

# ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ:

## ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ И КАК ОТ НИХ ИЗБАВИТЬСЯ



**Дмитрий Александрович Иванов**

*профессор каф. Общей физики и ядерного синтеза НИУ «МЭИ»,  
ведущий эксперт предметной комиссии г. Москвы ГИА-11 по физике,  
член НМС по физике при ФИПИ,  
член экспертного совета по физике РСОШ при МОН РФ,  
эксперт Рособрнадзора*

## Участники и результаты (РФ)

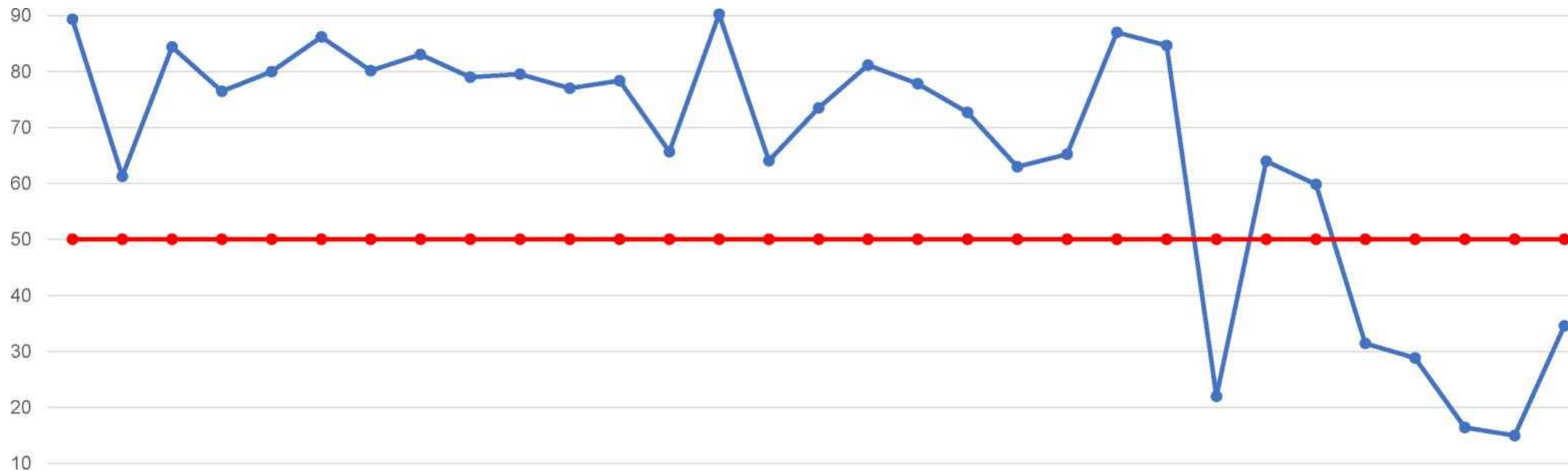
Год	Число участников ЕГЭ по физике	Число участников ЕГЭ по информатике	Число участников ЕГЭ по математике
2021	129 тыс.	94 тыс.	393 тыс.
2022	105 тыс.	101 тыс.	302 тыс.
2023	92 тыс.	117 тыс.	294 тыс.

Год	Доля участников, не преодолевших минимальную границу	Доля участников, набравших 81-100 баллов	Средний балл
2021	6,37%	9,78%	55,04
2022	6,31%	8,15%	54,11
2023	6,18%	9,09%	54,62

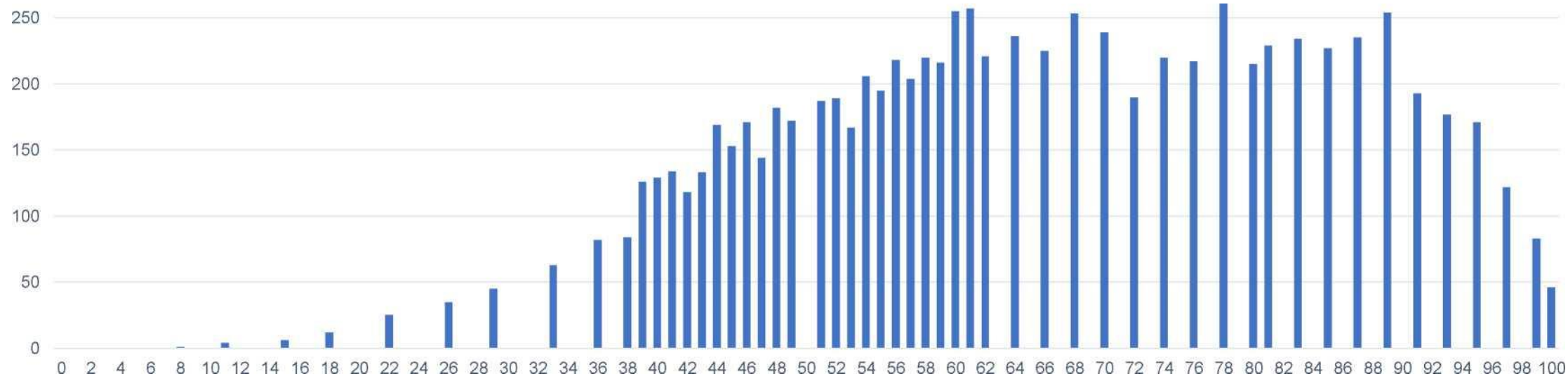
## Участники и результаты (Москва)

Период участия	Участники основного периода	
	количество, чел.	% от общего числа
<b>2021</b>	<b>10 557</b>	<b>13,60</b>
<b>2022</b>	<b>8959</b>	<b>11,46</b>
<b>2023</b>	<b>8550</b>	<b>11,02</b>

## Средний процент выполнения заданий КИМ ЕГЭ по физике



## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕСТОВЫХ БАЛЛОВ В 2023 ГОДУ



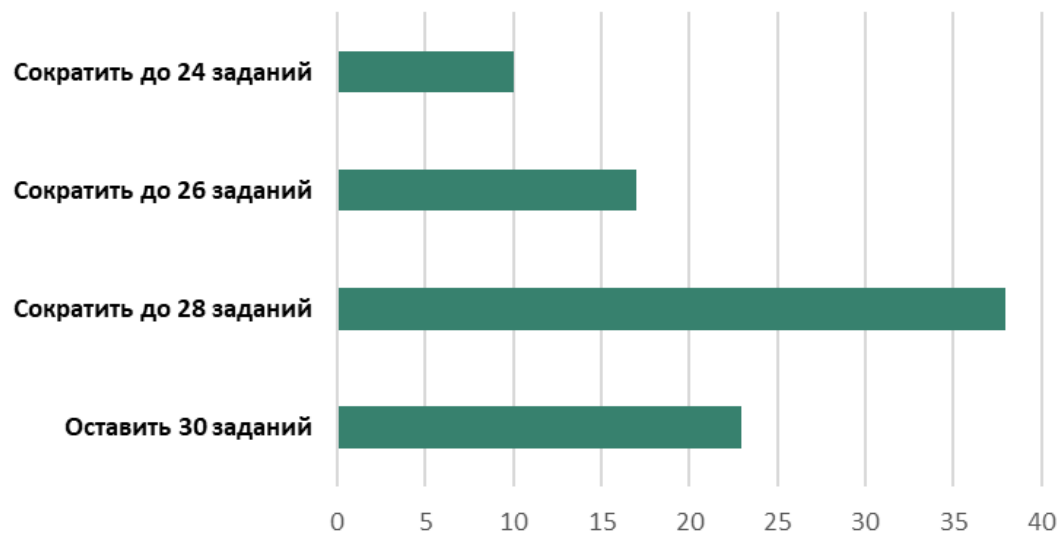
## Совершенствование КИМ ЕГЭ по физике

- ❖ Рекомендации совещания с представителями физико-технических ВУЗов
- ❖ Поручение научно-методического совета по физике при ФИПИ
- ❖ Учет результатов анкетирования среди учителей, методистов, преподавателей ВУЗов, имеющих опыт подготовки обучающихся к ЕГЭ по физике, опыт работы в региональных предметных комиссиях по проверке заданий с развернутым ответом (46 субъектов РФ)

Анкетирование. Сокращение моделей заданий



Анкетирование. Количество заданий в КИМ



## Особенности КИМ ЕГЭ

### Сокращение объема проверяемых элементов содержания

- ❖ Удалены из кодификатора:
  - «Первая космическая скорость», «Вторая космическая скорость»
  - раздел «Основы СТО»
  - «Волновые свойства частиц. Волны Де Бройля»
  - «Дифракция электронов на кристаллах»
  - «Лазер»
  - «Энергия связи нуклонов в ядре. Ядерные силы»
  - «Дефект масс ядра»

**В кодификаторе 127 пунктов**

## Особенности КИМ ЕГЭ

Нет в кодификаторе

НУЖЕН  
ВЫВОД

$$A = \nu R \Delta T$$

$$Q = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$$

$$Q = \frac{5}{2} p \Delta V$$



## Особенности КИМ ЕГЭ

- ❖ Число заданий **сокращено** с 30 до 26
- ❖ Максимальный первичный балл **уменьшился** с 54 до 45
- ❖ Время выполнения работы **осталось прежним** – 3ч 55 мин.

### Часть 1

- ❖ **Удалены** 3 линии заданий
- ❖ Одно из заданий с кратким ответом в виде числа перенесено из раздела «МКТ и термодинамика» в раздел «Механика»
- ❖ **Сокращен** общий объем проверяемых элементов содержания, а также спектр проверяемых элементов содержания в заданиях базового уровня с кратким ответом
- ❖ **Исключены** задания на распознавание графиков зависимостей физических величин
- ❖ **Исключены** задания на соответствие формул и величин, которые можно рассчитать по этим формулам

## ЕГЭ по физике: типичные ошибки и как от них избавиться

Ученик исследовал движение бруска по наклонной плоскости. Он определил, что брусок, начиная движение из состояния покоя, проходит 20 см с ускорением  $1,6 \text{ м/с}^2$ . Установите соответствие между зависимостями, полученными при исследовании движения бруска, и уравнениями, выражающими эти зависимости.

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

### ЗАВИСИМОСТИ

- А) зависимость пути  $l$ , пройденного бруском, от времени  $t$
- Б) зависимость модуля скорости бруска  $v$  от пройденного пути  $l$

### УРАВНЕНИЯ

- 1)  $l = At^2$ , где  $A = 0,8 \text{ м/с}^2$
- 2)  $l = Bt^2$ , где  $B = 1,6 \text{ м/с}^2$
- 3)  $v = Dl$ , где  $D = 1,8 \text{ с}^{-1}$
- 4)  $v = C\sqrt{l}$ , где  $C \approx 1,8 \sqrt{\text{м/с}}$

Ответ:

А	Б

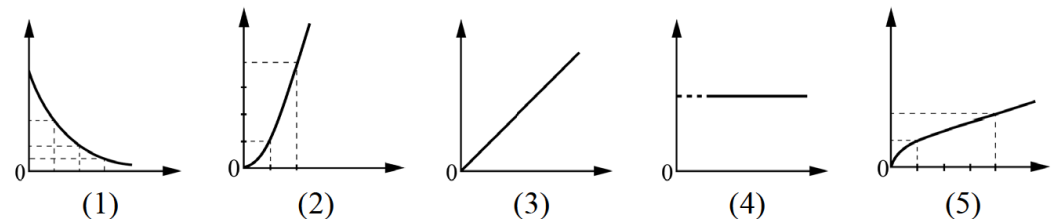
← Таких заданий больше нет

Таких заданий больше нет →

Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость периода свободных колебаний математического маятника от длины нити маятника;
- Б) зависимость силы тока по участку цепи, содержащему резистор сопротивлением  $R$ , от напряжения на резисторе;
- В) зависимость числа нераспавшихся ядер радиоактивного элемента от времени.

