

# АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОДЕРЖАНИЯ КИМ ЕГЭ-2022 ПО ФИЗИКЕ (14.10.2021)

Исакова Наталья Петровна,

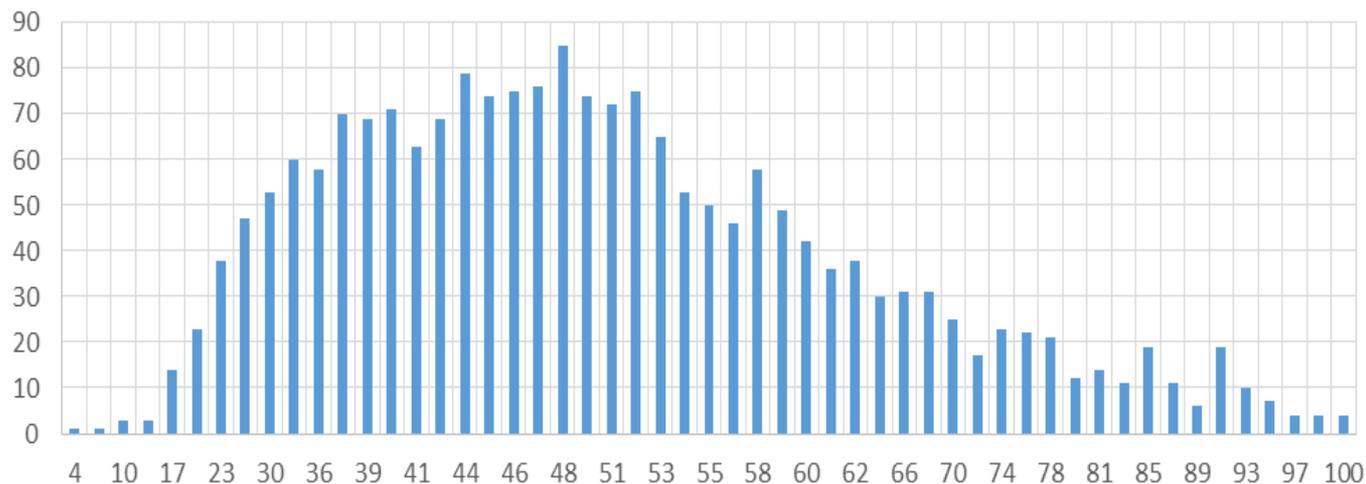
председатель региональной предметной комиссии по физике,  
старший преподаватель кафедры физики, методов контроля и  
диагностики Тюменского индустриального университета

# ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЕГЭ-2021 ПО ФИЗИКЕ.

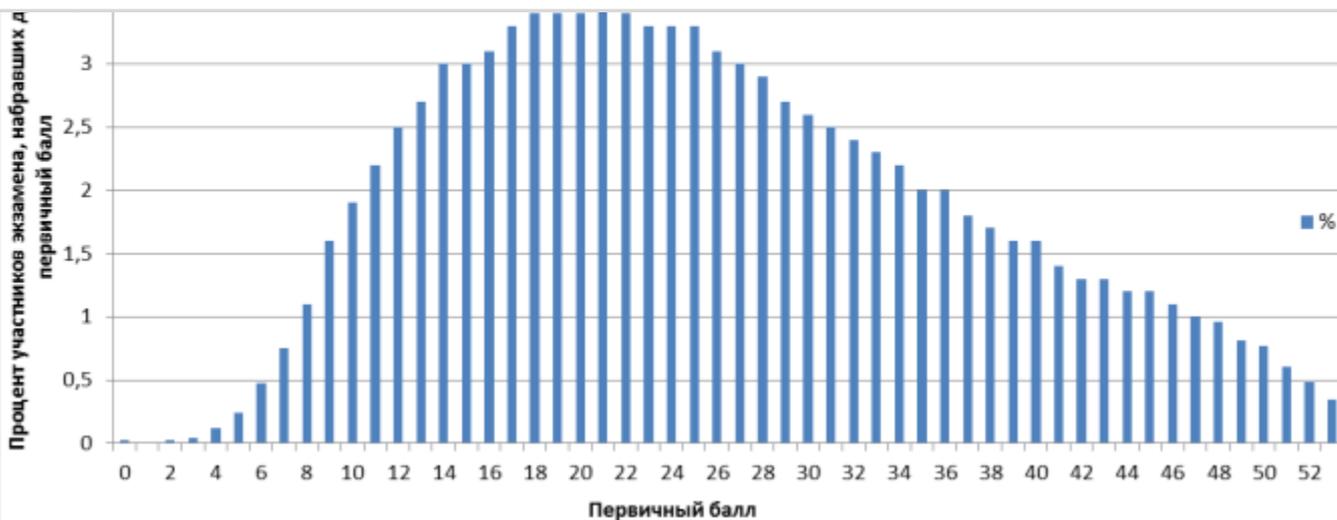
# КОЛИЧЕСТВО УЧАСТНИКОВ ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ

2019		2020		2021	
чел.	% от общего числа участников	чел.	% от общего числа участников	чел.	% от общего числа участников
2259	23,1	2125	28,9	2011	26,4

# ДИАГРАММА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УЧАСТНИКОВ ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ ПО ТЕСТОВЫМ БАЛЛАМ В 2021 Г.



Тюменская область



Россия

# ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

## Тюменская область

	Субъект Российской Федерации		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Не преодолели минимального балла, %	7,3	5,8	12,1
Средний тестовый балл	51,2	52,3	50,2
Получили от 81 до 99 баллов, %	4,3	5,6	5,2
Получили 100 баллов, чел.	9	5	4

## Россия

	2021 г.	2020 г.	2019 г.
Не достигли минимальной границы	6,44%	5,65%	6,61%
Получили от 81 до 100 баллов	9,73%	8,54%	8,58%
Получили 100 баллов	444 чел.	302 чел.	473 чел.

