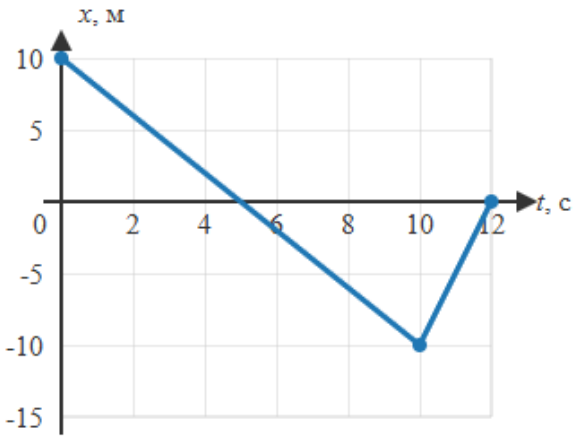
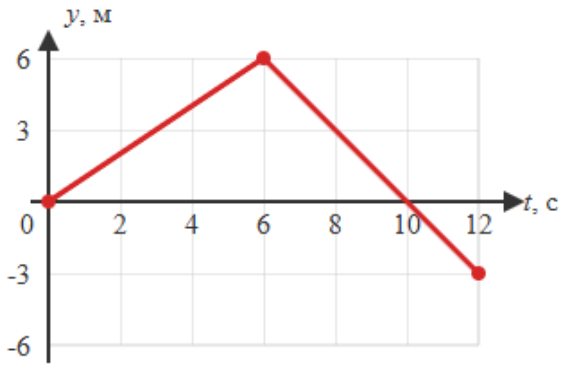
Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
в 2026-2027 учебном году

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*09.11.2026*	*10.00*	*13.00*

1. Длинный путь

Оси декартовой системы координат $X0Y$ введены в плоскости, по которой движется некая материальная точка. Графики зависимости её координат от времени $x(t)$ и $y(t)$ показаны на рисунке. Найдите длину пути, пройденного материальной точкой от момента времени $t_1 = 2$ с до момента времени $t_2 = 12$ с.





Возможное решение:

$v_x{}^1 = -2\frac{\text{м}}{\text{с}}, t \in [0;\ 10]$с; $v_{x2} = 5$ м/с, $t \in (10;\ 12]$ с;

$v_{y1} = 1$ м/с, $t \in [0;\ 6]$ с; $v_{y2} = -1{,}5$ м/с, $t \in (6;\ 12]$ с.

от 2 с до 12 с $L = \sqrt{4+1} \cdot 4 + \sqrt{4+2{,}25} \cdot 4 + \sqrt{25+2{,}25} \cdot 2 \approx 29{,}4$ м

Критерии оценивания:

1.	Идея находить скорость по угловым коэффициентам	**1**
2.	По угловому коэффициенту графика найдена $v_{x1} = -2$ м/с, $t \in [0;\ 10]$ с	**1**
3.	По угловому коэффициенту графика найдена $v_{x2} = 5$ м/с, $t \in (10;\ 12]$ с	**1**
4.	$v_{y1} = 1$ м/с, $t \in [0;\ 6]$ с	**1**
5.	$v_{y2} = -1{,}5$ м/с, $t \in (6;\ 12]$ с	**1**
6.	Найдена $L = \sqrt{4+1} \cdot 4 + \sqrt{4+2{,}25} \cdot 4 + \sqrt{25+2{,}25} \cdot 2 \approx 29{,}4$ м от 2 с до 12 с	**3**
7.	$L \approx 29{,}4$ м	**2**
	Итого:	**10**

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*09.11.2026*	*10.00*	*13.00*

2. Вода со льдом

В сосуд, на семь восьмых заполненный льдом при температуре $t_1 = -40$℃, наливают воду при температуре $t_2 = 80$℃. Известно, что в процессе установления теплового равновесия замерзло $\Delta m = 50$ г воды. В конце процесса содержимое сосуда заполняет его целиком. Определите объём сосуда. Плотность льда $\rho_1 = 900$ кг/м^3, плотность воды $\rho_2 = 1000$ кг/м^3, удельная теплоёмкость льда $c_1 = 2100$ Дж/(кг· ℃), удельная теплоёмкость воды $c_2 = 4200$ Дж/(кг· ℃), удельная теплота плавления льда $\lambda = 330$ кДж/кг. Теплоёмкостью сосуда и теплообменом с окружающей средой можно пренебречь.

