Всероссийская олимпиада школьников по физике
Муниципальный этап
2024-2025 учебный год

9 класс

Время выполнения - 3 часа 50 минут (230 минут)
Максимальное количество баллов – _50_

Задача 1. «Бросание камешков».

Петя и Вася соревновались в точности попадания в цель, бросая камешки. Петя бросил камешек со скоростью 10 м/с под углом 45 градусов к горизонту, а Вася попал с то же место, но бросал под углом 15 градусов к горизонту. С какой скоростью бросал камешек Вася? Какое должно быть соотношение углов бросания у Пети и Васи, если они будут бросать камешки с одинаковой скоростью и попадать в одно и то же место?

Трением о воздух пренебречь.

Решение.

1.Дальность полета камешка x_0 определим из уравнения равномерного движения по горизонтали:

$$x_0 = V_{0x}*t_{полета} = V_0*cos\alpha*t_{полета}$$

2.Из-за отсутствия трения о воздух время полета камешка будет равно удвоенному времени подъема до максимальной высоты:

$$t_{полета}=2*\ t_{подъема}=2*\ V_{0y}/g=2*\ V_0*sin\alpha/g$$

3. Таким образом, дальность полета будет равна

$$x_0 = 2*(V_0)^2*cos\alpha*\ sin\alpha/g=(V_0)^2*sin2\alpha/g$$

4. Дальность полета камешков Пети и Васи одинакова, поэтому

$$(V_{01})^2*sin2\alpha_1/g\ =(V_{02})^2*sin2\alpha_2/g$$

Откуда получаем скорость бросания камешка Васей

$$V_{02} = V_{01}*(sin2\alpha_1/\ sin2\alpha_2)^{1/2}$$

Расчет дает $V_{02} = 14$ *м/с*

5. Если Петя и Вася будут бросать камешки с одинаковой скоростью, то надо соблюдать равенство:

$sin2\alpha_1 = sin2\alpha_2$, что возможно при условии $2\alpha_1 = 180-2\alpha_2$.

(Это условие может быть получено из построения графика $sin2\alpha$).

Откуда $\alpha_1 = 90-\alpha_2$.

Критерии оценивания:

1. Получена формула для дальности полета – 3 балла
2. Получена формула для соотношения скоростей и углов бросания – 2 балла
3. Получен правильный числовой ответ для скорости – 1 балл
4. Получено соотношение для синусов углов бросания при равенстве скоростей – 1 балл
5. Получено соотношение для углов бросания – 3 балла

Задача 2. «Подключение лампы»

В распоряжении ученика было несколько батареек с ЭДС 1,5 В и внутренним сопротивлением 1,2 Ом. Сколько таких батареек ему надо взять, чтобы полноценно светилась светодиодная лампа мощностью 6 Вт, рассчитанная на напряжение 12 В? Можно ли таким же способом получить полноценное свечение лампы мощностью 18 Вт?

Решение:

Первая лампа рассчитана на ток $I = P/U = 6/12 = 0{,}5$ А.

Этот ток входит в закон Ома для замкнутой цепи, считая, что при последовательном соединении ЭДС батареек складываются, поэтому $\varepsilon_{системы} = N*\varepsilon$, где ε – ЭДС одной батарейки, а сопротивление цепи с лампой равно $N*r + R_{лампы}$, где r – внутреннее сопротивление батарейки.

Это дает нам следующее выражение для закона Ома:

$I = N*\varepsilon/(N*r + R)$

Отсюда получаем формулу для расчета числа батареек:

$N = I*R/(\varepsilon - I*r) = U/(\varepsilon - I*r)$

Рассчитаем число батареек для первой лампы:

$N = 12/(1{,}5 - 0{,}5*1{,}2) = 13{,}3\ldots$, т.е.14 батареек.

Рассчитаем ток для второй лампы:

$I = P/U = 18/12 = 1{,}5$ А.

Подстановка этого значения тока в формулу для числа батареек приводит к отрицательному значению.

Следовательно, вторая лампа не будет полноценно светиться при использовании любого числа таких батареек.

Критерии оценивания:

1. Рассчитана сила тока через первую лампу для ее полноценного свечения – 1 балл
2. Записан закон Ома для замкнутой цепи для N последовательно соединенных батареек – 2 балла
3. Получена формула для расчета числа батареек – 2 балла
4. Рассчитано число батареек для подключения первой лампы - 1 балл
5. Рассчитана сила тока через вторую лампу для ее полноценного свечения – 1 балл
6. На основе отрицательного значения числа батареек для питания второй лампы сделан вывод о невозможности ее использования в этой схеме –3 балла

Задача 3. «Равновесие шариков»

Металлический и пластмассовый шарики прикреплены на концах легкого стержня длиной L и погружены в воду. Стержень находится в горизонтальном положении, если точку опоры поместить точно в середину стержня.

На сколько нужно передвинуть точку опоры, чтобы система сохранила равновесие в воздухе?

Плотность металла ρ_1 =7140 кг/м^3, плотность пластмассы ρ_2=1740 кг/м^3, плотность воды ρ_o = 1000 кг/м^3.