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. Цифры в ответе могут повторяться.



Ответ:

А	Б	В

## Особенности КИМ ЕГЭ-2024

### Часть 2

❖ **Удалено 1 задание** – расчетная задача высокого уровня сложности на 3 балла. (задача по квантовой физике). Задания по квантовой физике в части 2 отсутствуют

### Структура КИМ (сокращено тематическое разнообразие)

- ❖ №21 (3 балла) – **качественная** задача (молекулярная физика или электродинамика)
- ❖ №22 (2 балла) – **расчетная** задача по механике
- ❖ №23 (2 балла) – **расчетная** задача по электродинамике или молекулярной физике
- ❖ №24 (3 балла) – **расчетная** задача по молекулярной физике
- ❖ №25 (3 балла) – **расчетная** задача по электродинамике (электростатика, постоянный ток, магнитное поле, ЭМИ)
- ❖ №26 (4 балла) – **расчетная** задача по механике (динамика или законы сохранения в механике)

Каждый вариант экзаменационной работы включает в себя **26 заданий**.

### По типу заданий:

- Часть 1 - **20 задания ( 28 первичных балла)** с кратким ответом, из них:
  - 11 заданий с ответом в виде числа или двух чисел;
  - 9 заданий с ответом в виде последовательности цифр.
- Часть 2 - **6 заданий (17 первичных баллов)** с развёрнутым ответом

### По уровню сложности:

- Базовый – 17 заданий (22 первичных баллов);
- Повышенный – 6 заданий (13 первичных баллов);
- Высокий – 3 задания (10 первичных баллов)

Максимальный первичный балл за работу – 45 балла.

Общее время выполнения работы – 3 часа 55 минут (235 мин)

## ЗАДАНИЯ С КРАТКИМ ОТВЕТОМ типичные ошибки

Механика (задание №2) - средний процент выполнения **61,27%**

У поверхности Луны на космонавта действует сила тяготения 120 Н. Какая сила тяготения действует со стороны Луны на того же космонавта в космическом корабле, движущемся по круговой орбите вокруг Луны на расстоянии двух лунных радиусов от ее центра?

### Типичные ошибки:

Несформированная читательская грамотность, при прочтении вопроса была допущена ошибка.

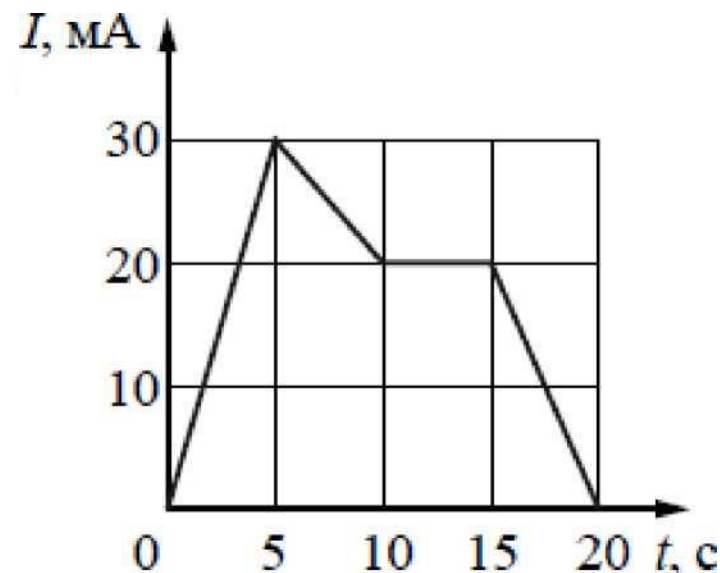
### Для улучшения результата:

Решать задачи на закон всемирного тяготения.

## ЗАДАНИЯ С КРАТКИМ ОТВЕТОМ типичные ошибки

Электродинамика (задание № 13) - средний процент выполнения **65,64%**

На рисунке приведён график зависимости силы тока  $I$  от времени  $t$  в электрической цепи, содержащей катушку, индуктивность которой равна  $1$  мГн. Определите модуль ЭДС самоиндукции в катушке в интервале времени от  $15$  до  $20$  с.



### Типичные ошибки:

- Незнание явления самоиндукции.
- Незнание формулы ЭДС самоиндукции.
- Несформированность навыков расчета.

### Для улучшения результата:

- Решать задачи на явление самоиндукции.
- Повторить формулы из кодификатора ФИПИ.

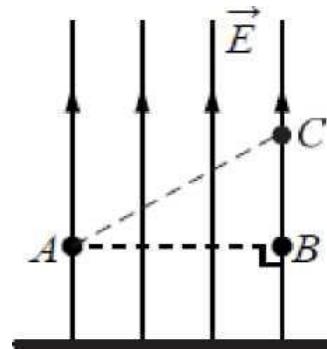
## ЗАДАНИЯ С МНОЖЕСТВЕННЫМ ОТВЕТОМ типичные ошибки

Электродинамика (задание № 15) - средний процент выполнения **64,02%**

15

На рисунке изображены линии напряжённости однородного электростатического поля, созданного равномерно заряженной протяжённой горизонтальной пластиной.

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно ситуации, показанной на рисунке.



- 1) Работа электростатического поля по перемещению точечного положительного заряда из точки  $A$  в точку  $B$  положительна.
- 2) Если в точку  $B$  поместить точечный отрицательный заряд, то на него со стороны пластины будет действовать сила, направленная вертикально вверх.
- 3) Напряженность электростатического поля в точке  $A$  меньше, чем в точке  $C$ .
- 4) Потенциал электростатического поля в точке  $B$  выше, чем в точке  $C$ .
- 5) Заряд пластины положительный.

### Типичные ошибки:

- Неумение применять формулы и законы электростатики.
- Непонимание однородности электростатического поля пластины.

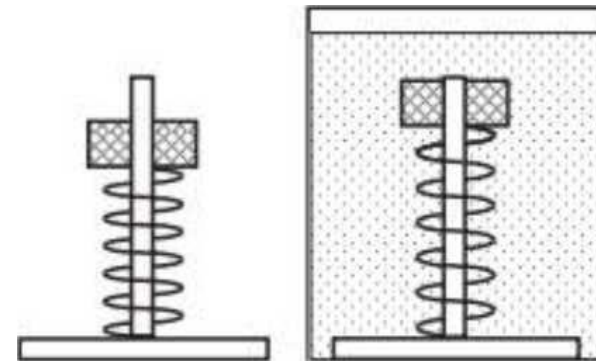
### Для улучшения результата:

- Повторить законы электростатики.
- Обратиться к заданиям для самостоятельной подготовки к ЕГЭ.

## КАЧЕСТВЕННАЯ ЗАДАЧА типичные ошибки

**Механика - средний процент выполнения 21,3%**

Два деревянных кольца детских пирамидок № 1 и № 2, способных без трения скользить по оси, соединили с основаниями двумя одинаковыми лёгкими пружинками (см. рисунок). Пирамидку № 2 поместили в прочный сосуд с глицерином, прикрепив основание к его дну. Обе пирамидки покоятся относительно Земли. Плотность глицерина больше плотности дерева. Как изменится по сравнению с этим случаем (увеличится, уменьшится или останется прежней) длина пружин пирамидок № 1 и №2 во время свободного падения с балкона высокого дома? Сопротивлением воздуха пренебречь. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения



Пирамидка № 1

Пирамидка № 2

### Типичные ошибки:

- Неверное определение направления сил. Непонимание про равенство нулю силы Архимеда.
- Неумение правильно и полно сформулировать ответ.

### Для улучшения результата:

- Внимательно читать условие задачи.
- Выделять физические явления и законы при анализе физических процессов.
- Находить причинно-следственные связи между физическими явлениями и процессами.
- Объяснять в качественных задачах происходящие процессы, опираясь на законы физики, и формулировать полный ответ в письменном виде.





## РАСЧЕТНАЯ ЗАДАЧА (2 балла) типичные ошибки

**Термодинамика - средний процент выполнения 64 %**

В стакан калориметра, содержащий 250 г воды, опустили кусок льда массой 140 г, имевшего температуру 0 °С. После того как наступило тепловое равновесие, весь лед растаял, и температура воды стала равной 0 °С. Определите начальную температуру воды. Теплоемкостью калориметра и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

### Типичные ошибки:

- Неверная запись уравнения теплового баланса.
- Неумение использовать калькулятор для расчетов.

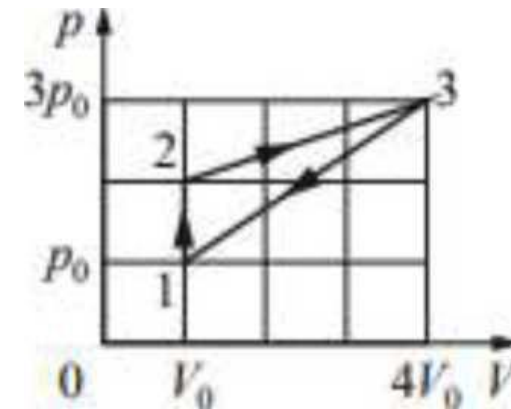
### Для улучшения результата:

- Что такое  $\Delta$  ?
- Повторить формулы для количества теплоты.
- Повторить задачи на уравнение теплового баланса.

## РАСЧЕТНАЯ ЗАДАЧА (3 балла) типичные ошибки

Термодинамика - средний процент выполнения **31,4 %**

В цикле, показанном на  $pV$ -диаграмме,  $\nu = 4$  моль разреженного гелия получает от нагревателя количество теплоты  $Q = 120$  кДж. Найдите температуру гелия в состоянии 2.



### Типичные ошибки:

- Формула работы газа  $A = p\Delta V$  может быть использована только для изобарного процесса.
- Определение вида изопроцессов.

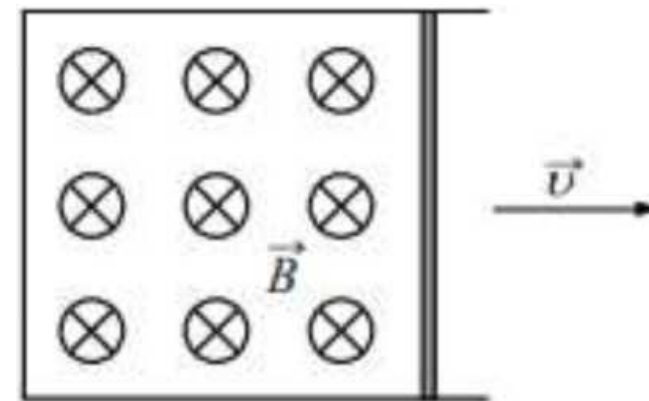
### Для улучшения результата:

- Работа газа – это площадь!
- Решение задач по МКТ и ТД по темам: изопроцессы, первый закон ТД, КПД цикла.
- Повторить все формулы из кодификатора ФИПИ.

