ma = F_A - mg$  (1), где  $m$  – масса бруска,  $F_A$  – Архимедова сила, равная весу вытесненной бруском воды:  $F_A = m_{ж}(g + a) = \rho V_{ж}(g + a)$  (2). Жидкости практически несжимаемы, поэтому плотность воды не зависит от ускорения и остается постоянной при любом движении описанной системы.

В покоящемся лифте  $\rho g V = mg$  (3), а в движущемся, с учетом (1),  $\rho V_l(g + a) = m(g + a)$  (4). Из выражения (4), получаем, что  $\rho V_l = m$ , и, сравнивая его с (3), заключаем, что  $V_l = V$ , т.е. глубина погружения бруска не изменится.

**Решение (вариант 2)** (Д.Д.Гущин) Сила Архимеда, которая поддерживает брусок на поверхности воды, равна по модулю весу вытесненной бруском воды.

Когда брусок, вода и миска покоятся относительно Земли, одна и та же сила Архимеда уравнивает силу тяжести, как в случае плавающего бруска, так и в случае вытесненной им воды. Поэтому масса бруска и масса вытесненной им воды одинаковы.

Когда брусок, вода и миска покоятся относительно друг друга, но движутся с ускорением относительно Земли, одна и та же сила Архимеда вместе с силой тяжести сообщает одно и то же ускорение как плавающему бруску, так и воде в объеме, вытесненном бруском, что приводит к соотношению:

, откуда следует, что и при движении относительно Земли с ускорением масса бруска и масса вытесненной им воды одинаковы. Поскольку масса бруска одна и та же, масса вытесненной им воды в обоих случаях одинакова. Вода практически несжимаема, поэтому плотность воды в обоих случаях одинакова. Значит, объем вытесненной воды не изменяется, глубина погружения бруска в лифте остается прежней.

# Решение задачи № 9

Шабалин Евгений Иванович

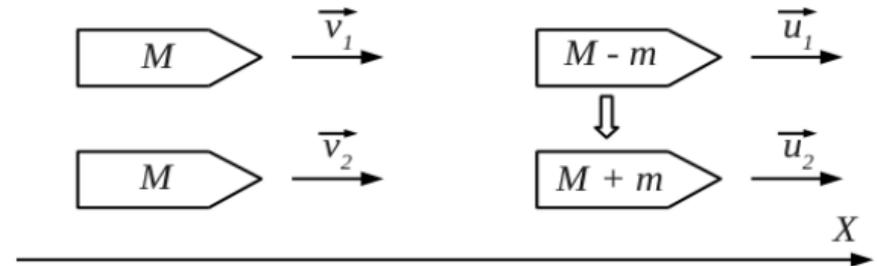
www.reprofiz.info – помощь по физике студентам и школьникам

2011 год

00 вариант

C1

Так как трения нет, а сила тяжести, действующая на лодки, скомпенсирована силой Архимеда, то **импульс системы** из этих двух лодок **остаётся постоянным**. Пусть  $M$  – масса каждой лодки (они одинаковые),  $m$  – масса рюкзака. По **закону сохранения импульса** (для простоты запишем его в проекции на горизонтальную ось  $X$ ):  $M v_1 + M v_2 = (M - m) u_1 + (M + m) u_2$ , где  $u_1$  и



$u_2$  – скорости лодок после перекладывания рюкзака. Так как перекладывание производилось в момент, когда лодки поравнялись, и можно считать, что **рюкзаку** в таком случае **не придавалась дополнительная скорость**, то  $u_1 = v_1$ . Поясню подробнее: если со стороны человека, который производит перекладывание, нет силы, вызывающей ускорение у рюкзака, то и **нет силы, действующей на первую лодку** – следовательно, её скорость не изменится. Тогда,  $M v_1 + M v_2 = (M - m) v_1 + (M + m) u_2 = M v_1 - m v_1 + (M + m) u_2$ . Отсюда получаем выражение для новой скорости второй лодки:  $u_2 = \frac{M v_2 + m v_1}{M + m}$ , которое надо проанализировать. По условию,  $v_2 > v_1$ , то есть

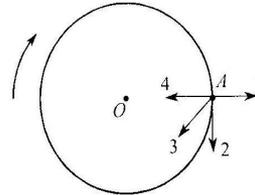
можно написать так:  $v_1 = v_2 - \Delta v$ , где  $\Delta v > 0$ . Значит,  $u_2 = \frac{M v_2 + m (v_2 - \Delta v)}{M + m} = \frac{(M + m) v_2 - m \Delta v}{M + m} = v_2 - \frac{m \Delta v}{M + m}$ .

Скорость второй лодки **уменьшится**.

## Задачи различного типа и уровня сложности

1. Тело движется по окружности вокруг т.  $O$  с постоянной по модулю скоростью. Какая из стрелок 1, 2, 3 или 4 указывает направление ускорения тела в т.  $A$

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



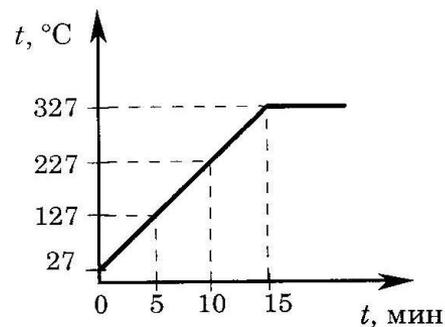
2. Мальчик стоит на напольных весах в лифте. Лифт начинает движение вверх с ускорением  $1 \text{ м/с}^2$ .

