

Задача 1

На фотографии, сделанной камерой мобильного телефона, представлен вращающийся пропеллер самолета. Наблюдаемый эффект «смазывания» изображения обусловлен способом обработки светового потока матрицей фотокамеры. Во время срабатывания фотокамеры матрица «захватывает» не всю снимаемую сцену целиком одновременно, а происходит очень быстрое поэтапное сканирование кадра в направлении слева направо (с точки зрения фотографа). В результате в память фотокамеры последовательно попадают узкие вертикальные «полоски» изображения, причем «линия сканирования» движется с постоянной скоростью.

- 1) В каком направлении вращается пропеллер с точки зрения фотографа?
- 2) Сколько лопастей у пропеллера?
- 3) Оцените, сколько оборотов в секунду делает пропеллер, если процесс получения всего изображения занял $1/8$ секунды?



Ответ:

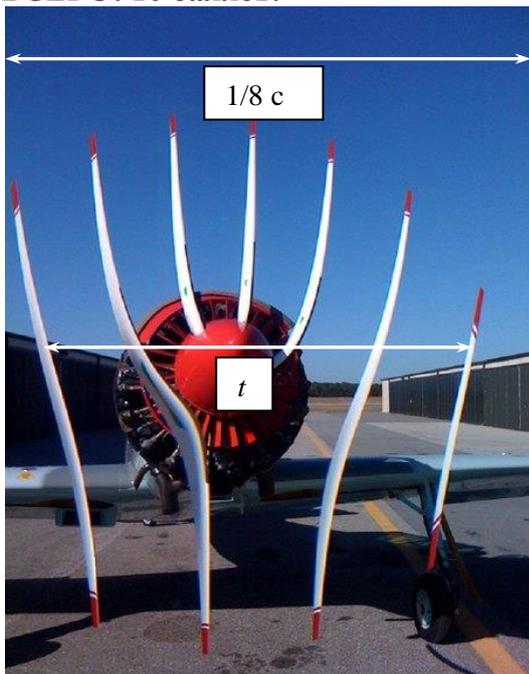
- 1) с точки зрения фотографа пропеллер вращается против часовой стрелки;
- 2) у пропеллера три лопасти;
- 3) пропеллер делает примерно (15 ± 1) оборотов в секунду.

Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.

Критерии

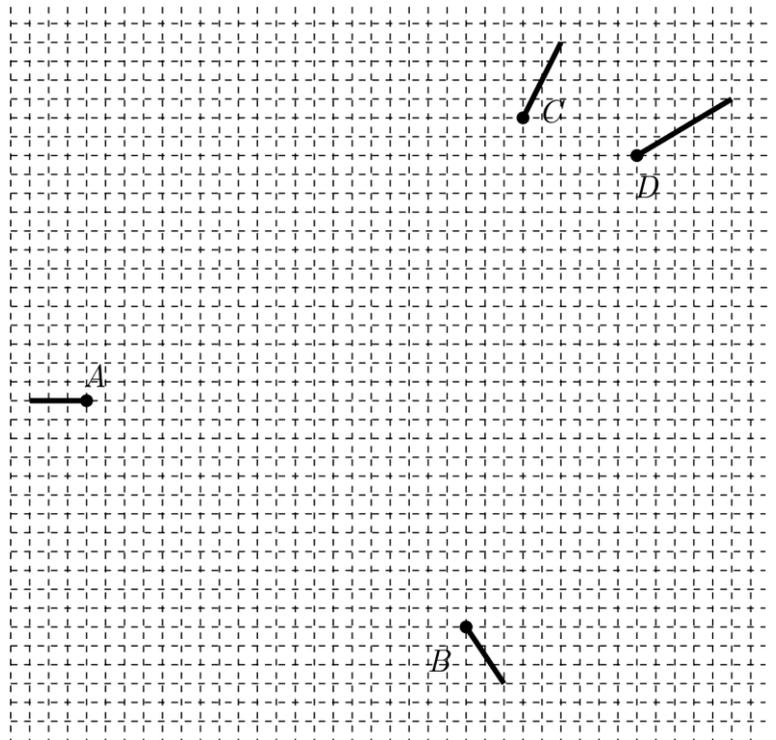
- | | |
|---|------------|
| 1) С точки зрения фотографа пропеллер вращается против часовой стрелки | 2 балла. |
| 2) У пропеллера три лопасти | 3 балла. |
| 3) Отрезок, изображенный в средней части фотографии, соответствует $\Delta t \approx 0,1$ с | 2,5 балла. |
| 4) Пропеллер делает примерно $15 (\pm 1)$ оборотов в секунду | 2,5 балла. |