Возможное решение:

Обозначим $k = 7/8$. В конце объем льда $kV + \frac{\Delta m}{\rho_1}$, объем воды $(1-k)V - \frac{\Delta m}{\rho_1}$. Значит, налили массу воды $\rho_2((1-k)V - \frac{\Delta m}{\rho_1}) + \Delta m$. Уравнение теплового баланса:

$$\rho_1 c_1 kV|t_1| = \lambda\Delta m + c_2\left(\rho_2(1-k)V + \Delta m\left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_1}\right)\right)t_2$$

$$V(\rho_1 c_1 k|t_1| - \rho_2 c_2(1-k)t_2) = \Delta m\left(\lambda + c_2\left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_1}\right)t_2\right)$$

$$V = \Delta m\frac{\lambda + c_2\left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_1}\right)t_2}{\rho_1 c_1 k|t_1| - \rho_2 c_2(1-k)t_2}$$

$$V = 0{,}05 \cdot \frac{330000 + 4200\cdot(1-\frac{10}{9})\cdot 80}{900\cdot 2100\cdot\frac{7}{8}\cdot 40 - 1000\cdot 4200\cdot\frac{1}{8}\cdot 80} \approx 6{,}1\cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \approx 0{,}61 \text{ л}.$$

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*09.11.2026*	*10.00*	*13.00*

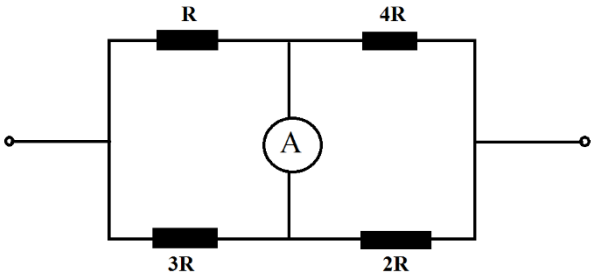
Критерии оценивания:

		баллы
1.	Объем льда в конце $kV + \frac{\Delta m}{\rho_1}$,	**1**
2.	Объем воды в конце $(1-k)V - \frac{\Delta m}{\rho_1}$	**1**
3.	Масса воды, которую налили $\rho_2((1-k)V - \frac{\Delta m}{\rho_1}) + \Delta m$	**2**
4.	Уравнение теплового баланса $$\rho_1 c_1 kV\lvert t_1\rvert = \lambda\Delta m + c_2\left(\rho_2(1-k)V + \Delta m\left(1-\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)\right)t_2$$	**3**
5.	Выражен объем $$V = \Delta m\frac{\lambda + c_2\left(1-\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)t_2}{\rho_1 c_1 k\lvert t_1\rvert - \rho_2 c_2(1-k)t_2}$$	**2**
6.	Найдено числовое значение $V = 0{,}05\cdot\frac{330000+4200\cdot(1-\frac{10}{9})\cdot 80}{900\cdot 2100\cdot\frac{7}{8}\cdot 40-1000\cdot 4200\cdot\frac{1}{8}\cdot 80}\approx$ $6{,}1\cdot 10^{-4}$ м^3 $\approx 0{,}61$ л	**1**
	Итого:	**10**

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*09.11.2026*	*10.00*	*13.00*

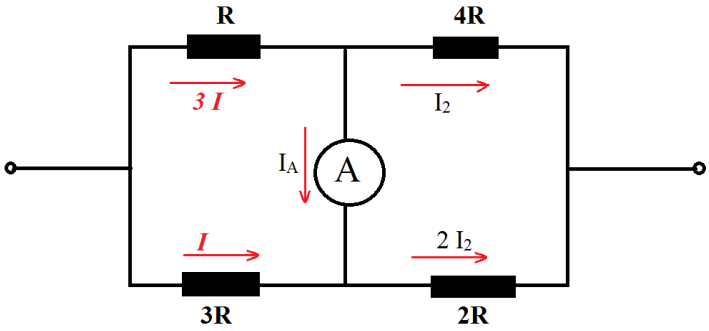
3. Идеальные приборы

Найдите показания идеального амперметра в цепи, изображенной на рисунке, если напряжение на выводах U = 10 В, а сопротивление R = 10 Ом. Какое напряжение покажет идеальный вольтметр, если его подключить в цепь вместо амперметра?