## РАСЧЕТНАЯ ЗАДАЧА высокого уровня сложности (3 балла) типичные ошибки

**Электродинамика - средний процент выполнения 28,8 %**

Металлический стержень, согнутый в виде буквы П, закреплён в горизонтальном положении (см. рисунок). На параллельные стороны стержня опирается концами перпендикулярная перемычка прямоугольного поперечного сечения массой 370 г и длиной 1 м. Сопротивление перемычки равно 0.025 Ом. Вся система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией 0.1 Тл. Какую горизонтальную силу нужно приложить к перемычке, чтобы двигать её с постоянной скоростью 2 м/с, если коэффициент трения между стержнем и перемычкой равен 0,2? Сопротивлением стержня пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на перемычку.



### Типичные ошибки:

- Неверно сделан рисунок с указанием сил.
- Неверно записан 2 закон Ньютона.

### Для улучшения результата:

- Решать задачи на правило Ленца и силу Ампера.
- Учиться описывать все вновь вводимые физические величины.

## РАСЧЕТНАЯ ЗАДАЧА высокого уровня сложности (4 балла) типичные ошибки

**Механика - средний процент выполнения: I – 14,9 %  
II – 34,5%**

Два небольших массивных шара массами  $m_1 = 0,2\text{ кг}$  и  $m_2 = 0,3\text{ кг}$  закреплены на концах невесомого стержня  $AB$ , лежащего горизонтально на опорах  $C$  и  $D$ . Длина стержня  $AB$   $L = 1\text{ м}$ , а расстояние  $AC$  равно  $0,2\text{ м}$ . Сила давления стержня на опору  $D$  в 2 раза больше, чем на опору  $C$ . Каково расстояние между опорами  $CD$ ? Сделайте рисунок с указанием внешних сил, действующих на систему тел «стержень и шары». Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



### Типичные ошибки:

- При введении ИСО нет указания на тело отсчета.
- Неверное указание на то, что стержень является материальной точкой.
- Неверно указаны условия равновесия.
- Не указан третий закон Ньютона.

### Для улучшения результата:

- Изучить условия применимости законов динамики и статики (законы Ньютона, условия равновесия).
- Изучить кинематические и динамические связи для систем связанных тел.
- Изучить условия применимости законов сохранения импульса и механической энергии.

## СОВЕТЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

- ❖ Учиться видеть в окружающих нас **повседневных явлениях** физическое начало
- ❖ Выявлять **причинно-следственные связи** между процессами и явлениями, о которых идет речь в задании
- ❖ Учиться составлять **логические цепочки** рассуждений, приводящие к правильному ответу
- ❖ Учиться **грамотно излагать** решение в письменном виде
- ❖ Учиться **аккуратно оформлять** решение в письменном виде
- ❖ Записав все необходимые и достаточные формулы для решения задачи, выполнить полностью **математические преобразования** и подстановки числовых данных в конечную формулу
- ❖ Оценивать конечный результат на **правдоподобность**

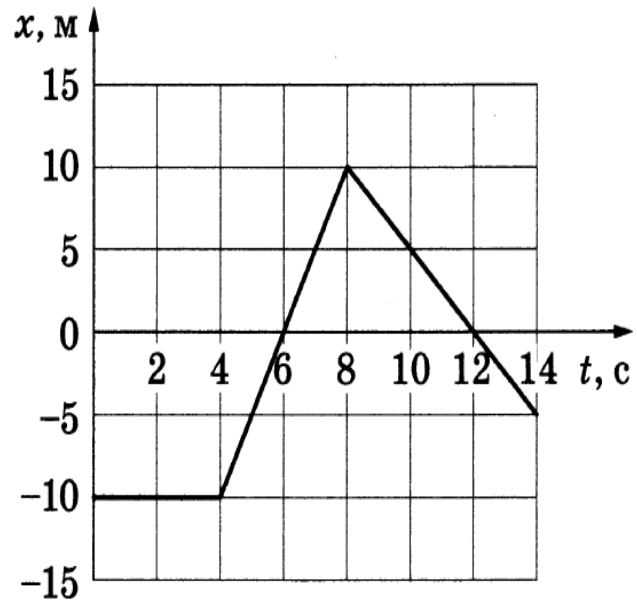
Обязательно выполнять рисунки при решении любых задач (даже в первой части!)

В условиях задач 1 части могут быть лишние данные!

Значения физических констант учить не обязательно!

1

На рисунке приведён график зависимости координаты тела  $x$  от времени  $t$  при прямолинейном движении тела вдоль оси  $Ox$ . Определите проекцию перемещения этого тела на ось  $Ox$  в промежутке времени от 0 до 14 с.

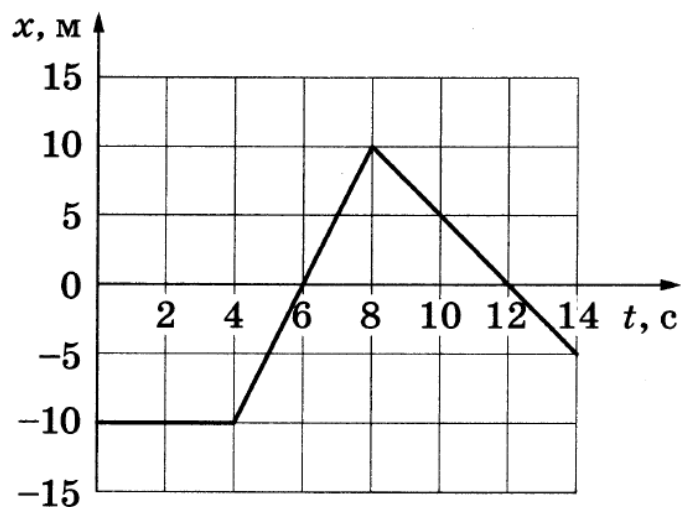


Ответ: \_\_\_\_\_ м.

5

1

На рисунке приведён график зависимости координаты тела  $x$  от времени  $t$  при прямолинейном движении тела вдоль оси  $Ox$ . Определите проекцию скорости этого тела на ось  $Ox$  в промежутке времени от 8 до 12 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

$$V_x = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = -2,5$$

6

Ученик исследовал движение бруска по наклонной плоскости. Он определил, что брусок, начиная движение из состояния покоя, проходит 20 см с ускорением  $1,6 \text{ м/с}^2$ . Установите соответствие между зависимостями, полученными при исследовании движения бруска, и уравнениями, выражающими эти зависимости.

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

**ЗАВИСИМОСТИ**

- А) зависимость пути  $l$ , пройденного бруском, от времени  $t$
- Б) зависимость модуля скорости бруска от пройденного пути  $l$

**УРАВНЕНИЯ**

- 1)  $l = At^2$ , где  $A = 0,8 \text{ м/с}^2$
- 2)  $l = Bt^2$ , где  $B = 1,6 \text{ м/с}^2$
- 3)  $v = Dl$ , где  $D = 1,8 \text{ с}^{-1}$
- 4)  $v = C\sqrt{l}$ , где  $C \approx 1,8 \sqrt{\text{м/с}}$

Ответ:

А	Б

**лишние данные**

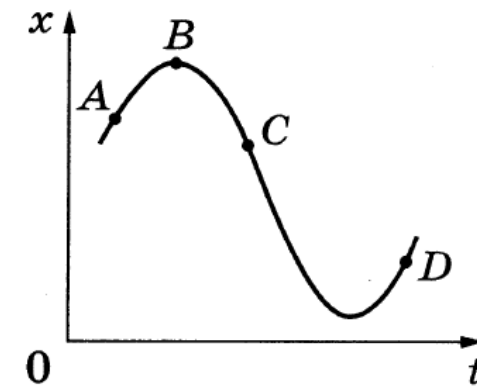
**А1  
Б4**



5

На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$ . Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

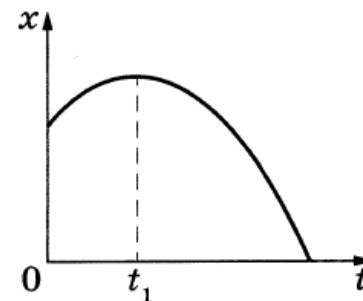
- 1) В точке  $C$  проекция скорости тела на ось  $Ox$  отрицательна.
- 2) На участке  $BC$  модуль скорости тела уменьшается.
- 3) Проекция перемещения тела на ось  $Ox$  при переходе из точки  $C$  в точку  $D$  отрицательна.
- 4) В точке  $D$  проекция ускорения тела на ось  $Ox$  положительна.
- 5) В точке  $A$  ускорение тела и его скорость направлены в одну сторону.



**скорость = производная!!!!**

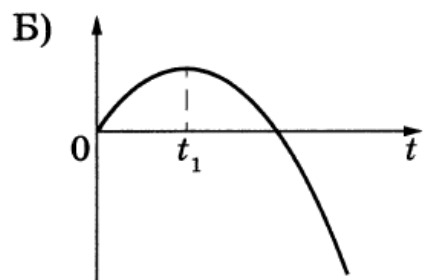
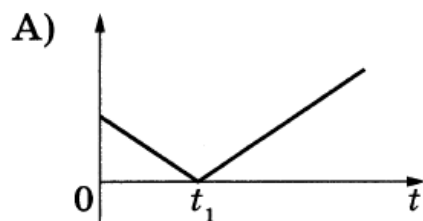
6

На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$  (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени  $t$ . Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.



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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция перемещения тела на ось  $x$
- 2) проекция ускорения тела на ось  $x$
- 3) кинетическая энергия тела
- 4) модуль скорости тела

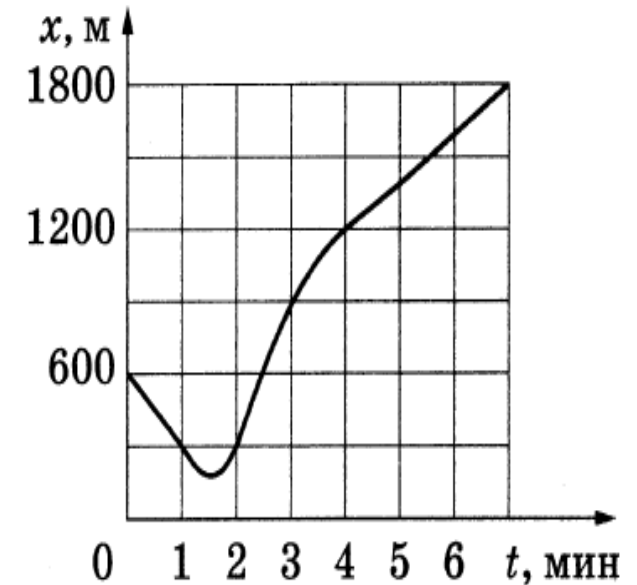
**скорость = производная!!!!**

**А4**

**Б1**

22

Автомобиль массой 2500 кг двигался по дороге. Его положение на дороге изменялось согласно графику зависимости координаты от времени (см. рисунок). Определите максимальную кинетическую энергию, которой автомобиль достиг при своём движении.