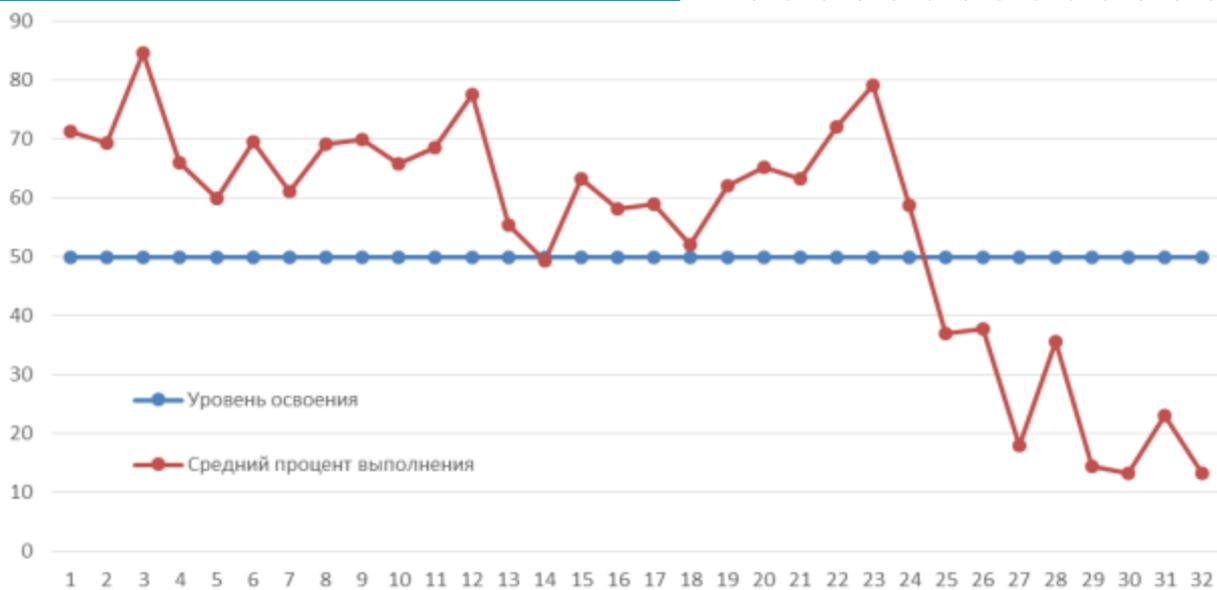
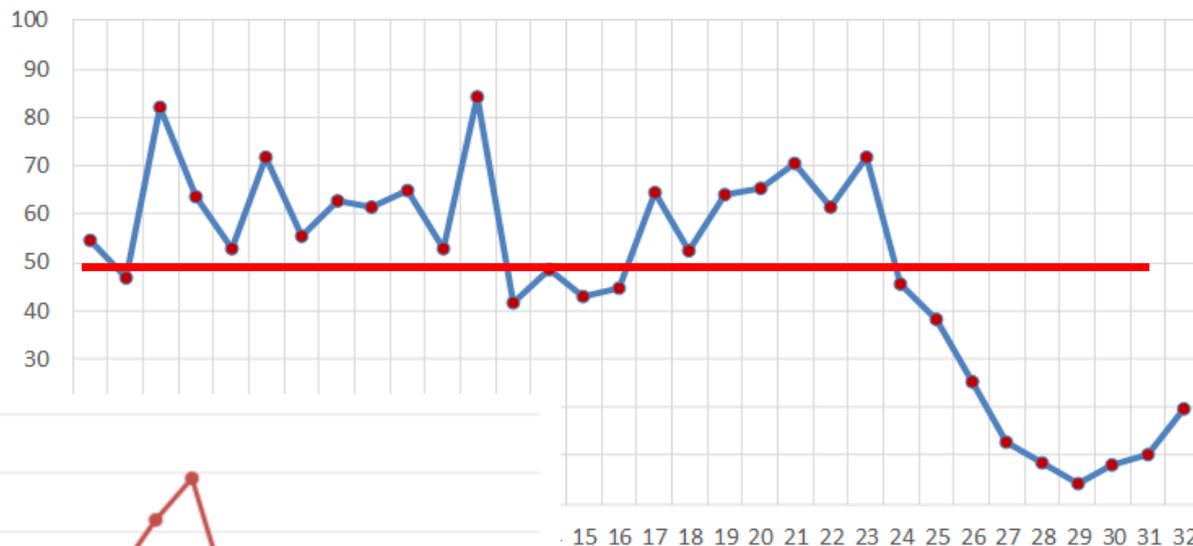
# РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПО СОДЕРЖАТЕЛЬНЫМ РАЗДЕЛАМ ШКОЛЬНОГО КУРСА ФИЗИКИ

<b>Раздел курса физики</b>	<b>Средний % выполнения по группам заданий, Тюменская обл.</b>	<b>Средний % выполнения по группам заданий, Россия</b>
Механика	48,8	59,1%
МКТ и термодинамика	53,2	57,4%
Электродинамика	43,3	49,5%
Квантовая физика	54,8	52,5%

# РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

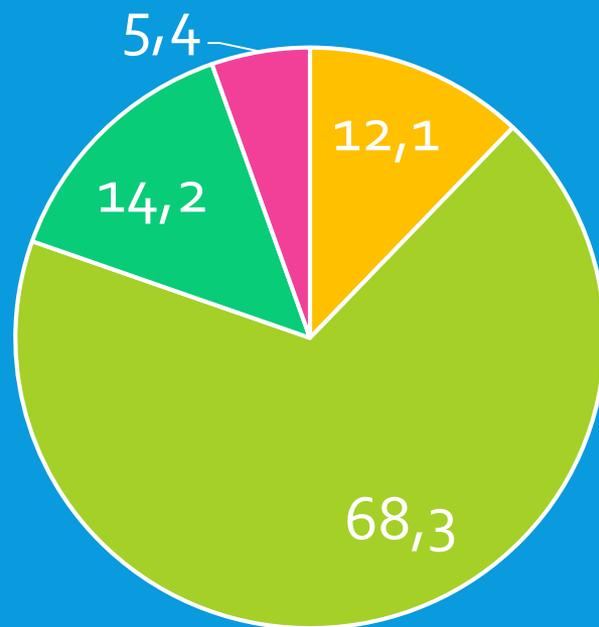
Тюменская область

Средний % выполнения заданий



Россия

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧАСТНИКОВ ПО ГРУППАМ ПОДГОТОВКИ В 2021 Г.



