

# LV Всероссийская олимпиада школьников по физике

## I (школьный) этап

### г. Саратов

## Условия и решения

### 7 класс

1. В записях средневекового алхимика исследователь прочел, что 1 кубический дюйм некоторого вещества имел массу 1 фунт. Определите массу 1 кубического сантиметра этого вещества в граммах. Известно, что в 1 дюйме 2,54 см, а в 1 фунте 454 грамма.

#### Решение

Т.к. 1 дюйм = 2,54 см, то 1 куб. дюйм =  $2,54^3 \text{ см}^3 = 16,39 \text{ см}^3$ .

Таким образом,  $16,39 \text{ см}^3$  вещества имеют массу 1 фунт = 454 г. Тогда  $1 \text{ см}^3$  вещества имеет массу  $454/16,39 = 27,7$  г.

**Ответ:** 27,7 г. Допускается ответ 28 г.

#### Критерии оценивания

Правильно переведены куб. дюймы в куб. см.	6
Получен ответ	4

*Для проверяющего:* 1. Возможно и решение через вычисление плотности материала. Его также следует оценивать как верное.

2. В случае, если идея вычисления правильная, но допущена арифметическая ошибка (например, запись вида 1 куб. дюйм =  $2,54^3 \text{ см}^3 = 12 \text{ см}^3$ ), рекомендуется ставить за соответствующий этап на 2 балла меньше максимального.

3. За наличие в ответе избыточного числа значащих цифр (например, 27,704779 г) баллы не снижать. Ответы с более грубым, чем в авторском решении, округлением (например, 30 г), оценивать как арифметическую ошибку (см. п.2).

4. Решения, в которых участник принципиально неверно переводит куб. дюймы в куб. см (например, 1 куб. дюйм = 2,54 куб. см), оценивать не выше 2 баллов.

2. Иван и Петр тренируются в беге на длинные дистанции. За 1 минуту Иван пробегает 330 м, а Петр – 350 м. За какое время Петр догонит Ивана, если он стартовал на две минуты позже? На каком расстоянии от точки старта это произойдет?

#### Решение

За 1 минуту Иван пробегает 330 м, значит, расстояние между спортсменами в момент старта Петра будет составлять 660 м.

Т.к. за 1 минуту расстояние между ними сокращается на 20 м, то Петр догонит Ивана через  $660/20 = 33$  минуты. За это время он пробежит  $33 \cdot 350 = 11550$  м.

**Ответ:** 11550 м. Допускается ответ 11,5 км

#### Критерии оценивания

Найдено расстояние между спортсменами в момент старта Петра	3
Получен ответ на первый вопрос	4
Получен ответ на второй вопрос	3

*Проверяющему:* 1. Если решение идет в общем виде, для начисления баллов за п.1 достаточно соответствующей формулы.

2. При решении в общем виде за арифметические ошибки при получении ответов следует снимать по 1 баллу.

3. Участник соревнований по триатлону проплыл 1,5 км со скоростью 4,5 км/ч, ехал на велосипеде в течение 1 часа со скоростью 10 м/с, а затем пробежал 10 км за 40 минут. Определите его среднюю скорость на всей дистанции.

### Решение

По определению, средняя скорость есть отношение всего пройденного пути к потраченному на это времени.

Для нахождения всего пути нужно найти расстояние, которое спортсмен проехал на велосипеде:  $S_2 = 10 \text{ м/с} \cdot 3600 \text{ с} = 36000 \text{ м} = 36 \text{ км}$ . Таким образом, весь путь спортсмена составил 46,5 км.

Для нахождения потраченного времени нужно найти время прохождения первого участка:  $t_1 = 1,5 \text{ км} / 4,5 \text{ км/ч} = 1/3 \text{ ч}$ . Таким образом, полное время составляет 2 часа.

Тогда средняя скорость составляет  $46,5 \text{ км} / 2 \text{ часа} = 23,25 \text{ км/ч}$

**Ответ:** 23,25 км/ч. Допускается округление до целых. Допускается ответ, выраженный в м/с.

### Критерии оценивания

Найден весь путь	3
Найдено все время	3
Идея вычисления средней скорости	3
Численный результат	1

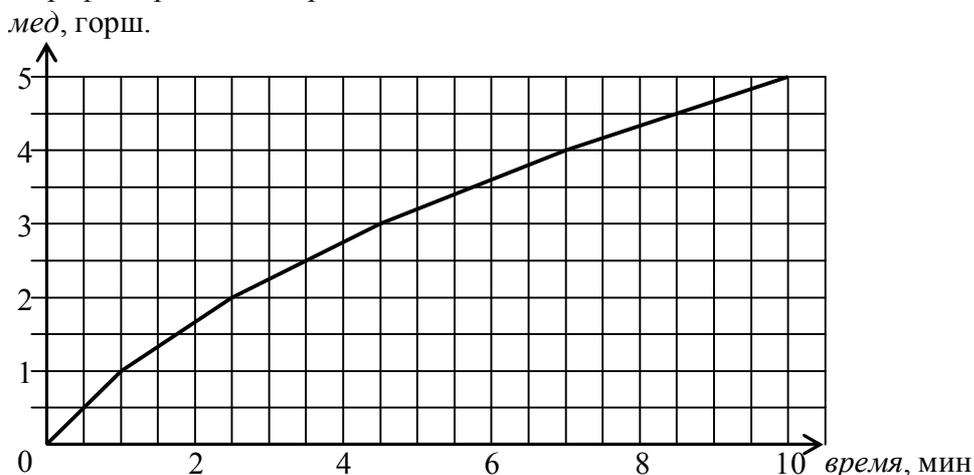
*Проверяющему:* в случае арифметических ошибок в вычислении пути либо времени за соответствующий этап ставится 1 балл, однако баллы за последующие этапы (при их наличии) выставляются. Например, участник, получивший значение для полного пути 40 км и, соответственно, среднюю скорость 20 км/ч, должен получить 8 баллов.

