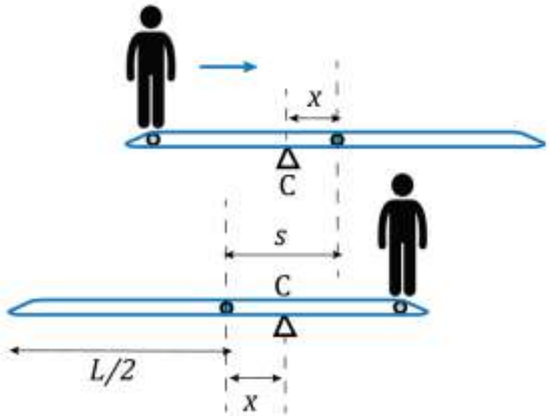
Задача 1. Разминка

1A. Горизонтальные перемещения

При отсутствии внешних горизонатльных сил центр масс системы «платформа-человек» будет стоять на месте.



Расстояние от центра масс платфоры до первоначального центра масс системы x может быть найдено как

$$m\left(\frac{L}{2}-x\right)=Mx \quad \Rightarrow x=\frac{mL}{2(M+m)}.$$

Суммарное перемещение платформы s составит

$$s=2x=\frac{mL}{m+M}=25\text{ м}.$$

Альтернативное решение, которое аналогично предыдущему, но связано напрямую с записью закона сохранения импульса системы. Пусть человек движется относительно платформы со скоростью $u_{\text{чп}}$, а платформа перемещается относительно Земли со скоростью $v_{\text{пз}}$. Тогда, скорость человека относительно Земли будет равна

$$u_{\text{чз}}=u_{\text{чп}}-v_{\text{пз}}.$$

По закону сохранения импульса:

$$0=mu_{\text{чз}}-Mv_{\text{пз}}.$$

Обьединяя оба уравнения и умножая обе стороны на небольшой промежуток времени Δt, получим следующее выражение

$$m\cdot u_{\text{чп}}\Delta t=(M+m)\cdot v_{\text{пз}}\Delta t.$$

Суммирование небольших перемещений приводит к требуемым результатам, где

$$\sum u_{\text{чп}}\Delta t=L; \qquad \sum v_{\text{пз}}\,\Delta t=s.$$

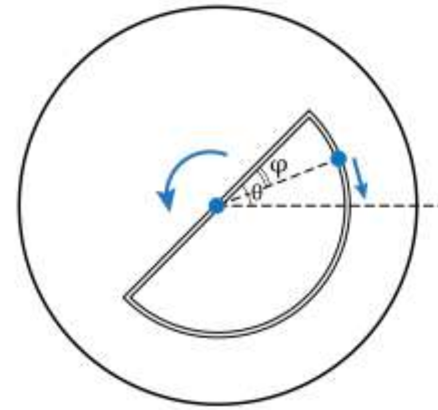
Откуда

$$s=\frac{mL}{m+M}=25\text{ м}.$$

Несмотря на то, что второе решение более длинное и запутанное, оно полезно для тестирования идеи решения следующей задачи, являясь подсказкой для более сложного пункта.

1B. Перемещения по полуокружности

Рассмотрим момент, когда человек прошел некоторое расстоние $\boldsymbol{r\varphi}$, в то время как платформа повернулась на угол $\boldsymbol{\theta}$. При отсутствии трения или других сил, которые могут создать внешний момент сил, суммарный момент импульса системы будет сохраняться:



$$mr^2\left(\frac{d\theta}{dt}-\frac{d\varphi}{dt}\right)+\frac{MR^2}{2}\frac{d\theta}{dt}=0.$$

Разделяя переменные и суммируя, получим

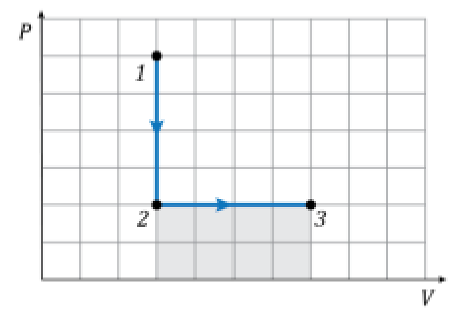
$$\sum d\theta=\frac{2mr^2}{2mr^2+MR^2}\sum d\varphi,$$