■ не преодолели минимальный балл

■ минимальный балл-60 баллов

■ 60-80 баллов

■ 80-100 баллов

# ПРОБЛЕМНЫЕ ЗАДАНИЯ

Пример (средний процент выполнения – 46%)

Два маленьких шарика массой  $m$  каждый находятся на расстоянии 40 см друг от друга. Каково расстояние между шариками вдвое большей массы, если модуль сил гравитационного взаимодействия между ними такой же, как и между первыми двумя шариками?

Ответ: \_\_\_\_\_ 80 \_\_\_\_\_ см.

Пример (средний процент выполнения – 36 %)

Одинаковые положительные точечные заряды  $q = 2 \cdot 10^{-8}$  Кл расположены в вакууме на расстоянии 0,3 м друг от друга. Определите модуль сил, с которыми заряды действуют друг на друга.

Ответ: \_\_\_\_\_ 0,04 \_\_\_\_\_ мН.

# ПРОБЛЕМНЫЕ ЗАДАНИЯ

Пример (средний процент выполнения – 46%)

Полый стальной шар массой 10 кг плавает на поверхности озера. Объём шара равен  $15 \text{ дм}^3$ . Чему равна сила Архимеда, действующая на шар?

Ответ: \_\_\_\_\_ 100 \_\_\_\_\_ Н.

Пример (средний процент выполнения – 44%)

Во сколько раз уменьшится частота малых свободных колебаний математического маятника, если длину нити увеличить в 9 раз, а массу груза уменьшить в 4 раза?

Ответ: в \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_ раз(а).

# ПРОБЛЕМНЫЕ ЗАДАНИЯ

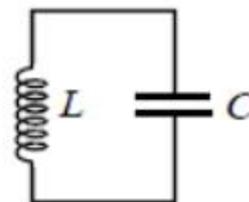
Пример (средний процент выполнения – 40 %)

Во сколько раз уменьшится модуль сил взаимодействия двух небольших металлических шариков одинакового диаметра, имеющих заряды  $q_1 = +4$  нКл и  $q_2 = -8$  нКл, если шарики привести в соприкосновение и раздвинуть на прежнее расстояние?

Ответ: в \_\_\_\_\_ 8 \_\_\_\_\_ раз(а).

Пример 6(средний процент выполнения – 29%)

В колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону  $U_C = U_0 \cos \omega t$ , где  $U_0 = 5$  В,  $\omega = \pi \cdot 10^6$  с<sup>-1</sup>. Определите частоту колебаний силы тока в контуре.



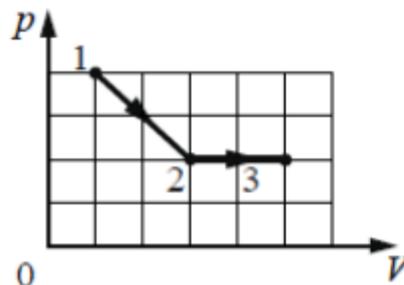
Ответ: \_\_\_\_\_ 500 \_\_\_\_\_ кГц.

# ПРОБЛЕМНЫЕ ЗАДАНИЯ

Пример (средний процент выполнения – 37%)

На  $pV$ -диаграмме (см. рисунок) показано, как изменялось давление газа при его переходе из состояния 1 в состояние 3. Каково отношение

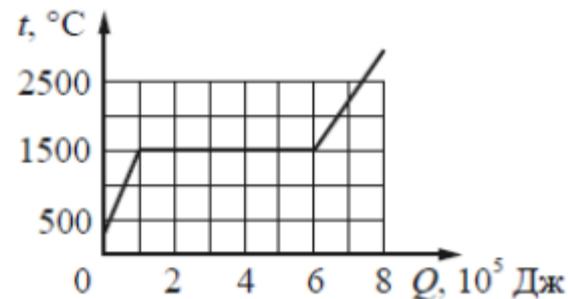
$\frac{A_{12}}{A_{23}}$  работ газа в процессах 1–2 и 2–3?



Ответ: \_\_\_\_\_ 1,5 \_\_\_\_\_.

Пример (средний процент выполнения – 39%)

Брусек из неизвестного металла массой 2 кг поместили в печь и стали его нагревать. На рисунке приведён график зависимости температуры металла  $t$  от переданного ему количества теплоты  $Q$ . Чему равна удельная теплота плавления металла?



Ответ: \_\_\_\_\_ 250 \_\_\_\_\_ кДж/кг.