При наличии же физических ошибок баллы за последующие этапы не ставятся: например, участник, вычислявший время как произведение пути на скорость (однако правильно вычисливший путь), должен получить 3 балла.

4. Однажды в гостях у Кролика Винни-Пух съел 5 горшочков меда. При этом первый горшочек меда он съел за 1 минуту, а на каждый последующий ему пришлось потратить на полминуты больше, чем на предыдущий. Считая, что каждый из горшочков Винни-Пух съедал с постоянной скоростью, а пауз между ними не делал, постройте график зависимости количества съеденного им меда (количество меда Винни-Пух привык измерять в горшочках) от времени.

### Решение

Правильный график приведен на рис.



### Критерии оценивания

За каждый верно построенный участок	1 балл (всего 5)
Время отложено по горизонтальной оси	1 балл
За наличие обозначений (или названий) отложенных величин на осях	1 балл
За наличие размерностей этих величин	1 балл
За наличие делений на осях	1 балл
За наличие оцифровки делений	1 балл

*Проверяющему:* 1. Правильно и аккуратно построенного графика достаточно для выставления полного балла, дополнительные пояснения не требуются.

2. При различном масштабе разных участков верным следует считать такой, при котором оказывается правильно построенным их наибольшее количество.

3. Если ни один из участков не построен верно (например, все они изображены как горизонтальные прямые), баллы за оформление графика не ставятся, даже если оно присутствует.

### 8 класс

1. Участник соревнований по триатлону проплыл 1,5 км со скоростью 4,8 км/ч, ехал на велосипеде в течение 1 часа со скоростью 10 м/с, а затем пробежал 10 км за 40 минут. Определите его среднюю скорость на всей дистанции.

Участник соревнований по триатлону проплыл 1,5 км со скоростью 4,5 км/ч, ехал на велосипеде в течение 1 часа со скоростью 10 м/с, а затем пробежал 10 км за 40 минут. Определите его среднюю скорость на всей дистанции.

### Решение

По определению, средняя скорость есть отношение всего пройденного пути к потраченному на это времени.

Для нахождения всего пути нужно найти расстояние, которое спортсмен проехал на велосипеде:  $S_2 = 10 \text{ м/с} \cdot 3600 \text{ с} = 36000 \text{ м} = 36 \text{ км}$ . Таким образом, весь путь спортсмена составил 46,5 км.

Для нахождения потраченного времени нужно найти время прохождения первого участка:  $t_1 = 1,5 \text{ км} / 4,5 \text{ км/ч} = 1/3 \text{ ч}$ . Таким образом, полное время составляет 2 часа.

Тогда средняя скорость составляет  $46,5 \text{ км} / 2 \text{ часа} = 23,25 \text{ км/ч}$

**Ответ:** 23,25 км/ч. Допускается округление до целых. Допускается ответ, выраженный в м/с.

### Критерии оценивания

Найден весь путь	3
Найдено все время	3
Идея вычисления средней скорости	3
Численный результат	1

*Проверяющему:* в случае арифметических ошибок в вычислении пути либо времени за соответствующий этап ставится 1 балл, однако баллы за последующие этапы (при их наличии) выставляются. Например, участник, получивший значение для полного пути 40 км и, соответственно, среднюю скорость 20 км/ч, должен получить 8 баллов.

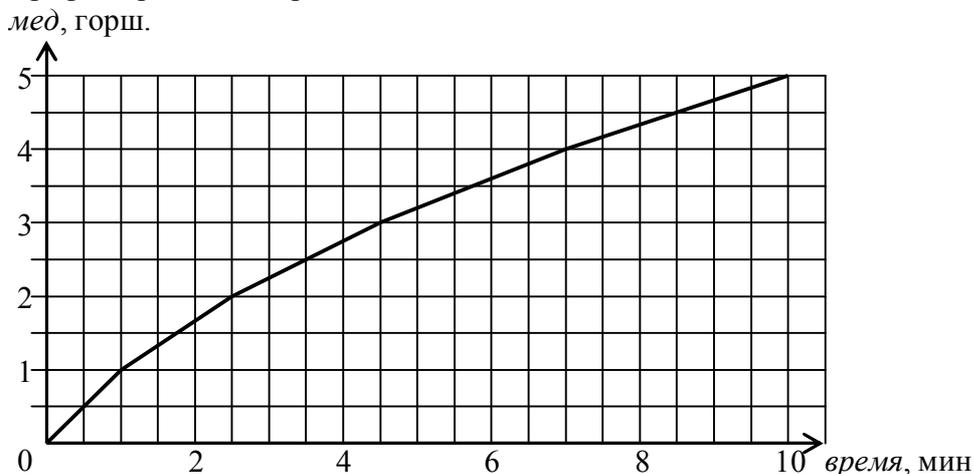
При наличии же физических ошибок баллы за последующие этапы не ставятся: например, участник, вычислявший время как произведение пути на скорость (однако правильно вычисливший путь), должен получить 3 балла.