или

$$\boxed{\theta=\frac{2mr^2}{2mr^2+MR^2}\cdot\pi}.$$

1C. Процесс над газом

Схематически, описанный процесс можно изобразить следующей диаграммой:



Работа газа будет совершена только на изобарном участке 2-3 и равна

$$A=P_2(V_3-V_2).$$

Из уравнения Клайперона-Менделеева для одного моля идеального газа:

$$\text{состояние 1: }\alpha P_2V_2=RT; \quad \text{состояние 3: }P_2V_3=RT.$$

Объединяя уравнения, получим

$$\boxed{A=RT\left(1-\frac{1}{\alpha}\right)}.$$

1D. Колебания пузырей

Исходя из анализа размерностей величин

$$\boldsymbol{T}[\text{сек}] \quad \vee \quad \boldsymbol{\sigma}\left[\frac{\text{кг}}{\text{сек}^2}\right];\ \boldsymbol{\rho}\left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right];\ \boldsymbol{R}[\text{м}]$$

единственной комбинацией величин, дающих секунды с обеих частей уравнения, будет

$$\boxed{T \sim \sqrt{\frac{\rho R^3}{\sigma}}}.$$

1E. Критические температуры

Для исключения температуры необходимо использовать одну из фундаментальных констант, которая содержит температуру. В качестве таковой выберем постоянную Больцмана, так что выражение для коэффициента поверхностного натяжения примет вид

$$\sigma \sim T_c^x P_c^y k_B^z.$$

Размерности величин имеют вид

$$\boldsymbol{\sigma}\left[\frac{\text{кг}}{\text{сек}^2}\right] \quad \vee \mathbf{T}[\text{К}]; \mathbf{P}[\frac{\text{кг}}{\text{м}\cdot\text{сек}^2}; \ \boldsymbol{k_B}\left[\frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{К}\cdot\text{сек}^2}\right].$$

Отсюда получаем систему уравнений

$$\begin{cases} \text{м:} \quad 0 = -y + 2z \\ \text{сек:} \ -2 = -2y - 2z, \\ \text{К:} \quad 0 = x - t \end{cases}$$

которая имеет решение

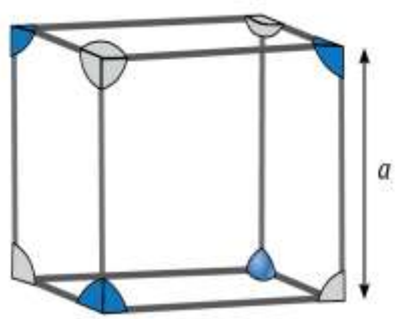
$$\boxed{x = \frac{1}{3}; \quad y = \frac{2}{3}}.$$

Задача 2. Кристаллы

2A. Фторид лития LiF

Мысленно разрежен кристаллическую решетку по плоскостям симметрии, проходящим через ее атомы, выделив одну элементарную кубическую ячейку со стороной $\boldsymbol{a}$. Суммарная масса вещества заключенная внутри такой ячейки равна

$$M = 4 \cdot \left(\frac{1}{8} m_{Li}\right) + 4 \cdot \left(\frac{1}{8} m_F\right) = \frac{(m_{Li} + m_F)}{2}.$$



По определению плотности вещества

$$\rho = \frac{M}{a^3} = \frac{m_{Li} + m_F}{2a^3} = \frac{\mu_{Li} + \mu_F}{2N_A a^3},$$

$$\boxed{a = \sqrt[3]{\frac{\mu_{Li} + \mu_F}{2\rho N_A}} = 0.2 \cdot 10^{-9} m}.$$

2B. Сульфид цинка ZnS

Плотность вещества $\boldsymbol{\rho}$ определяется как суммарная масса $\boldsymbol{M}$ заключенная в единице объема $\boldsymbol{a^3}$:

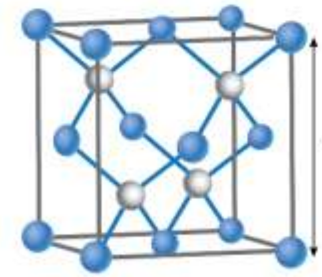
$$\rho = \frac{M}{a^3}.$$

Пусть масса одного атома цинка и масса атома серы равны m_{Zn} и m_S соответственно, так что

$$m_{zn} = \frac{\mu_{Zn}}{N_A}; \quad m_S = \frac{\mu_S}{N_A}.$$

Суммарная масса вещества, заключенная в кубе со стороной $\boldsymbol{a}$**,** складывается из:

- Четырех молекул серы, которые полностью находятся внутри этого куба.
- Восьми молекул цинка в вершинах куба.
- Шести молекул цинка по бокам куба.



Учитывая вклад от каждого элемента после симметричного рассечения, суммарная масса вещества внутри куба равна

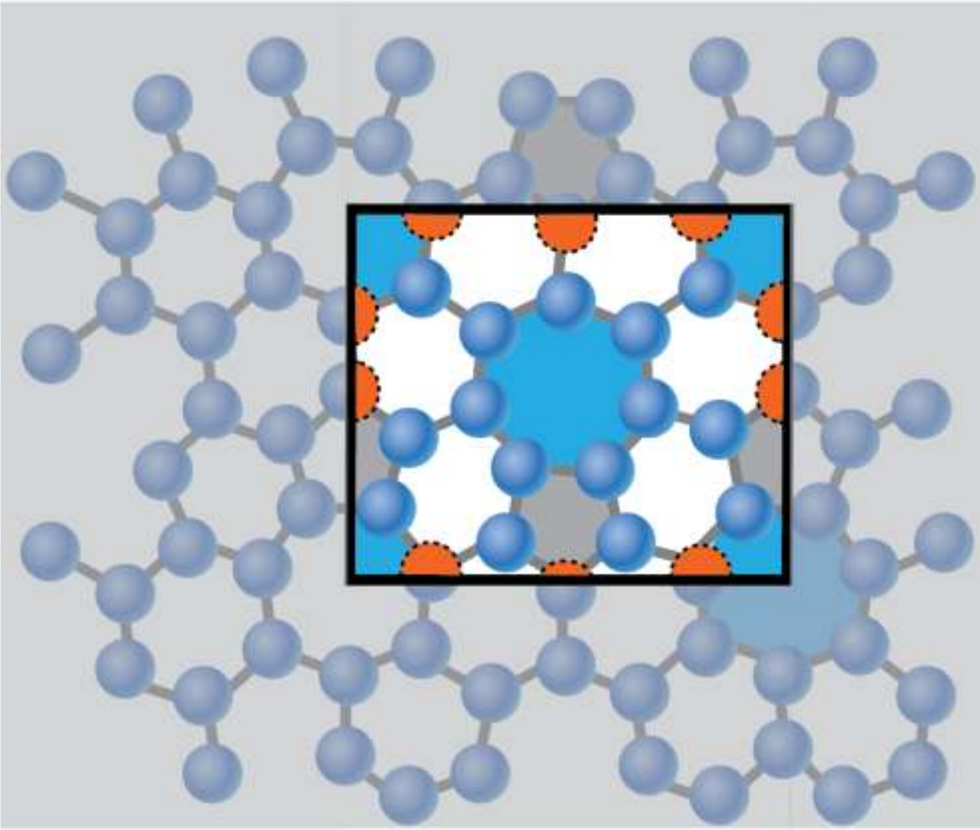
$$M = 4 \cdot m_S + 8 \cdot \left(\frac{1}{8} m_{Zn}\right) + 6 \cdot \left(\frac{1}{2} m_{Zn}\right) = 4(m_S + m_{Zn}).$$

Окончательно,

$$\boxed{a = \sqrt[3]{\frac{4(\mu_S + \mu_{Zn})}{\rho N_A}} = 0.62 \text{ нм}}.$$

2C. Фаграфен

Выделим элементарную повторяющуюся ячейку из бесконечной плоской кристаллической структуры фаграфена.