ВСЕГО: 10 баллов.



Задача 2

Регистрирующая аппаратура установила положения элементарных частиц A , B , C и D в некоторый момент, а также их перемещения за время τ , считая с этого момента (перемещения показаны на рисунке отрезками). Массы частиц C и D одинаковы. Была высказана догадка, что эти частицы появились при распаде одной единственной частицы, и что она сначала распалась на три частицы, а затем одна из трёх образовавшихся частиц распалась на две частицы. Установите, верна ли эта гипотеза, и если да, то определите, через какое время после первого распада произошёл второй распад? Считайте, что частицы движутся свободно.



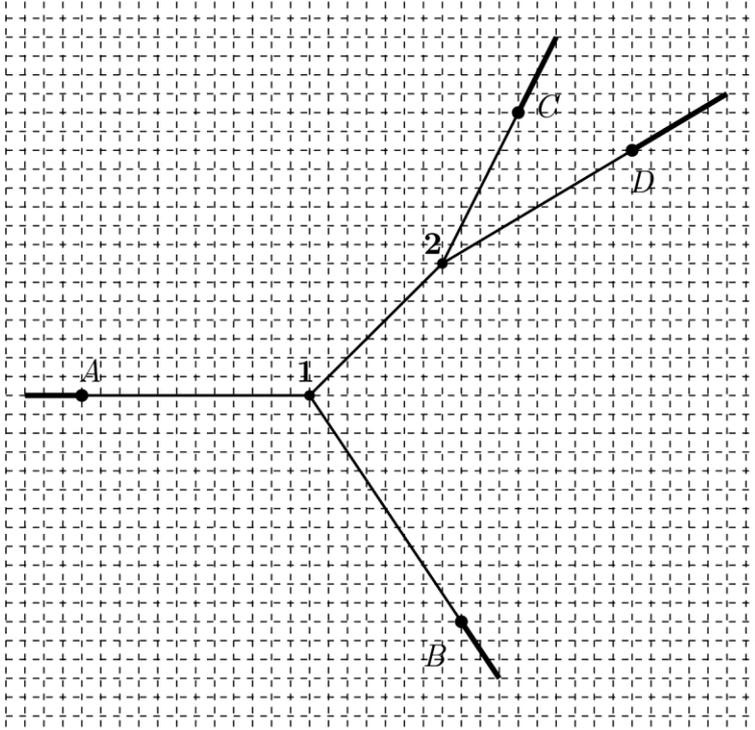
Ответ: гипотеза верна, второй распад произошел позже первого на время 2τ .

Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.

Критерии

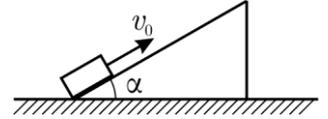
- | | |
|--|---------|
| 1. $\vec{V}_A = \vec{l}_A / \tau$, $\vec{V}_B = \vec{l}_B / \tau$, $\vec{V}_C = \vec{l}_C / \tau$, $\vec{V}_D = \vec{l}_D / \tau$ | 2 балла |
| 2. На чертеже найдены 2 точки, в которых произошли распады частиц | 3 балла |
| 3. Время полёта от места распада 1 до положений A и B равно 4τ | 1 балл |
| 4. Для частиц C и D время полёта от точки 2 до конечных положений равно 2τ | 1 балл |
| 5. Второй распад происходит позже первого на время 2τ | 1 балл |
| 6. Полностью обоснована верность гипотезы | 2 балла |

ВСЕГО: 10 баллов.



