

3 тур. Условия задач.

Задача 1. Сверхзвуковой самолет.

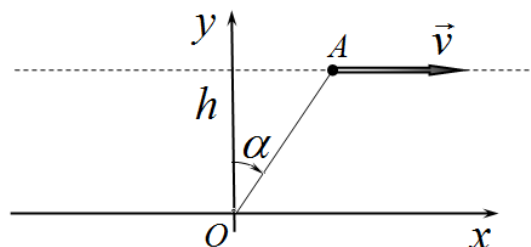


При полете сверхзвукового самолета можно наблюдать (и услышать) следующий интересный эффект: сначала самолет виден, но звук его не слышен; затем раздается резкий хлопок, похожий на взрыв; после чего слышно как два самолета разлетаются в разные стороны.

В данной задаче вам необходимо понять причины этого эффекта и дать его математическое описание.

Пусть самолет летит по горизонтальной прямой на высоте $h = 1,0 \text{ км}$ над поверхностью земли со скоростью $v = 2c$, где $c = 0,33 \frac{\text{км}}{\text{с}}$.

Наблюдатель находится на поверхности земли, траектория самолета проходит над ним. Введем ось координат x , параллельную траектории самолета, начало отсчета O совместим с положением наблюдателя. Положение самолета можно задавать как его координатой x , так и углом α между вертикалью и направлением от наблюдателя к самолету (см. рис). Начало отсчета времени выберем так, что при $t = 0$ самолет находится точно над наблюдателем.



Очевидно, что в этом случае время и координаты самолета могут быть и положительными и отрицательными. Угол α может быть достаточно легко определен как с помощью приборов, так и ушами наблюдателя.

Пусть самолет находится в точке с координатой x , обозначим время прихода звука, испущенного самолетом в этой точке, к наблюдателю τ .

- 1.1 Найдите зависимость времени прихода звука к наблюдателю $\tau(x)$ от координаты самолета x , в которой был испущен этот звук.
- 1.2 В бланке листов ответов приведите результаты расчетов этой функции (при указанных значениях координат x) и постройте график этой функции.
- 1.3 Рассчитайте значения угла α^* и соответствующей координаты x^* , из которой звук быстрее всего придет к наблюдателю. Определите положение самолета (укажите α и x) в этот момент времени.

Наблюдатель считает, что самолет находится в точке x , откуда пришел звук в этот момент времени прихода звука τ . назовем функцию $x(\tau)$ - наблюдаемым законом движения.

- 1.4 Постройте схематический график зависимостей скоростей «двух самолетов» от времени τ .
Приводить явный вид этих зависимостей не требуется.
- 1.5 Найдите «предельные» скорости этих «самолетов» при больших значениях τ .

Задача 2. Чему равна «масса» падающего тела?



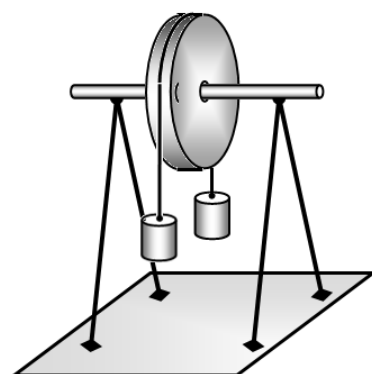
Конечно, термин «масса» в названии задачи вставлен «для кранного слова» - при движении тела его масса не изменяется!

Но в обеих частях этой задачи используются электронные весы, которые проградуированы в единицах массы, поэтому под «массой» мы будем понимать показания весов, которые будем обозначать символом μ . Ускорение свободного падения - g . В любой момент времени с помощью кнопки «Тара» весы можно обнулить, после чего они показывают изменение массы (масса «тары» отбрасывается).

2.1 Грузы на блоке

На электронных весах расположена установка, показанная на рисунке: на двух опорах закреплен горизонтальный стержень, на котором расположен неподвижный блок. Масса этого блока пренебрежимо мала. Блок может вращаться вокруг стержня без трения. После установки этой конструкции весы обнуляют, поэтому в дальнейшем масса описанной установки не учитывается.

Через блок перебрасывают легкую нерастяжимую нить, к концам которой прикреплены два груза, массы которых равны m_1 и m_2 .



2.1.1 Чему равно показание весов μ_0 , если грузы неподвижны?