Несмотря на то, что атомы поделены не ровно пополам, границами прямоугольника каждой части атома, показанной оранжевым, соответствует симметричная часть с другой стороны, так что вместе они собираются в один единый атом.
Таким образом, внутри выделенного прямоугольника заключены 15 целых атомов и 5 собранных из частей, т.е. суммарная масса M, заключенная внутри элементарной повторяющейся ячейки равна

$$M = m\cdot(15+5) = 20m.$$

Площадь данного прямоугольника может быть найдена как сумма площадей нескольких многоугольников.

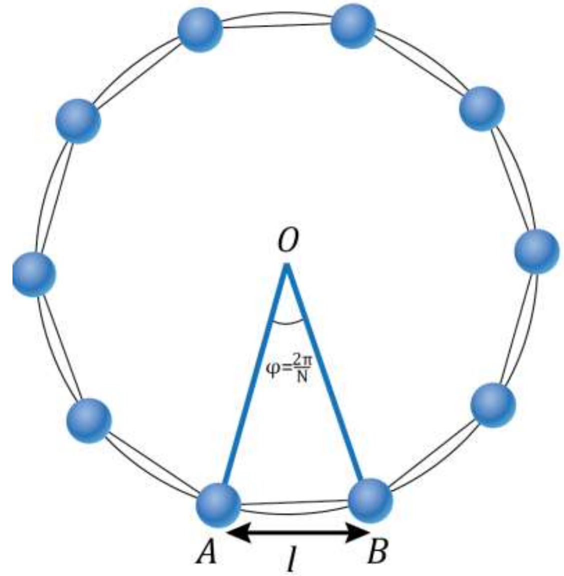
- Два семиугольника (один по центру и один собранных из кусков).
- Два пятиугольника (один целый и один собранный из двух симметричных половинок).
- Шесть шестиугольников (четыре целых и два собранных из кусочков).

Таким образом, площадь элементарной ячейки A равна

$$A = 2S_7 + 2S_5 + 6S_6.$$

Не все многоугольники идеальны, но как видно из рисунка площадь каждого из многоугольника может быть оценена с хорошей точностью как площадь равностороннего многоугольника.

Здесь S_N – площадь многоугольника с N сторонами равными l, которая может быть найдена делением многоульника на N равнобедренных треугольников.



$$S_N = N\cdot S_{AOB} = N\cdot\frac{l}{2}\cdot\frac{l/2}{tan\left(\frac{\varphi}{2}\right)} = \frac{Nl^2}{4tan\left(\frac{\pi}{N}\right)}.$$

Подставляя в предыдущее уравнение, получаем

$$A = \frac{l^2}{2}\left(\frac{7}{tan\left(\frac{\pi}{7}\right)} + \frac{5}{tan\left(\frac{\pi}{5}\right)} + \frac{18}{tan\left(\frac{\pi}{6}\right)}\right).$$

Окончательно, поверхностная плотность фаграфена равна

$$\boxed{\sigma = \frac{M}{A} = \frac{40m}{l^2\left(\frac{7}{tan\left(\frac{\pi}{7}\right)} + \frac{5}{tan\left(\frac{\pi}{5}\right)} + \frac{18}{tan\left(\frac{\pi}{6}\right)}\right)} = 0.67\cdot10^{-3}\text{кг/м}^2}.$$

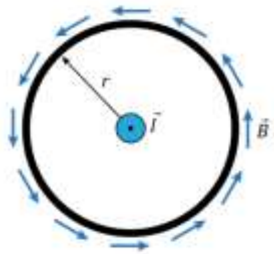
Задача 3. Закон Ампера о циркуляции

3A. Бесконечный прямой провод

Линии магнитного поля вокруг бесконечного прямого провода будут симметричны, поэтому по теореме Ампера

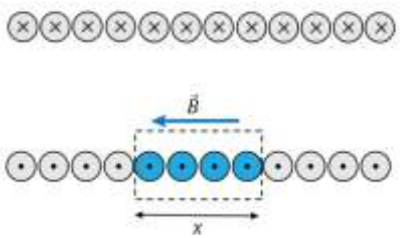
$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 \mathrm{I},$$

$$\boxed{B = \frac{\mu_0 \mathrm{I}}{2\pi r}}.$$



3B. Длинный соленоид

Рассмотрим соленоид в разрезе и выделим небольшой прямоугольный контур с длиной $\boldsymbol{x}$, ограничивающий некоторое количество витков $\boldsymbol{m}$.