# ПРОБЛЕМНЫЕ ЗАДАНИЯ

Пример (средний процент выполнения – 34%)

В первом опыте частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиусом  $R$  со скоростью  $v$ . Во втором опыте та же частица движется в том же магнитном поле по окружности большего радиуса. Как при переходе от первого опыта ко второму изменились кинетическая энергия частицы и период её обращения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

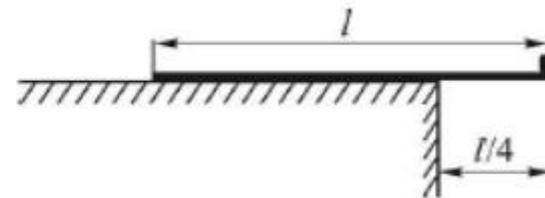
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия частицы	Период её обращения
1	3

# ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЙ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ

Пример (средний процент выполнения – 18%)

Деревянная линейка длиной  $l = 60$  см выдвинута за край стола на  $1/4$  часть своей длины. При этом она не опрокидывается, если на её правом конце лежит груз массой не более 250 г (см. рисунок). На какое расстояние можно выдвинуть вправо за край стола эту линейку, если на её правом конце лежит груз массой 125 г?

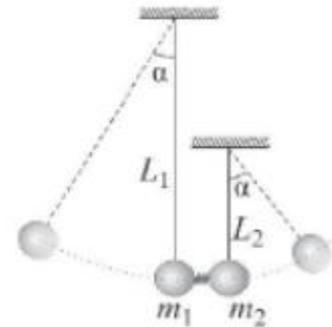


Тюменская область – процент выполнения 8,4%

# ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЙ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ

Пример (средний процент выполнения – 5%)

Два шарика подвешены на вертикальных тонких нитях так, что они находятся на одной высоте. Между шариками находится сжатая и связанная нитью пружина. При пережигании связывающей нити пружина распрямляется, расталкивает шарики и падает вниз. В результате нити отклоняются в разные стороны на одинаковые углы. Во сколько раз одна нить длиннее другой, если отношение масс  $\frac{m_2}{m_1} = 1,5$ ?



Считать величину сжатия пружины во много раз меньше длин нитей.

Пример (средний процент выполнения – 2,3%)

Монохроматическое рентгеновское излучение с длиной волны  $\lambda = 1,1 \cdot 10^{-10}$  м падает по нормали на пластинку и создаёт давление  $P = 1,26 \cdot 10^{-6}$  Па. При этом 70% фотонов отражается, а остальные проходят сквозь пластинку. Определите концентрацию фотонов в пучке падающего излучения. Рассеянием и поглощением излучения пренебречь. Считать, что фотоны в пучке распределены равномерно.

Тюменская  
область –  
процент  
выполнения  
4%

# СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КИМ ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ В 2022 ГОДУ.

# СТРУКТУРА КИМ ЕГЭ В 2022 Г.

- Общее число заданий – 30
- Максимальный балл – 54.
- Время выполнения экзаменационной работы – 235 мин.
- **Часть 1** – 23 задания с кратким ответом (с ответом в виде числа, на множественный выбор, на соответствие)
- **Часть 2** – 7 заданий с развернутым ответом

Уровень сложности заданий	Количество заданий	Максимальный первичный балл	Процент максимального первичного балла за задания данного уровня сложности от максимального первичного балла за всю работу, равного 54
Базовый	19	26	48
Повышенный	7	15	28
Высокий	4	13	24
Итого	30	54	100

# СТРУКТУРА КИМ ЕГЭ В 2022 Г.

## ЧАСТЬ 1

- №1 и №2 – интегрированные задания базового уровня сложности
- №3-№8 – механика (3 задания с кратким ответом, множественный выбор, изменение величин, соответствие)
- №9-№13 – молекулярная физика (3 задания с кратким ответом, множественный выбор, изменение величин или соответствие)
- №14-№19 – электродинамика (3 задания с кратким ответом, множественный выбор, изменение величин, соответствие)
- №20 и №21- квантовая физика (с кратким ответом и на изменение величин или соответствие)
- №22 и №23 – методология (без обновления)

# ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ БАЗОВОГО УРОВНЯ СЛОЖНОСТИ

## Задание 01.

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Силы, с которыми тела действуют друг на друга, лежат на одной прямой, направлены в противоположные стороны, равны по модулю, имеют одну природу.
- 2) В процессе кристаллизации постоянной массы вещества его внутренняя энергия уменьшается.
- 3) Сила взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов в вакууме прямо пропорциональна квадрату расстояния между ними.
- 4) Магнитное поле вокруг проводника с током возникает только в момент изменения силы тока в проводнике.
- 5) Явление дифракции **не** может наблюдаться для гамма - излучения.

# ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ БАЗОВОГО УРОВНЯ СЛОЖНОСТИ

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Импульсом тела называется величина, равная произведению массы тела на его ускорение.
- 2) Теплопередача путём конвекции происходит за счёт переноса вещества в струях и потоках.
- 3) В процессе электризации трением тела приобретают равные по модулю и одинаковые по знаку заряды.
- 4) Дифракция волн хорошо наблюдается в тех случаях, если размеры препятствий меньше длины волны или сравнимы с ней.
- 5) При поглощении света атом переходит из стационарного состояния с меньшей энергией в стационарное состояние с большей энергией.

Ответ: \_\_\_\_\_245\_\_\_\_\_

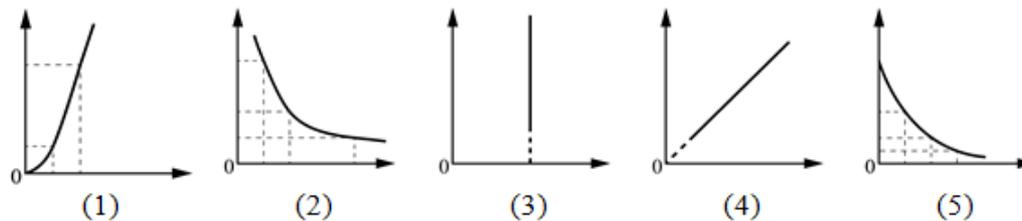
# ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ БАЗОВОГО УРОВНЯ СЛОЖНОСТИ

## Задание 02.

Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость пути, пройденного телом при равномерном движении, от времени
- Б) зависимость энергии магнитного поля катушки индуктивностью  $L$  от силы тока в катушке
- В) зависимость импульса фотона от длины волны

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

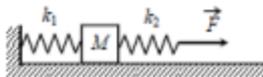


Ответ:

4	✓	1	✓	2	✓
---	---	---	---	---	---

3

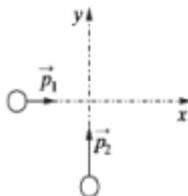
К системе из кубика массой  $M = 1$  кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила  $F$  величиной  $9$  Н (см. рисунок). Между кубиком и опорой трения нет. Система покоится. Жёсткость первой пружины  $k_1 = 300$  Н/м. Жёсткость второй пружины  $k_2 = 600$  Н/м. Каково удлинение первой пружины?