Решение

Система будет находиться в равновесии, если равны моменты сил, действующие на шарики:

$F_1(L/2)= F_2(L/2)$

На каждый из шариков в воде действует разность сил тяжести и силы Архимеда:

$F = Mg – \rho_o gV=(\rho - \rho_o)gV,$

где ρ – плотность соответствующего шарика, ρ_o – плотность воды, V - объем шарика.

Плечи сил одинаковы, поэтому силы, действующие на шарики равны:

$(\rho_1 - \rho_o)gV_1=(\rho_2 - \rho_o)gV_2,$

Откуда можем найти отношение объемов пластмассового и металлического шариков:

$V_2/V_1=(\rho_1 - \rho_o)/(\rho_2 - \rho_o)=(7140-1000)/(1740-1000)=6140/740=8,3$

В воздухе силы Архимеда будут малы по сравнению с силами тяжести, поэтому их не будем учитывать (плотность воздуха 1,2 кг/м^3).

Для того, чтобы понять, куда сместиться точка опоры, оценим отношение масс шариков:

$m_1/m_2 = \rho_1V_1/ \rho_2V_2 = (\rho_1/ \rho_2)(V_2/ V_1) =(7140/1740)/8,3≈0,5$

То есть пластмассовый шарик тяжелее, поэтому точка опоры сместится от середины стержня на x в сторону пластмассового шарика. Условие равновесия системы в воздухе будет выглядеть так:

$\rho_1gV_1(L/2 + x)=\rho_2gV_2(L/2 - x).$

В результате преобразований получим:

$x = (L/2)(\rho_2V_2 - \rho_1V_1)/(\rho_2V_2 + \rho_1V_1) = (L/2)(\rho_2(V_2/V_1) - \rho_1)/(\rho_2(V_2/V_1) + \rho_1).$

Подстановка чисел дает:

$x = (L/2)(1740 \cdot 8,3 -7140)/(1740 \cdot 8,3+7140)= L/6$

Критерии оценивания:

1.Записано условие равновесия в воде – 1 балл

2.Записано выражение для силы, действующей на шарики в воде – 2 балла

3.Найдено отношение объемов шариков – 1 балл

4.Указано, что силами Архимеда в воздухе можно пренебречь – 1 балл

5.Указано, в какую сторону сместится точка опоры – 1 балл

6. Записано условие равновесия системы в воздухе – 2 балла

7.Получено выражение для смещения точки опоры в воздухе – 1 балл

8. Получен правильный ответ – 1 балл

Задача 4 «Полет на воздушном шаре»

Заканчивая прогулку на воздушном шаре, воздухоплаватели на высоте 2 км отключили газовую горелку и начали спускаться с постоянной скоростью V_0= 0,5 м/с . До половины спуска дул горизонтальный ветер со скоростью 1 м/с, затем его скорость уменьшилась до 0,5 м/с. Какой путь проделали воздухоплаватели до приземления?

Решение.

Воздушный шар двигается в двух взаимно перпендикулярных направлениях, поэтому путь надо рассчитывать по теореме Пифагора:

$S = (h^2 + L^2)^{1/2}$,

Где h – высота спуска, L – расстояние, пройденное по горизонтали.

Из-за того, что скорость ветра изменялась, путь по горизонтали будет разный:

$L_1 = V_1*t_1 = V_1*(h/(2*V_0))$ *и* $L_2 = V_2*t_2 = V_1*(h/(2*V_0))$

Подстановка чисел дает $L_1 = 2000$ *м,* $L_2 = 1000$ *м*

Расчеты дают следующие значения пути на первом и втором участках:

$S_1 = ((h/2)^2 + L_1^2)^{1/2} = (1000^2 + 2000^2)^{1/2} = 2240$ *м,*

$S_2 = ((h/2)^2 + L_2^2)^{1/2} = (1000^2 + 1000^2)^{1/2} = 1410$ *м*

Полный путь 3650 м.

Критерии оценивания:

1. Показано, что путь будет вычисляться, как результат независимых перемещений по вертикали и по горизонтали, используя теорему Пифагора – 3 балла.
2. Вычислены горизонтальные перемещения на первом и на втором участке спуска – 2 балла
3. Вычислены пути на первом и втором участке – 4 балла
4. Вычислен полный путь – 1 балл

Задача 5. «Нагревание воды со льдом»