2. Однажды в гостях у Кролика Винни-Пух съел 5 горшочков меда. При этом первый горшочек меда он съел за 1 минуту, а на каждый последующий ему пришлось потратить на полминуты больше, чем на предыдущий. Считая, что каждый из горшочков Винни-Пух съедал с постоянной скоростью, а пауз между ними не делал, постройте график зависимости количе-

ства съеденного им меда (в горшочках) от времени. Сколько грамм меда в минуту съедал в среднем Винни-Пух, если объем каждого горшочка 1 л, а плотность меда  $1500 \text{ кг/м}^3$ ?

### Решение

Требуемый график приведен на рис.



Общая масса съеденного Винни-Пухом меда составляет  $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 1500 \text{ кг/м}^3 = 7,5 \text{ кг}$ , а общее время трапезы – 10 минут. Тогда средняя скорость поедания меда составляет  $750 \text{ г/мин}$ .

**Ответ:** 750 г.

#### Критерии оценивания

Построение графика,	не более 6 баллов
<b>в т.ч.:</b> правильно построены все участки	3 балла
4 участка	2 балла
3 участка	1 балл
2 и менее участков	0 баллов
время отложено по горизонтальной оси	1 балл
на <b>обоих</b> осях имеются подписи величин <b>и</b> их размерности	1 балл
на осях нанесены деления <b>и</b> имеется их оцифровка	1 балл
Определена общая масса съеденного меда	2 балла
Определено полное время трапезы	1 балл
Получен ответ	1 балл

#### Проверяющему:

1. Правильно и аккуратно построенного графика достаточно для выставления полного балла за *график*, дополнительные пояснения не требуются
2. При различном масштабе разных участков верным следует считать такой, при котором оказывается правильно построенным их наибольшее количество
3. Если за построение участков графика выставлен 0, баллы за оформление (стр. 6-8 таблицы) не выставляются.
4. Если график отсутствует, но расчет проведен, он оценивается в соответствии с критериями (макс. 4 балла).

3. В цилиндрический сосуд с площадью основания  $100 \text{ см}^2$  бросили шарик плотностью  $2,7 \text{ г/см}^3$ , при этом уровень воды в сосуде поднялся на  $1 \text{ см}$ . Определите силу Архимеда, действующую на этот шарик. Плотность воды  $1,0 \text{ г/см}^3$ .

**Решение**

Т.к. плотность шарика больше плотности воды, то он утонет, поэтому вытесненный им объем равен объему шарика.

Вытесненный им объем можно рассчитать как произведение высоты подъема воды на площадь основания  $\Delta V = S\Delta h = 100 \text{ см}^3$ . Тогда действующая на него сила Архимеда  $F_A = \rho_{\text{воды}} \Delta V = 0,98 \text{ Н}$ .

**Ответ:**  $0,98 \text{ Н}$  (допускается ответ  $1 \text{ Н}$ ).

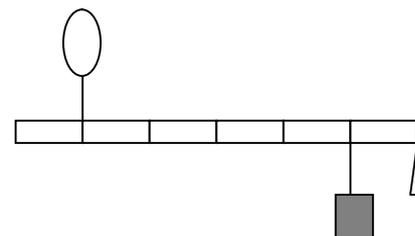
*Критерии оценивания*

Обосновано, что шарик утонет	3
Подсчитан объем шарика	4
Подсчитана сила Архимеда	3

*Проверяющему:* 1. если в решении явно не обосновано, что шарик утонет, но этот факт используется, то оставшиеся части решения оцениваются по критериям (т.е. при отсутствии других ошибок оценка должна составить 7 баллов). За решения, в которых шарик плавает, оценка не более 1 балла.

2. При решении в общем виде за наличие верной формулы, связывающей объем шарика с изменением уровня воды, ставить 4 балла; за наличие верной формулы для силы Архимеда – 2 балла, за подсчет численного значения – 1 балл.

4. Определите подъемную силу воздушного шарика в показанной на рис. конструкции, если масса рычага равна  $2 \text{ кг}$ , а масса груза –  $1 \text{ кг}$ . Отмеченные на рычаге отрезки имеют равную длину, рычаг однородный.