Ответ: \_\_\_\_\_ см.

4

По гладкой горизонтальной плоскости движутся вдоль осей  $x$  и  $y$  две шайбы с импульсами, равными по модулю  $p_1 = 2$  кг·м/с и  $p_2 = 3,5$  кг·м/с (см. рисунок). После их соударения вторая шайба продолжает двигаться по оси  $y$  в прежнем направлении. Модуль импульса первой шайбы сразу после удара равен  $p_1' = 2,5$  кг·м/с. Найдите модуль импульса второй шайбы сразу после удара.



Ответ: \_\_\_\_\_ кг·м/с.

5

На рычаг действуют две силы. Момент первой силы относительно оси вращения равен  $50$  Н·м. Какова величина второй силы, если её плечо относительно этой же оси равно  $0,5$  м и рычаг при этом находится в равновесии?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

7

На поверхности воды плавает прямоугольный брусок из древесины плотностью  $400$  кг/м<sup>3</sup>. Брусок заменили на другой брусок той же массы и с той же площадью основания, но из древесины плотностью  $600$  кг/м<sup>3</sup>. Как при этом изменились глубина погружения бруска и действующая на него сила Архимеда?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения

Сила Архимеда

8

Один конец лёгкой пружины жёсткостью  $k$  прикреплен к бруску, а другой закреплён неподвижно. Брусок скользит по горизонтальной направляющей так, что координата его центра масс изменяется со временем по закону  $x(t) = A \sin \omega t$ .

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение бруска, и формулами, выражающими их изменения во времени.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

А) кинетическая энергия бруска  $E_K(t)$ 1)  $-kA \sin \omega t$ Б) проекция  $a_x(t)$  ускорения бруска ось  $x$ 2)  $\frac{kA^2}{2} \cos^2 \omega t$ 3)  $-A\omega^2 \sin \omega t$ 4)  $\frac{kA^2}{2} \sin^2 \omega t$ 

Ответ:

А	Б

6

Тело брошено вертикально вверх с поверхности Земли в момент времени  $t = 0$ . В таблице приведены результаты измерения модуля скорости тела в зависимости от времени. Выберите **все** верные утверждения на основании данных, приведённых в таблице.

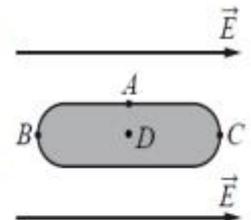
Время, с	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Модуль скорости, м/с	4,0	3,0	2,0	1,0	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0

- 1) Тело поднялось на максимальную высоту, равную 0,8 м.
- 2) Начальная скорость тела была равна 4 м/с.
- 3) В момент времени  $t = 0,2$  с тело находилось на высоте 0,45 м от поверхности Земли.
- 4) На высоте 0,8 м от поверхности Земли скорость тела была равна 3,0 м/с.
- 5) За 0,7 секунд полета путь тела составил 1,45 м.

Ответ: \_\_\_\_\_ **45** \_\_\_\_\_.

17

Незаряженное металлическое тело, продольное сечение которого показано на рисунке, поместили в однородное электрическое поле напряжённостью  $\vec{E}$ . Из приведённого ниже списка выберите **все** верные утверждения, описывающие результаты воздействия этого поля на металлическое тело.



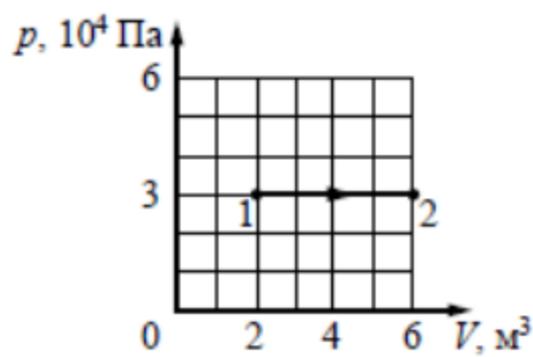
- 1) Напряжённость электрического поля в точке  $D$  равна нулю.
- 2) Потенциалы в точках  $B$  и  $C$  равны.
- 3) Концентрация свободных электронов в точке  $A$  наибольшая.
- 4) В точке  $B$  индуцируется отрицательный заряд.
- 5) В точке  $A$  индуцируется положительный заряд.

Ответ: \_\_\_\_\_ **124** \_\_\_\_\_.

Задания с кратким ответом в виде числа:

- целое число, конечная десятичная дробь, знак «минус»
- с учетом заданных единиц величин

Какую работу совершает идеальный газ при переходе из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок)?



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

С какой силой взаимодействуют в вакууме два маленьких заряженных шарика, находящихся на расстоянии 4 м друг от друга? Заряд каждого шарика  $8 \cdot 10^{-8}$  Кл.

Ответ: \_\_\_\_\_ мкН.

22

С помощью барометра проводились измерения атмосферного давления. Верхняя шкала барометра проградуирована в кПа, а нижняя шкала – в мм рт. ст. Погрешность измерений давления равна половине цены деления шкалы барометра. Чему равно атмосферное давление по результатам этих измерений, измеренное в кПа?