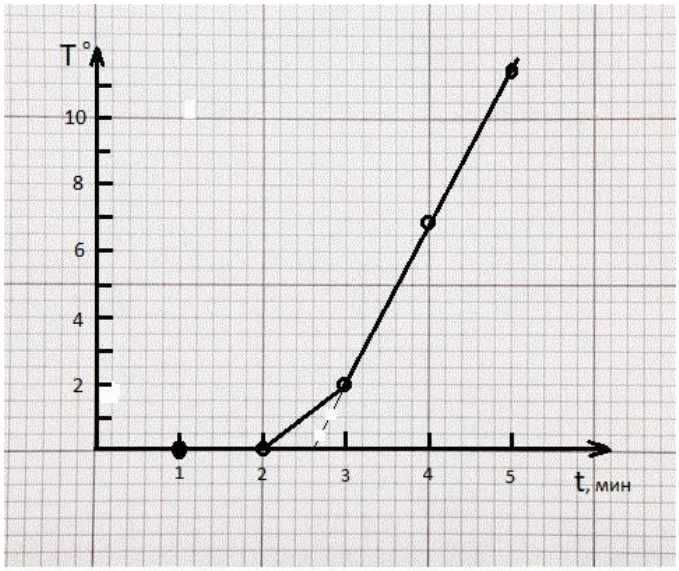
В сосуде с водой плавает кусочек льда. В сосуд опускают нагреватель мощностью N = 50 Вт и начинают измерять температуру воды. В течение 1-й и 2-й минут температура воды не изменялась, к концу 3-й минуты увеличилась на ΔT_1 =2 градуса, к концу 4-й и 5-й минут температура повышалась на ΔT_2 =5 градусов. Сколько граммов воды и сколько граммов льда было изначально в сосуде? Считать что, вся теплота от нагревателя идет на нагрев смеси.

Удельная теплота плавления льда λ = $3{,}4*10^5$ Дж/кг, удельная теплоемкость воды С = 4200 Дж/(кг*°С).

Для решения задачи рекомендуется построить график зависимости температуры воды от времени.

Решение:

1. Построим график зависимости температуры воды от времени.



2.Анализ данных

a. В течение первых двух минут температура воды не изменялась, что говорит о том, что происходило только плавление льда.

b. На третье минуте температура начала расти, но только на 2 градуса, следовательно, лед продолжал таять. После таяния остатков льда стал нагреваться полный объем воды.

c. На четвертой и пятой минутах температура возрастала на одинаковую величину, что говорит только о нагреве получившейся воды.

3.***Первый способ решения*** – графический метод.

Из графика можно найти, сколько времени продолжалось таяние льда. Зависимость температуры вода после того, как лед растаял, имеет линейную зависимость и дается формулой

$T = at + b.$

Для моментов времени 3 мин, 4 мин и 5 минут можно записать:

$2 = a3+b$

$7 = a4+b$

$12=a5+b$

Решение этой системы дает a =5, b = -13, т.е.

$T = 5t-13$

Отсюда можно найти время окончания таяния льда по точке пересечения графика с горизонтальной осью, проведя пунктирную линию.

Аналитически это соответствует условию

$0 = 5t_1 – 13$, *откуда* $t_1= 13/5=2,6$ *мин* $=156$ *с.*

Из уравнения теплового баланса можно найти массу льда:

$m = Nt_1/\lambda = 50*156/3,4*10^5 \approx 22,9$ г.

После таяния льда вся масса воды (m +M) нагревается на $\Delta T_2 = 5$ градусов за $t_2 = 1$ *мин* $= 60$ *с.* Теперь уравнение теплового баланса:

$C(m +M)\ \Delta T_2 = Nt_2$

Откуда первоначальная масса воды

$M = Nt_2/C\Delta T_2 - m = 50*60/(4200*5) - 0{,}0229 \approx 120$ *г*

4.***Второй способ решения*** – через уравнения теплового баланса на каждом этапе.

В течение первых 2-х минут происходило только таяние льда, но растаяла только часть его. Уравнение теплового баланса:

$km\lambda = Nt_{0-2}$

где k – доля растаявшего льда, $t_{0-2} = 2$ *мин* $= 120$ *с*

В течение третьей минуты растает остальная часть льда и будет происходить нагрев всей получившейся воды:

$(1-k)m\lambda + C(m+M)\Delta T_1 = Nt_{2-3}$ *, где* $t_{2-3} = 1$ *мин* $= 60$ *с.*

На 4-й минуте будет происходить только нагрев общей массы воды:

$C(m+M)\Delta T_2 = Nt_{3-4}$*, где* $t_{3-4} = 1$ *мин* $= 60$ *с.*

Решая эту систему из трех уравнений, получаем те же значения для массы льда и первоначальной массы воды.

Критерии оценивания:

1.Проведен анализ процессов с выделением трех этапов (таяние части льда, таяние остатков льда плюс нагрев воды, и только нагрев воды) – 3 балла

2.При решении графическим методом:

- составлено уравнение линии для нагрева воды и определены его коэффициенты – 2 балла
- по условию пересечения графика с горизонтальной осью вычислено время таяния льда – 2 балла
- из уравнения теплового баланса рассчитана масса льда – 1 балл
- составлено уравнение теплового баланса на нагрева всей воды и рассчитана первоначальная масса воды – 2 балла

3. При решении методом поэтапного теплового баланса:

- составлено уравнение для первого этапа (для частично растаявшего льда) – 1 балл
- составлено уравнение для второго этапа (для таяния остатков льда и нагрева всей воды) – 2 балла
- составлено уравнение для третьего этапа (для нагрева всей воды) – 1 балл
- решена система уравнений для определения массы льда – 2 балла
- правильно вычислена начальная масса воды – 1 балл