Что покажут весы в ходе этого движения, если в покое лифте они показывали  $40 \text{ кг}$ ?

- 1)  $44 \text{ кг}$ .
- 2)  $41 \text{ кг}$ .
- 3)  $39 \text{ кг}$ .
- 4)  $36 \text{ кг}$ .

3. На рисунке представлен график зависимости температуры от времени для процесса нагревания слитка свинца массой  $1 \text{ кг}$ . Какое количество теплоты получил свинец за  $10 \text{ мин}$  нагревания?

- 1)  $78000 \text{ Дж}$
- 2)  $29510 \text{ Дж}$
- 3)  $26000 \text{ Дж}$
- 4)  $13000 \text{ Дж}$

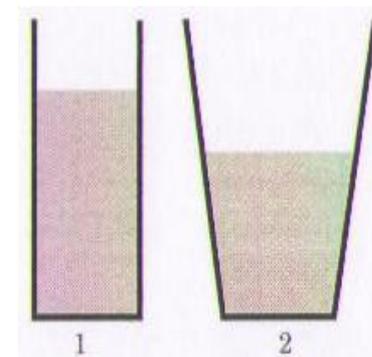


4. Некоторый объем воды перелили из сосуда 1 в сосуд 2 с равной площадью дна (см. рисунок).

Как при этом изменятся сила тяжести, действующая на воду, давление и сила давления воды на дно сосуда?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась



| Сила тяжести,<br>действующая на воду | Давление воды<br>на дно сосуда | Сила давления на<br>дно сосуда |
|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                                      |                                |                                |

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой величины. Цифры могут повторяться.

5. В отсутствии теплопередачи объем газа увеличился.

При этом

- 1) температура газа уменьшилась, а внутренняя энергия не изменилась
- 2) температура газа не изменилась, а внутренняя энергия увеличилась
- 3) температура и внутренняя энергия газа уменьшились
- 4) температура и внутренняя энергия газа увеличились

6. Найдите силу тяги, развиваемую при скорости 12 м/с электровозом, работающим при напряжении 3, кВ и потребляющим ток 1,6 кА. КПД двигателя электровоза равен 85%.

7. В электропечи мощностью 100 кВт полностью расплавили слиток стали за 2,3 часа. Какова масса слитка, если известно, что до начал плавления сталь необходимо было нагреть на  $1500^{\circ}\text{C}$ ?. Потерями энергии пренебречь.

## Задачи различного типа и уровня сложности

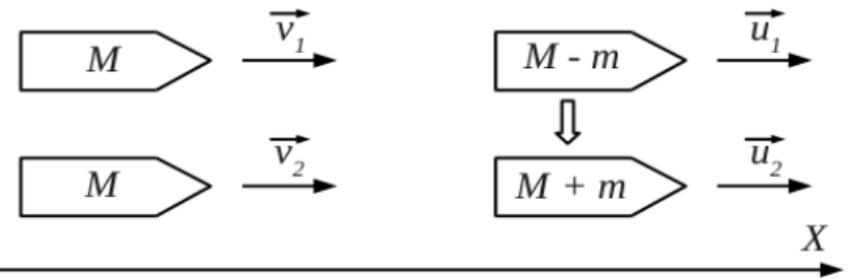
8. Скорость тепловыделения, рассчитанная на 1 кг массы тела, имеет максимальное значение для  
1) кита    2) слона    3) человека    4) мыши
9. Деревянную коробку массой 10 кг равномерно тянут по горизонтальной деревянной доске с помощью горизонтальной пружины. Удлинение пружины – 0,2 м. Коэффициент трения равен 0,4. Чему равна жесткость пружины?  
1) 20 Н/м    2) 80 Н/м    3) 200 Н/м    4) 800 Н/м
10. Алюминиевый шар, закрепленный на пружине, совершает колебания с периодом 2 с. Каков период колебаний медного шара, закрепленного на этой же пружине, если размеры шаров одинаковы?
11. На каком расстоянии от человека ударила молния, если он услышал раскат грома через 10 с после вспышки молнии (см, рис. 5)? Считайте, что скорость звука в воздухе равна 340 м/с.  
1) 340 км    2) 34 км    3) 0,34 км    4) 3,4 км
12. Человек везет двое связанных саней, прикладывая силу под углом  $30^\circ$  к горизонту. Найдите эту силу, если известно, что сани движутся равномерно. Массы саней по 40 кг. Коэффициент трения 0,3.

## Решение задач различного типа и уровня сложности

| №  | Ответ   |
|----|---------|
| 1  | 4       |
| 2  | 1       |
| 3  | 3       |
| 4  | 322     |
| 5  | 3       |
| 6  | 340 кН  |
| 7  | 1000 кг |
| 8  | 4       |
| 9  | 3       |
| 10 | 3,6     |
| 11 | 1       |
| 12 | 150     |

Две одинаковые лодки двигались в озере параллельными курсами со скоростями  $v_1$  и  $v_2 > v_1$ . В тот момент, когда лодки поравнялись, из первой лодки во вторую переложили рюкзак. Как при этом изменилась (увеличилась, уменьшилась, осталась без изменений) скорость второй лодки? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения. (Трением пренебречь).