Задача 3

Клин массой $M = 250$ г с углом $\alpha = 30^\circ$ при основании покоится на гладкой горизонтальной плоскости. На клин положили брусок массой $m = 100$ г и ударом сообщили ему некоторую скорость, направленную вверх вдоль наклонной поверхности клина. Найдите, какое количество теплоты Q выделилось в результате трения бруска о клин, если известно, что максимальная высота, на которую поднялся брусок от своего начального положения, $h = 20$ см. Коэффициент трения бруска о наклонную поверхность клина $\mu = 0,6$. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с².



Ответ: в результате трения бруска о клин выделилось количество теплоты, равное

$$Q = \frac{\mu m g h \operatorname{ctg} \alpha}{1 + \frac{m}{M} \sin \alpha (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \approx 0,17 \text{ Дж.}$$

Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.

Критерии

- | | |
|---|---------|
| 1. Правильно указаны силы, действующие на тела | 1 балл |
| 2. Записан закон сложения ускорений для бруска $\vec{a} = \vec{a}_0 + \vec{a}_1$
(\vec{a}_0 – ускорение клина, \vec{a}_1 – ускорение бруска относительно клина) | 1 балл |
| 3. Уравнение движения бруска в проекции на горизонталь
($m(a_0 - a_1 \cos \alpha) = -N \sin \alpha - F_{\text{тр}} \cos \alpha$) | 2 балла |
| 4. Уравнение движения бруска в проекции на вертикаль
($-m a_1 \sin \alpha = -m g + N \cos \alpha - F_{\text{тр}} \sin \alpha$) | 2 балла |
| 5. Уравнение движения клина в проекции на горизонталь
($M a_0 = N \sin \alpha + F_{\text{тр}} \cos \alpha$) | 1 балл |
| 6. $F_{\text{тр}} = \mu N$ | 1 балл |
| 7. $ A_{\text{тр}} = \frac{\mu N h}{\sin \alpha}$ | 1 балл |
| 8. $Q = \frac{\mu m g h \operatorname{ctg} \alpha}{1 + \frac{m}{M} \sin \alpha (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \approx 0,17 \text{ Дж}$ | 1 балл |

ВСЕГО: 10 баллов.

Задача 4

На горизонтальном участке поля Вася очистил от чистого белого снега площадку с размерами $1 \text{ м} \times 1 \text{ м}$. Под лучами весеннего солнца черная земля прогревается и нагревает расположенный над ней воздух. Тепловая мощность, получаемая воздухом от площадки, равна $W = 0,3 \text{ кВт}$ – поскольку солнце зимой находится довольно низко над горизонтом. В безветренную и сухую погоду при температуре воздуха $T_0 = 273 \text{ К}$ и давлении возле поверхности земли $p = 10^5 \text{ Па}$ столб теплого воздуха, поднимающийся над площадкой, имеет на высоте $h = 10 \text{ м}$ температуру $T_1 = 275 \text{ К}$ и поперечное сечение, равное $S = 2 \text{ м}^2$. Температура окружающего воздуха не зависит от высоты и равна T_0 . Молярная масса воздуха $\mu = 29 \text{ г/моль}$, его молярная теплоемкость при постоянном давлении равна $c_p = 7R/2$.

1) Оцените, с какой скоростью поднимается поток воздуха на высоте h , если процесс уже установился?

2) Оцените, на какую высоту поднялся бы теплый воздух, если бы отсутствовал теплообмен между теплым воздухом и окружающим его холодным воздухом?

Примечание. Справедлива приближенная формула: $\Delta\left(\frac{a}{b}\right) = \frac{b\Delta a - a\Delta b}{b^2}$.

