**Всероссийская олимпиада школьников. Школьный этап 2019/20 уч.г.**

**Физика, 10 класс, решения**

**Время выполнения 150 мин. Максимальное кол-во баллов - 40**

1. **Гравитация**

Деревянный шарик массой  удерживают на высоте  над поверхностью воды. Когда шарик отпустили, он погрузился в воду на максимальную глубину. Определить среднюю силу сопротивления воды движению шарика. Сопротивлением воздуха пренебречь. Плотность дерева .

***Решение:***

Максимальная глубина погружения – это глубина, на которой шарик прекратит погружаться и начнет всплывать. Шарик погружается под воду на глубину *H* за счет запаса кинетической энергии, которую он приобрел в процессе падения с высоты *h*: .

Кинетическая энергия, которой шарик обладает в момент входа в воду, уменьшается до нулевого значения за счет совершения над шариком работы внешними силами: силой тяжести, силой Архимеда, силой сопротивления воды: ,

где *H* – глубина, на которую погружается шарик,

– сила Архимеда.

** – средняя сила сопротивления воды движению шарика.

По закону Архимеда:

,

где - плотность воды, *g* – ускорение свободного падения, *Vш* – объем шарика, который, зная массу шарика, находим из определения плотности:

.

Решение уравнения имеет вид:



Подстановка численных значений физических величин, входящих в уравнение дает:

.

**Критерии оценивания (энергетический способ):**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Критерий | Балл |
|  | Выполнен чертеж с правильным указанием всех сил, действующих на шарик в случаях, когда шарик в воде (сила тяжести, сила Архимеда, сила сопротивления) и в воздухе (сила тяжести). | 2 |
|  | Записан закон сохранения механической энергии при движении шарика в воздухе: | 2 |
|  | Записана теорема о кинетической энергии для случая, когда шарик движется в воде:  . | 2 |
|  | Получена верная итоговая формула для расчета средней силы сопротивления. | 3 |
|  | Получен верный числовой ответ | 1 |

Возможен вариант решения задачи динамическим способом. В таком случае оценивание проводится с учетом следующих критериев:

**Критерии оценивания (динамический способ):**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Критерий | Балл |
|  | Выполнен чертеж с правильным указанием всех сил, действующих на шарик в случаях, когда шарик в воде (сила тяжести, сила Архимеда, сила сопротивления) и в воздухе (сила тяжести). | 2 |
|  | Записан второй закон Ньютона в проекциях на выделенную ось: | 2 |
|  | Учтено, что ускорение, с которым движется шарик в воде связано со скоростью вылета из воды и пройденным расстоянием соотношением: | 2 |
|  | Получена верная итоговая формула для расчета средней силы сопротивления. | 3 |
|  | Получен верный числовой ответ | 1 |

1. **Свободное падение**

Парашютист, опускающийся равномерно со скоростью , бросает вертикально вверх небольшое камень со скоростью  относительно земли. На какой высоте относительно точки броска камень и парашютист вновь встретятся?

**Решение**

Перейдем в систему отсчета, связанную с парашютистом.

Так как парашютист опускается равномерно его можно считать инерциальной системой отсчета.

Скорость камня относительно парашютиста .

За время *t*, которое камень затратит на подъем и падение до уровня парашютиста, система отсчета, связанная с парашютистом опустится на расстояние . Из кинематики свободного падения получим, что .

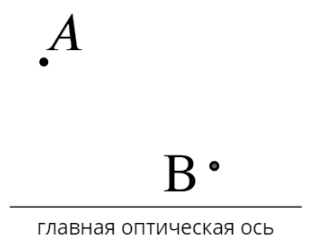
Таким образом, 



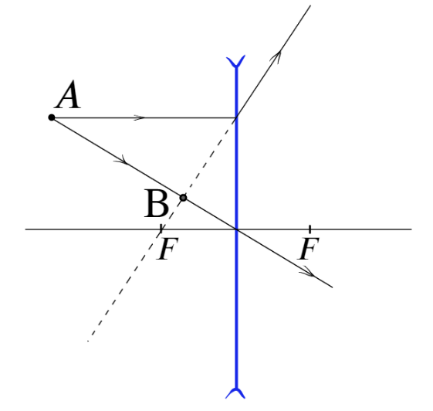
**Критерии оценивания:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Критерий | Балл |
|  | Получена относительная скорость камня из закона сложения скоростей. | 1 |
|  | Указана связь времени полета камня и времени спуска парашютиста до места встречи. | 1 |
|  | Получена верная итоговая формула для расчета расстояния, на котором произойдет встреча | 2 |
|  | Получен верный числовой ответ | 1 |

1. **Геометрическая оптика.**

В точке ***А*** находится точечный источник света. С помощью неизвестной линзы получили его изображение в точке ***В***. Найдите построением положение линзы и её фокусов.

**Решение:**

Перед началом построений необходимо определиться с тем, собирающая или рассеивающая эта линза. Как видно из чертежа, изображение находится на меньшем расстоянии от главной оптической оси, по сравнению с источником. Т.е. можно считать, что линза дает **уменьшенное** изображение.

Рассеивающая линза при любых расположениях источника дает уменьшенное мнимое **прямое** изображение. Изображения, даваемые собирающей линзой всегда перевернутые (за исключением точечных источников света, лежащих на главной оптической оси), т.е. лежат с противоположной источнику стороны главной оптической оси. У нас представлено **прямое уменьшенное** изображение, которое может быть только **мнимым**. Таким образом, линза может быть только **рассеивающей**.

