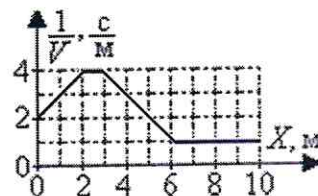


## Физика. 10 класс

**1. Мысленный эксперимент.** На невысокой вышке установлен колокол, по которому отчетливо видно как регулярно с интервалом в одну секунду ударяет молот. Предложите метод, как, наблюдая за ударами по колоколу и слушая его звуки и имея в своем распоряжении *только* рулетку, определить скорость звука в воздухе. Считайте, что вышка установлена на обочине прямой дороги, проходящей по ровной местности.

**2. Летящая тарелка** стартовала с поверхности земли вертикально вверх с постоянным ускорением  $a$  и забыла одного из инопланетян. В течение какого времени  $t$  после старта отставшему инопланетянину имеет смысл звать тарелку назад, если скорость звука в воздухе равна  $C$ ?

**3. Время движения.** Тело движется вдоль прямой так, что зависимость его обратной скорости  $1/V$  от координаты  $x$  показана на графике.

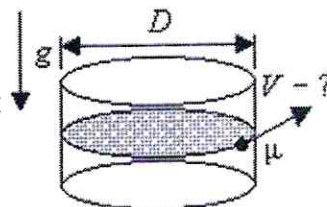


а) За какое время  $t$  тело изменяет свою координату от  $x = 0$  до  $x = 10$  м?

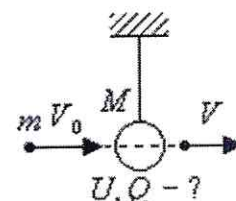
б) За какое время оно проходит первую  $t_1$ , а также и вторую  $t_2$  половину пути?

в) Какую половину пути оно проходит быстрее?

**4. Мотоциклетные гонки по вертикальной стене.** В аттракционе "мотоциклетные гонки по вертикальной стене" трек представляет собой вертикальную цилиндрическую трубу диаметром  $D = 16$  м. С какой минимальной скоростью  $V$  должен двигаться мотоциклист по внутренней поверхности трубы в горизонтальной плоскости, чтобы не соскальзывать с трека вниз? Коэффициент трения между колесами мотоцикла и треком  $\mu = 0,8$ , ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>, сопротивлением воздуха можно пренебречь.



**5. Сквозной пробой.** Пуля массой  $m = 10$  г, летящая с горизонтальной скоростью  $V_0 = 800$  м/с, пробивает по центру висящий на нити шар массой  $M = 1$  кг и, продолжая двигаться в прежнем направлении, вылетает со скоростью  $V = 400$  м/с.



а) Какое количество тепла  $Q$  выделилось при пробое?

б) Какую скорость  $U$  приобрел шар?

Учтите, что из-за малого времени взаимодействия пули с шаром при пробое можно пренебречь смещением шара и опусканием пули по вертикали.

**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра  
2023-2024 учебный год**

**Физика. 10 класс**

**1. Мысленный эксперимент.** На невысокой вышке установлен колокол, по которому отчетливо видно как регулярно с интервалом в одну секунду ударяет молот. Предложите метод, как, наблюдая за ударами по колоколу и слушая его звуки и имея в своем распоряжении *только* рулетку, определить скорость звука в воздухе. Считайте, что вышка установлена на обочине прямой дороги, проходящей по ровной местности.

*Решение:*

Когда мы будем стоять у вышки, то будем видеть удары молота и слышать импульсы звука одновременно. Если же отойти на некоторое расстояние, то доходящие до нас звуки будут запаздывать. Это связано с тем, что свет распространяется почти мгновенно, а звук - со скоростью звука около 300 м/с. Но можно отойти от вышки на такое расстояние, что будем видеть удары молота и слышать импульсы звука одновременно. При этом видимый удар молота и слышимый импульс звука не будут соответствовать одному удару. То есть, будем слышать звук от предыдущего удара. Поэтому остается рулеткой измерить расстояние от вышки до точки, где опять наблюдается "одновременность". Так как молот ударяет в колокол ежесекундно, то это расстояние будет около 300 м, что соответствует скорости звука 300 м/с.