**скорость = производная!!!!**

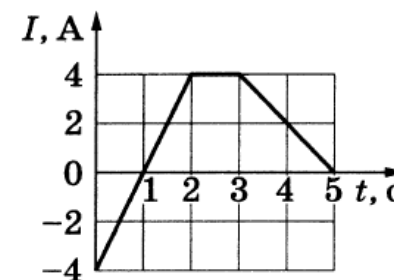
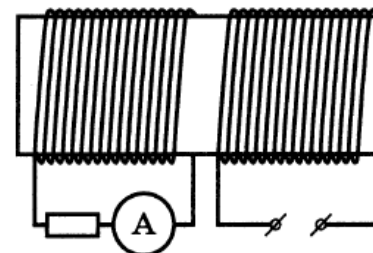
$$V_x = 10 \text{ м / с}$$

**125 кДж**

14

На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведённому графику. На основании этого графика выберите все верные утверждения о процессах, происходящих в катушках и сердечнике.

- 1) В промежутках времени 0–1 и 3–5 с ток в левой катушке протекает в противоположных направлениях.
- 2) В промежутке времени 2–3 с сила тока в левой катушке равна 4 А.
- 3) Модуль силы тока в левой катушке в промежутке времени 1–2 с больше, чем в промежутке 3–5 с.
- 4) В промежутке от 2 до 4 с модуль индукции магнитного поля в сердечнике не равен 0.
- 5) Скорость изменения магнитного потока, пронизывающего левую катушку, в промежутке времени 0–1 с по модулю меньше, чем в промежутке времени 3–5 с.

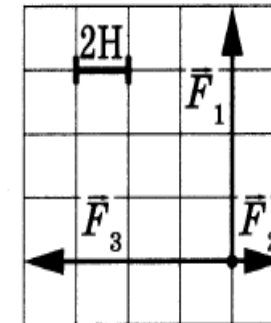


**скорость = производная!!!!**

2

На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на материальную точку. Сторона клетки соответствует 2 Н. Определите модуль равнодействующей приложенных сил.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.



**все площади считаем в «клеточках»**

5

На наклонной плоскости находится брусок массой 2 кг, для которого составлена таблица зависимости модуля силы трения  $F_{\text{тр}}$  от угла наклона плоскости к горизонту  $\alpha$  с погрешностью, не превышающей 0,01 Н. На основании данных, приведённых в таблице, используя закон сухого трения, выберите все верные утверждения.

$\alpha$ , рад	0	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$F_{\text{тр}}$ , Н	0	1,0	2,0	3,86	3,76	3,63	3,46	3,25	3,01	2,75	2,45	2,13

- 1) Сила трения покоя не зависит от угла  $\alpha$ .
- 2) При уменьшении угла наклонной плоскости к горизонту модуль силы трения скольжения увеличивается.
- 3) С ростом угла наклона модуль силы трения покоя увеличивается.
- 4) Коэффициент трения скольжения больше 0,25.
- 5) Когда угол наклона больше 0,6 рад, брусок скользит по наклонной плоскости.

рисунок с силами

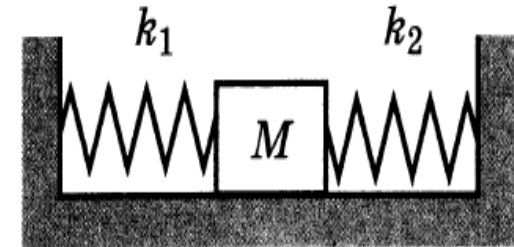
график для силы трения (покой –скольжение)

$\mu = 0,2$

235

2

Кубик массой 1 кг покоится на гладком горизонтальном столе, сжатый с боков пружинами (см. рисунок). Левая пружина жёсткостью  $k_1 = 400$  Н/м сжата на 4 см. С какой силой правая пружина действует на кубик?



Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

**СМЫСЛ ВСЕХ ЗАКОНОВ НЬЮТОНА!**

3

В инерциальной системе отсчёта тело движется по прямой под действием постоянной силы величиной 22 Н, не меняя направления. Начальный импульс тела равен 40 кг·м/с. Каким станет импульс тела через 3 с?

**СМЫСЛ ПОНЯТИЯ «ИМПУЛЬС»**



5

Искусственный спутник обращается вокруг Земли по вытянутой эллиптической орбите. В некоторый момент времени спутник проходит положение *максимального* удаления от Земли. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

- 1) Скорость спутника при прохождении этого положения максимальна.
- 2) Полная механическая энергия спутника при прохождении этого положения максимальна.
- 3) Импульс спутника при прохождении этого положения минимален.
- 4) Ускорение спутника при прохождении этого положения минимально.
- 5) Сила притяжения спутника к Земле при прохождении этого положения максимальна.

**скорость → импульс → кинетическая энергия**

14

От деревянного кольца № 1 отодвигают южный полюс полосового магнита, а от медного кольца № 2 — северный полюс другого полосового магнита (см. рисунок).



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно этих опытов.

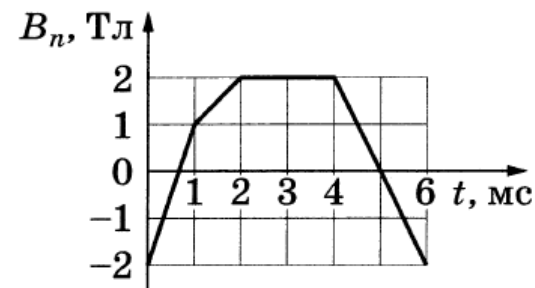
- 1) Кольцо № 2 отталкивается от магнита.
- 2) В кольце № 1 возникает индукционный ток.
- 3) В кольце № 2 возникает индукционный ток.
- 4) Кольцо № 1 отталкивается от магнита.
- 5) Кольцо № 2 следует за магнитом.

~

**следствие препятствует причине**

14

Проволочная рамка площадью  $60 \text{ см}^2$  помещена в однородное магнитное поле так, что плоскость рамки перпендикулярна вектору индукции  $\vec{B}$ . Проекция  $B_n$  индукции магнитного поля на нормаль к плоскости рамки изменяется во времени  $t$  согласно графику на рисунке.

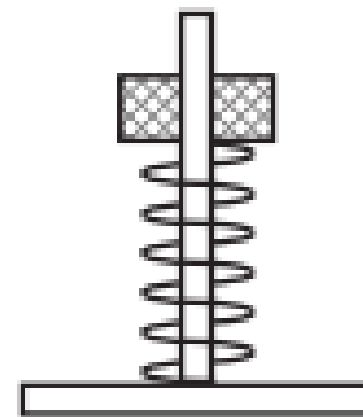


Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения о процессах, происходящих в рамке.

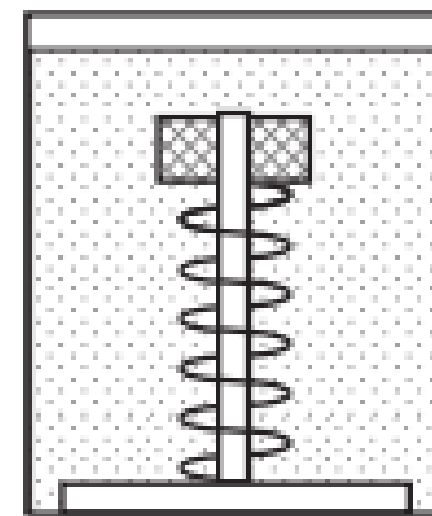
- 1) Модуль ЭДС электромагнитной индукции, возникающей в рамке, минимален в интервале времени от 0 до 1 мс.
- 2) Магнитный поток через рамку в интервале времени от 2 до 4 мс равен 6 мВб.
- 3) Модуль ЭДС электромагнитной индукции, возникающей в рамке, в интервале времени от 4 до 6 мс равен 12 В.
- 4) Модуль скорости изменения магнитного потока через рамку максимален в интервале времени от 0 до 1 мс.
- 5) Модуль ЭДС электромагнитной индукции, возникающей в рамке, максимален в интервале времени от 1 до 2 мс.

21

Два деревянных кольца детских пирамидок № 1 и № 2, способных без трения скользить по оси, соединили с основаниями двумя одинаковыми лёгкими пружинками (см. рисунок). Пирамидку № 2 поместили в прочный сосуд с глицерином, прикрепив основание к его дну. Обе пирамидки покоятся относительно Земли. Плотность глицерина больше плотности дерева. Как изменится по сравнению с этим случаем (увеличится, уменьшится или останется прежней) длина пружин пирамидок № 1 и № 2 во время свободного падения с балкона высокого дома? Сопротивлением воздуха пренебречь. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



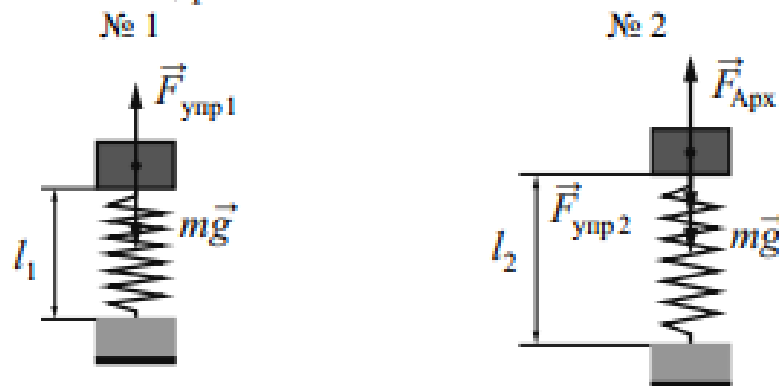
Пирамидка № 1



Пирамидка № 2

**Возможное решение**

1. Пружина пирамидки № 1 станет длиннее, а пружина пирамидки № 2 станет короче, чем в состоянии, когда пирамидки покоились.
2. Пока пирамидки покоились относительно Земли, пружина пирамидки № 1 была сжата так, чтобы сила упругости уравновесила силу тяжести, действующую на деревянное кольцо, а пружина пирамидки № 2 была растянута, так чтобы сила упругости и сила тяжести, действующие на деревянное кольцо, скомпенсировали силу Архимеда, равную по модулю весу вытесненного глицерина.



$$|\vec{F}_{упр1}| = m|g|$$

$$F_{Арх} = F_{упр2} + mg$$

$$|\vec{F}_{упр1}| = mg = k(l_0 - l_1)$$

$$|\vec{F}_{упр2}| = F_{Арх} - mg = k(l_2 - l_0),$$

$m$  – масса кольца,  $l_0$  – длина недеформированной пружины.

3. При свободном падении тело испытывает состояние невесомости: невесомы стали и кольцо, и глицерин. Сила Архимеда стала равна нулю.