Такие изображения дает собирающая линза в том случае, если источник света расположен между линзой и её фокусом.

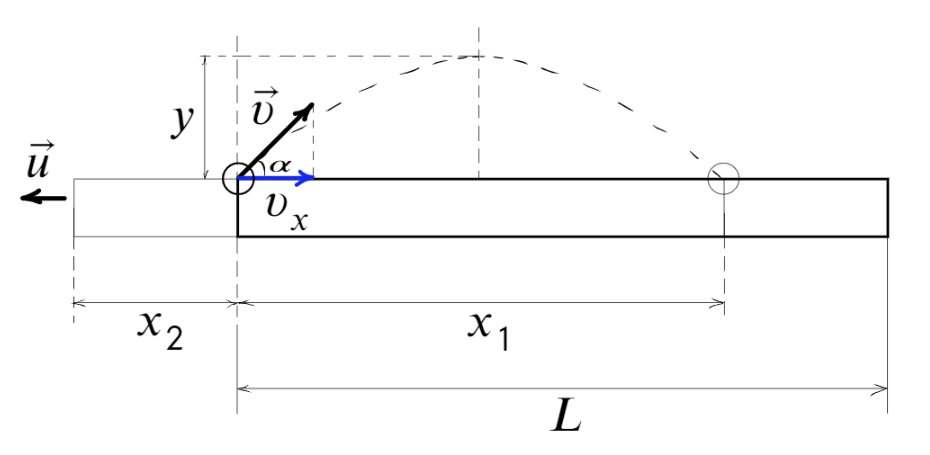
**Критерии оценивания:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Критерий | Балл |
|  | Дано верное описание изображения: уменьшенное, прямое, мнимое. | 1 |
|  | Верно обосновано, что линза рассеивающая (опираясь на характеристики изображения) | 2 |
|  | Верно выполнен чертеж с правильным указанием хода всех лучей. | 2 |

1. **Закон сохранения импульса.**

Лягушка массой m сидит на конце доски массой M и длиной . Доска плавает на поверхности пруда. Лягушка прыгает под углом  к горизонту вдоль доски. Какой должна быть скорость лягушки , чтобы оказаться на другом конце доски?

***Решение:***



После прыжка с одного края доски на другой лягушка пролетела расстояние , а доска, в результате взаимодействия с лягушкой, сдвинулась на расстояние . Общая длина доски равна .

Поскольку сопротивлением воздуха можно пренебречь, то общее время полета лягушки равно удвоенному времени подъема его на максимальную высоту , где вертикальная составляющая скорости :

.

Время подъема определяется кинематическим соотношением . Так как лягушка прыгает под некоторым углом  к доске, то проекции скоростей на горизонтальную и вертикальную составляющие равны соответственно:

, .

Лягушка пролетает расстояние , за это время доска успевает переместиться на расстояние . Учитывая, что , получим равенство:

.

Для определения скорости соломинки воспользуемся законом сохранения импульса. Поскольку нас интересует движение только в горизонтальном направлении, то рассмотрим закон сохранения импульса в проекциях на ось *ОX*:

,

откуда . .

Скорость лягушки определяется формулой:

.

**Критерии оценивания:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Критерий | Балл |
|  | Выполнен чертеж с правильным указанием всех расстояний, скоростей и их проекций на горизонтальное направление. | 2 |
|  | Записан закон сохранения импульса в проекциях на горизонтальную ось , | 2 |
|  | Записано, что лягушка пролетает расстояние , за это время доска успевает переместиться на расстояние . | 2 |
|  | Учтено, что | 1 |
|  | Получена верная итоговая формула для расчета скорости лягушки | 3 |

1. Определите сопротивление проволочной фигуры, если сопротивление каждого из звеньев .

*r*

*r*

*r*

**Решение**

*1*

*4*

*5*

*6*

*7*

*2*

*3*

*8*

*O*

Рис. 1

Для определения общего сопротивления фигуры целесообразно составить эквивалентную электрическую схему. При этом необходимо учесть, что представленная фигура обладает симметрией относительно линии 1-4. Проводники, сходящиеся в точке О, можно отделить друг от друга таким образом, чтобы симметрия фигуры не терялась. В силу симметрии, можно утверждать, что ток, текущий по направлению 6-О равен току, текущему по 2-О. Таким же образом можно заключить, что равны токи по направлениям О-3 и О-5. Соответственно, ток текущий по проводнику 1-О равен току в проводнике О-4. Значит фигуру можно представить таким образом, как показано на рис. 2. Эквивалентная схема представлена на рис.3. Сопротивление эквивалентной схемы находится следующим образом:

Рис. 3

Рис. 2



**Критерии оценивания:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Критерий | Балл |
|  | Указано, что представленная фигура для протекающих токов обладает симметрией | 1 |
|  | Проведены рассуждения, приводящие к заключению о том, что проводники в точке О можно отделить друг от друга без нарушения симметрии фигуры. | 3 |
|  | Получена правильная эквивалентная схема | 3 |
|  | Получена верная формула для расчета сопротивления согласно эквивалентной схеме | 2 |
|  | Получен верный числовой ответ | 1 |