Так как трения нет, а сила тяжести, действующая на лодки, скомпенсирована силой Архимеда, то **импульс системы** из этих двух лодок **остаётся постоянным**. Пусть  $M$  – масса каждой лодки (они одинаковые),  $m$  – масса рюкзака. По **закону сохранения импульса** (для простоты запишем его в проекции на горизонтальную ось  $X$ ):  $M v_1 + M v_2 = (M - m) u_1 + (M + m) u_2$ , где  $u_1$  и



$u_2$  – скорости лодок после перекладывания рюкзака. Так как перекладывание производилось в момент, когда лодки поравнялись, и можно считать, что **рюкзаку** в таком случае **не придавалась дополнительная скорость**, то  $u_1 = v_1$ . Поясню подробнее: если со стороны человека, который производит перекладывание, нет силы, вызывающей ускорение у рюкзака, то и **нет силы, действующей на первую лодку** – следовательно, её скорость не изменится. Тогда,  $M v_1 + M v_2 = (M - m) v_1 + (M + m) u_2 = M v_1 - m v_1 + (M + m) u_2$ . Отсюда получаем выражение для

новой скорости второй лодки:  $u_2 = \frac{M v_2 + m v_1}{M + m}$ , которое надо проанализировать. По условию,  $v_2 > v_1$ , то есть

можно написать так:  $v_1 = v_2 - \Delta v$ , где  $\Delta v > 0$ . Значит,  $u_2 = \frac{M v_2 + m(v_2 - \Delta v)}{M + m} = \frac{(M + m)v_2 - m \Delta v}{M + m} = v_2 - \frac{m \Delta v}{M + m}$ .

Скорость второй лодки **уменьшится**.

Санки без трения съезжают с ледяной горки высотой 5 м с нулевой начальной скоростью. На горизонтальном участке пути они тормозят и до полной остановки проходят путь в 25 м. Чему равен коэффициент трения скольжения санок о поверхность горизонтального участка пути?

**Образец возможного решения**

Дано:

$$h = 5 \text{ м}$$

$$S = 25 \text{ м}$$

$$\mu = ?$$

$$\Delta E_{\text{кин}} = A_{\text{тр}},$$

$$\Delta E_{\text{кин}} = mgh,$$

$$A_{\text{тр}} = mgS\mu,$$

$$\mu = h/S.$$

*Ответ:*  $\mu = 0,2.$

- Вагон массой 20 т, движущийся по горизонтальному пути со скоростью 2 м/с, догнал другой вагон массой 10 т, движущийся в том же направлении со скоростью 1 м/с, и автоматически с ним сцепился. С каким ускорением двигались вагоны после сцепки, если известно, что они прошли до полной остановки путь в 50 м?

**Образец возможного решения**

Дано:

$$m_1 = 20 \text{ т} = 20\,000 \text{ кг}$$

$$m_2 = 10 \text{ т} = 10\,000 \text{ кг}$$

$$v_1 = 2 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 1 \text{ м/с}$$

$$S = 50 \text{ м}$$

$$a = ?$$

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{v},$$

$$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)v,$$

$$v = (m_1v_1 + m_2v_2) / (m_1 + m_2),$$

$$v^2 = 2aS,$$

$$a = (m_1v_1 + m_2v_2)^2 / (2S(m_1 + m_2)^2).$$

*Ответ:*  $0,028 \text{ м/с}^2.$

Чему равна масса керосина, который был израсходован двигателями самолёта, если известно, что самолёт пролетел расстояние 250 км со средней скоростью 250 км/ч? Средняя мощность двигателей самолёта 2300 кВт. КПД двигателей равен 25%.

**Образец возможного решения**

Дано:

$$N = 2\,300\,000 \text{ Вт}$$

$$S = 250 \text{ км}$$

$$v = 250 \text{ км/ч}$$

$$\eta = 25\% = 0,25$$

$$q = 40\,800\,000 \text{ Дж/кг}$$

---


$$m = ?$$

$$\eta = A/Q,$$

$$A = N \cdot t,$$

$$Q = q \cdot m,$$

$$t = S/v = 1 \text{ ч} = 3600 \text{ с},$$

$$m = (N \cdot t)/(q \cdot \eta).$$

*Ответ:*  $m = 812 \text{ кг}.$

- Какой путь прошёл автомобиль, если известно, что при средней скорости 100 км/ч его двигатель израсходовал 30 кг бензина? Мощность двигателя автомобиля равна 46 кВт, а КПД двигателя равен 36%.

**Образец возможного решения**

Дано:

$$m = 30 \text{ кг}$$

$$N = 46\,000 \text{ Вт}$$

$$v = 100 \text{ км/ч}$$

$$\eta = 36\% = 0,36$$

$$q = 44\,000\,000 \text{ Дж/кг}$$

---


$$S = ?$$

$$\eta = A/Q,$$

$$A = N \cdot t,$$

$$Q = q \cdot m,$$

$$t = (q \cdot m \cdot \eta)/N,$$

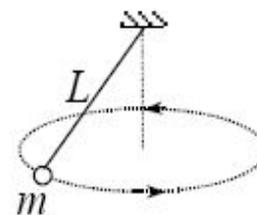
$$t = 10\,330 \text{ с} = 2,87 \text{ ч},$$

$$S = v \cdot t.$$

*Ответ:*  $S = 287 \text{ км}.$

С2

Шарик массой  $m = 200$  г подвешен к потолку на легкой нерастяжимой нити длиной  $L = 1,5$  м. Шарик привели в движение так, что он движется по окружности в горизонтальной плоскости, образуя конический маятник (см. рисунок). Модуль силы натяжения нити  $T = 2,7$  Н. Чему равен период  $\tau$ , за который шарик делает один оборот по окружности?