4. При равном нулю весе всех предметов обе пружины перестали быть деформированными, при этом первоначально сжатая пружина № 1 увеличила свою длину, а растянутая № 2 – сократила

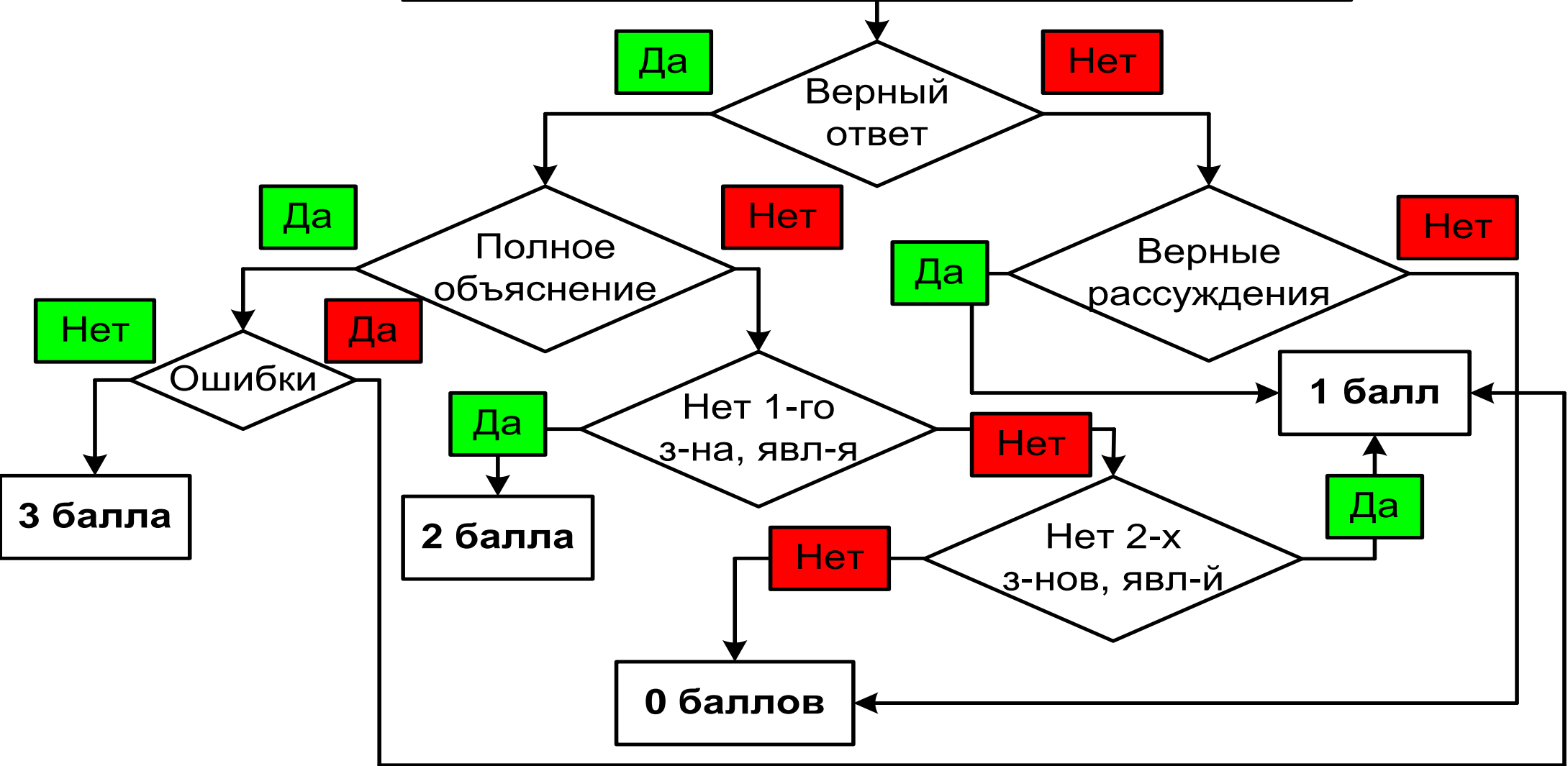


**Обобщенная схема оценивания** строится  
основании трех элементов решения:

- ***формулировка ответа;***
- ***объяснение;***
- ***прямые указания на физические явления и зако***



Алгоритм принятия решения экспертом при оценивании качественных задач №24



**На 1 балл:**

- Ответ дан правильный ИЛИ Неправильный

**И**

- Расстановка сил ИЛИ указание на силы, действующие на тело в состоянии покоя, ТОЛЬКО для ОДНОГО случая

- ИЛИ для ВТОРОГО случая ИЛИ для ДВУХ случаев. Формулы сил НЕ ТРЕБУЕМ, но должны быть указаны направления действия сил упругости, силы Архимеда и силы тяжести.

**На 2 балла:**

- Дан ПРАВИЛЬНЫЙ ответ

**И**

- Расстановка сил или указание на силы, действующие на тело в состоянии покоя, для ДВУХ случаев. Формулы сил НЕ ТРЕБУЕМ, но должны быть указаны направления действия сил упругости, силы Архимеда и силы тяжести.

**И**

- Описание движения при падении:

А) для первого случая указано на состояние невесомости, а для второго – даны неточные (некорректные) объяснения

**ИЛИ**

Б) для второго случая есть указание на отсутствие силы Архимеда (можно без упоминания о невесомости), а для первого случая даны неточные (некорректные) объяснения.

**На 3 балла:**

- Дан ПРАВИЛЬНЫЙ ответ

**И**

- Расстановка сил или указание на силы, действующие на тело в состоянии покоя, для ДВУХ случаев. Формулы сил НЕ ТРЕБУЕМ, но должны быть указаны направления действия сил упругости, силы Архимеда и силы тяжести.

**И**

- Описание движения при падении для ДВУХ случаев:

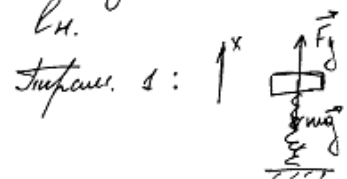
А) Для первого достаточно указать на невесомость без пояснения

Б) Для второго достаточно указать на отсутствие силы Архимеда или на невесомость.





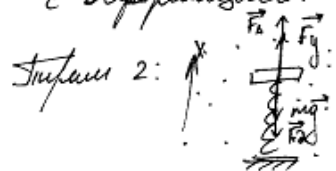
№21. Пусть длина недеформированной пружины равна  $l_0$ .



По 2 з. Ньютона на  $Ox$ :  
 $F_y - mg = 0$ ,  $a = 0$ , т.к. тело покоится

$|F_y| = k|\Delta x|$  по 3. Гука, где  $\Delta x$  — удлинение пружины. Тогда  $-k\Delta x = mg$

$\Delta x = -\frac{mg}{k}$ . Длина пружины первой пирамидки с деформацией:  $l_0 + \Delta x = l_0 - \frac{mg}{k}$ .



$F_A$  — сила архимеда  
 $F_D$  — сила давления измерена на кольцо пирамидки.

По 2 з. Ньютона на  $Ox$ :  
 $F_y + F_A - mg - F_D = 0$ ,  $a = 0$ , т.к. тело покоится

$$-k\Delta x = F_D + mg - F_A$$

$$\Delta x = \frac{F_A - F_D - mg}{k}$$

Длина с деф:  $l_0 + \Delta x =$

$$= l_0 + \frac{F_A - F_D - mg}{k}$$

Три падение пирамидок у них появляется ускорение свободной падение  $a = -g$

Тогда 2 з. Ньютона:

для 1:  $F_y - mg = -mg$   
 $F_y = 0$ ,  $\Rightarrow \Delta x = 0 \Rightarrow l_{\text{нн}} = l_0 - 0 = l_0$

для 2:  $F_y + F_A - mg - F_D = -mg$   
 $F_y = F_D - F_A$   
 $\Delta x = -\frac{F_D - F_A}{k}$ , Длина:  $l_0 - \frac{F_D - F_A}{k}$

Сравним длины пружинок:

1 шаг: было  $l_0 - \frac{mg}{k}$   
стало  $l_0 > l_0 - \frac{mg}{k}$

2 шаг: было  $l_0 - \frac{F_D - F_A - mg}{k}$   
стало  $l_0 - \frac{F_D - F_A}{k} > l_0 - \frac{F_D - F_A - mg}{k}$

Этикет длины пружинок при падении свободном падении пирамидок увеличились.

неверный ответ

1

№21.

Для пирамидки №1.  $m$ -масса верхнего камня,  $M$ -масса нижнего камня

Первый случай;

Второй закон Ньютона для верхнего камня:  $mg - k \Delta x_1 = 0 \Rightarrow mg = k \Delta x_1 \Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  пружина сжата

Второй случай:

Второй закон Ньютона:  $(M+m)g = Mg + mg - k \Delta x_2 + k \Delta x_3$

$k \Delta x_2 = k \Delta x_3 \Rightarrow$  пружина снизу ~~уже~~ удлинилась на столько же, сколько и сжалась сверху  $\Rightarrow$  пружина в недеформированном состоянии.

Так как пружина изначально была сжата, она удлинилась во втором случае относительно первого.

есть условие равновесия



21. У пирамиды №1 среда вокруг деревянного кольца и пружины - воздух.

$\rho_{\text{воздуха}}$  очень мала, поэтому  $\rho_{\text{дерев.}} > \rho_{\text{воздуха}}$ . На кольцо действует только сила тяжести и сила упругости.

У пирамиды №2 среда вокруг деревянного кольца и пружины - глицерин. Причем, по условию сказано, что  $\rho_{\text{глиц.}} > \rho_{\text{дерева}}$ , значит кольцо будет всплывать. На него будет действовать сила тяжести, упругости, а также выталкивающая сила, которая появилась из-за разности плотностей глицерина и дерева, а направлена она в сторону растяжения пружины, тем самым растяжение у пирамиды №1 будет меньше, чем растяжение в пирамиде №2

Ответ: длина пружинки увеличится.

1.4

есть упоминание о силах в двух случаях, но нет соотношения между ними и нет невесомости



№ 21.

Во время падения с балкона ~~пиррамидка~~ на пиррамиду № 1 не действует никакой силы, кроме своей собственной, т.к. сила сопротивления воздуха пренебрежимо мала. Из этого следует, что пружина не будет деформироваться и ~~что~~ её длина изменится в ходе полёта не будет.

Во время падения с балкона на пиррамиду № 2 действует ~~своя~~ давление шпуринки, т.к. плотность шпуринки  $>$  плотности дерева, но шпуринка будет давить на деревянное кольцо. Следовательно длина пружины будет увеличиваться по сравнению с начальным положением.

Ответ: 1 длина пружины не изменится,  
2 длина пружины увеличится.

21

Параллельно катушке индуктивности  $L$  включена лампочка (рис. *a*). Яркость свечения лампочки прямо пропорциональна напряжению на ней. На рис. *б* представлен график зависимости силы тока  $I$  в катушке от времени  $t$ . Активным сопротивлением катушки пренебречь. Изобразите график зависимости яркости свечения лампочки от времени. Опираясь на законы физики, объясните построение графика.

