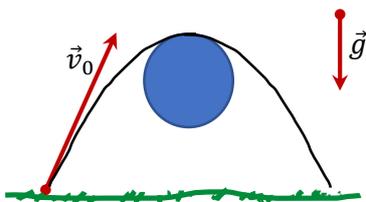


КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАЧ.

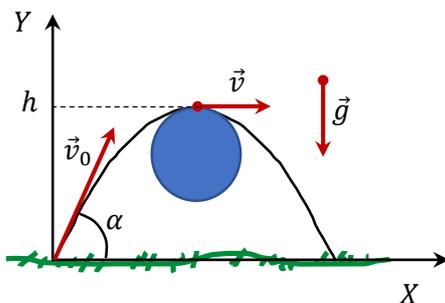
Предварительные пояснения

- Максимальный балл за каждую задачу – МАХ.
- За каждую задачу выставляется целое число баллов от 0 до МАХ. Если задача отсутствует, то в таблице пишется Х.
- Если решение задачи содержит разрозненные записи, присутствует рисунок (хоть частично правильный) и одна-две правильные формулы, но решение, как таковое отсутствует или абсолютно неверное, то можно поставить 1-2 балла.
- Если решение абсолютно верное, содержит все необходимые формулы и физические законы, имеет понятные пояснения, а также проведены необходимые математические преобразования и получен правильный ответ (ответы) – это МАХ.
- Верные решения задач могут отличаться от авторских.
- За отсутствие пояснений, ответа или единиц физических величин можно снять 1-2 балла.
- Если ход решения верен, но оно не доведено до ответа или получен неверный ответ, однако есть отдельные верные элементы решения, оценивание производится по критериям, приведенным ниже после каждой задачи.



Задача 1 (10 баллов). Тело, брошенное с поверхности земли со скоростью $v_0 = 10$ м/с, перелетает через трубу диаметра $d = 2$ м. В высшей точке почти касается трубы, обладая минимальной для дальнейшего свободного полета скоростью. Определить максимальную высоту подъема тела. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

Решение



Радиус кривизны траектории мяча в высшей точке, очевидно, равен половине диаметра трубы:

$$\frac{d}{2} = \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{g}$$

Максимальная высота подъема

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

Отсюда

$$\frac{d}{2} + 2h = \frac{v_0^2}{g}$$

Следовательно, искомая высота подъема

$$h = \frac{1}{2} \left(\frac{v_0^2}{g} - \frac{d}{2} \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{100}{10} - 1 \right) = 4,5 \text{ м.}$$

Ответ: $h = \frac{1}{2} \left(\frac{v_0^2}{g} - R \right) = 4,5 \text{ м.}$

Олимпиада школьников «Шаг в будущее»
Заключительный этап

Критерии оценивания задачи 1

<i>Решение содержит следующие верные элементы (баллы за каждый верный элемент решения суммируются)</i>		<i>Мак. балл за элемент решения (ставится, когда он сделан верно и полно)</i>
1	Сделан рисунок, необходимый для правильного вычисления проекций скоростей и ускорения.	2
2	Указано, что радиус кривизны траектории тела в высшей точке равен половине диаметра трубы, а центростремительное ускорение — ускорению свободного падения.	2
3	Найдена связь между скоростью мяча в высшей точке и его начальной скоростью.	2
4	Записана формула максимальной высоты подъема.	2
5	Получен верный ответ в общем виде и численный ответ с указанием единицы измерения.	2

Задача 2 (10 баллов). В теплоизолированный сосуд налит некоторый объем воды при температуре 20°C. В воду погрузили закрытую пробирку с шариком льда при температуре 0°C. Как только лед растаял пробирку вынули, а воду быстро перемешали. При этом оказалось, что температура воды понизилась на 1°C. Затем талую воду из пробирки добавили в сосуд. Какая температура воды установится в сосуде, если взять еще 5 таких же шариков и друг за другом бросить их прямо в сосуд? Теплоемкостью сосуда и пробирки пренебречь.

