

<p>1</p>	<p>Система на рисунке состоит из четырёх неподвижных блоков и одного подвижного, а также двух грузиков, связанных нитью. Центральный блок вместе с огибающей его нитью держат рукой и тянут вниз со скоростью V. При этом нить прижимают к центральному блоку, и она не может скользить через него. Когда грузы занимали положение, указанное на рисунке, нить отпустили, а подвижный блок продолжили тянуть с той же скоростью. Через какое время какой-нибудь из грузов натолкнётся на пол или потолок? Величина h известна, массы грузов отличаются в 2 раза. Ускорение свободного падения g.</p>	
<p>2</p>	<p>У Гоши есть пробирка с делениями, показывающими расстояние до дна пробирки. В пробирку вставлен массивный поршень, который может перемещаться по пробирке без трения. Под поршнем обычный воздух. Сегодня на улице ровно 0°C. После того, как пробирка постояла на улице, поршень расположился на отметке $h_1 = 9$ см. Гоша перевернул пробирку и еще немного подождал – поршень установился на отметке $h_2 = 11$ см. Через неделю Гоша снова вынес пробирку на улицу и повторил опыт. Поршень установился на отметках $h'_1 = 8,3$ см и $h'_2 = 10$ см соответственно. По этим данным Гоша быстро сообразил, какая теперь температура на улице. Найдите и вы.</p>	
<p>3</p>	<p>Из точки O, расположенной у пола в начале координат, запустили вертикально вверх массивную заряженную частицу. Частица движется в однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно рисунку, влияние на частицу гравитации пренебрежимо мало. Через время t после начала движения частица столкнулась с покоящейся частицей такой же массы, но незаряженной. Это произошло в точке A с координатами (a, a). В результате удара незаряженная частица начала двигаться. Через время t она столкнулась с третьей частицей, которая покоилась, а масса и заряд у неё в точности как у первой. После этого третья частица врезалась в пол. Найдите координату столкновения третьей частицы с полом. Все удары частиц считать абсолютно упругими и центральными. Кулоновским взаимодействием заряженных частиц пренебречь. Сопротивлением среды и силой тяжести пренебречь.</p>	
<p>4</p>	<p>Саша шёл через поле к берегу. Неподальёку он заметил редкую и красивую птичку. Саша хочет подойти к птичке на расстояние R, чтобы сфотографировать её, но не спугнуть. Помогите Саше построить наикратчайший путь, на котором он сфотографирует птичку, не спугнув, и попадёт к берегу побыстрее. Укажите, под каким углом к пунктирной линии должен при этом идти Саша. На схеме показано расположение Саши, птички и берега, вид сверху. Расстояние от Саши до птички $4R$. Предполагается, что Саша идёт в любом направлении с одной и той же скоростью. Размеры Саши и птички малы по сравнению с R. <i>Примечание:</i> если вы перебором получите численный ответ, совпадающий с точным ответом с погрешностью 5%, вы получите до 60% от максимального балла за данную задачу.</p>	
<p>5</p>	<p>На горизонтально расположенной положительно заряженной плоскости закреплена равномерно заряженная тонкая сфера радиуса R. Заряд сферы $Q < 0$ и плотность заряда плоскости σ известны. Через центр сферы насквозь протянута тонкая нить, по которой может скользить маленькая бусинка с зарядом $q < 0$ и массой m. Бусинку расположили вблизи плоскости в точке O выстрелили ею вверх с начальной скоростью V_0. Через какое время бусинка вылетит из сферы? С какой скоростью надо запустить бусинку, чтобы она смогла удалиться от плоскости на расстояние $3R$? Силой тяжести и трением пренебречь. Заряженную плоскость считать большой.</p>	

Оставьте условие себе!

<p>1</p>	<p>Система на рисунке состоит из четырёх неподвижных блоков и одного подвижного, а также двух грузиков, связанных нитью. Центральный блок вместе с огибающей его нитью держат рукой и тянут вниз со скоростью V. При этом нить прижимают к центральному блоку, и она не может скользить через него. Когда грузы занимали положение, указанное на рисунке, нить отпустили, а подвижный блок продолжили тянуть с той же скоростью. Через какое время какой-нибудь из грузов натолкнётся на пол или потолок? Величина h известна, массы грузов отличаются в 3 раза. Ускорение свободного падения g.</p>	
<p>2</p>	<p>У Гоши есть пробирка с делениями, показывающими расстояние до дна пробирки. В пробирку вставлен массивный поршень, который может перемещаться по пробирке без трения. Под поршнем обычный воздух. Сегодня на улице ровно 0°C. После того, как пробирка постояла на улице, поршень расположился на отметке $h_1 = 18$ см. Гоша перевернул пробирку и еще немного подождал – поршень установился на отметке $h_2 = 22$ см. Через неделю Гоша снова вынес пробирку на улицу и повторил опыт. Поршень устанавливался на отметках $h'_1 = 16,6$ см и $h'_2 = 20$ см соответственно. По этим данным Гоша быстро сообразил, какая теперь температура на улице. Найдите и вы.</p>	
<p>3</p>	<p>Из точки O, расположенной у потолка в начале координат, запустили вертикально вниз массивную заряженную частицу. Частица движется в однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно рисунку, влияние на частицу гравитации пренебрежимо мало. Через время t после начала движения частица столкнулась с покоящейся частицей такой же массы, но незаряженной. Это произошло в точке A с координатами (a, a). В результате удара незаряженная частица начала двигаться. Через время t она столкнулась с третьей частицей, которая покоилась, а масса и заряд у неё в точности как у первой. После этого третья частица врезалась в потолок. Найдите координату столкновения третьей частицы с потолком. Все удары частиц считать абсолютно упругими и центральными. Кулоновским взаимодействием заряженных частиц пренебречь. Сопротивлением среды и силой тяжести пренебречь.</p>	
<p>4</p>	<p>Саша шёл через поле к берегу. Неподалёку он заметил редкую и красивую птичку. Саша хочет подойти к птичке на расстояние R, чтобы сфотографировать её, но не спугнуть. Помогите Саше построить наикратчайший путь, на котором он сфотографирует птичку, не спугнув, и попадёт к берегу побыстрее. Укажите, под каким углом к пунктирной линии должен при этом идти Саша. На схеме показано расположение Саши, птички и берега, вид сверху. Расстояние от Саши до птички $3R$. Предполагается, что Саша идёт в любом направлении с одной и той же скоростью. Размеры Саши и птички малы по сравнению с R. <i>Примечание:</i> если вы перебором получите численный ответ, совпадающий с точным ответом с погрешностью 5%, вы получите до 60% от максимального балла за данную задачу.</p>	
<p>5</p>	<p>На вертикально расположенной положительно заряженной плоскости закреплена равномерно заряженная тонкая сфера радиуса R. Заряд сферы $Q < 0$ и плотность заряда плоскости σ известны. Через центр сферы насквозь протянута тонкая нить, по которой может скользить маленькая бусинка с зарядом $q < 0$ и массой m. Бусинку расположили вблизи плоскости в точке O выстрелили ею вправо с начальной скоростью V_0. Через какое время бусинка вылетит из сферы? С какой скоростью надо запустить бусинку, чтобы она смогла удалиться от плоскости на расстояние $3R$? Силой тяжести и трением пренебречь. Заряженную плоскость считать большой.</p>	