### Образец возможного решения

1) В системе отсчета, связанной с Землей, ось  $x$  системы координат направлена горизонтально от шарика к центру окружности, а ось  $y$  – вертикально вверх (см. рисунок).

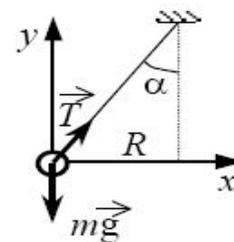
2) Из второго закона Ньютона для шарика в проекциях на оси системы координат выражается радиус окружности  $R$  через длину нити и угол  $\alpha$  между нитью и вертикалью:

$$\begin{cases} T \cos \alpha - mg = 0, \\ T \sin \alpha = ma_{\text{ц}} = m\omega^2 R, \\ R = L \sin \alpha. \end{cases}$$

3) Из второго и третьего уравнений системы следует, что  $T = m\omega^2 L$ .

4) Отсюда получаем  $\tau = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{mL}{T}}$ . (2)

Ответ:  $\tau \approx 2,1$  с.



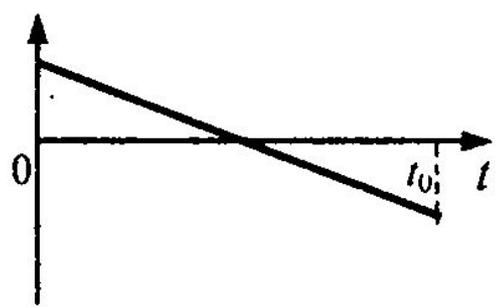
**В4.** Шарик брошен вертикально вверх с начальной скоростью  $\vec{v}$  (см. рисунок). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять ( $t_0$  — время полета). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ГРАФИКИ**

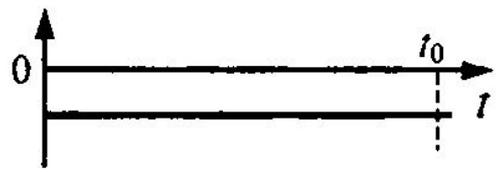
**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

А)



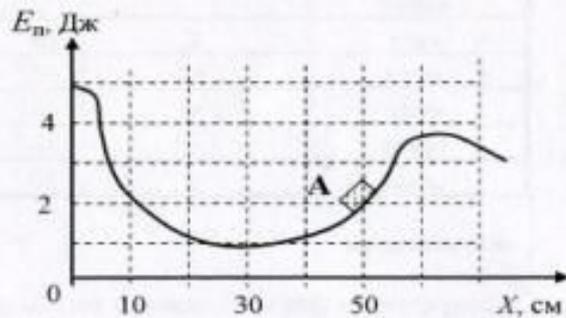
- 1) координата  $y$  шарика
- 2) проекция скорости шарика  $v_y$
- 3) проекция ускорения шарика  $a_y$
- 4) модуль силы тяжести, действующей на шарик

Б)



| А        | Б        |
|----------|----------|
| <b>2</b> | <b>3</b> |

Льдинка находится в яме с гладкими стенками, в которой она может двигаться практически без трения. На рисунке приведён график зависимости энергии взаимодействия льдинки с Землёй от её координаты в яме. В некоторый момент времени льдинка находилась в точке А с координатой  $x = 50$  см и двигалась влево, имея кинетическую энергию, равную 2 Дж. Сможет ли льдинка выскользнуть из ямы? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



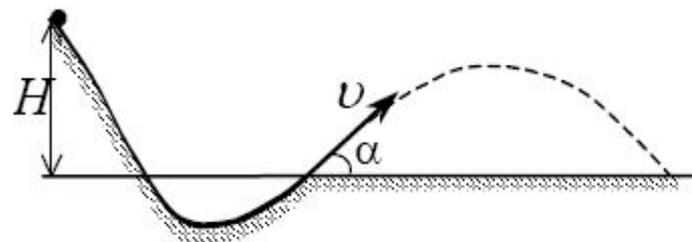
#### Возможное решение

1. Льдинка сможет выскользнуть из ямы через её правый край.
2. Трения при движении льдинки нет, поэтому её механическая энергия сохраняется. Запас кинетической энергии льдинки в точке А позволяет ей подняться до уровня, где её потенциальная энергия немного больше 4 Дж.
3. Левый край ямы поднят до большей высоты. Следовательно, этого края льдинка не достигнет и заскользит вправо. Правый же край ямы ниже: в верхней точке этого края потенциальная энергия льдинки меньше 4 Дж. Поэтому льдинка выскользнет из ямы через правый край.

#### Вариант возможного решения

1. Льдинка сможет выскользнуть из ямы через ее правый край.
2. Трения при движении льдинки нет, поэтому ее механическая энергия сохраняется. Запас кинетической энергии льдинки в точке А *позволяет ей подняться до уровня, где ее потенциальная энергия составит 4 Дж.*
3. Левый край ямы поднят до большей высоты. Следовательно, этого края льдинка не достигнет и заскользит вправо. Правый же край ямы ниже: на верху этого края потенциальная энергия льдинки меньше 4 Дж. Поэтому льдинка выскользнет из ямы через правый край.