Решение

Уравнение теплового баланса для таяния льда

$$\lambda m_{\text{л}} = c m_{\text{в}} |\Delta t|.$$

Для всего теплообмена:

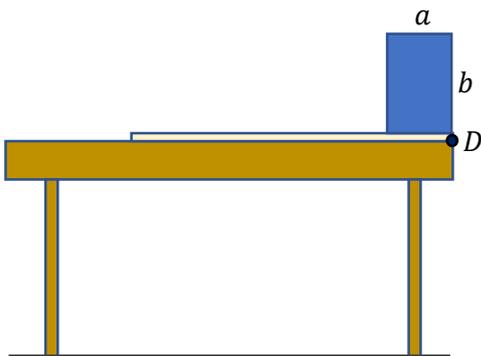
$$(n + 1)(\lambda + ct)m_{\text{л}} = c m_{\text{в}}(t_0 - t),$$

где $n = 5$ — количество шариков после первого. Поделив второе уравнение на первое, после необходимых преобразований получаем ответ:

$$t = \frac{\frac{t_0}{|\Delta t|} - (n + 1)}{(n + 1) \frac{c}{\lambda} + \frac{1}{|\Delta t|}} \cong 13^\circ\text{C}.$$

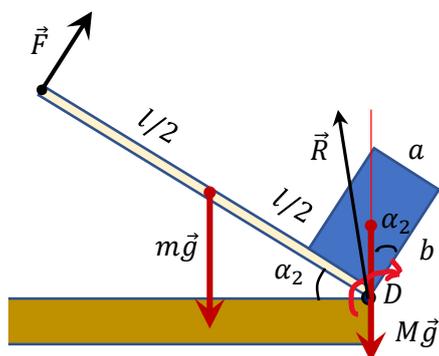
Критерии оценивания задачи 2

<i>Решение содержит следующие верные элементы (баллы за каждый верный элемент решения суммируются)</i>		<i>Мак. балл за элемент решения (ставится, когда он сделан верно и полно)</i>
1	Записано уравнение теплового баланса для таяния льда.	2
2	Записано уравнение теплового баланса для всего теплообмена.	2
3	Предприняты шаги по решению полученной системы.	2
4	Получен верный ответ в общем виде.	2
5	Получен верный численный ответ с указанием единицы измерения.	2



Задача 3 (15 баллов). Брусок в форме прямоугольного параллелепипеда, сторонами $a = 10$ см, $b = 20$ см и $c = 10$ см расположен на тонкой доске вблизи края горизонтальной поверхности стола (см. рис., сторона c не видна). Правый конец доски закреплен в шарнире D и может свободно вращаться вокруг его оси. Доску медленно приподнимают за левый конец, прилагая минимальное усилие. Каким будет это усилие в момент начала движения бруска относительно доски? Масса доски $m = 1$ кг. Коэффициент трения бруска о доску $\mu = 0,6$.

Решение



Движение бруска по доске может начаться по двум причинам: 1) брусок заскользит; 2) брусок начнет опрокидываться. Чтобы брусок заскользил, доску необходимо поднять на угол

$$\alpha_1 = \arctg \mu = \arctg 0,6.$$

Чтобы брусок оказался на грани опрокидывания, линия действия его силы тяжести должна пересечь ось шарнира. Для этого доску надо приподнять на угол

$$\alpha_2 = \arctg \frac{a}{b} = \arctg 0,5 < \alpha_1$$

Следовательно, брусок опрокинется, не успев заскользить. Правило моментов для границы

опрокидывания:

$$Fl - mg \frac{l}{2} \cos \alpha_2 = 0.$$

Отсюда, учитывая, что

$$\cos \alpha_2 = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}},$$

имеем

$$F = \frac{mgb}{2\sqrt{a^2 + b^2}} = \frac{1 \cdot 10 \cdot 20}{2\sqrt{100 + 400}} \cong 4,5 \text{ Н.}$$

Ответ: $F = \frac{mgb}{2\sqrt{a^2 + b^2}} \cong 4,5 \text{ Н.}$

Критерии оценивания задачи 3

Решение содержит следующие верные элементы (баллы за каждый верный элемент решения суммируются)		Мак. балл за элемент решения (ставится, когда он сделан верно и полно)
1	Получено условие скольжения.	3
2	Записано условие опрокидывания.	3
3	Определено, что брусок опрокинется, не успев заскользить.	3
4	Сделан рисунок, на котором указаны все действующие на систему силы и записано правило моментов.	3
5	Получен верный ответ в общем виде и верный численный ответ с указанием единицы измерения.	3