Ответ:

1) поток воздуха на высоте 10 м поднимается со скоростью $u = \frac{2T_1W}{7Sp(T_1 - T_2)} \approx 0,06 \text{ м/с}$;

2) поток теплого воздуха в отсутствие теплообмена поднялся бы на высоту $h \approx \frac{7R\Delta T}{2\mu g} \approx 200 \text{ м}$.

Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.

Критерии

1. Плотность воздуха $\rho = \mu p / (RT)$ 1 балл
2. Масса воздуха, поднимающегося в потоке в единицу времени, равна $\frac{\Delta M}{\Delta t} = \rho Su = \frac{Su\mu p}{RT_1}$ (u – скорость потока на высоте h) 1 балл
3. $u = \frac{2T_1W}{7Sp(T_1 - T_2)} \approx 0,06 \text{ м/с}$ 2 балла
4. Изменение объема расширяющейся порции воздуха равно $\Delta V = \nu R \Delta\left(\frac{T}{p}\right) = \nu R \frac{p\Delta T - T\Delta p}{p^2}$ 1 балл
5. Расширение воздуха при подъеме адиабатическое ($c_v \nu \Delta T + p\Delta V = 0$) 1 балл
6. Получена связь между изменениями температуры и давления порции воздуха при подъеме ($\frac{\Delta T}{T} = \frac{R}{c_p} \frac{\Delta p}{p}$) 2 балла
7. Изменение давления порции воздуха при подъеме на высоту h ($\Delta p \approx \rho gh = \frac{\mu p g h}{RT_0}$) 1 балл
8. $h \approx \frac{RT_0 \Delta p}{\mu p g} = \frac{c_p \Delta T}{\mu g} = \frac{7R\Delta T}{2\mu g} \approx 200 \text{ м}$ 1 балл

ВСЕГО: 10 баллов.

Задача 5

Светодиодная гирлянда состоит из n параллельно подключенных ветвей, в каждую из которых входит m последовательно соединённых светодиодов (см. схему на рисунке 1). При подключении такой гирлянды к источнику постоянного напряжения часто используют стабилизатор силы тока (изображён на схеме кружком со стрелкой, помещённым внутрь прямоугольника). Вольтамперная характеристика стабилизатора представлена на рисунке 2. Вольтамперная характеристика одного светодиода показана на рисунке 3. Рабочий участок характеристики светодиода располагается между точками A и B : при меньших силах тока излучение светодиода незаметно для глаз, а при больших – светодиод может сгореть.

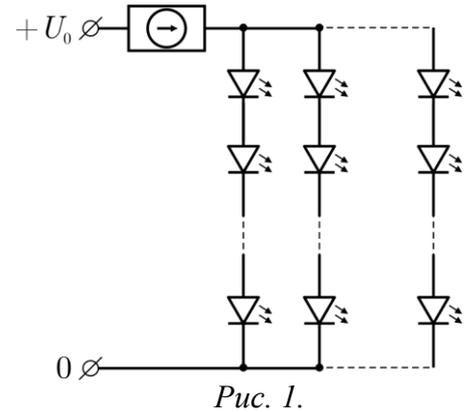


Рис. 1.

Пусть в нашем распоряжении есть много светодиодов для сборки гирлянды, блок питания большой мощности, обеспечивающий постоянное напряжение $U_0 = 14,9$ В, а также стабилизатор тока.

- 1) Определите диапазон рабочих токов и напряжений для гирлянды, состоящей из n ветвей, в каждую из которых включено m светодиодов. Чему может быть равно m , если гирлянда работает нормально?
- 2) Постройте вольтамперную характеристику для блока питания с последовательно присоединённым к нему стабилизатором.
- 3) Определите m и n для гирлянды, которая обеспечивает максимальную суммарную яркость свечения светодиодов. Считайте яркость пропорциональной электрической мощности, потребляемой светодиодами.
- 4) Найдите m и n для гирлянды с максимальным КПД.