С2



При выполнении трюка «Летающий велосипедист» гонщик движется по гладкому трамплину под действием силы тяжести, начиная движение из состояния покоя с высоты  $H$  (см. рисунок). На краю трамплина скорость гонщика направлена под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. Пролетев по воздуху, он приземляется на горизонтальный стол, находящийся на той же высоте, что и край трамплина. Какова дальность полета?

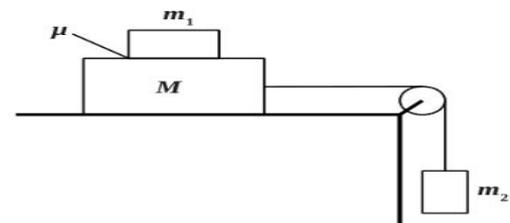
### Образец возможного решения

Модель гонщика – материальная точка. Считаем полет свободным падением с начальной скоростью  $v$ , направленной под углом  $\alpha$  к горизонту. Дальность полета при этом  $S = 2 \frac{v^2}{g} \sin \alpha \cos \alpha$ . Модуль начальной скорости определяется из закона сохранения энергии  $\frac{mv^2}{2} = mgH$ , так что  $\frac{v^2}{g} = 2H$ . Отсюда  $S = 2H \sin 2\alpha$ . Отсюда дальность

полета  $S_{\max} = H\sqrt{3}$ .

Ответ:  $S_{\max} = H\sqrt{3}$ .

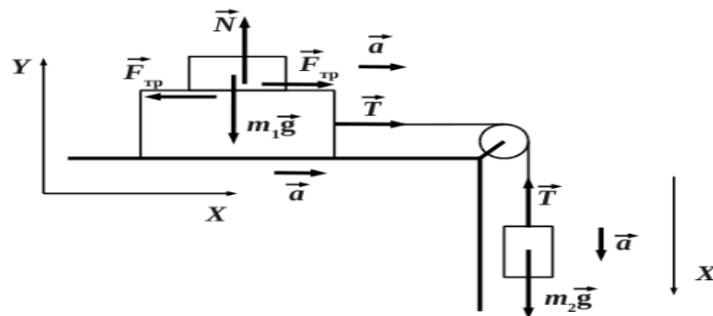
Система грузов  $M$ ,  $m_1$  и  $m_2$ , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола – горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами  $M$  и  $m_1$  равен  $\mu=0,2$ . Грузы  $M$  и  $m_2$  связаны легкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть  $M=1,2$  кг,  $m_1=m_2=m$ . При каких значениях  $m$  грузы  $M$  и  $m_1$  движутся как одно целое?



Шабалин Евгений Иванович

www.reppofiz.info – помощь по физике студентам и школьникам

Нарисуем действующие на тела силы. Будем рассматривать ситуацию, при которой груз  $m_1$  покоится относительно груза  $M$  – значит, их **ускорения равны**. Обратите внимание на то, что на тело  $m_1$  сила трения со стороны груза  $M$  действует вправо, и именно она создаёт у тела  $m_1$  ускорение  $a$ . Соответственно, по **3-му закону Ньютона** тело  $m_1$  будет действовать на груз  $M$  с точно такой же силой трения, но направленной противоположно – в нашем случае влево. Ещё на груз  $M$  действуют вертикальные силы – сила тяжести, сила реакции стола и сила давления груза  $m_1$  (его вес), но в этой задаче они никакой роли играть не будут и я их не показал, дабы не загромождать рисунок. Кроме того, так как **нить невесома и скользит по блоку без трения**, то **сила натяжения нити одинакова по её длине**. А из-за **нерастяжимости нити ускорения** (по модулю) грузов  $M$  (вместе с  $m_1$ ) и  $m_2$  **одинаковы**.



Теперь мы можем написать **2-ой закон Ньютона** для всех тел в проекции на оси систем координат:

$$\text{груз } M \quad (\text{на ось } X): \quad T - F_{\text{тр}} = M a \quad (1)$$

$$\text{груз } m_2 \quad (\text{на ось } X): \quad m_2 g - T = m_2 a \quad (2)$$

$$\text{груз } m_1 \quad (\text{на ось } X): \quad F_{\text{тр}} = m_1 a \quad (3)$$

$$(\text{на ось } Y): \quad N - m_1 g = 0 \quad (4)$$

Из (1) – (3) (складывая их):  $m_2 g = (M + m_1 + m_2) a$ , следовательно,  $a = \frac{m_2 g}{M + m_1 + m_2}$ , а из (3)  $F_{\text{тр}} = \frac{m_1 m_2 g}{M + m_1 + m_2}$ .