**Решение**

Пусть  $F$  – подъемная сила шарика. Тогда, т.к. центр масс однородного рычага находится в его середине, условие равновесия рычага имеет вид ( $l$  – длина одного участка,  $M$  – масса рычага,  $m$  – масса груза):  $F \cdot 5l = Mg \cdot 3l + mg \cdot l$ , откуда  $F = 13,7 \text{ Н}$

**Ответ:**  $13,7 \text{ Н}$  (допускается ответ  $14 \text{ Н}$ ).

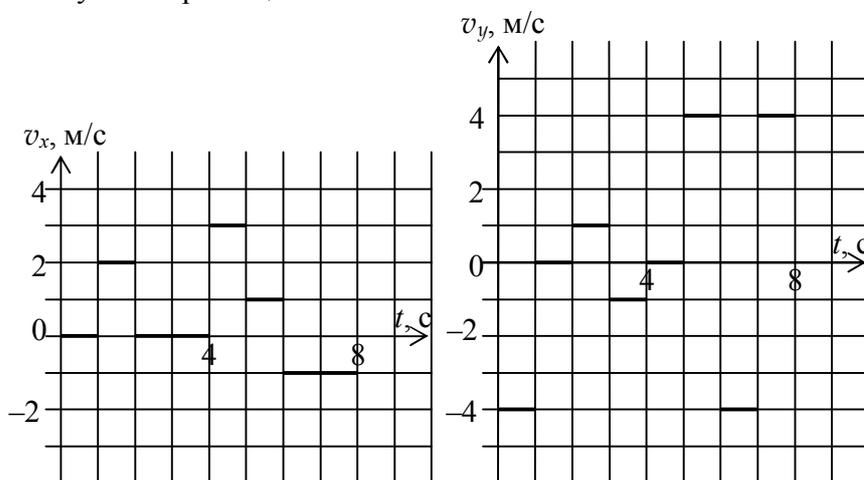
*Критерии оценивания*

За каждое из слагаемых в условии равновесия (с учетом знака)	по 3 балла
Ответ	1 балл

*Проверяющему:* при наличии в условии равновесия "лишних" слагаемых (например, момента силы реакции опоры) за каждое такое слагаемое снимается 3 балла.

### 9 класс

1. Графики зависимости проекций скорости робота на оси  $OX$  и  $OY$  декартовой системы координат от времени приведены на рис. Постройте траекторию движения робота. Определите его путь и перемещение за 8 с.

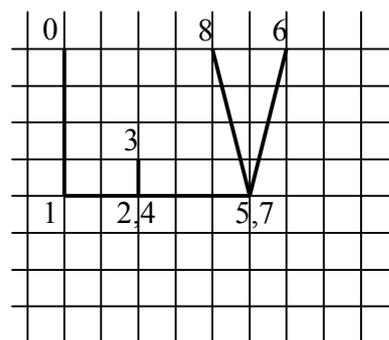


#### Решение

Траектория показана на рис., около точек траектории подписаны моменты времени, в которые робот находится в этой точке (1 клеточка – 1 метр).

Из рис. видно, что перемещение за 8 с составляет 4 м. При расчете пути нужно учесть, что некоторые участки робот проходит дважды:  $S=4+2+1+1+3+3 \cdot \sqrt{17} \approx 23,4$  м.

**Ответ:** перемещение 4 м, путь 23,4 м



#### Критерии оценивания

Построение траектории	не более 5 баллов
правильно построены все участки	5 баллов
7 участков	4 балла
6 участков	3 балла
5 участков	2 балл
4 участка	1 балл
3 и менее участков	0 баллов
За расчет перемещения	2 балла
За расчет пути	3 балла

*Проверяющему:* 1. Для выставления баллов за построение траектории достаточно рисунка (указание моментов времени не обязательно).

2. При наличии верно построенной траектории с указанием начальной и конечной точки для выставления баллов за расчет перемещения достаточно ответа.

3. Для выставления баллов за расчет пути при наличии построенной траектории необходимо указание на то, какие участки проходились дважды (достаточно, например, в виде указания моментов времени около точек траектории).

4. Возможен расчет пути и перемещения без построения траектории, в этом случае в работе должен быть объяснен механизм такого расчета.

**9-2.** В цилиндрические сообщающиеся сосуды, площадь сечения одного из которых втрое больше площади сечения другого, налита вода. В широкий сосуд аккуратно наливают слой масла высотой 10 см. На сколько повысится уровень воды в узком сосуде? Плотности масла  $0,8 \text{ г/см}^3$ , воды  $1,0 \text{ г/см}^3$ . Считайте, что изначальный уровень воды таков, что масло не переливается в узкий сосуд.

**Решение**

Предположим, что начальный уровень воды равен  $H$ , а после добавления масла в узком сосуде он повысился на  $x$ . Т.к. площадь широкого сосуда втрое больше, уровень воды в нем понизился на  $x/3$ . Тогда равенство гидростатических давлений в узком и широком сосуде имеет вид  $\rho_{\text{вг}}(H+x) = \rho_{\text{вг}}(H-x/3) + \rho_{\text{мг}}h$ , где  $h=10 \text{ см}$  – толщина слоя масла. Из этого уравнения находим  $x = \frac{3 \rho_{\text{м}}}{4 \rho_{\text{в}}} h = 6 \text{ см}$ .

**Ответ:** на 6 см.

*Критерии оценивания*

Получена связь изменения уровней воды в узком и широком сосудах	3
Записано условие равенства давлений	5
Получен ответ	2

*Проверяющему:* допускается приравнивание изменений давления (т.е. уравнение вида  $\rho_{\text{вг}}x = \rho_{\text{мг}}h - \rho_{\text{вг}}x/3$ ) при наличии соответствующих пояснений.