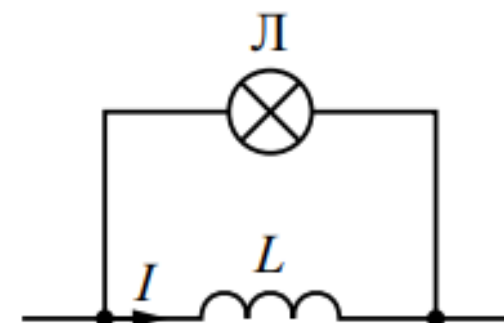
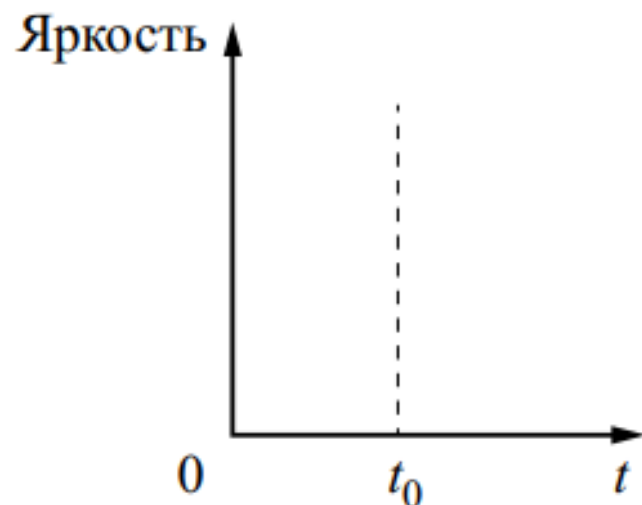


Рис. *a*

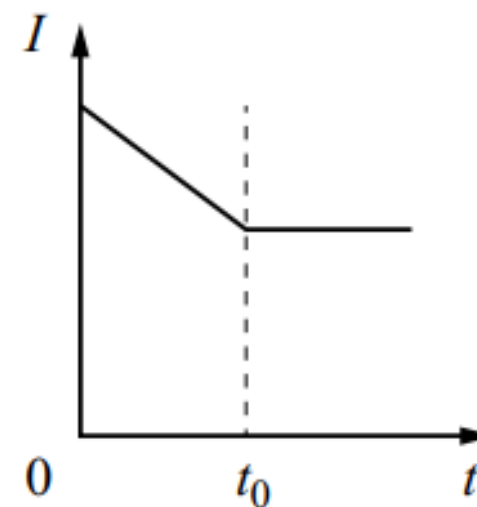


Рис. *б*



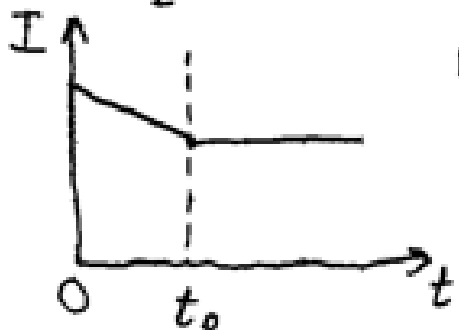
## №21

- 1) Правильный ответ – это правильный график яркости. Если график неверный, то не более 1 балла.
- 2) Требуем 3 положения:
  - $U_{\text{лампы}} = U_{\text{катушки}}$  (параллельное соединение)
  - ЭДС самоиндукции  $\mathcal{E}_{\text{is}} = -L \Delta I / \Delta t = \text{const}$  для 1-ого случая (обязательно, что скорость изменения тока постоянна из графика, следовательно  $\mathcal{E}_{\text{is}}$  постоянна и яркость постоянна, можно словами)
  - $\mathcal{E}_{\text{is}} = 0$  для 2-ого случая, т.к. изменение тока равно 0.
- 3) Если есть указание на параллельное соединение, правильный график, но описан только 1 из случаев, а для второго случая написано, допустим, «аналогично первому», то ставим 2 балла.
- 4) Если график нарисован только до  $t_0$ , а дальше линия, совпадающая с горизонтальной осью, отсутствует, то 1 балл.
- 5) Если нарисован до  $t_0$ , но прописано словами, что яркость равна 0, то принимаем без снижения.



21

Дано:



.....

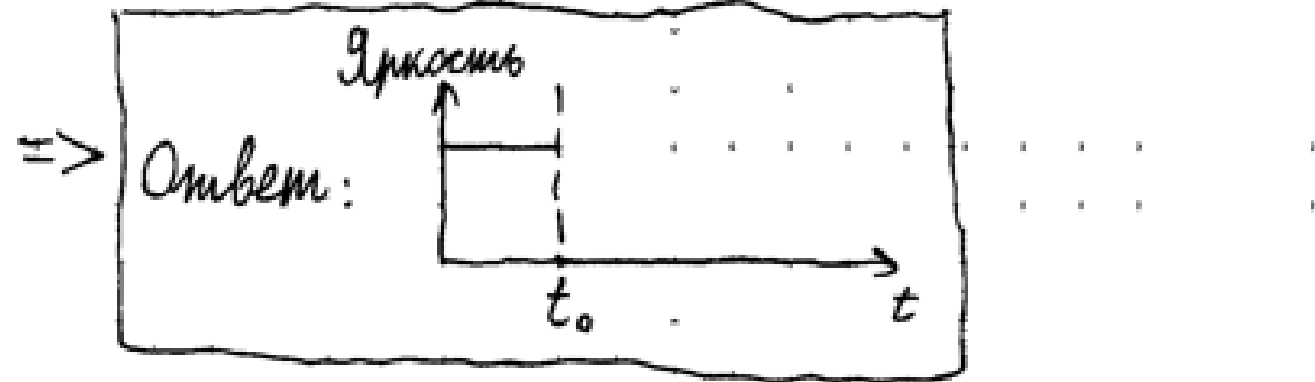
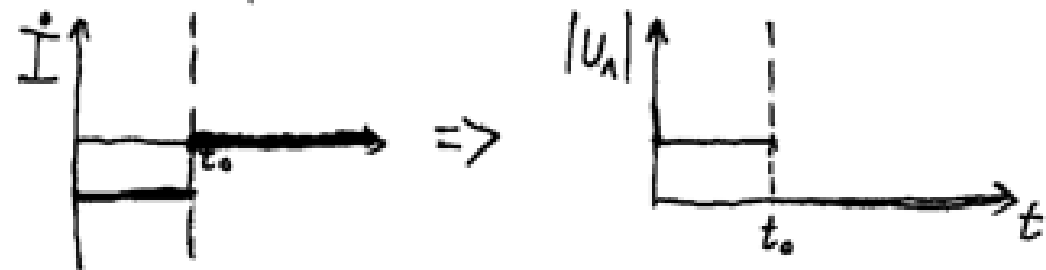
Яркость  $\sim |U_A|$

Найти:

Яркость(t)

Решение:

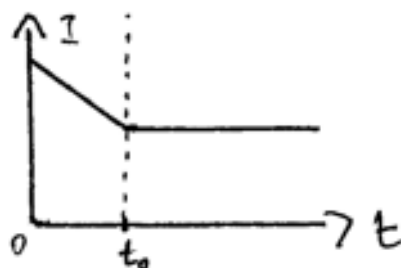
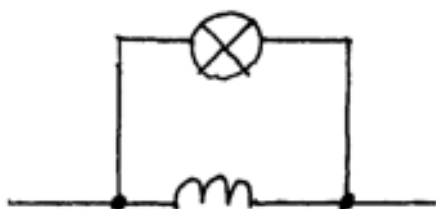
$$\text{Ярк} \sim |U_A| = |U_L| = |L \dot{I}| \sim |\dot{I}|$$



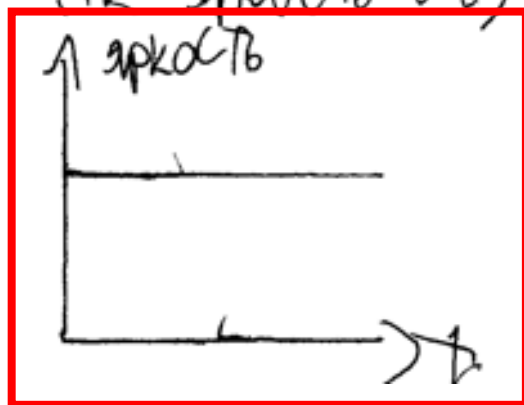
Нет указания на параллельное соединение элементов, указано только равенство напряжений.  
Пропущены логически важные шаги.



№21



До  $t_0$  ток в катушке убывал из-за постоянного возрастания сопротивления. Напряжение при этом НЕ МЕНЯЛОСЬ. Поскольку лампа и катушка соединены параллельно,  $U_k = U_l = U$ . Напряжение на лампе НЕ МЕНЯЛОСЬ. После  $t_0$  через катушку течет ток постоянной величины, сопротивление постоянно, напряжение постоянно ( $U_k = I_k R_k$ ,  $I_k = \text{const}$ ,  $R_k = \text{const}$  после  $t_0$ ),  $U_l = U_k = \text{const}$ . Напряжение на лампе в течение всего опыта НЕ ИЗМЕНЯЕТСЯ. Тогда не меняется и яркость (тк яркость  $\sim U$ )







22

В стакан калориметра, содержащий 150 г воды, опустили кусок льда, имевшего температуру 0 °С. Начальная температура калориметра с водой равна 55 °С. После того как наступило тепловое равновесие, весь лед растаял, и температура воды стала равной 0 °С. Определите массу куска льда. Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

### Возможное решение

1. Так как потери по условию отсутствуют, то всё количество теплоты, отданное водой при охлаждении от 55 °С до 0 °С, пошло на плавление льда, имеющего температуру плавления. Запишем уравнение теплового баланса:

$$\begin{aligned} |Q_{\text{отд}}| &= |Q_{\text{пол}}|, \text{ или} \\ cm_{\text{вод}}(t_{\text{гор}} - t_{\text{хол}}) &= \lambda m_{\text{лед}}, \\ \text{откуда } m_{\text{лед}} &= \frac{cm_{\text{вод}}(t_{\text{гор}} - t_{\text{хол}})}{\lambda}, \end{aligned}$$

где  $c$  и  $m_{\text{вод}}$  – удельная теплоёмкость и масса воды соответственно,  $\lambda$  и  $m_{\text{лед}}$  – удельная теплота плавления и масса растаявшего льда,  $t_{\text{гор}}$  и  $t_{\text{хол}}$  – начальная и конечная температура воды.

2. Подставив числовые значения, получим искомую величину:

$$m_{\text{лед}} = \frac{4200 \cdot 0,15 \cdot (55 - 0)}{3,3 \cdot 10^5} = 0,105 \text{ кг} = 105 \text{ г.}$$

Ответ:  $m_{\text{лед}} = 105 \text{ г}$



### 1. ПРИНИМАЕМ:

- 1)  $Q_1 + Q_2 = 0$
- 2)  $|Q_1| = |Q_2|$
- 3)  $Q_1 = - Q_2$
- 4)  $Q_1 = Q_2$

с правильными дальнейшими знаками, но если знаки неверные, то 1 балл (ошибка в математике)

### 2. ПРИНИМАЕМ

$\Delta t = \underline{\hspace{2cm}}$  °C, если сразу посчитано

3.  $Q = cm \Delta t$  – принимаем
4.  $Q = cm * 55$  – снижаем на 1 балл (цифры в формуле)
5.  $Q = cm * t_1$  (если  $t_2=0$ )- снижаем на 1 балл.
6.  $Cm_{\text{воды}}\Delta t = \lambda m_{\text{льда}}$  – принимаем
7. За одинаковые обозначения масс (при правильной подстановке) снижаем на 1 балл
8. Ответ могут дать в кельвинах, если найти надо температуру (принимаем). Но если в кельвины перевели НЕВЕРНО, то снижаем на 1 балл.

Задание 22.