Из (4):  $N = m_1 g$ . Так как тело  $m_1$  **покоится относительно тела  $M$** , то сила трения между ними – это сила трения покоя:  $F_{\text{тр}} \leq \mu N$ . То есть,  $\frac{m_1 m_2 g}{M + m_1 + m_2} \leq \mu m_1 g$ . С учетом условия  $m_1 = m_2 = m$  последнее неравенство выглядит так:

$$\frac{m}{M + 2m} \leq \mu. \quad \text{Из него получается ответ } m \leq \frac{\mu M}{1 - 2\mu} = \frac{0,2 \times 1,2}{1 - 2 \times 0,2} = 0,4 \text{ кг}.$$

**P.S.** Полученный в **общем виде** ответ интересно проанализировать. Если посмотреть на знаменатель, то чем ближе коэффициент трения  $\mu$  к 0,5, тем дробь больше. При  $\mu=0,5$  дробь становится бесконечной. То есть, при таком коэффициенте трения грузы  $M$  и  $m_1$  будут двигаться как одно целое **при любом  $m$** . Но если  $\mu > 0,5$ , то дробь становится отрицательной. Формально получается, что масса  $m$  должна быть меньше отрицательного числа! Но, конечно же, раз уж при  $\mu=0,5$  тела двигаются вместе при любой массе  $m$ , то и при большем  $\mu$  это будет так.

Брусок массой  $m_1 = 1$  кг лежит на наклонной плоскости с углом при основании, равным  $\alpha = 53^\circ$ . Коэффициент трения бруска с плоскостью равен  $\mu = 0,5$ . К бруску привязана невесомая нить, другой конец которой перекинут через неподвижный идеальный блок. К этому концу нити подвешивается груз массой  $m_2 = 1$  кг. Определите, придет ли в движение брусок при подвешивании груза. Если придет в движение, то в каком направлении? ( $\sin 53^\circ \approx 0,8$ ;  $\cos 53^\circ \approx 0,6$ )

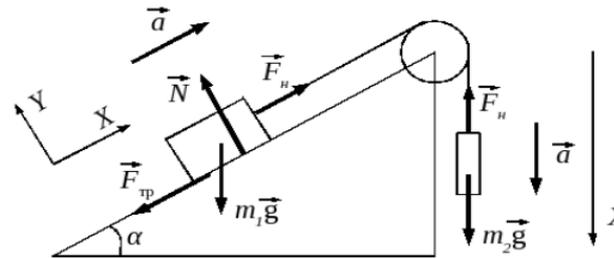
Шабалин Евгений Иванович

www.reppofiz.info – помощь по физике студентам и школьникам

$m_1 = 1$  кг  
 $\alpha = 53^\circ$   
 $\sin 53^\circ \approx 0,8$   
 $\cos 53^\circ \approx 0,6$   
 $\mu = 0,5$   
 $m_2 = 1$  кг  
 $a = ?$

2004 год 97 вариант С5

Предположим, что груз  $m_2$  начнет двигаться **вниз** с некоторым ускорением  $a$ . Нарисуем действующие на тела силы. Так как **нить невесомая**, а **блок идеальный** (то есть также невесомый и нет трения в блоке), то нить действует на тела с одинаковой силой натяжения  $F_n$ .



Кроме того, если **нить нерастяжимая** (в условии этого нет, но придется сделать такое предположение, иначе задача становится некорректной), то ускорения тел по модулю одинаковые. Выберем для каждого тела свою систему отсчёта и запишем **2-ой закон Ньютона** в проекции на оси.

**1 – тело:** 
$$\begin{cases} F_n - m_1 g \sin(\alpha) - F_{\text{тр}} = m_1 a \\ N - m_1 g \cos(\alpha) = 0 \end{cases}, \quad \mathbf{2 - тело:} \quad m_2 g - F_n = m_2 a$$
. Так как первое тело **скользит** по поверхности,

то сила трения:  $F_{\text{тр}} = \mu N$ . Мы получили систему из четырех уравнений с четырьмя неизвестными. Решая эту систему (например, так: выражаем силу реакции опоры  $N$ , подставляем это выражение в формулу для силы трения, затем, полученное значение силы трения в первое уравнение; наконец, складываем первое уравнение с уравнением для второго тела – впрочем, способов решения много), находим ускорение тел:

$$a = \frac{m_2 - m_1 \sin(\alpha) - \mu m_1 \cos(\alpha)}{m_1 + m_2} g = -0,5 \text{ м/с}^2$$
. Ускорение получилось **отрицательным**. Это означает, что тела

не могут двигаться так, как мы предположили.

Предположим, что груз  $m_2$  начнет двигаться **вверх** с некоторым ускорением  $a$ . На рисунке изменится направление **ускорений** и **силы трения**! Изменим также направление осей  $X$  в обеих системах отсчёта. Опять запишем **2-ой закон Ньютона** в проекции на оси.

**1 тело:** 
$$\begin{cases} m_1 g \sin(\alpha) - F_n - F_{\text{тр}} = m_1 a \\ N - m_1 g \cos(\alpha) = 0 \end{cases}, \quad \mathbf{2 - тело:} \quad F_n - m_2 g = m_2 a$$
, а также:  $F_{\text{тр}} = \mu N$ . Решение этой системы при-

ведет к ответу: 
$$a = \frac{m_1 \sin(\alpha) - \mu m_1 \cos(\alpha) - m_2}{m_1 + m_2} g = -2,5 \text{ м/с}^2$$
, то есть, также получилось **отрицательное ускоре-**

**ние**. Следовательно, так тоже тела двигаться не могут. Поэтому тела будут **покоиться**.

Нить маятника длиной  $\ell = 1$  м, к которой подвешен груз массы  $m = 0,1$  кг, отклонена на угол  $\alpha$  от вертикального положения и отпущена. Сила натяжения нити  $T$  в момент прохождения маятником положения равновесия равна 2 Н. Чему равен угол  $\alpha$ ?