*Ответ:* ~300 м/с.

*Критерии оценивания:*

Шаги выполнения задания	Число баллов
Слышим с запазданием, чем видим	2
Есть места, где видим и слышим одновременно	3
Надо зафиксировать точки одновременности и измерить расстояние между ними	2
Скорость звука = расстояние между точками «одновременности»/(время = 1 с)	3
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>



~ 2.

Летающая тарелка.

Уравнение координаты для тарелки:

$x_1 = x_0 + v\tau + \frac{a\tau^2}{2}$ ; где  $x_0 = \frac{at^2}{2}$  - расстояние, которое пролетела тарелка за время  $t$

$v = at$  - скорость, приобретаемая тарелкой за  $t$

$$x_1 = \frac{at^2}{2} + at\tau + \frac{a\tau^2}{2}$$

Уравнение координат для звукового импульса, изданного моментом времени

$$x_2 = c\tau$$

Чтобы найти момент  $\tau$ , когда тарелка и звуковой импульс встретятся, приравняем координаты  $x_1 = x_2$

$$\frac{at^2}{2} + at\tau + \frac{a\tau^2}{2} = c\tau \quad (3 \text{ балла})$$

$$\frac{a\tau^2}{2} + (at - c)\tau + \frac{at^2}{2} = 0; \quad \tau = \frac{-(at-c) \pm \sqrt{D}}{a} = \frac{(c-at) \pm \sqrt{D}}{a} \quad (2 \text{ балла})$$

$$D = (at-c)^2 - 4 \cdot \frac{a}{2} \cdot \frac{at^2}{2} = a^2t^2 - 2atc + c^2 - a^2t^2 = c(c-2at)$$

$$D = c(c-2at)$$

Условие того, что звук "догнал" тарелку:  $D \geq 0$

$$c(c-2at) \geq 0 \quad (3 \text{ балла})$$

$t \leq \frac{c}{2a}$ , то есть импульсу еще слышен звук тарелку в течение времени  $t = \frac{c}{2a}$ .

(2 балла)

№3 Время движения.

Решение:

Так как скорость  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ , то малое перемещение тела на  $\Delta x$  происходит за малый промежуток времени  $\Delta t = \frac{\Delta x}{v}$ . Тогда этот промежуток времени можно равен площади фигур под представленным графиком, которую можно найти "по клеточкам" или с помощью формул площадей трапеции, прямоугольника или треугольника.

а) время за которое тело изменило координату от  $x=0$  до  $x=10$ м

$$t = \frac{2+4}{2} \cdot 2 \text{ с} + 1 \cdot 4 \text{ с} + \frac{4+1}{2} \cdot 3 \text{ с} + 1 \cdot 4 \text{ с} = 21,5 \text{ с}$$

б) время прохождения телом первой половины пути

$$t_1 = \frac{2+4}{2} \cdot 2 \text{ с} + 1 \cdot 4 \text{ с} + \frac{2+4}{2} \cdot 2 \text{ с} = 16 \text{ с}$$

время прохождения телом второй половины пути

$$t_2 = t - t_1 \quad t_2 = 5,5 \text{ с}$$

в) в соответствии с увеличением второй половины пути тело проходит быстрее, это связано с тем, что на второй половине обратная скорость меньше и, следовательно, скорость больше, чем на первой.

Ответ: а)  $t_* = 21,5 \text{ с}$  б)  $t_1 = 16 \text{ с}$ ,  $t_2 = 5,5 \text{ с}$

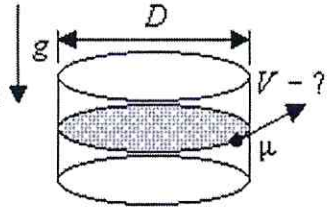
в) вторую половину быстрее.