Возможное решение:

Расставим токи, выразим ток через амперметр: $I_A = 3I - I_2$,
Напряжение на батарее: $U = 3IR + 4I_2R$
Выразим токи: $4I = 3\,I_2$



Найдем ток через амперметр:

$$I_A = \frac{U}{5R} = 0,2\ A$$

Найдем напряжение на идеальном вольтметре:
Токи сверху и снизу выражаем, используя закон Ома U/5R
Тогда напряжение вольтметра: $U_v = 3/5\ U - 1/5\ U = 0,4\ U = 4$ В

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*09.11.2026*	*10.00*	*13.00*

Разбалловка:

	этапы решения	*соотношения*	*балл*
1.	Напряжение на идеальном амперметре равно нулю (замыкание)		0,5
2.	Расставлены токи, можно сразу использовать п.1		0,5
3.	Выражен ток через амперметр через токи верхних или нижних ветвей (правило Кирхгофа для узлов)	$I_A = 3I - I_2$	1
4.	Выражено напряжение через токи	$U = 3IR + 4I_2R$	1
5.	Сумма токов	$4I = 3\ I_2$	1
6.	Найден ток через амперметр *(за нахождение числового значения – 1 балл)*	$I_A = \frac{U}{5R} = 0{,}2$ А	2
7.	Идеальный вольтметр равносилен разрыву цепи (ток через вольтметр = 0)		1
8.	Найдены токи в верхнем и нижнем участках	$U/5R$	1
9.	Найдено напряжение вольтметра *(за нахождение числового значения – 1 балл)*	$U_v = 3/5\ U - 1/5\ U = 0{,}4\ U =$ 4 В	2
	Сумма за задачу:		**10**

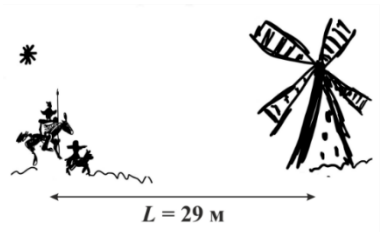
Комментарии: Можно написать правила Кирхгофа, решить с их помощью, можно использовать метод узловых потенциалов. Можно решать, находя сначала общее сопротивление: $R_1=25/12\ R$ (2 балла за п. 2-4) и дальше находить токи, используя закон Ома. При подключении вольтметра $R_2=2{,}5\ R$ (1 балл за п.7), а дальше находим токи, они одинаковы в случае вольтметра.

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*09.11.2026*	*10.00*	*13.00*

4. Во славу Дульсинеи из Тобоссо

Хитроумный идальго Дон Кихот Ламанчский выехал на своей кляче Росинанте из леса, остановился и увидел в 29 метрах от себя чудовищного великана – четырёхкрылую ветряную мельницу, крылья которой методично совершали 4 оборота в минуту. Чтобы поразить великана, Дон Кихоту необходимо подъехать к мельнице ровно в тот момент, когда одно из крыльев мельницы проходит нижнюю точку своей траектории. В каком положении должны находиться крылья мельницы в момент, когда Дон Кихот начнёт погонять Росинанта, чтобы идальго смог поразить великана? Не забудьте указать на рисунке, поясняющем ответ, направление вращения крыльев мельницы. График зависимости скорости Дон Кихота на Росинанте от времени приведён на рисунке. Размерами всех действующих в задаче лиц при расчётах следует пренебречь.

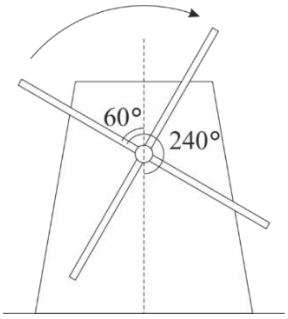




Возможное решение:

За время разбега t Дон Кихот преодолевает расстояние, соответствующее площади под графиком зависимости его скорости от времени на промежутке от 0 (момент начала разбега) до t. Разбив для удобства подсчёта площадь под графиком на треугольники и прямоугольники, можно определить, что расстояние в 29 м Дон Кихот преодолеет за $t = 10$ с. Крылья мельницы вращаются со скоростью $\omega = 4$ об/мин $= 4/60$ об/с $= 1/15$ об/с. Тогда за время разбега крылья успеют совершить $t \cdot \omega = 2/3$ оборота. Значит, крыло, которое поразит Дон Кихот, должно в момент начала разбега не доходить до нижней точки траектории 2/3 оборота ($2/3 \cdot 360^\circ = 240^\circ$).