Запишите в ответ показания барометра с учетом погрешностей измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) кПа.

22

Для того чтобы более точно измерить массу одного винта, на электронные весы положили 50 винтов. Весы показали 25 г. Погрешность весов равна  $\pm 1$  г. Чему равна масса одного винта по результатам этих измерений? Запишите ответ с учетом погрешностей измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) г.

*В бланк ответов №1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.*

КИМ

Ответ: ( 1,4  $\pm$  0,2 ) г. 22 | , 40 , 2

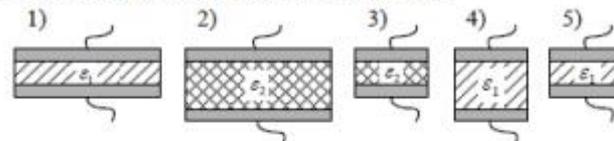
23 Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить плотность алюминия. Для этого школьник взял стакан с водой и алюминиевый шарик. Какие две позиции из приведенного ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) электронные весы
- 2) мензурка
- 3) линейка
- 4) термометр
- 5) пружина

В ответ запишите номера выбранного оборудования.

Ответ:

23 Конденсатор состоит из двух круглых пластин, между которыми находится диэлектрик ( $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость диэлектрика). Необходимо экспериментально установить, как зависит емкость конденсатора от расстояния между его пластинами. Какие два конденсатора следует использовать для проведения такого исследования?



В ответ запишите номера выбранных установок.

Ответ:

23 Ученик изучает силу Архимеда, действующую на тела, полностью погруженные в жидкость. В его распоряжении имеются пять установок, состоящие из ёмкостей с различными жидкостями и сплошного шариков, сделанных из разного материала, различного объема (см. таблицу). Какие две установки необходимо использовать ученику для того, чтобы на опыте обнаружить зависимость силы Архимеда от плотности жидкости, в которую погружено тело?

№ установки	Жидкость, налитая в ёмкость	Объём шарика	Материал, из которого сделан шарик
1	керосин	30 см <sup>3</sup>	сталь
2	вода	20 см <sup>3</sup>	дерево
3	керосин	20 см <sup>3</sup>	дерево
4	подсолнечное масло	30 см <sup>3</sup>	сталь
5	вода	20 см <sup>3</sup>	дерево

В ответ запишите номера выбранных установок.

Ответ:

# СТРУКТУРА КИМ ЕГЭ В 2022 Г.

## ЧАСТЬ 2

### 7 заданий с развернутым ответом:

2 задачи по механике, 1-2 задачи по молекулярной физике, 2-3 задачи по электродинамике, 1 задача по квантовой физике

- №24 - качественная задача (по любому разделу), 3 балла
- №25 – расчетная задача (молекулярная физика, механика), 2 балла
- №26 – расчетная задача (квантовая физика), 2 балла
- №27 – расчетная задача (молекулярная физика), 3 балла
- №28 – расчетная задача (электродинамика), 3 балла
- №29 – расчетная задача (электродинамика /оптика/), 3 балла
- №30 – расчетная задача (механика), 4 балла

В процессе прямолинейного равноускоренного движения тело за 2 с прошло 20 м, увеличив свою скорость в 3 раза. Чему была равна начальная скорость тела?

### Возможное решение

1. Согласно законам равноускоренного прямолинейного движения

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad (1)$$

$$3v_0 = v_0 + at, \quad (2)$$

где  $v_0$  – начальная скорость тела,  $a$  – модуль ускорения тела,  $s$  – путь, пройденный телом.

2. Решая уравнения (1) и (2), получим выражение для начальной скорости тела:

$$v_0 = \frac{s}{2t} = \frac{20}{2 \cdot 2} = 5 \text{ м/с.}$$

Ответ:  $v_0 = 5 \text{ м/с}$

### Критерии оценивания выполнения задания

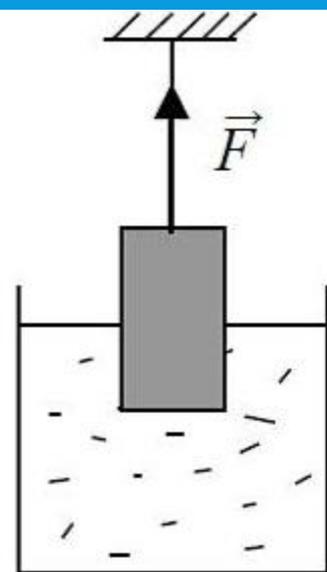
Баллы

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:

2

Г) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *формулы равноускоренного прямолинейного движения*);

Однородный цилиндр объёмом  $4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$  подвешен на нити и наполовину погружён в воду. Какова плотность материала цилиндра, если сила натяжения нити  $F = 3 \text{ Н}$ ?



### Возможное решение

На цилиндр действуют сила тяжести, сила Архимеда и сила натяжения нити. Так как цилиндр находится в покое, то в соответствии со вторым законом Ньютона  $mg = F_{\text{Арх}} + F$ , где масса цилиндра  $m = \rho_{\text{ц}}V$ , сила Архимеда

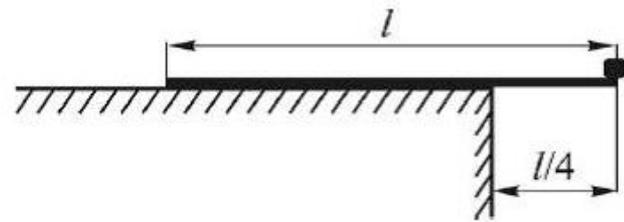
$$F_{\text{Арх}} = \rho_{\text{в}}g \frac{V}{2}.$$

Подставив выражения для массы и силы Архимеда во второй закон Ньютона, найдём плотность цилиндра:

$$\rho_{\text{ц}} = \frac{\rho_{\text{в}}}{2} + \frac{F}{gV} = \frac{1000}{2} + \frac{3}{10 \cdot 4 \cdot 10^{-4}} = 1250 \text{ кг/м}^3.$$

Ответ:  $\rho_{\text{ц}} = 1250 \text{ кг/м}^3$

Деревянная линейка длиной  $l = 60$  см выдвинута за край стола на  $1/4$  часть своей длины. При этом она не опрокидывается, если на её правом конце лежит груз массой не более 250 г (см. рисунок). На какое расстояние можно выдвинуть вправо за край стола эту линейку, если на её правом конце лежит груз массой 125 г?