Так как поле снаружи соленоида отсутствует, то по теореме Ампера о циркуляции магнитного поля

$$B \cdot x + 0 \cdot x = \mu_0 (mI),$$

или

$$\boxed{B = \mu_0 I \cdot \frac{m}{x} = \mu_0 I \cdot \frac{N}{b}}.$$

3C. Скин-эффект

Рассмотрим элемент вблизи поверхности проводника с высотой $\boldsymbol{h}$, толщиной $\boldsymbol{s}$ и образующий сектор с неким углом $\boldsymbol{\theta}$. По закону Ома для этого кусочка

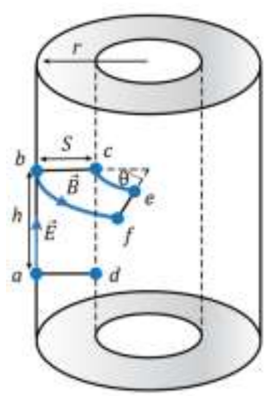
$$U = IR; \Rightarrow \; Eh = I \cdot \frac{\rho h}{r s \theta}.$$

Из закона Фарадея об электромагнитной индукции

$$\oint \vec{E} d\vec{l} = \left|\frac{d\Phi}{dt}\right|.$$

Единственный ненулевой вклад в интеграл по контуру “abcd” дает составляющая электрического поля вдоль поверхности “ab”. Тогда закон Фарадея для контура “abcd” может быть записан как

$$Eh = \frac{dB}{dt} \cdot sh.$$



Вдобавок к этим двум законам может быть записана теорема Ампера о циркуляции магнитного поля вдоль замкнутого контура “bcef”

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = Br\theta = \mu\mu_0 \mathrm{I}.$$

Объединяя все три уравнения, получим

$$I\rho = \mu\mu_0 s^2 \frac{dI}{dt}.$$

Для оценки можно считать, что

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} \approx \frac{I}{T} \sim I\omega.$$

Тогда окончательно,

$$\boxed{s \approx \sqrt{\frac{\rho}{\mu\mu_0\omega}} \approx 4.5 \cdot 10^{-5}\text{м}}.$$

Нужно заметить что тот же результат можно получить с помощью метода размерностей

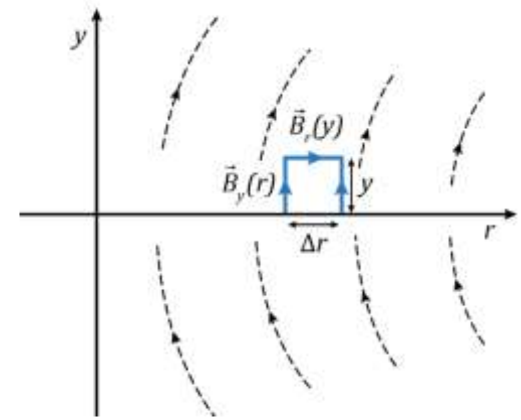
3D. Колебания в бетатроне

Рассмотрим небольшой замкнутый контур с длиной Δr и высотой y вблизи устойчивой орбиты с вертикальной координатой $y = 0$. Так как в бетатроне не протекают внешние токи, то из теоремы Ампера о циркуляции магнитного поля можно записать следующее:

$$B_y(r) \cdot y + B_r(y) \cdot \Delta r - B_y(r + \Delta r) \cdot y - 0 \cdot \Delta r = 0.$$

Перегруппировав переменные, получим

$$B_r(y) = \frac{B_y(r + \Delta r) - B_y(r)}{\Delta r} \cdot y = \frac{dB_y}{dr} \cdot y.$$



Дифференцируя уравнение вертикальной составляющей магнитного поля в итоге позволяет найти его радиальную составляющую:

$$|B_r(y)| = \frac{1}{2}\frac{B_0\sqrt{R}}{r^{3/2}} \cdot y \approx \frac{1}{2} B_0 \cdot \frac{y}{R}.$$

Если электрон двигается по круговой орбите с тангенциальной скоростью v_τ, то из закона Ньютона для силы Лоренца справедливо следующее

$$\frac{m_e v_\tau^2}{R} = e v_\tau B_0; \;\; \Longrightarrow \;\; v_\tau = \frac{e B_0 R}{m_e}.$$