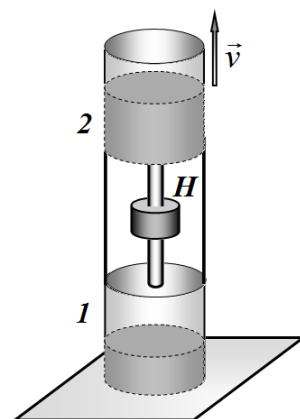
2.1.2 Нить отпускают и грузы приходят в движение. Чему станет равным показание весов в этом случае μ_1 ?

2.1.3 Выразите значение μ_1 через μ_0 и ускорение центра масс грузов a_c .

2.2 Насосная станция

На электронные весы установили модель насосной станции: два одинаковых бака 1 и 2 закреплены вертикально, один над другим. Баки частично заполнены водой, плотность которой равна ρ , площадь поперечного сечения баков равна S . Баки соединены трубой с насосом H . При отключенном насосе (и неподвижной воде) весы показывают значение μ_0 .

После включения насоса вода стала перекачиваться из нижнего бака в верхний, при этом уровень воды в верхнем баке поднимается с постоянной скоростью v .



2.2.1 Чему равно показание весов μ_1 в процессе перекачки воды?

2.2.2 Чему станет равным показание весов μ_2 , если насос станет перекачивать воду из верхнего бака в нижний с той же скоростью?

Задача 3. «Электродвигатель»

Молодой, но талантливый физик Федя, самостоятельно изготовил действующую модель электродвигателя: нашел постоянные магниты, выточил сердечник якоря, намотал обмотку, промучился со скользящими контактами ... – подключил к батарее и... чудо – двигатель заработал.

Так как Федя не только инженер-изобретатель, но и физик, он решил провести комплексное исследование характеристик двигателя.

В школьной лаборатории Федя нашел стабилизированный источник постоянного напряжения, реостат, амперметр, вольтметр, набор грузов известной массы. Закрепил двигатель на столе, на вал намотал нитку, к ее концу привязал груз, собрал электрическую схему, показанную на рис.1 и приступил к исследованиям. Первые же результаты поразили молодого ученого – при изменении сопротивления реостата не изменялись показания ни амперметра, ни вольтметра! Изменялась только скорость подъема груза. При изменении массы подвешенного груза сила тока в цепи изменялась, причем оказалось, что сила тока в цепи работающего двигателя прямо пропорциональна массе поднимающегося груза

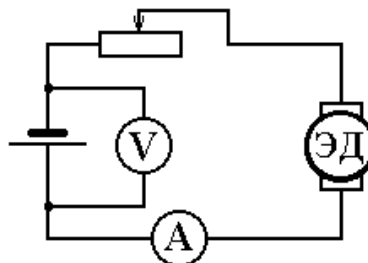


Рис. 1

$$I = km ,$$

где k - постоянный коэффициент, который Федя определил экспериментально (вы также считайте его известным).

Для объяснения полученных результатов Фединых экспериментов считайте известными:

- постоянное напряжение источника U_0 ;
- сопротивление обмотки электродвигателя R_0 ;
- пределы изменения сопротивления реостата R : от нуля до R_m ;
- масса подвешенного груза m ;
- ускорение свободного падения g .

3.1 Найдите зависимость скорости подъема груза от сопротивления реостата.

3.2 Найдите максимальную массу груза, которую может поднять электродвигатель.

3.3 Найдите зависимость мощности двигателя от массы повешенного груза.

3.4 Найдите зависимость КПД двигателя от массы подвешенного груза при минимальном сопротивлении реостата.

Листы ответов (3 тур)

Фамилия, имя _____

Задача 1. Сверхзвуковой самолет.