Олимпиада школьников «Шаг в будущее»
Заключительный этап

Задача 4 (20 баллов). Илья Муромец верхом на Бурке по ровной прямой дороге отправился из Алёшино в Добрынино. Расстояние между деревнями 50 км. Скорость движения Ильи 10 км/ч. Как только они тронулись в путь, Бурка стряхнул с себя муху-цокотуху. Муха полетела прямо в Добрынино и, долетев туда, сразу полетела обратно к Бурке, тот снова стряхнул цокотуху, она опять полетела прямо в Добрынино и т. д. пока Илья не прибыл в пункт назначения. Определить полный путь цокотухи, если во время путешествия Илье постоянно дул попутный ветер со скоростью 5 км/ч, а собственная скорость мухи 15 км/ч.

Решение

Дано: $L = 50$ км, $v_0 = 10$ км/ч, $u = 5$ км/ч, $v = 15$ км/ч. | $S = ?$

1-й способ

Скорость мухи по ветру

$$v_{\rightarrow} = v + u.$$

Скорость мухи против ветра

$$v_{\leftarrow} = v - u.$$

Средняя скорость мухи за любой один полет туда—обратно

$$v_{\text{cp}} = \frac{(v + u)t_{\rightarrow} + (v - u)t_{\leftarrow}}{t_{\rightarrow} + t_{\leftarrow}}.$$

Времена полета найдем в системе отсчета Ильи, поскольку здесь муха туда и обратно пролетает одно и то же расстояние l' .

$$t_{\rightarrow} = \frac{l'}{v + u - v_0}.$$

$$t_{\leftarrow} = \frac{l'}{v - u + v_0}.$$

Подставив t_{\rightarrow} и t_{\leftarrow} в формулу средней скорости и выполнив некоторые преобразования, получим

$$v_{\text{cp}} = \frac{v^2 - u^2 + uv_0}{v}.$$

Полное время полета мухи, очевидно, равно времени пути Ильи:

$$T = \frac{L}{v_0}.$$

Тогда искомый путь мухи

$$S = v_{\text{cp}}T = L \frac{v^2 - u^2 + uv_0}{vv_0} = 50 \cdot \frac{225 - 25 + 50}{150} = 50 \cdot \frac{5}{3} = 83, (3) \text{ км} \cong 80 \text{ км}.$$

Ответ: $S = L \frac{v^2 - u^2 + uv_0}{vv_0} = 83, (3) \text{ км} \cong 80 \text{ км}.$

Критерии оценивания задачи 4 (1-й способ)

<i>Решение содержит следующие верные элементы (баллы за каждый верный элемент решения суммируются)</i>		<i>Мак. балл за элемент решения (ставится, когда он сделан верно и полно)</i>
1	Определена скорость мухи по ветру и против ветра.	4
2	Определены времена t_{\rightarrow} и t_{\leftarrow} .	4

Олимпиада школьников «Шаг в будущее»
Заключительный этап

3	Определена средняя скорость мухи за любой один полет туда—обратно	4
4	Указано, что полное время полета мухи, очевидно, равно времени пути Ильи.	4
5	Получен верный ответ в общем виде и верный численный ответ с указанием единицы измерения.	4

2-й способ

Скорость мухи по ветру

$$v_{\rightarrow} = v + u = 20 \text{ км/ч.}$$

Это вдвое больше скорости Ильи. Скорость мухи против ветра

$$v_{\leftarrow} = v - u = 10 \text{ км/ч.}$$

Это равно скорости Ильи. Поэтому за первый рейс мухи из А в Д Илья проедет лишь половину пути $L = АД$. Далее они будут двигаться навстречу друг другу и проедут по четверти расстояния АД каждый, встретившись в точке, которую условно назовем A_2 . Всего путь мухи к этому моменту составит $S_1 = \frac{5}{4}L$. Далее процесс повторится, но со стартовым расстоянием $A_2Д = \frac{1}{4}АД$. Таким образом, путь мухи будет суммой бесконечной убывающей геометрической прогрессии со знаменателем $\frac{1}{4}$.

$$S = S_1 + \frac{S_1}{4} + \frac{S_1}{16} + \dots = S_1 \left(1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{4^2} + \dots \right) = \frac{5}{4}L \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{4}} = \frac{5}{3}L = 83, (3) \text{ (км)} \cong 80 \text{ (км)}.$$