Колебания в вертикальной плоскости могут быть охарактеризованы как

$$m_e \ddot{y} = -e v_\tau B_\tau.$$

Подставляя последние два уравнения, получим классическое уравнение гармонических колебаний:

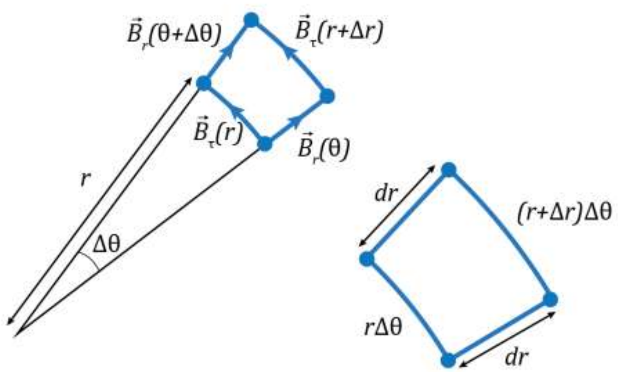
$$\ddot{y} + \frac{e^2 B_0^2}{2 m_e^2} \cdot y = 0$$

с периодом колебаний

$$\boxed{T_y = \frac{2\pi}{\omega_y} = \frac{2\sqrt{2}\pi m_e}{eB_0}}.$$

3E. Соотношение компонент магнитного поля [3.0 балла]

Основной трюк данной задачи состоит в выборе элементарного замкнутого контура. Обычный прямоугольник, используемый в Декартовой системе координат, оказывается не очень полезным, так как приводит к слишком громоздким выражениям. В данном случае необходимо выбирать приращения вдоль основых осей полярной системы координат, так чтобы векторые тангенциальной или нормальной составляющей магнитного поля были сонаправлены с линиями элементарного контура.



Поступим аналогичным способом, приведенным в подсказке для декартовой системы координат, с записью теоремы Ампера о циркуляции магнитного поля:

$$B_r(\theta)\cdot dr + B_\tau(r+\Delta r)\cdot(r+\Delta r)\Delta\theta - B_r(\theta+\Delta\theta)\cdot dr - B_\tau(r)\cdot r\Delta\theta = 0.$$

Перегруппировав переменные получим соотношение

$$\frac{B_r(\theta+\Delta\theta)-B_r(\theta)}{\Delta\theta} = \frac{B_\tau(r+\Delta r)\cdot(r+\Delta r)-B_\tau(r)\cdot r}{dr}.$$

По определению производной

$$\dot{y} = \frac{dy}{dx} = \frac{y(x+\Delta x)-y(x)}{\Delta x},$$

тогда

$$\frac{dB_r}{d\theta} = \frac{d(B_\tau r)}{dr};\ \Longrightarrow\ -\frac{2a\cos\theta\sin\theta}{r^5} = -\frac{4b\sin2\theta}{r^5},$$

что дает в результате

$$\boxed{\gamma = \frac{a}{b} = 4}.$$

Схема оценивания Республиканской олимпиады по физике (2019)
Теоретический тур, 10 класс

Проверяющий: ____________ Код участника: ______

Для проверяющих: в последнюю пустую ячейку нужно ставить либо

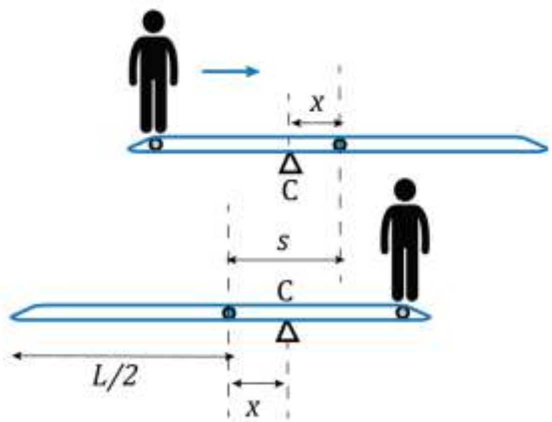
- ***Галочку,*** *если пункт решен* ***правильно.***
- ***Ноль,*** *если решение* ***неправильно.***
- ***Минус,*** *если* ***не было попытки*** *решать этот пункт в принципе.*

Если задача решена каким-либо альтернативным (правильным) способом, не по разбаловке, то просто засчитать все пункты из разбаловки

Частичные баллы не ставятся. Отдельные, очень специфические случаи могут быть рассмотрены в пользу участника.