**9-3.** Мощность электрического чайника составляет 1,5 кВт. Определите его КПД, если для нагрева в нем 2 л воды от  $20^\circ\text{C}$  до кипения требуется 8 минут. Удельная теплоемкость воды  $4,2 \text{ кДж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$ .

Затраченная энергия определяется как  $E_3 = Pt$ , а полезная – как  $E_{\text{п}} = cm\Delta T$ . Тогда  $\eta = E_{\text{п}}/E_3 = 93\%$

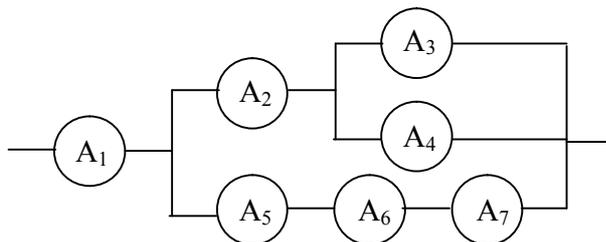
**Ответ:** 93%

*Критерии оценивания*

Записана затраченная энергия	3
Записана полезная энергия	3
Записано определение КПД	2
Получен ответ	2

*Проверяющему:* Если в работе полезная энергия названа затраченной и наоборот, баллы за их расчет не выставляются.

**9-4.** В приведенной на рис. схеме все амперметры одинаковые и имеют одинаковое ненулевое сопротивление. Определите показания амперметра 1, если амперметр 4 показывает 20 мА.



**Решение**

Амперметры 3 и 4 подключены параллельно. Т.к. они одинаковые, то через них будет течь одинаковый ток. Тогда через амперметр 2 течет вдвое больший ток – 40 мА.

Сопротивление верхней ветви (2-3-4) вдвое меньше сопротивления нижней (5-6-7). Тогда ток, текущей в нижней ветви, вдвое меньше тока в верхней, и равен 20 мА.

Показания амперметра 1 равны сумме этих токов, т.е. 60 мА

**Ответ:** 60 мА.

*Критерии оценивания*

Найден ток через амперметр 4	2
Найден ток через амперметр 2	2
Получено соотношение токов в нижней и верхней ветвях	4
Получен ответ	2

5. Над бассейном глубиной 1 м висит фонарь, освещающий на поверхности воды круг диаметром 1 м. Определите площадь освещенного участка дна. Расстояние от фонаря до поверхности воды 2 м, показатель преломления воды 1,33, волн на поверхности воды нет, размерами фонаря можно пренебречь

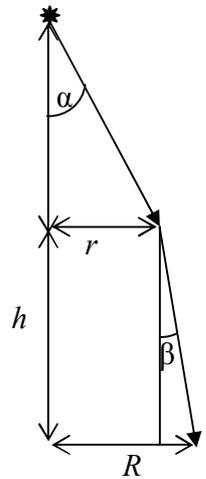
**Решение**

Построим ход лучей в этой системе (см. рис.).

Из геометрических соображений видно, что радиус освещенного пятна на дне можно найти как  $R=r+htg\beta$ .

По закону преломления  $n\sin\beta=\sin\alpha$ . В соответствии с условием  $tg\alpha=0,25$ , тогда  $\sin\alpha=1/\sqrt{17}=0,24$ ,  $\sin\beta=0,18$ ,  $tg\beta=0,18$  и  $R=0,68$  м. Тогда площадь освещенного участка  $1,45$  м<sup>2</sup>.

**Ответ:** 1,45 м<sup>2</sup>.



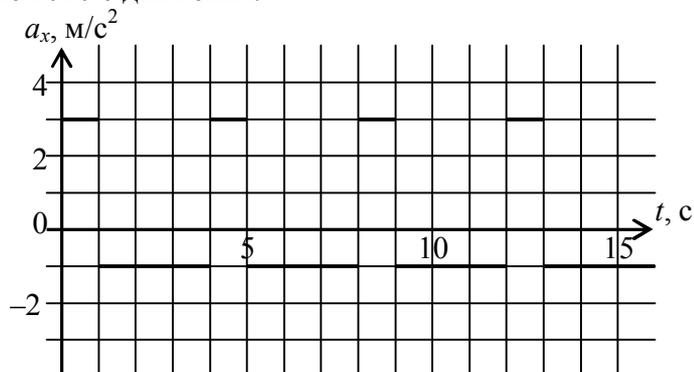
*Критерии оценивания*

Построен ход лучей	4
Записан закон преломления	1
Определен тангенс (или другая триг. функция) угла $\alpha$	1
Рассчитан радиус освещенной области	3
Получен ответ	1

*Проверяющему:* допускается рассчитывать синус угла по его тангенсу и т.п. сразу в числах с использованием калькулятора.

## 10 класс

1. Материальная точка движется из состояния покоя вдоль оси  $OX$ . Проекция ее ускорения на эту ось периодически зависит от времени так, как показано на рис. Определите среднюю скорость точки за первые 2020 с движения.