Критерии оценивания задачи 4 (2-й способ)

	<i>Решение содержит следующие верные элементы (баллы за каждый верный элемент решения суммируются)</i>	<i>Мак. балл за элемент решения (ставится, когда он сделан верно и полно)</i>
1	Определена скорость мухи по ветру и против ветра.	4
2	Определен путь мухи за время от старта до первой повторной встречи с Ильей.	4
3	Показано что последовательные «рейсы» мухи составляют убывающую геометрическую прогрессию.	4
4	Найден знаменатель этой прогрессии	4
5	Получен верный ответ с указанием единицы измерения.	4

Задача 5 (25 баллов). Платформа массы $M = 700$ кг заезжает под погрузочный бункер, расположенный на высоте $h = 1,25$ м, откуда в нее со скоростью $\mu = 100$ кг/с начинает сыпаться песок. Определить скорость платформы через $\tau = 3$ с после касания платформы первой песчинкой, если ее ускорение к этому моменту составляет $a = 1$ м/с². Коэффициент сопротивления движению платформы со стороны рельсов $k = 0,06$. Сопротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с².

Решение

Песчинки достигают платформу со скоростью

$$u = \sqrt{2gh}.$$

При этом они воздействуют на платформу с ударной силой

$$N_{уд} = dm \frac{u}{dt} = \mu u.$$

Олимпиада школьников «Шаг в будущее»
Заключительный этап

Здесь dm — масса песка, тормозящегося за время dt . Тогда суммарная сила трения платформы о рельсы к моменту τ составит

$$F_{\text{тр}} = mkg + k\mu v = (M + \mu\tau)kg + k\mu v.$$

Также платформа сообщает песчинкам горизонтальную скорость, следовательно в момент τ она воздействует на песок с горизонтальной силой

$$F_{\text{гор}} = dm \frac{v}{dt} = \mu v.$$

С такой же силой, по третьему закону Ньютона, песок действует на платформу. В итоге ускорение платформы в момент τ будет равно

$$a = \frac{F_{\text{тр}} + F_{\text{гор}}}{m} = kg + \frac{\mu(v + k\sqrt{2gh})}{M + \mu\tau}.$$

Отсюда искомая скорость

$$v = \frac{1}{\mu}(a - kg)(M + \mu\tau) - k\sqrt{2gh}.$$

Численный расчет

$$v = 0.01 \cdot (1 - 0,6) \cdot (700 + 100 \cdot 3) - 0,05\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1,25} = 3,7 \text{ м/с.}$$