За верные уравнения, но ***неправильные численные значения снимается -0.1 балл.***

1A. Горизонтальные перемещения [2.0 балла]

M1	Приведен схематический рисунок, либо описано словами суть феномена, объясняющая, почему происходит такие передвижения: 	1.0	

M2	Расчет положения центр масс системы: $$x = \frac{mL}{2(M+m)}$$	0.5	

M3	Окончательный ответ для перемещения платформы: $$s = 2x = \frac{mL}{m+M} = 25 \text{ м}$$	0.5	

1B. Перемещения по полуокружности [3.0 балла]

M4	Упоминание о законе сохранения момента импульса (даже если сам закон записан неправильно)	1.0	

M5	Правильное уравнение закона сохранения момента импульса с учетов относительных перемещений: $$mr^2\left(\frac{d\theta}{dt} - \frac{d\varphi}{dt}\right) + \frac{MR^2}{2}\frac{d\theta}{dt} = 0$$	1.0	
M6	Разделение переменных и суммирование приводящие к результату:	1.0	

Схема оценивания Республиканской олимпиады по физике (2019)
Теоретический тур, 10 класс

Проверяющий: ______ Код участника: ______

	$\theta = \frac{2mr^2}{2mr^2 + MR^2} \cdot \pi$		

1C. Процесс над газом [2.0 балла]

M7	Работа газа будет совершена только на изобарном участке 2-3 и равна $A = P_2(V_3 - V_2)$	**1.0**	
M8	Из уравнения Клайперона-Менделеева для одного моля идеального газа: состояние 1: $\alpha P_2 V_2 = RT$;	**0.3**	
M9	состояние 3: $P_2 V_3 = RT$	**0.3**	
M10	Окончательный результат $A = RT\left(1 - \frac{1}{\alpha}\right)$	**0.4**	

1D. Колебания капли [1.0 балла]

M11	Размерность величины поверхностного натяжения: $\boldsymbol{\sigma}\left[\frac{\text{кг}}{\text{сек}^2}\right]$	**0.2**	
M12	Результат подбора: $\boldsymbol{T} \sim \sqrt{\frac{\rho R^3}{\sigma}}$	**0.8**	

1E. Критические температуры [2.0 балла]

M13	Выбор подходящей константы, относящейся к задаче (постоянная Больцмана k_B или унивесальная постоянная R): $\boldsymbol{\sigma}\left[\frac{\text{кг}}{\text{сек}^2}\right]$	**0.2**	
M14	Размерность величины давления в базовых составляющих: **P**$[\frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{сек}^2}]$	**0.2**	
M15	Размерность постоянной Больцмана или универсальной газовой постоянной в базовых составляющих: $\boldsymbol{k_B}\left[\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{К} \cdot \text{сек}^2}\right]$	**0.2**	
M16	м: $0 = -y + 2z$	**0.2**	
M17	сек: $-2 = -2y - 2z$	**0.2**	
M18	К: $0 = x - t$	**0.2**	
M19	$x = \frac{1}{3}$	**0.4**	

Проверяющий: Код участника:

M20	$$y = \frac{2}{3}$$	0.4	

2A. Фторид лития LiF [2.0 балла]

M21	Определение плотности как $$\rho = \frac{M}{a^3}$$	0.3	
M22	Суммарная масса, заключенная внутри одной элементарной ячейки: $$M = 4 \cdot \left(\frac{1}{8} m_{Li}\right) + 4 \cdot \left(\frac{1}{8} m_F\right) = \frac{(m_{Li} + m_F)}{2}$$	1.0	
M23	Окончательный результат: $a = \sqrt[3]{\frac{\mu_{Li}+\mu_F}{2\rho N_A}} = 0.2 \cdot 10^{-9} m$	0.7	