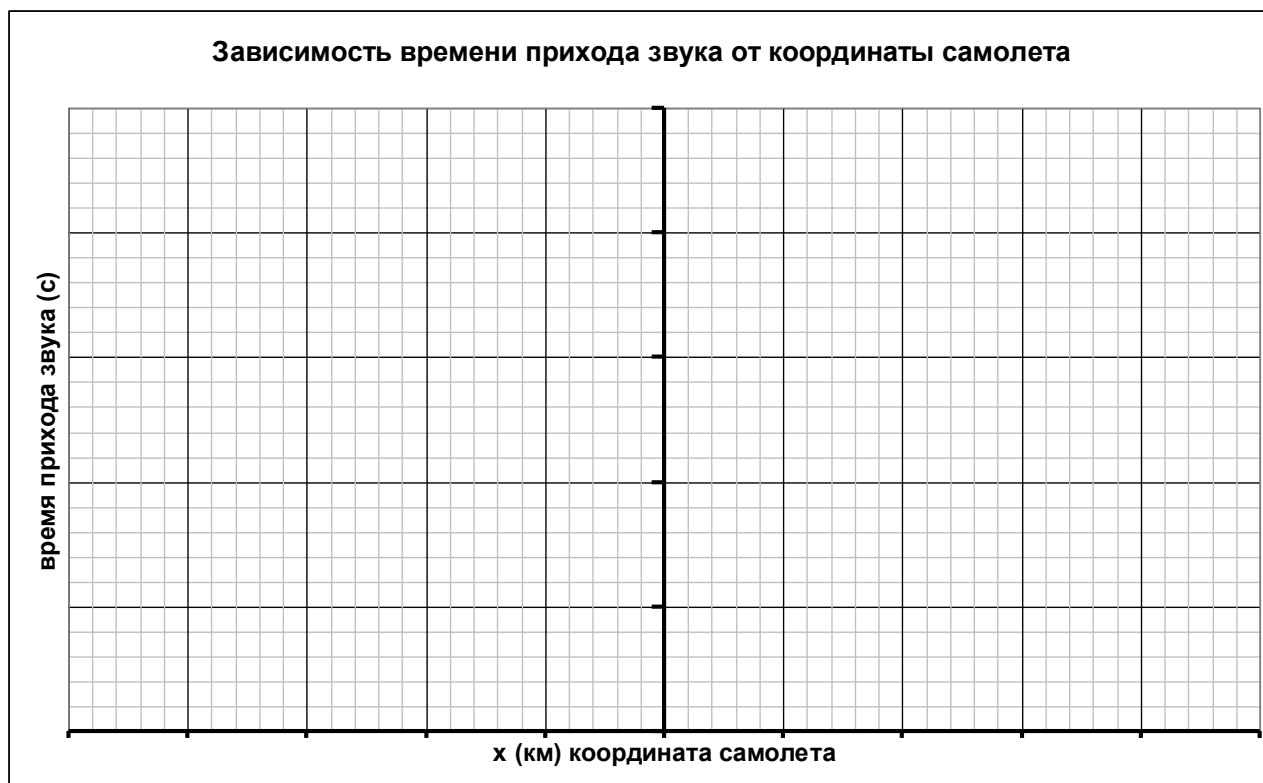
1.1 Зависимость времени прихода звука к наблюдателю $\tau(x)$ от координаты самолета x , в которой был испущен этот звук:

$$\tau(x) =$$

1.2 Расчет функции $\tau(x)$

x (км)	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
τ (с)											

График функции (не забудьте оцифровать оси)



1.3 (формулы и числа)

$$\alpha^* =$$

$$X^* =$$

Положение самолета

$$\alpha =$$

$$X =$$

1.4 Схематический график скоростей «двух самолетов» от времени τ (оси постройте самостоятельно)

3.5 Наблюдаемые скорости при больших временах

$$V_{1np} =$$

$$V_{2np} =$$

Задача 2. Чему равна «масса» падающего тела?

2.1 Грузы на блоке

2.1.1 Показания весов при неподвижных грузах

$$\mu_0 =$$

2.1.2 Показания весов при движении грузов

$$\mu_1 =$$

2.1.3 Выражение для μ_1 через μ_0 ускорение центра масс a_c :

$$\mu_1 =$$

2.2 Насосная станция

2.2.1 Показания весов при перекачке воды вверх

$$\mu_1 =$$

2.2.2 показание весов при перекачке воды вниз

$$\mu_2 =$$

Задача 3. «Электродвигатель»

3.1 Зависимость скорости подъема груза от сопротивления реостата

$$v(R) =$$

3.2 Максимальная масса груза, которую может поднять электродвигатель:

$$m_{\max} =$$

3.3 Зависимость мощности двигателя от массы подвешенного груза:

$$P(m) =$$

3.4 Зависимость КПД двигателя от массы подвешенного груза:

$$\eta(m) =$$