$m_B = 150 \text{ г}$   
 $t_A = 0^\circ \text{C}$   
 $t_B = 55^\circ \text{C}$   
 $t = 0^\circ \text{C}$   
 $m_A = ?$   
 $c = 4200 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$   
 $\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

По ур-ию теплового баланса:

$Q_A + Q_B = 0$ , где  $Q_A$  - поглощенная льдом теплота

$Q_B$  - поглощенная водой теплота

$t_A = 0^\circ \text{C} \Rightarrow$  лед не нагревается, а только тает:

$$Q_A = \lambda \cdot m_A$$

$$Q_B = c \cdot m_B \cdot (t - t_B)$$

$$t = 0^\circ \text{C} \Rightarrow Q_B = -c m_B t_B$$

$$\lambda m_A - c m_B t_B = 0 \Rightarrow$$

$$m_A = \frac{c m_B t_B}{\lambda} = \frac{4200 \cdot 0,15 \cdot 55}{3,3 \cdot 10^5} = 0,105 \text{ кг} = 105 \text{ г}$$

Ответ:  $m_A = 105 \text{ г}$

№ 22,

Дано!

$$m_b = 0,15 \text{ кг}$$

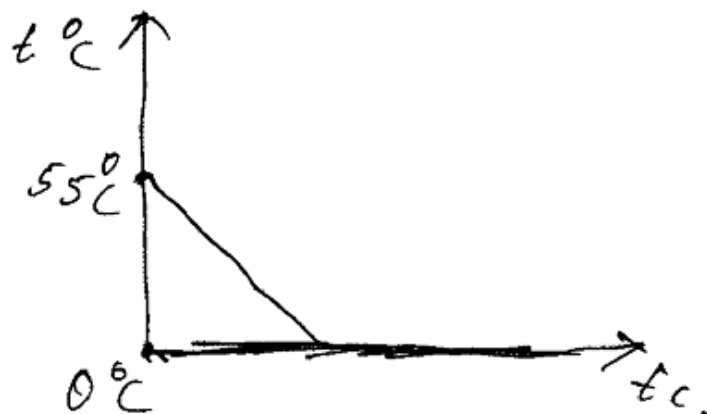
$$t_d = 0^\circ \text{C}$$

$$t_{kl} = 55^\circ \text{C}$$

$$t_k = 0^\circ \text{C}$$

$$m_d = (?)$$

Решение!



$$Q_1 + Q_2 = 0$$

$$-C m_b (t_k + t_{kl}) + \lambda m_d = 0$$

$$Q_1 = C m_b (t_k - t_{kl}) \quad \lambda m_d = C m_b (t_k + t_{kl})$$

$$Q_2 = \lambda m_d \quad m_d = \frac{C m_b (t_k + t_{kl})}{\lambda}$$



№22.

$$m_b = 150 \text{ г} \quad T_{b0} = 55^\circ \text{C}$$

$$m_n = ? \quad T_{b1} = 0^\circ \text{C} \quad T_n = 0^\circ \text{C}.$$

Теплота, полученная льдом при таянии -  $Q_n$ , водой при нагреве -  $Q_b$ .

№22 (прод.).

$$|Q_n| = |Q_b|$$

$$|m_n \cdot \lambda| = |m_b c_b (T_{b0} - T_{b1})|$$

$$m_n \cdot \lambda = m_b c_b (T_{b0} - T_{b1})$$

$$m_n = \frac{m_b c_b (T_{b0} - T_{b1})}{\lambda} = \frac{0,15 \cdot 4200 (55 - 0)}{3,3 \cdot 10^5}$$

$$= 0,105 \text{ кг} = 105 \text{ г}.$$

Ответ: 105 г.

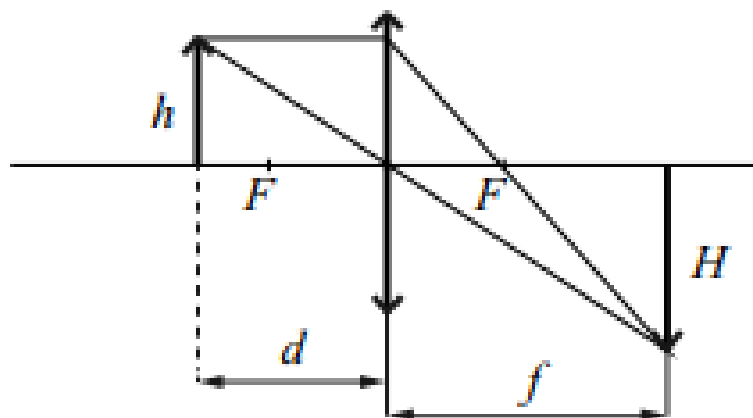
1.2

23

Предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы. Изображение предмета действительное. Отношение высоты изображения предмета к высоте самого предмета  $\Gamma = 2$ . Расстояние от предмета до линзы равно 30 см. Найдите фокусное расстояние линзы. Постройте изображение предмета в линзе.

### Возможное решение

Построим изображение предмета в линзе, используя свойства луча, проходящего через главный оптический центр линзы, и луча, параллельного её главной оптической оси.



По формуле тонкой линзы  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ .

Увеличение линзы  $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$ . Следовательно,  $f = \Gamma d$ .

Найдём фокусное расстояние линзы:  $F = \frac{\Gamma d}{\Gamma + 1} = \frac{2 \cdot 30}{2 + 1} = 20$  см.

Ответ:  $F = 20$  см

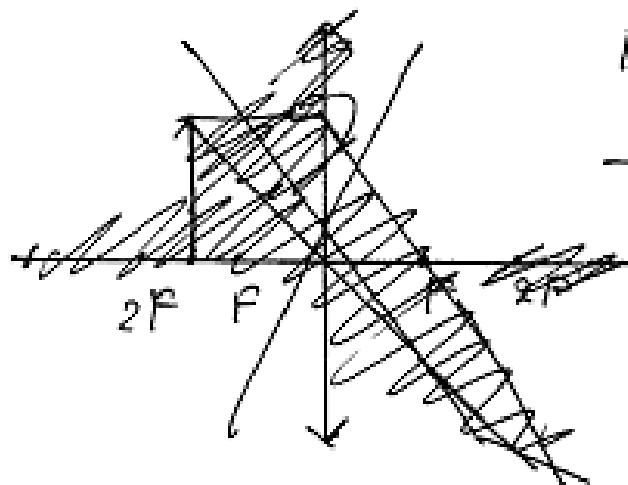


1. Есть правильный рисунок, но нет решения - 0б
2. Есть верное решение, но нет рисунка или он неверный - 1б.
3. В рисунке **снижаем**:
  - за неверное обозначение линзы ( при правильном построении)
  - за отсутствие точек фокусов
  - за построение изображения точечного источника света
4. В рисунке **НЕ снижаем**:
  - за отсутствие стрелок на лучах
  - за изображение хода лучей пунктиром
5. Можно решать только геометрически (**без формулы тонкой линзы**)
6. Перепутаны (переобозначены) обозначения  $f$  и  $d$  и задача решена верно – **НЕ СНИЖАЕМ!**
7.  $d$  и  $f$  перепутаны по условию, но задача для данного условия решена верно, то **СНИЖАЕМ** на 1 балл.
8. В формуле увеличения линзы сразу подставлены цифры (например:  $5=f/d$ ), то **снижаем** на 1 балл. Отсутствует обозначение увеличения линзы.

N 23.

Дано! | Решение:

$\Gamma = 2$   
 $d = 30 \text{ см}$   
 $F = ?$

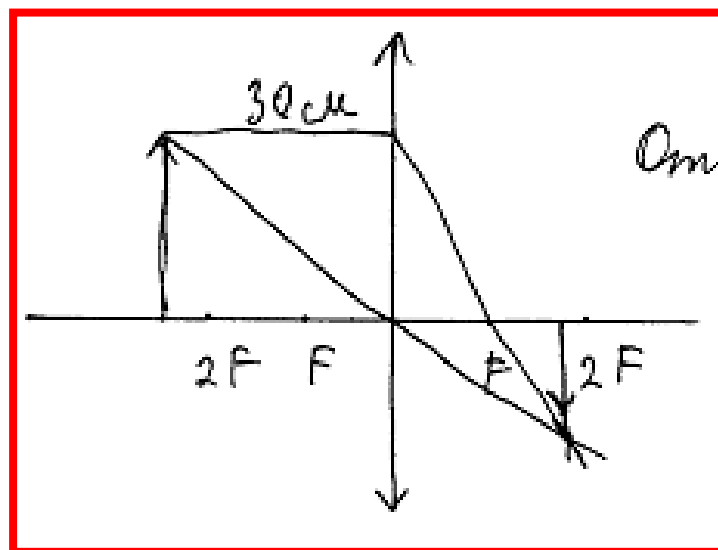


$$\Gamma = \frac{f}{d} \quad A = \Gamma d$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{\Gamma d} = \frac{\Gamma + 1}{\Gamma d}$$

$$F = \frac{\Gamma d}{\Gamma + 1} \quad F = \frac{2 \cdot 30}{3} = 20 \text{ см}$$



Ответ:  $F = 20 \text{ см}$

1.5





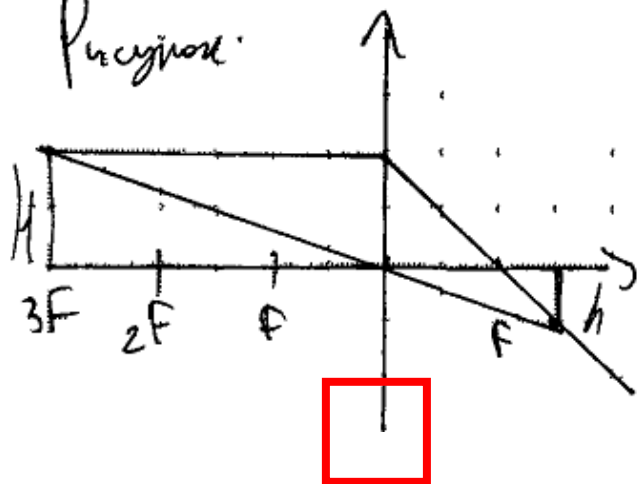
23. Дано:  $\Gamma = 2$   
 $b = 30 \text{ м}$   
 $F = ?$

Решим: 1) Т.к. изображение действительное, а миза является точкой наблюдения:  
 $\Gamma = \frac{H}{h} = 2$ , то  $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} = 2 \Rightarrow f = 2d = 60 \text{ м}$

2)  $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{60} + \frac{1}{30} = \frac{3}{60} \Rightarrow F = 20 \text{ м}$

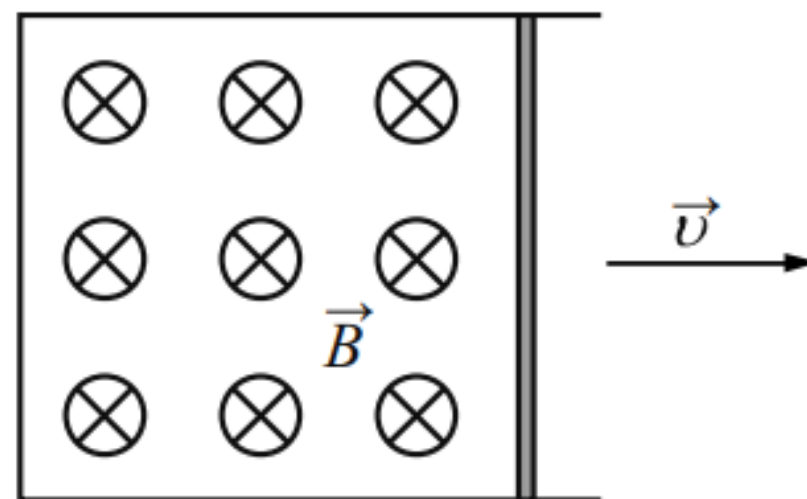
Ответ: 20 м

Рисунок:



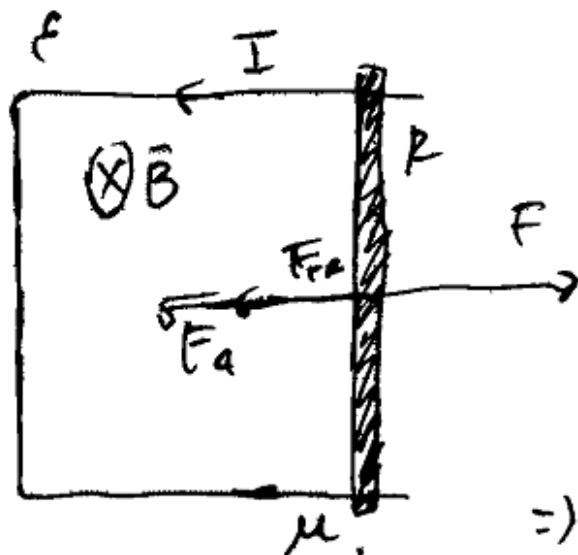
25

Металлический стержень, согнутый в виде буквы П, закреплён в горизонтальном положении (см. рисунок). На параллельные стороны стержня опирается концами перпендикулярная перемычка прямоугольного поперечного сечения массой 370 г и длиной 1 м. Сопротивление перемычки равно 0,025 Ом. Вся система



находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл. Какую горизонтальную силу нужно приложить к перемычке, чтобы двигать её с постоянной скоростью 2 м/с, если коэффициент трения между стержнем и перемычкой равен 0,2? Сопротивлением стержня пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на перемычку.

N 25.



$$F = F_A + F_{TR}$$

$$F_{TR} = \mu mg \quad F_A = BIL = B \frac{\mathcal{E}}{R} L =$$

$$= \frac{BL}{R} \cdot B \frac{dS}{dt} = \frac{B^2 L}{R} \cdot vL = \frac{B^2 L^2 v}{R}$$

$$\Rightarrow F = \mu mg + \frac{B^2 L^2 v}{R} = 0,2 \cdot 0,37 \cdot 10 + \frac{0,1^2 \cdot 1^2 \cdot 2}{0,025} =$$

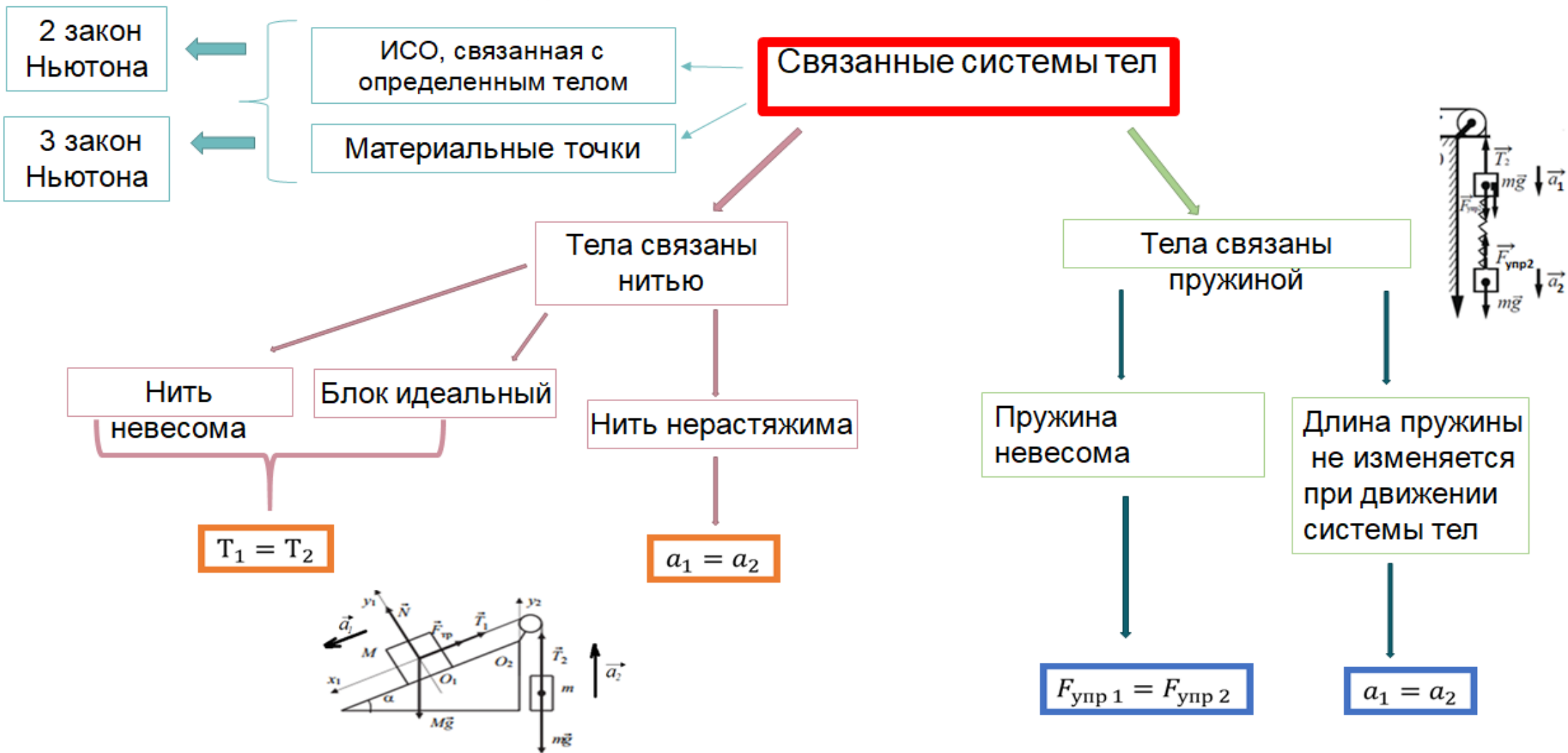
$$= 1,54 \text{ Н.}$$

Ответ: 1,54 Н.

2.5

нет силы тяжести и реакции опоры

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ ЗАКОНОВ ФИЗИКИ ПРИ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА СВЯЗАННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕЛ



1. При введении ИСО нет указания на тело отсчета

Обоснование:

→) Рассмотрим  $W$ , будем считать ее инерциальной

2. Неверно установлены причинно-следственные связи

1) Поскольку тела связаны одной нитью, они движутся с одним  $a$ , а силы  $T$  нити равны.

Неверный вариант обоснования:

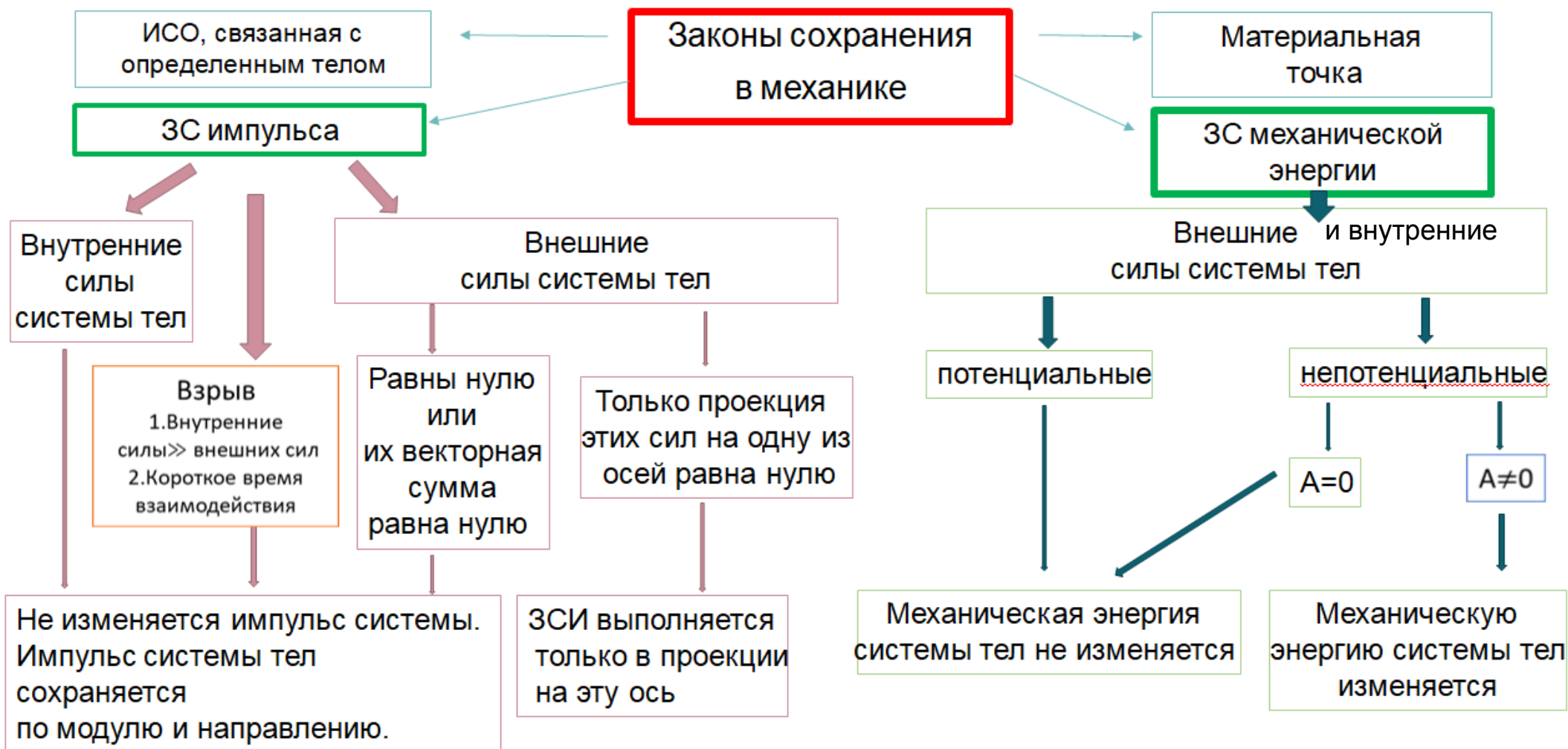
нить невесома и нерастяжима,  
равны модули сил натяжения и  
векторов ускорения тел

$$T_1 = T_2 = T;$$

$$a_1 = a_2 = a;$$

0 баллов

## ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ ЗАКОНОВ ФИЗИКИ ПРИ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАКОНОВ СОХРАНЕНИЯ



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

**ВСЯЧЕСКИХ ВАМ УСПЕХОВ!**

**IvanovDA@mpei.ru**