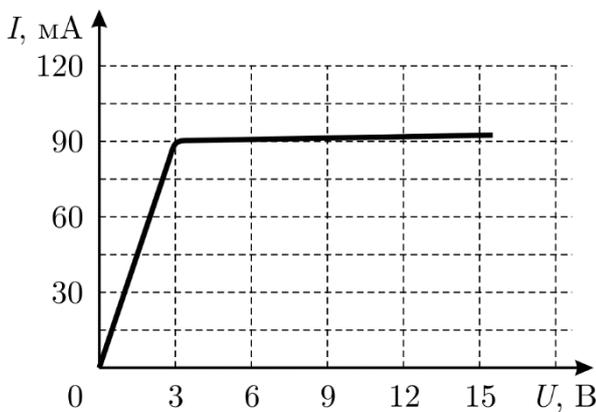


Рис. 2.

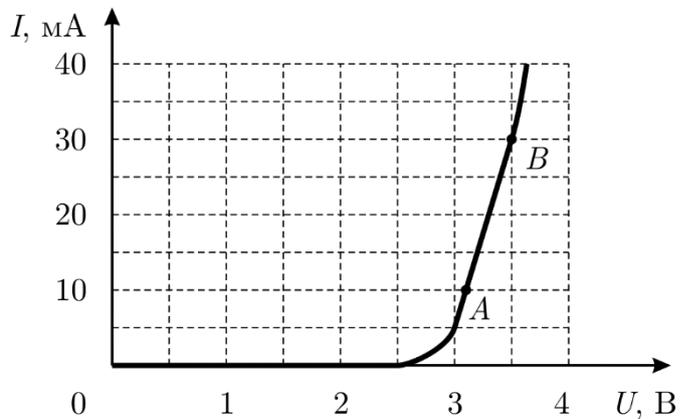


Рис. 3.

Ответ:

- 1) для гирлянды, состоящей из n ветвей, в каждую из которых включено m светодиодов, диапазон рабочих токов $10n \leq I \leq 30n$, а диапазон рабочих напряжений $3,1m \leq U \leq 3,5m$; для нормальной работы гирлянды необходимо выполнение условия $1 \leq m \leq 4$.
- 2) построен график ВАХ для блока питания с последовательно присоединённым к нему стабилизатором – см. ниже, после критериев;
- 3) максимальная суммарная яркость свечения светодиодов обеспечивается при $m = n = 4$;
- 4) для гирлянды с максимальным КПД $m = 4$ и $n = 2$.

Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.

Критерии

- | | |
|--|--------|
| 1. Найден диапазон рабочих напряжений для гирлянды | 1 балл |
| 2. Найден диапазон рабочих токов для гирлянды | 1 балл |

Московская олимпиада школьников по физике 2017 г., 10 класс, 2 тур

3. Объяснено, почему для нормальной работы гирлянды должно быть $1 \leq m \leq 4$ 1 балл
4. Изображен график ВАХ для блока питания со стабилизатором (см. ниже) 1 балл
5. Найдены m и n для гирлянды максимальной яркости (всего 3 балла)
- 5.1 Доказано, что максимальная мощность достигается, когда ВАХ светодиодной гирлянды проходит через излом ВАХ источника со стабилизатором 1 балл
- 5.2 Доказано, что в каждой ветви должно быть по 4 светодиода 1 балл
- 5.3 Сделан расчёт или представлены непротиворечивые рассуждения, приводящие к правильному ответу для количества ветвей $n = 4$ 1 балл
6. Найдены m и n для гирлянды с максимальным КПД (всего 3 балла)
- 6.1 Указано, что максимальный КПД достигается, когда напряжение на гирлянде максимальное из возможных 1 балл
- 6.2 Доказано, что в каждой ветви должно быть по 4 светодиода 1 балл
- 6.3 Сделан расчёт или представлены непротиворечивые рассуждения, приводящие к правильному ответу для количества ветвей $n = 2$ 1 балла

ВСЕГО: 10 баллов.