### Возможное решение

1. Пусть  $M$  – масса линейки,  $m$  – масса груза. При максимальной массе груза, который неподвижен относительно линейки, сила реакции стола действует на линейку только по краю стола.

2. Запишем уравнение моментов для первого случая относительно оси вращения, проходящей через край стола перпендикулярно плоскости рисунка:

$$Mg(l/4) = m_1g(l/4). \quad (1)$$

3. Уравнение моментов для второго случая относительно оси вращения, проходящей через край стола перпендикулярно плоскости рисунка:

$$Mg((l/2) - x) = m_2gx, \quad (2)$$

где  $x$  – расстояние, на которое выдвинута линейка за край стола.

4. Решая уравнения (1) и (2), получим:

$$x = \frac{m_1 l}{2(m_1 + m_2)} = \frac{0,25 \cdot 0,6}{2(0,25 + 0,125)} = 0,2 \text{ м} = 20 \text{ см.}$$

Ответ:  $x = 20$  см

В калориметре находятся в тепловом равновесии вода и лёд. После опускания в калориметр болта, имеющего массу 165 г и температуру  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 20% воды превратилось в лёд. Удельная теплоёмкость материала болта равна  $500\text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ . Какая масса воды первоначально находилась в калориметре? Теплоёмкостью калориметра пренебречь.

### Возможное решение

Так как вода и лёд находятся в тепловом равновесии, то и до опускания болта, и после его нагревания температура в сосуде  $t_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Согласно уравнению теплового баланса количество теплоты, выделившееся при замерзании воды, было затрачено на нагревание болта:

$0,2m \cdot r = cm_1(t_0 - t)$ , где  $m$  – масса воды в сосуде,  $m_1$  – масса болта,  $c$  – удельная теплоёмкость болта,  $r$  – удельная теплота плавления льда,  $t$  – начальная температура болта.

$$\text{Получим: } m = \frac{cm_1(t_0 - t)}{0,2r} = \frac{500 \cdot 0,165 \cdot 40}{0,2 \cdot 3,3 \cdot 10^5} = 0,05 \text{ кг.}$$

Ответ:  $m = 0,05\text{ кг}$

Фототок с литиевого фотокатода, освещаемого монохроматическим излучением с длиной волны  $\lambda_0$ , прекращается при некотором значении запирающего напряжения. Если длину волны уменьшить в 1,5 раза, то для прекращения фототока необходимо увеличить запирающее напряжение в 2 раза. Работа выхода электронов из лития равна 2,39 эВ. Определите по этим данным  $\lambda_0$ .

### Возможное решение

1. Для решения задачи воспользуемся уравнением Эйнштейна для фотоэффекта, в котором энергию фотона запишем с помощью формулы Планка:

$$h \frac{c}{\lambda} = A_{\text{ВЫХ}} + eU_{\text{зап}},$$

где  $U_{\text{зап}}$  – модуль запирающего напряжения.

2. Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта для обоих случаев:

$$h \frac{c}{\lambda_0} = A_{\text{ВЫХ}} + eU_{\text{зап}};$$

$$h \frac{1,5c}{\lambda_0} = A_{\text{ВЫХ}} + 2eU_{\text{зап}},$$

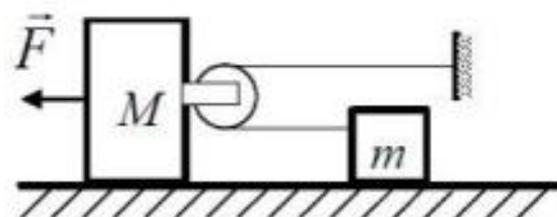
4. Исключая из системы  $eU_{\text{зап}}$ , получим:  $h \frac{0,5c}{\lambda_0} = A_{\text{ВЫХ}}$ ,

откуда:

$$\lambda_0 = h \frac{0,5c}{A_{\text{ВЫХ}}} = 6,6 \cdot 10^{-34} \frac{0,5 \cdot 3 \cdot 10^8}{2,39 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 259 \text{ нм.}$$

Ответ:  $\lambda_0 \approx 259 \text{ нм}$

К бруску массой  $M = 2$  кг прикреплен лёгкий блок (см. рисунок), через него переброшена лёгкая нерастяжимая нить, один конец которой привязан к стене, а к другому прикреплено тело массой  $m = 0,75$  кг. На брусок действует сила  $F = 10$  Н. Определите ускорение бруска.



Свободные куски нити горизонтальны и лежат в одной вертикальной плоскости, тела движутся вдоль одной прямой. Массой блока и нити, а также трением пренебречь.

Какие законы Вы использовали для описания движения тел? Обоснуйте их применимость к данному случаю.