Оставьте условие себе!

Задача 1 (всего 10 баллов)

A	Верное уравнение движения хотя бы одного из грузов	2 балла
B	Найдено ускорение груза (В первом варианте $g/3$, во втором $g/2$)	3 балла
C	Уравнение равноускоренного движения с правильными знаками, ускорением и начальной скоростью V .	2 балла
D	Верно решено квадратное уравнение	1 балл
E	Выбран верный корень	2 балла

Задача 2 (всего 10 баллов)

A	Введены обозначения, в соответствие с ними записано уравнение Клапейрона-Менделеева (хотя бы в 1 попытке)	2 балла
B	Обнаружено, что меняется не только температура на улице, но и давление	4 балла
C	Используется, что в одном опыте давление газа в сосуде увеличивается по сравнению с атмосферным на некоторую величину, а в перевёрнутом сосуде уменьшается на ту же величину. Эта же величина добавляется и вычитается из атмосферного давления во второй день	2 балла
D	Верный ответ $-3,7\text{ }^\circ\text{C}$	2 балла
	Если участник не учёл пункт B, а всё остальное сделал верно, он не получает баллы за пункты B и D.	0 баллов
	Если численный ответ найден неверно или не найден, но формула для T правильная	1 балл

Задача 3 (всего 10 баллов)

A	Равномерное движение, начальный и конечный участки – дуги окружности (по 1 баллу за каждую)	2 балла
B	Используется, что средний участок траектории – отрезок прямой и движение по нему равномерное, скорость v	2 балла
C	Радиус дуги равен a .	2 балла
D	Участник правильно понимает, где расположены центры дуг, по которым происходит равномерное движение	2 балла
E	Верный ответ $(2a + \pi a/2, 0)$.	2 балла

**Задача 4 (всего 10 баллов) Оценивается только одно решение, наилучшее
Решение через оптику**

A	От окружности к берегу Саша идёт перпендикулярно береговой линии	2 балла
B	$\angle 1 = \angle 2$, так как угол падения равен углу отражения	4 балла
C	Верно выписано уравнение на параметр, однозначно задающий наикратчайшую траекторию Саши. Например: $8 \cos^2 \alpha - \cos \alpha - 4 = 0$ (1 вариант) или $6 \cos^2 \alpha - \cos \alpha - 3 = 0$ (2 вариант)	3 балла
D	Верно найдены корни выписанного уравнения.	1 балл
E	Правильно отобран корень и выписан ответ: $180^\circ - 2 \arccos(1 + \sqrt{129}/16)$ (1 в.) $180^\circ - 2 \arccos(1 + \sqrt{73}/12)$ (2 в.)	1 балл

Решение через минимизацию

A	От окружности к берегу Саша идёт перпендикулярно береговой линии	2 балла
B	Введен параметр, однозначно определяющий траекторию Саши, через него верно выражен один отрезок	2 балла
C	Через параметр выражен второй отрезок траектории Саши	1 балл
D	Минимизация: выписана производная пути по параметру	2 балла
	Минимизация проводится численно, производная написана с небольшой ошибкой	1 балл
E	Найдены аналитически (не численно!) корни уравнения, выбран правильный	3 балла
	Не указано, какой корень верный	1 балл

Задача 5 (всего 10 баллов)

A	Есть закон Кулона	1 балл
B	Есть напряженность плоскости	2 балла
C	Есть энергия бусинки в поле сферы (снаружи от неё), совпадающая с энергией в поле точечного заряда	2 балла
D	Участник использует, что пока бусинка внутри сферы, сила взаимодействия бусинки со сферой равна нулю	2 балла
E	Верный ответ для времени, обсуждается, что выражение под корнем может быть отрицательным $t_1 = \frac{V_0 - \sqrt{V_0^2 - 4aR}}{a}$, где $a = \frac{q\sigma}{2\epsilon_0 m}$	2 балла
	Забыли обсудить, что бусинка может не вылететь из сферы	1 балл
F	Верный ответ для начальной скорости $V_0^2 \geq \frac{qR}{m\epsilon_0} \left(3\sigma - \frac{Q}{4\pi R^2}\right)$	1 балл