Разбалловка:

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*09.11.2026*	*10.00*	*13.00*

	этапы решения	***соотношения***	***балл***
	Нахождение времени движения:		
1.	Расстояние, пройденное Дон Кихотом, определяется как площадь под данным графиком		1
2.	Затраченное на разбег время t находится между 8 с и 12 с		1
3.	Из подсчёта площади найдено t = 10 с	t = 10 с	3
	Нахождение начального положения крыльев мельницы:		
4.	Скорость вращения мельницы ω = 1/15 об/с (при решении через пропорцию балл начисляется, если минута правильно переведена в секунды).	ω = 1/15 об/с	1
5.	За время разбега мельница совершит t·ω оборотов (или составлена логически верная пропорция для нахождения количества оборотов)	N= t·ω оборотов	1
6.	Крылья совершат 2/3 оборота		1
7.	Написан (изображён) верный ответ при наличии решения *(Формулировка ответа допускает разночтение с верным ответом (например, на поясняющем рисунке не указано направление вращения крыльев) – **1 балл**).*		2
	Сумма за задачу:		**10**

Комментарии: время движения могут находить выписывая формулы для равномерного и равноускоренного движения, **тогда:**

- Правильно записана исходная формула для нахождения перемещения на участках равномерного движения – **1 балл**.
- Правильно записаны исходные формулы для нахождения перемещения на участках равноускоренного движения – **2 балла**.
- Найдено t = 10 с – **2 балла**.

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*09.11.2026*	*10.00*	*13.00*

5. Длинная пружина



Девятиклассник Ерофей при подготовке к зачёту по физике решил потренироваться. Подвешивая к пружине грузики по 50 граммов, Ерофей измерял рулеткой длину пружины и фиксировал полученные значения в таблице.

А дальше Ерофей завис… Помогите затормозившему Ерофею!

m, г	*100*	*150*	*200*	*250*	*300*	*350*	*400*	*450*	*500*
L, см	*18,5*	*20,9*	*23,0*	*25,2*	*27,5*	*29,8*	*32,3*	*33,2*	*33,5*

Необходимо по данным измерений: 1) построить график зависимости силы упругости $\boldsymbol{F_{упр}}$ от длины пружины $\boldsymbol{L}$; 2) используя график, определить длину недеформированной пружины и её жёсткость, указать границы погрешности; 3) определить по графику, какую длину имела пружина при подвешивании к ней одного груза 50 граммов.

Считайте, что абсолютная погрешность измерения длины рулеткой составляет 1 мм, а абсолютная погрешность определения массы во всех опытах равна 2 г. Ускорение свободного падения принять равным 9,8 м/с².