### Решение

Из графика видно, что ускорение меняется периодически с периодом 4 с, при этом скорость в конце каждого периода равна  $v=3 \text{ м/с}^2 \cdot 1 \text{ с} - 1 \text{ м/с}^2 \cdot 3 \text{ с} = 0$ . Тогда движение на всех периодах происходит одинаково, и для нахождения средней скорости достаточно найти ее значение на одном периоде.

Пройденный за период путь  $s=3 \text{ м/с}^2 \cdot 1 \text{ с}^2/2 + 3 \text{ м/с} \cdot 3 \text{ с} - 1 \text{ м/с}^2 \cdot 9 \text{ с}^2/2 = 6 \text{ м}$ , тогда средняя скорость составляет 1,5 м/с.

**Ответ:** 1,5 м/с.

*Критерии оценивания*

Показано, что скорость в конце периода равна нулю	3
Рассчитан путь за период (либо путь за все время)	4
Рассчитана средняя скорость	3

2. Под действием горизонтальной силы 10 Н лежащее на горизонтальной поверхности тело массой 2 кг движется с ускорением  $3 \text{ м/с}^2$ . Чему равен коэффициент трения этого тела о поверхность?

### Решение

На тело, помимо приложенной силы, действует сила трения  $F_{\text{тр}} = \mu mg$ . Второй закон Ньютона имеет вид  $ma = F - F_{\text{тр}}$ , откуда находим  $\mu = (F - ma)/mg = 0,2$ .

**Ответ:** 0,2.

*Критерии оценивания*

Записан второй закон Ньютона	5
Записано выражение для силы трения	3
Получен ответ	2

3. Современные импульсные лазеры позволяют генерировать излучение очень высокой мощности, порядка сотен ТВт ( $1 \text{ ТВт} = 10^{12} \text{ Вт}$ ), но только в виде очень коротких импульсов длительностью порядка десятков фс ( $1 \text{ фс} = 10^{-15} \text{ с}$ ). Например, разработанный в Институте прикладной физики РАН лазер позволяет генерировать импульсы продолжительностью 43 фс ( $1 \text{ фс} = 10^{-15} \text{ с}$ ) и мощностью 0,56 ПВт ( $1 \text{ ПВт} = 10^{15} \text{ Вт}$ ). Оцените диаметр капли воды, которую можно испарить при помощи выделившейся в таком импульсе энергии. Удельная теплота испарения воды  $2,6 \text{ МДж/кг}$ , плотность воды  $1 \text{ г/см}^3$ .

### Решение

Выделившаяся в импульсе энергия  $E=Pt=24$  Дж. Этой энергии будет достаточно, чтобы испарить  $m=E/L \approx 10^{-5}$  кг=0,01 г воды (заметим, что поскольку требуемая для испарения некоторого количества воды энергия в  $L/c\Delta T=2,6 \cdot 10^6/(4,2 \cdot 10^3 \cdot 100) \approx 60$  раз превышает энергию, требуемую для нагрева этого же количества от  $0^\circ\text{C}$  до кипения, то при оценке учитывать начальную температуру воды не имеет смысла). Указанное количество воды занимает объем  $10^{-2}$  см<sup>3</sup>, соответствующий этому объему диаметр капельки можно найти как

$$d=2\sqrt[3]{\frac{3 \cdot 0,01}{4\pi}} \approx 0,27 \text{ см} \approx 3 \text{ мм.}$$

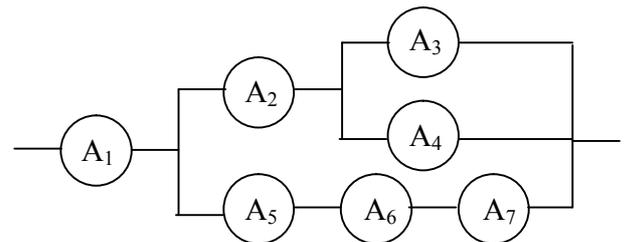
**Ответ:** 3 мм.

*Критерии оценивания*

Найдена энергия импульса	3
Определена масса испаряемой воды	3
Получен ответ	4

*Проверяющему:* поскольку задача является оценочной, следует принимать как верные любые ответы, полученные физически разумным путем и совпадающие с авторским по порядку величины. В частности, допустимо оценивать диаметр капли как корень кубический из ее объема. Также не является ошибкой учет нагревания воды от любой начальной температуры до кипения.

4. В приведенной на рис. схеме все амперметры одинаковые и имеют одинаковое ненулевое сопротивление. Определите показания амперметра 1, если амперметр 4 показывает 20 мА.



### Решение

Амперметры 3 и 4 подключены параллельно. Т.к. они одинаковые, то через них будет течь одинаковый ток. Тогда через амперметр 2 течет вдвое больший ток – 40 мА.

Сопротивление верхней ветви (2-3-4) вдвое меньше сопротивления нижней (5-6-7). Тогда ток, текущий в нижней ветви, вдвое меньше тока в верхней, и равен 20 мА.