Шабалин Евгений Иванович

www.reppofiz.info — помощь по физике студентам и школьникам

$\ell = 1$  м  
 $m = 0,1$  кг  
 $T = 2$  Н

2002 год 265 вариант С1

 $\alpha = ?$ 

При движении груза на него действуют две силы: тяжести и натяжения нити, которые придают грузу ускорение. Это ускорение можно разложить на **касательное** (направленное по касательной к траектории) и **центростремительное** (направленное к центру окружности, по которой движется груз, то есть к точке подвеса). В момент прохождения грузом положения равновесия обе силы направлены вдоль радиуса окружности, значит, касательное ускорение пропадает, и остаётся только центростремительное. По **2-му закону Ньютона** в проекции на ось Y:

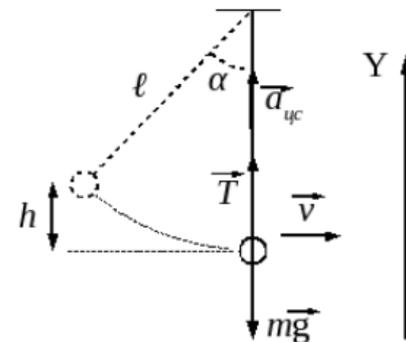
$T - mg = ma_{цс}$ , где  $a_{цс} = \frac{v^2}{\ell}$  (так как радиус окружности равен длине нити). Отсюда:  $v^2 = \left(\frac{T}{m} - g\right) \ell$ .

Кроме того, и сила тяжести и сила натяжения нити – **консервативные силы**, значит **механическая энергия** груза **не меняется**:  $mg h = \frac{mv^2}{2}$ , где  $h$  – первоначальная высота подъёма груза над положением равновесия. То

есть,  $h = \frac{v^2}{2g} = \left(\frac{T}{2mg} - \frac{1}{2}\right) \ell$ . Наконец, **из геометрии** можно получить соотношение между высотой  $h$ , длиной нити  $\ell$  и углом отклонения  $\alpha$ :  $h = \ell(1 - \cos(\alpha))$ . Подставляя в эту формулу найденное ранее выражение для  $h$ , получаем ответ для угла:  $\cos(\alpha) = 1 - \frac{h}{\ell} = \frac{3}{2} - \frac{T}{2mg} = \frac{3}{2} - \frac{2}{2 \times 0,1 \times 10} = 0,5$ . Значит,  $\alpha = 60^\circ$ .

Как видно из решения этой задачи **длина нити значения не имеет**. Но раз её дали по условию, то можно не выводить конечную формулу для угла  $\alpha$ , а сразу подставлять численные значения в выражения для  $v^2$ ,  $h$  и т.д.

Это несколько упростит решение:  $v^2 = \left(\frac{2}{0,1} - 10\right) \times 1 = 10 \text{ (м/с)}^2$ ,  $h = \frac{10}{2 \times 10} = 0,5$  м,  $\cos(\alpha) = 1 - \frac{0,5}{1} = 0,5$ .



Брусок массой  $m_1 = 500$  г соскальзывает по наклонной плоскости высотой  $h = 0,8$  м и сталкивается с неподвижным бруском массой  $m_2 = 300$  г, лежащим на горизонтальной поверхности. Считая столкновение упругим, определите кинетическую энергию первого бруска после столкновения. Трением при движении пренебречь.

Шабалин Евгений Иванович

www.geppfiz.info – помощь по физике студентам и школьникам

$$m_1 = 500 \text{ г}$$

$$h = 0,8 \text{ м}$$

$$m_2 = 300 \text{ г}$$

$$E_{\text{ки}} = ?$$

2004 год

119 вариант

С1

Так как по условию **трением пренебречь**, то при движении первого бруска по наклонной плоскости его **механическая энергия сохраняется**. То есть:  $m_1 g h = \frac{m_1 v^2}{2}$ , где слева стоит

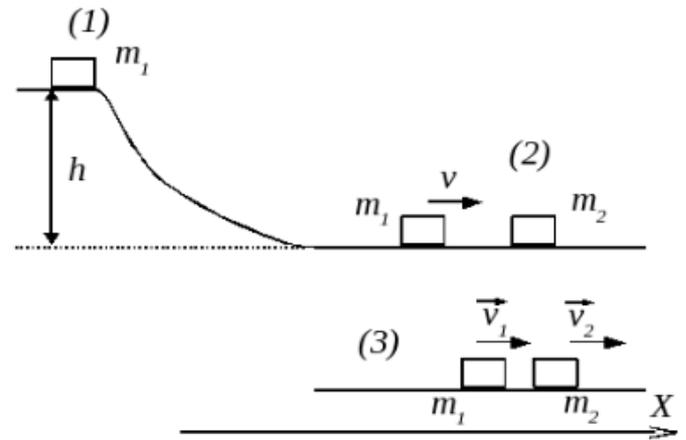
энергия бруска вверху (1) – в этом состоянии у бруска только потенциальная энергия; справа – энергия бруска внизу (2) непосредственно перед столкновением – здесь у бруска только кинетическая энергия (примем этот уровень за **нулевой** для потенциальной энергии). Из этого равенства можно сразу **определить** скорость первого бруска перед столкновением  $v = \sqrt{2 g h} = 4$  м/с.