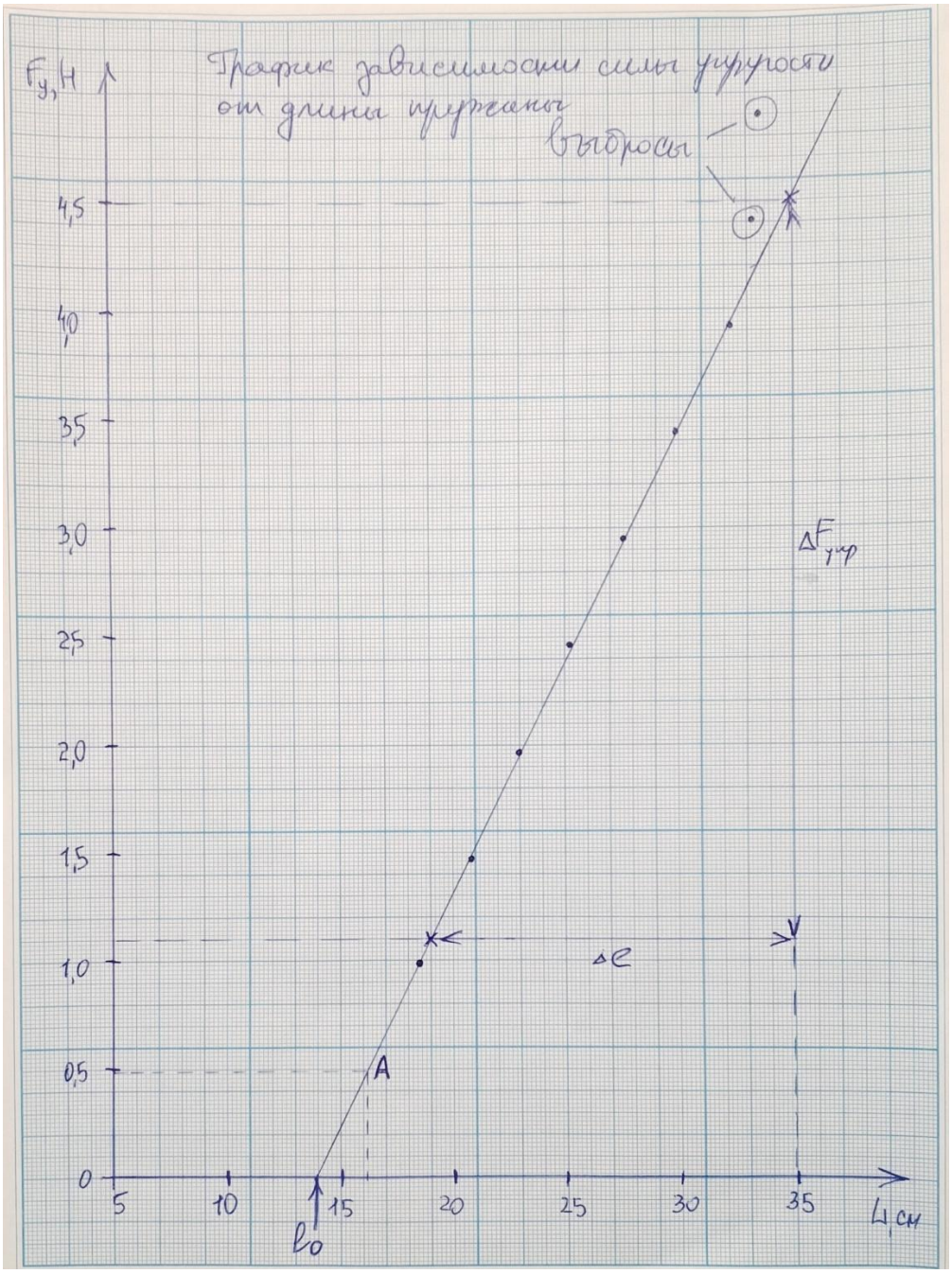
Возможное решение

Проведём вычисление силы упругости, возникающей в пружине, при подвешивании к ней грузов массы m: $\boldsymbol{F_{упр}=mg}$, считая ускорение свободного падения равным 9,8 м/с², а массу в килограммах.

m, г	*100*	*150*	*200*	*250*	*300*	*350*	*400*	*450*	*500*
L, см	*18,5*	*20,9*	*23,0*	*25,2*	*27,5*	*29,8*	*32,3*	*33,2*	*33,5*
$\boldsymbol{F_{упр}}$***, Н***	*0,98*	*1,47*	*1,96*	*2,45*	*2,94*	*3,43*	*3,92*	*4,41*	*4,90*

Построим график зависимости $\boldsymbol{F_{упр}(L)}$. Поставить усы погрешности на графике не получится, так как они малы. По точкам видим, что все за исключением двух последних хорошо ложатся на прямую линию, не будем их учитывать, это выбросы – погрешности малы.

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*09.11.2026*	*10.00*	*13.00*



Точка пересечения прямой с горизонтальной осью позволяет определить длину недеформированной пружины, т.е. без грузов: ***l_0=(13,8±0,2) см.***

Зная, что при подвешивании груза 50 г в пружине возникает сила упругости 0,49 Н, найдём по графику (точка А) соответствующее удлинение пружины 16,2 см.

Угловой коэффициент наклона прямой определим из графика:

$k = \frac{\Delta F_{\text{упр}}}{\Delta l} = \frac{(4{,}5-1{,}1)\text{Н}}{(0{,}35-0{,}19)\text{м}} \approx 21{,}3\,\frac{\text{Н}}{\text{м}}$ – это и есть жёсткость пружины.

Так как жёсткость определена отношением силы упругости пружины к её удлинению, то можно найти относительную погрешность измерения жёсткости через относительную погрешность массы грузов и длины пружины.