Показания амперметра 1 равны сумме этих токов, т.е. 60 мА

**Ответ:** 60 мА.

*Критерии оценивания*

Найден ток через амперметр 4	2
Найден ток через амперметр 2	2
Получено соотношение токов в нижней и верхней ветвях	4
Получен ответ	2

5. Над бассейном глубиной 1 м висит фонарь, освещающий на поверхности воды круг диаметром 1 м. Определите площадь освещенного участка дна. Расстояние от фонаря до поверхности воды 2 м, показатель преломления воды 1,33, волн на поверхности воды нет, размерами фонаря можно пренебречь

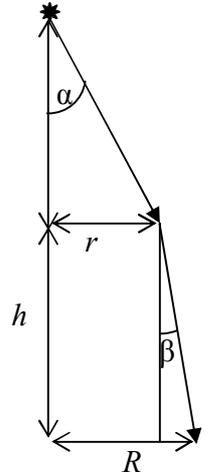
### Решение

Построим ход лучей в этой системе (см. рис.).

Из геометрических соображений видно, что радиус освещенного пятна на дне можно найти как  $R=r+htg\beta$ .

По закону преломления  $n\sin\beta=\sin\alpha$ . В соответствии с условием  $tg\alpha=0,25$ , тогда  $\sin\alpha=1/\sqrt{17}=0,24$ ,  $\sin\beta=0,18$ ,  $tg\beta=0,18$  и  $R=0,68$  м. Тогда площадь освещенного участка  $1,45$  м<sup>2</sup>.

**Ответ:**  $1,45$  м<sup>2</sup>.



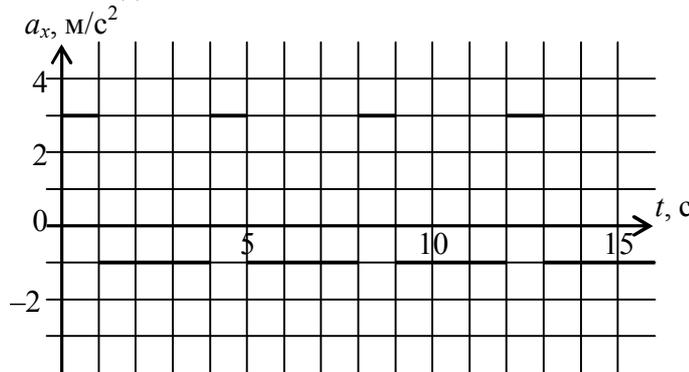
*Критерии оценивания*

Построен ход лучей	4
Записан закон преломления	1
Определен тангенс (или другая триг. функция) угла $\alpha$	1
Рассчитан радиус освещенной области	3
Получен ответ	1

*Проверяющему:* допускается рассчитывать синус угла по его тангенсу и т.п. сразу в числах с использованием калькулятора.

**11 класс**

1. Материальная точка движется из состояния покоя вдоль оси  $OX$ . Проекция ее ускорения на эту ось периодически зависит от времени так, как показано на рис. Определите среднюю скорость точки за первые 2020 с движения.



**Решение**

Из графика видно, что ускорение меняется периодически с периодом 4 с, при этом скорость в конце каждого периода равна  $v=3$  м/с<sup>2</sup>·1 с–1 м/с<sup>2</sup>·3 с=0. Тогда движение на всех периодах происходит одинаково, и для нахождения средней скорости достаточно найти ее значение на одном периоде.

Пройденный за период путь  $s=3$  м/с<sup>2</sup>·1 с<sup>2</sup>/2+3 м/с·3 с–1 м/с<sup>2</sup>·9 с<sup>2</sup>/2=6 м, тогда средняя скорость составляет 1,5 м/с.

**Ответ:** 1,5 м/с.

*Критерии оценивания*

Показано, что скорость в конце периода равна нулю	3
Рассчитан путь за период (либо путь за все время)	4
Рассчитана средняя скорость	3

2. Горизонтально летевшая пуля массой  $m$  попала в покоившийся на горизонтальной поверхности кубик массой  $M$  и застряла в нем. Определите коэффициент трения между кубиком и поверхностью, если кубик проехал расстояние  $L$ , а скорость пули перед ударом равна  $v$ .

**Решение**

По закону сохранения импульса для удара пули и кубика ( $V$  – скорость кубика с пулей после удара)

$$mv=(m+M)V$$

Полученная кубиком и пулей кинетическая энергия расходуется на работу против силы трения, которая в данном случае равна  $\mu(m+M)g$ . Тогда верно соотношение

$$\mu(m+M)gL=(m+M)V^2/2$$

Из этих двух соотношений получаем  $\mu = \left(\frac{m}{m+M}\right)^2 \frac{v^2}{2gL}$

**Ответ:**  $\mu = \left(\frac{m}{m+M}\right)^2 \frac{v^2}{2gL}$

*Критерии оценивания*

Записан закон сохранения импульса для удара	3
Получена связь пути со скоростью после удара	4
Получен ответ	3

*Проверяющему:* связь пути со скоростью после удара может быть также получена путем анализа равноускоренного движения.

11-3. Оцените, с какой высоты упал легкий прочный сосуд с гелием, если его температура повысилась на  $1^\circ\text{C}$ . Трением о воздух и теплоемкостью сосуда можно пренебречь. Молярная масса гелия  $4 \text{ г/моль}$ . Удар о поверхность считайте абсолютно неупругим.