Шаги выполнения задания	Число баллов
Время равно площади под графиком	3
Вычисления по клеточкам для (а) или по формулам	3
Вычисления по клеточкам для (б)	3
Ответ для (в)	1
За приближенное решение можно давать до 5 баллов	
Сумма баллов:	10



**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра  
2023-2024 учебный год**

**4. Мотоциклетные гонки по вертикальной стене.** В аттракционе "мотоциклетные гонки по вертикальной стене" трек представляет собой вертикальную цилиндрическую трубу диаметром  $D = 16$  м. С какой минимальной скоростью  $V$  должен двигаться мотоциклист по внутренней поверхности трубы в горизонтальной плоскости, чтобы не соскальзывать с трека вниз? Коэффициент трения между колесами мотоцикла и треком  $\mu = 0,8$ , ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>, сопротивлением воздуха можно пренебречь.



*Решение:*

При движении на мотоцикл вместе с мотоциклистом (тело), общая масса которых  $m$ , со стороны поверхности трубы действуют направленная к центру трубы сила реакции  $N$ , направленная вертикально вверх сила трения  $F_{тр}$ , а также направленная вертикально вниз сила тяжести  $mg$ . Отметим, что из-за того, что в горизонтальной плоскости мотоцикл движется с постоянной скоростью  $V$  по поверхности трубы, то на него в этом направлении силы не действуют. У движущегося тела есть центростремительное ускорение (1):  $a_c = V^2/(D/2)$ .

При предельно малой скорости тела  $V$  сила трения достигает своего максимального значения, а именно, силы трения скольжения

(2):  $F_{тр} = \mu N$ .

С учетом этого записываем второй закон Ньютона в проекциях на центростремительное и вертикальное направления и получаем:

(3):  $N = ma_c = m[V^2/(D/2)]$ ,

(4):  $mg = \mu N = m[V^2/(D/2)]$ ;

(5):  $V = [gD/(2\mu)]^{1/2} = 10$  м/с = 36 км/ч.

*Ответ:*  $V = [gD/(2\mu)]^{1/2} = 10$  м/с = 36 км/ч.

**Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
Уравнение (1)	2
Уравнение (2)	1
Уравнение (3)	3
Уравнение (4)	3
Уравнение (5)	1
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

**5. Сквозной пробой.** Пуля массой  $m = 10$  г, летящая с горизонтальной скоростью  $V_0 = 800$  м/с, пробивает по центру висящий на нити шар массой  $M = 1$  кг и, продолжая двигаться в прежнем направлении, вылетает со скоростью  $V = 400$  м/с.

а) Какое количество тепла  $Q$  выделилось при пробое?

б) Какую скорость  $U$  приобрел шар?

Учтите, что из-за малого времени взаимодействия пули с шаром при пробое можно пренебречь смещением шара и опусканием пули по вертикали.

*Решение:*

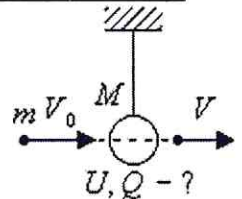
Законы сохранения импульса и энергии записываются в виде:

(1):  $mV_0 = mV + MU$ ,

(2):  $mV_0^2/2 = mV^2/2 + MU^2/2 + Q$ .

Из решения системы этих двух уравнений получаем

$U = m(V_0 - V)/M = 4$  м/с,



**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра  
2023-2024 учебный год**

$$Q = mV_0^2/2 - mV^2/2 - MU^2/2 =$$
$$= m(V_0 - V)(MV_0 + mV + MV - mV_0)/(2M) = 2400 \text{ Дж.}$$

Ответ: а)  $Q = m(V_0 - V)(MV_0 + mV + MV - mV_0)/(2M) = 2400 \text{ Дж}$ ; б)  $U = m(V_0 - V)/M = 4 \text{ м/с}$ .

**Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
Уравнение (1) и получение $U$	4
Уравнение (2) и получение $Q$	6
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>