Найдём относительную погрешность наименьшей массы в эксперименте (при этом погрешность наибольшая):

$$\varepsilon_m = \frac{\Delta m}{m} = \frac{2\ \text{г}}{100\ \text{г}} = 0{,}02$$

Относительная погрешность удлинения пружины: $\varepsilon_l = \frac{2 \cdot \Delta l}{l} = \frac{2 \cdot 0{,}1\ \text{см}}{18{,}5\ \text{см}} \approx 0{,}01$

Тогда относительная погрешность измерения жёсткости не будет превышать их суммы:

$$\varepsilon_k = \varepsilon_m + \varepsilon_l = 0{,}03 = 3\%$$

$$\Delta k = \varepsilon_k \cdot k = 0{,}03 \cdot 21{,}3 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \approx 0.6 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Таким образом, жёсткость пружины $k = (21{,}3 \pm 0{,}6) \frac{\text{Н}}{\text{м}};\ \varepsilon_k = 3\%$

Примечание. При нахождении соответствующих значений не по графику, а по значениям из таблицы, ставятся баллы за сами числовые значения величин.

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*09.11.2026*	*10.00*	*13.00*

Критерии оценивания (максимум 10 баллов)

1) Приведена формула расчёта силы упругости через массу грузов $F_{упр}=mg$ **0,5 балла**

2) Исходная таблица дополнена значениями силы упругости **0,5 балла**

3) Построен график зависимости $\boldsymbol{F_{упр}(L)}$ **4 балла**

- *размер графика: не менее 12 см по каждой оси* *0,5 балла*
- *верно расположены и подписаны оси* *0,5 балла*
- *подходящий масштаб и оцифровка осей* *1 балл*
- *нанесены ВСЕ точки* *0,5 балла*
- *исключены обе точки – выбросы* *0,5 балла*
- *верно проведена **прямая** линия графика* *1 балл*

4) С помощью графика найдена длина недеформированной пружины **1 балл**

- *если l_0 в пределах [13,6-14,0] см* *1 балл;*
- *если l_0 в пределах [13,4-14,2] см* *0,5 балла.*

5) По графику найдено удлинение пружины для груза 50 г **1 балл**

- *если в пределах [16,0-16,4] см* *1 балл;*
- *если в пределах [15,8-16,6] см* *0,5 балла.*

6) По графику найден угловой коэффициент – жёсткость пружины **1 балл**

найдено значение $k = \frac{\Delta F_{\text{упр}}}{\Delta l}$

- *если в пределах [20,7-21,9]* $\frac{\text{Н}}{\text{м}}$ *1 балл;*
- *если в пределах [20,1-22,5]* $\frac{\text{Н}}{\text{м}}$ *0,5 балла.*

7) Описан способ определения границ погрешности жёсткости, произведена разумная оценка погрешности **1 балл**

Примечание. *Могут быть использованы другие алгоритмы оценки погрешности , отличающиеся от описанных (например метод границ, найдены максимальный и минимальный угловой коэффициенты, найдена их полуразность); при этом относительная погрешность не должна превышать 6%.*

8) Записан результат измерения жёсткости с указанием погрешности **1 балл**

$$k = (21{,}3 \pm 0{,}6)\,\frac{\text{Н}}{\text{м}};\ \varepsilon_k = 3\%$$

Предмет	*Класс*	*Дата*	*Время начала*	*Время окончания*
физика	*9*	*09.11.2026*	*10.00*	*13.00*

Рекомендации для жюри

Каждая задача оценивается из 10 баллов. Участники олимпиады могут предложить полные и верные решения задач, отличные от приведённых в ключе. За это они должны получить полный балл. Частичное решение или решение с ошибками оценивается, ориентируясь на этапы решения, приведённые в разбалловке. При этом верные выводы из ошибочных допущений не добавляют баллов. Если какой-то этап решения не полный, или частично правильный, то он оценивается частью баллов за этап. Если в решении участника олимпиады предложенные этапы объединены как один, то оценка проводится из суммарного балла. **Наличие лишь ответа без решения не оценивается.** При наличии у участника двух решений без указания, какое он считает верным, оценка проводится по худшему. Для удобства работы жюри решения и критерии оценки для каждой задачи приведены на отдельной странице и при необходимости снабжены комментарием. К некоторым задачам может приводиться два варианта решения. Следует держаться духа и буквы предлагаемой разбалловки, чтобы обеспечить сопоставимость проверки на разных площадках проведения.

С вопросами по критериям оценок можно обратится или по электронной почте masha.yuldasheva@mail.ru или по телефону 8-913-940-45-06 к председателю предметно-методической комиссии олимпиады *Юлдашевой Марии Рашидовне*.