**Решение**

При падении с высоты и последующем ударе потенциальная энергия газа перейдет во внутреннюю энергию:  $mgh = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R\Delta T$ , откуда  $h = \frac{3}{2} \frac{R\Delta T}{Mg} \approx 300 \text{ м}$ .

**Ответ:** 300 м.

*Критерии оценивания*

Указано, что потенциальная энергия переходит во внутреннюю	3
Записана потенциальная энергия	2
Записано изменение внутренней энергии	3
Получен ответ	2

11-4. На лабораторной работе по физике Петру и Василию выдали по два конденсатора, причем один из них был заряжен до вдвое большего напряжения, чем второй. Петр соединил проводами одноименно заряженные обкладки своих конденсаторов, а Василий – разноименно заряженные. У кого из них в проводах выделилось большее количество энергии и во сколько раз? Все конденсаторы одинаковые.

### Решение

Выделившаяся в проводах энергия может быть подсчитана как разность энергий поля в конденсаторах до и после эксперимента.

Пусть  $q$  – заряд конденсатора, заряженного до меньшего напряжения, тогда заряд второго конденсатора –  $2q$ . Первоначальная энергия обоих конденсаторов  $W_0 = \frac{q^2}{2C} + \frac{(2q)^2}{2C} = \frac{5q^2}{2C}$  ( $C$  – емкость конденсатора).

После соединения обкладок конденсаторов они оказываются подключены параллельно, поэтому их напряжения будут равны. Поскольку конденсаторы одинаковые, их заряды также будут одинаковы.

У Петра заряд каждой обкладки будет равен (по модулю)  $(q+2q)/2=1,5q$ , тогда суммарная

энергия поля в его конденсаторах  $W_{\text{П}} = 2 \frac{\left(\frac{3q}{2}\right)^2}{2C} = \frac{9q^2}{4C}$  и в проводах выделилась энергия

$$\Delta W_{\text{П}} = \frac{5q^2}{2C} - \frac{9q^2}{4C} = \frac{q^2}{4C}.$$

У Василия же заряд обкладки будет равен  $(2q-q)/2=0,5q$ , тогда суммарная энергия поля в его

конденсаторах  $W_{\text{В}} = 2 \frac{\left(\frac{q}{2}\right)^2}{2C} = \frac{q^2}{4C}$  и в проводах выделилась энергия  $\Delta W_{\text{В}} = \frac{5q^2}{2C} - \frac{q^2}{4C} = \frac{9q^2}{4C}$ .

Таким образом, в эксперименте Василия выделится в 9 раз больше энергии.

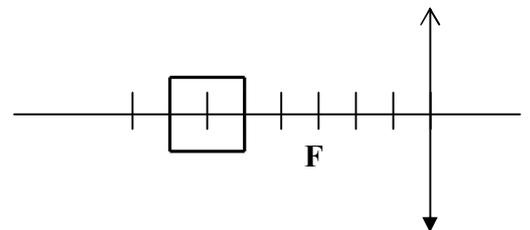
**Ответ:** у Василия, в 9 раз.

*Критерии оценивания*

Идея подсчета выделившейся энергии как разности энергий конденсаторов	2
Подсчитана энергия в начальном состоянии	1
Подсчитана энергия после переключения в эксперименте Петра	3
Василия	3
Получен ответ	1

*Проверяющему:* если участник неверно вычисляет энергию (например, как  $Cq^2/2$ ), необходимо выставлять 0 баллов как за соответствующий этап, так и за ответ, даже если числовое значение ответа верное).

**11-5.** Определите площадь изображения приведенного на рис. квадрата в тонкой линзе (центр квадрата находится на главной оптической оси). Фокусное расстояние линзы  $F$ .



### Решение

Поскольку линза прямая переводит в прямые, а параллельные ей линии – в параллельные, то изображение квадрата будет являться трапецией.

По формуле тонкой линзы можно найти расстояния от линзы до изображений параллельных ей сторон квадрата:  $\frac{1}{b_1} + \frac{1}{5F/3} = \frac{1}{F}$ ,  $b_1=5F/2$ ,  $\frac{1}{b_2} + \frac{1}{7F/3} = \frac{1}{F}$ ,  $b_2=7F/4$ . Тогда высота трапеции  $b=3F/4$ .

В соответствии с формулой увеличения линзы размеры этих сторон будут  $h_1 = \frac{2}{3} F \frac{5F/2}{5F/3} = F$

и  $h_2 = \frac{2}{3} F \frac{7F/4}{7F/3} = \frac{F}{2}$ . Тогда площадь изображения  $S=9F^2/16$ .

**Ответ:**  $9F^2/16$

*Критерии оценивания*

Показано, что изображение – трапеция (или построено изображение)	2
Найдена высота трапеции	2
Найдены длины оснований трапеции	по 2 за каждое
Получен ответ	2

*Проверяющему:* 1. При приведенном способе решения рисунок необязателен.

2. Возможно решение без использования формулы тонкой линзы с построением изображения и расчетом размеров трапеции из геометрических соображений. В этом случае расчет должен поясняться

3. Допускается определение размеров при помощи измерений по построенному в масштабе рисунку, если это явно указано в решении.

*Комплект подготовил А.В. Савин*