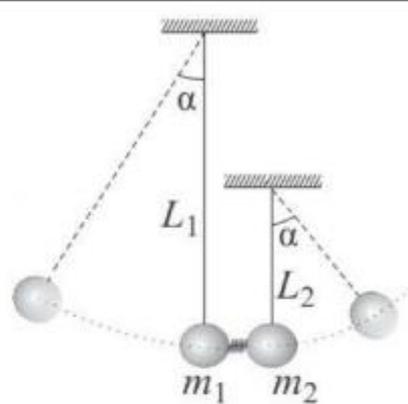
### Возможное решение

#### Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Брусок и тело движутся поступательно, поэтому описываем их моделью материальной точки независимо от их размеров.
3. Из пп. 1 и 2 следует, что движение бруска и тела в ИСО, а также их взаимодействие, описывается вторым и третьим законами Ньютона.
4. Нить невесома, блок идеален (масса блока ничтожна, трения нет), поэтому модуль силы натяжения нити в любой её точке один и тот же.
5. Нить нерастяжима, поэтому модули ускорений подвижного блока и тела  $m$  при их прямолинейном поступательном движении отличаются в 2 раза.

<b>Критерий 1</b>	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей) (в данном случае: <i>система отсчета, связанная с землей, инерциальная, тела движутся поступательно и описываются моделью материальной точки, следствия невесомости и нерастяжимости нити, идеальности блока, сделан рисунок с указанием сил, действующих на тела, второй и третий законы Ньютона</i> )	1
В обосновании возможности использования законов (закономерностей) допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
<b>Критерий 2</b>	
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: Г) записаны положения теории и физические законы, закономерности. применение которых необходимо для решения	3

Два шарика подвешены на вертикальных тонких нитях так, что они находятся на одной высоте. Между шариками находится сжатая и связанная нитью пружина. При пережигании связывающей нити пружина распрямляется, расталкивает шарики и падает вниз. В результате нити отклоняются в разные стороны на одинаковые углы. Во сколько раз одна нить длиннее другой, если отношение масс  $\frac{m_2}{m_1} = 1,5$ ? Считать массу пружины



во много раз меньше массы шариков, а величину ее сжатия во много раз меньше длин нитей.

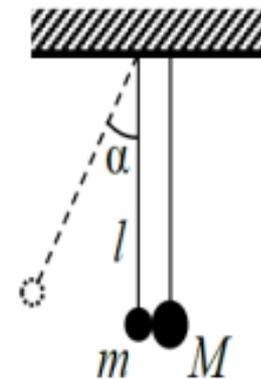
Какие законы Вы использовали для обоснуйте их применимость к данному случаю?

### Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Шарик имеет малые размеры по сравнению с длиной нити, поэтому описываем их моделью материальной точки.
3. При пережигании нити пружина толкает оба шарика, действуя на шарик внутренней силой – силой упругости, все внешние силы, действующие на систему двух шариков, направлены вертикально (силы тяжести и натяжения нитей). Масса пружины во много раз меньше массы шариков, поэтому изменением импульса самой пружины можно пренебречь. Все выше перечисленные причины не влияют на изменение горизонтальной проекции импульса системы шариков, следовательно, систему шариков в горизонтальном направлении можно считать замкнутой, и возможно применение закона сохранения импульса.
4. В процессе движения каждого шарика на нити к верхней точке своей траектории, на них действуют сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила натяжения нити  $\vec{T}$ . Изменение механической энергии шариков в ИСО равно работе всех непотенциальных сил, приложенных к телу. В данном случае единственной такой силой является сила натяжения нити  $\vec{T}$ . В каждой точке траектории  $\vec{T} \perp \vec{v}$ , где  $\vec{v}$  – скорость шарика, поэтому работа силы  $\vec{T}$  равна нулю, а механическая энергия каждого шарика на этом участке его движения сохраняется.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<i>Критерий 1</i>	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей) (в данном случае: <i>система отсчета, связанная с землей инерциальная, шарики описываются моделью материальной точки, условия применимости законов сохранения импульса и механической энергии</i> )	1

Два сплошных стальных шарика массами  $m = 150$  г и  $M = 300$  г висят, соприкасаясь друг с другом, на вертикальных лёгких нерастяжимых нитях. Шарик  $m$  висит на нити длиной  $l = 1$  м. Центры шариков находятся на одной горизонтали. Шарик  $m$  на нити отвели влево в плоскости рисунка, так что нить образовала с вертикалью угол  $\alpha = 30^\circ$ , и отпустили с начальной скоростью, равной нулю. Найдите максимальную высоту, на которую поднимется шарик  $M$  после первого столкновения с шариком  $m$ . Сопротивлением воздуха пренебречь.



Какие законы Вы использовали для описания движения шариков и их столкновения? Обоснуйте их применимость к данному случаю.

- Выбор инерциальной системы отсчета
- Материальные точки
- Условия применимости закона сохранения механической энергии
- Условия применимости закона сохранения импульса

### Обоснование.

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. Шарик  $m$  в силу его малых размеров по сравнению с длиной нити считаем материальной точкой. До столкновения шарик  $m$  движется под действием двух сил: силы тяжести и силы натяжения нити. Сила натяжения нити в каждой точке траектории перпендикулярна скорости шарика, поэтому работа этой силы равна нулю. Следовательно, в ИСО «Земля» сохраняется механическая энергия шарика  $m$  при его движении до столкновения:

$$\frac{mv^2}{2} + mgh = const.$$

2. По аналогичным причинам сохраняется механическая энергия шарика  $M$  при его движении после столкновения:

$$\frac{Mu^2}{2} + MgH = const.$$

3. На систему тел «шарик  $m$  + шарик  $M$ » действуют внешние силы – силы тяжести и силы натяжения нитей. При столкновении все внешние силы вертикальны. Поэтому в ИСО «Земля» сохраняется проекция импульса этой системы тел на горизонтальную ось  $x$ , проходящую через центры шариков.

Столкновение стальных шариков происходит упруго, поэтому сохраняется механическая энергия системы тел «шарик  $m$  + шарик  $M$ ». Учитываем, что непосредственно перед столкновением и сразу после него потенциальная энергия упругого взаимодействия этих тел равна нулю.

# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Исакова Наталья Петровна,  
e-mail: [vasvas25@mail.ru](mailto:vasvas25@mail.ru)