При столкновении выполняется **закон сохранения импульса** (в проекции на ось X):  $m_1 v = m_1 v_1 + m_2 v_2$ . Здесь  $v_1$  и  $v_2$  – скорости брусков после удара (3) (я предположил, что первый брусок будет после удара продолжать движение в том же направлении, хотя это не важно). А так как удар упругий, то при ударе выполняется **закон сохранения механической энергии**:  $\frac{m_1 v^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$ . Подставив для простоты решения в эти законы чис-

ленные данные, получим систему из двух уравнений с двумя неизвестными: 
$$\begin{cases} 2 = 0,5 v_1 + 0,3 v_2 \\ 8 = 0,5 v_1^2 + 0,3 v_2^2 \end{cases}$$
, решив кото-

рую, определим скорость первого бруска после удара:  $v_1 = 1$  м/с и  $v_1 = 4$  м/с (квадратное уравнение дает два корня). Естественно, нас устраивает только первый ответ, так как при втором ответе  $v_2 = 0$ , то есть как будто бы

первый брусок просто прошел сквозь второй. Следовательно  $E_{\text{кин1}} = \frac{m_1 v_1^2}{2} = 0,25$  Дж.



Тело, свободно падающее с некоторой высоты, за время  $\tau = 1$  с после начала движения, проходит путь в  $n = 5$  раз меньший, чем за такой же промежуток времени в конце движения. Найдите высоту, с которой падало тело.

Шабалин Евгений Иванович

www.reprofiz.info — помощь по физике студентам и школьникам

$\tau = 1 \text{ с}$

$n = 5$

$h = ?$

2008 год

05205946 вариант

С1

По условию падение **свободное**, то есть **без начальной скорости**. Запишем **кинематический закон перемещения** для различных участков движения (а, что еще можно здесь записать?!):  $h = \frac{gt^2}{2}$  – для всего пути,  $t$  – полное время полета;  $S_1 = \frac{g\tau^2}{2}$  – для

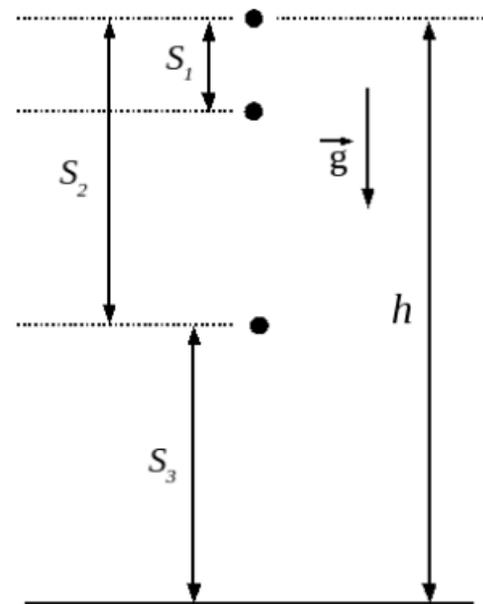
перемещения за время  $\tau$ ;  $S_2 = \frac{g(t-\tau)^2}{2}$  – для перемещения за время  $(t - \tau)$ , то есть за время, предшествующее последнему промежутку. При этом перемещение на последнем участке можно выразить через всю высоту  $h$  и перемещение  $S_2$  (см. рисунок):  $S_3 = h - S_2$ . Кроме этого, по условию  $n = \frac{S_3}{S_1}$ .

Если теперь все формулы собрать в последнюю, то после сокращений

получится одно уравнение с одним неизвестным – временем  $t$ :  $n = \frac{t^2 - (t - \tau)^2}{\tau^2}$ , которое легко решается и

получается ответ  $t = \frac{(n+1)\tau}{2} = \frac{(5+1) \times 1}{2} = 3 \text{ с}$ . А, следовательно, высота, с которой падало тело:

$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{10 \times 3^2}{2} = 45 \text{ м.}$$



## Полезные ссылки:

1. <http://www.fipi.ru/content/otkrytyy-bank-zadaniy-oge>
2. <http://www.fizika.com.ru/mech.html>
3. <http://www.fizikarepetitor.ru/gia>
3. <http://gweak.ru/showthread.php?p=9245>
4. <http://gweak.ru/> <http://>
5. [self-edu.ru/oge2017\\_phis\\_30.php](http://self-edu.ru/oge2017_phis_30.php)
6. <https://www.youtube.com/>
7. [playlist?list=PL66kIi3dt8A4LxwGyg2npBsMGGyxpovo](https://www.youtube.com/playlist?list=PL66kIi3dt8A4LxwGyg2npBsMGGyxpovo)
- 8.

# ИСТОЧНИКИ

- <http://www.fizikarepetitor.ru/zakony-sohraneniya>
- <http://4ege.ru/fizika/4338-razbor-kachestvennyh-zadach-v-ege-po-fizike.html>
- <https://www.youtube.com/>
- <http://www.examen.ru/add/gia/gia-po-fizike.html>
- Тренировочные варианты экзаменационных работ по физике. Е. Е. Камзеева, М. Ю. Демидова — 2013
- [https://neznaika.pro/oge/phys\\_oge/](https://neznaika.pro/oge/phys_oge/)

**Желаем успеха!**