Ответ: $v = \frac{1}{\mu}(a - kg)(M + \mu\tau) - k\sqrt{2gh} = 3,7 \text{ м/с.}$

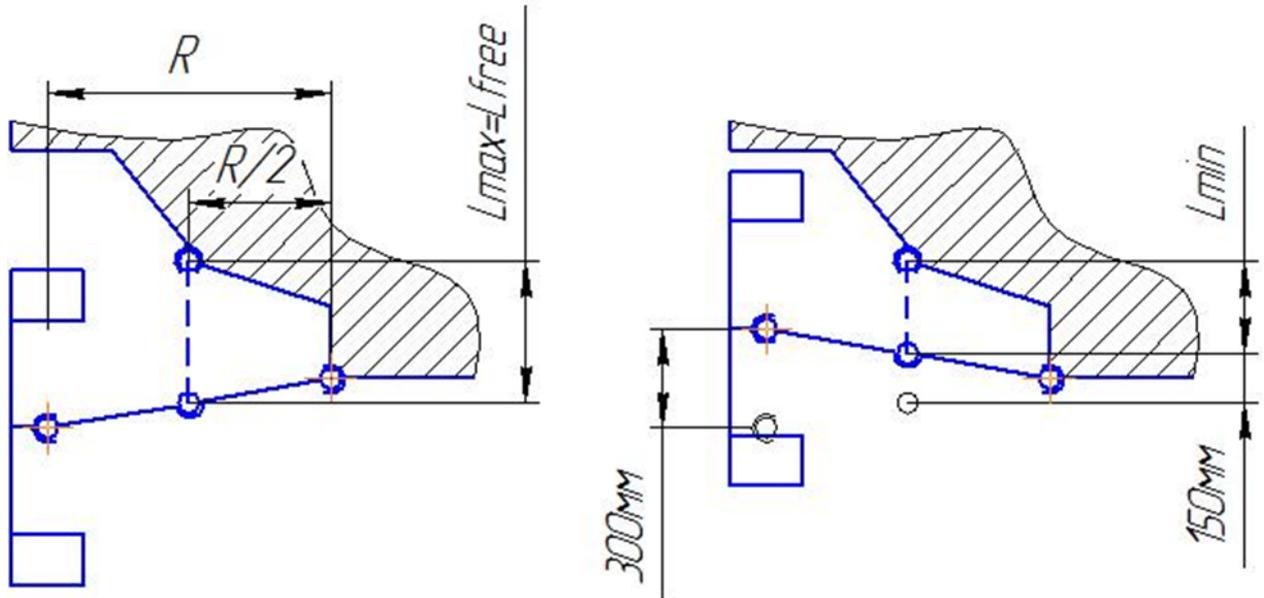
Критерии оценивания задачи 5

<i>Решение содержит следующие верные элементы (баллы за каждый верный элемент решения суммируются)</i>		<i>Мак. балл за элемент решения (ставится, когда он сделан верно и полно)</i>
1	Определена скорость, с которой песчинки достигают платформы	5
2	Определена вертикальная ударная сила воздействия песчинок на платформу.	5
3	Определена горизонтальная ударная сила воздействия песчинок на платформу.	5
4	Получен верный ответ в общем виде.	5
5	Получен верный численный ответ с указанием единицы измерения.	5

Задача 6 - Ситуационная задача

Автомобиль массой 1600 кг оснащен независимой подвеской всех четырех колес. Полный ход подвески (в точке крепления колеса) составляет 30 см. Пружины жесткостью 300 кН/м размещены на половине длины рычага подвески, и в нижнем положении рычага полностью расслаблены. Передняя подвеска несет 60% массы.

Определите номинальное сжатие пружин подвески и номинальный ход каждой подвески.



Возможное решение

1) Поскольку пружина расположена на половине длины рычага, её деформация вдвое меньше хода подвески, а действующая на неё сила – вдвое больше.

На переднюю подвеску действует 60% веса автомобиля, значит, на одно колесо приходится 30% веса или

$$F_{front} = 0.5 \cdot 0.6Mg = 0,3 \cdot 1600 \cdot 9,81 = 4709 \text{ Н.}$$

Действующая на пружину сила вдвое больше

$$F = 2F_{front} = 2 \cdot 4709 = 9418 \text{ Н.}$$

Действующее на пружину усилие равно

$$F = kx,$$

где k – жесткость пружины, а x – её деформация. Отсюда номинальное сжатие пружины равно

$$X_{front} = \frac{F}{k} = \frac{9418}{300000} = 0,0314 \text{ м}$$

2) Номинальный ход подвески – вдвое больше

$$H_{front} = 2X_{front} = 0,0628 \text{ м} = 6,3 \text{ см}$$

Проведя аналогичные расчеты, для задней подвески получим 4,2 см.

Ответ: для передней подвески номинальное сжатие пружины 3,14 см, номинальный ход подвески 6,3 см; для задней соответственно 2,1 см и 4,2 см.

Пояснения и критерии для членов экспертной комиссии по проверке ситуационной задачи

1. Членам экспертной комиссии предоставляется один из возможных вариантов решения экзаменационных задач. Решение школьника может отличаться от авторского варианта решения, предоставленного комиссии.

Олимпиада школьников «Шаг в будущее»
Заключительный этап

2. Корректная проверка решения не может быть осуществлена только по ответам. Основным критерием правильности решения является верное использование физических законов и разумный учёт технических параметров, характеристик и ограничений.

	Верные элементы решения	Количество баллов
1	Сформулирована расчётная схема (в том числе, графически), выделены и правильно формализованы все необходимые физические законы	0-5
2	Составлена система уравнений и математическая модель	0-5
3	Верно учтены технические параметры, характеристики и ограничения	0-5
4	Проведены расчеты, получен верный ответ, разумный с точки зрения физического смысла	0-5
	Итого	max 20