3B. Сульфид цинка ZnS [3.0 балла]

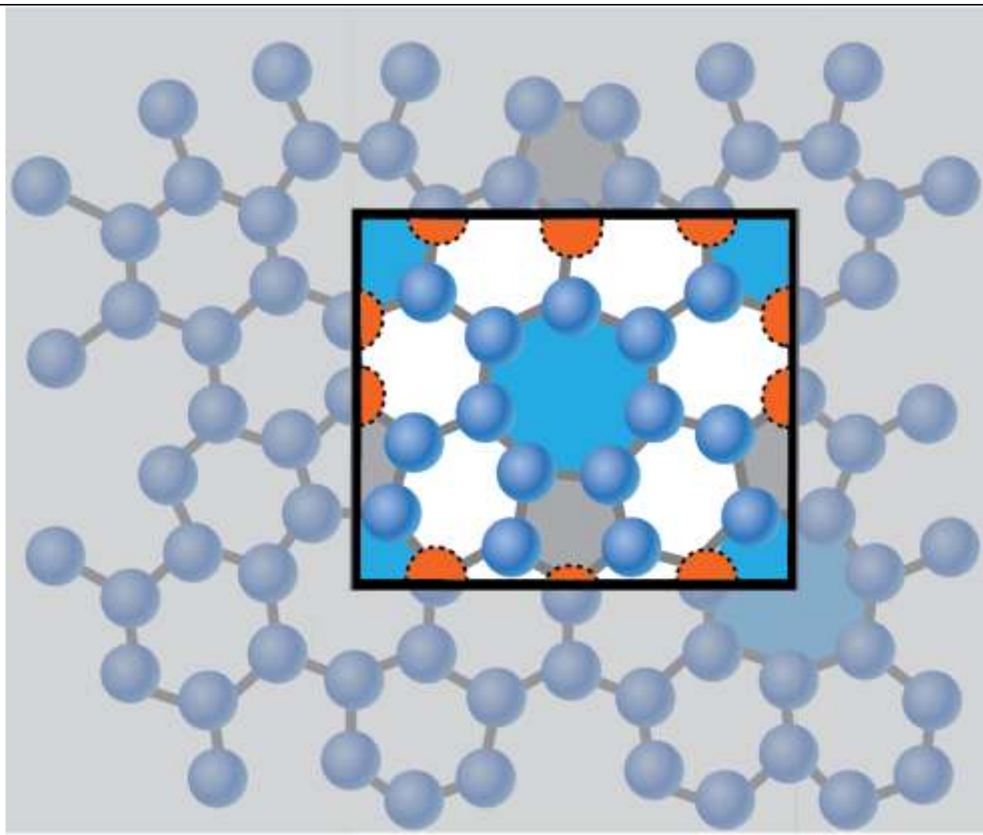
M24	Определение плотности как: $$\rho = \frac{M}{a^3}$$	0.2	
M25	Четыре молекул серы, которые полностью находятся внутри этого куба: $$4 \cdot m_S$$	0.7	
M26	Восемь молекул цинка в вершинах куба: $$8 \cdot \left(\frac{1}{8} m_{Zn}\right)$$	0.7	
M27	Шесть молекул цинка по бокам куба: $$6 \cdot \left(\frac{1}{2} m_{Zn}\right)$$	0.7	
M28	Суммарная масса внутри куба: $$M = 4 \cdot m_S + 8 \cdot \left(\frac{1}{8} m_{Zn}\right) + 6 \cdot \left(\frac{1}{2} m_{Zn}\right) = 4(m_S + m_{Zn})$$	0.2	
M29	Окончательный ответ: $a = \sqrt[3]{\frac{4(\mu_S+\mu_{Zn})}{\rho N_A}} = 0.62$ нм	0.5	

3C. Фаграфен [4.0 балла]

M30	Выделение элементарной повторяющейся ячейки:	0.5	

Схема оценивания Республиканской олимпиады по физике (2019)
Теоретический тур, 10 класс

Проверяющий: ______________________ Код участника: __________

			
M31	Внутри выделенного прямоугольника заключены 15 целых атомов и 5 собранных из частей, т.е. суммарная масса M, заключенная внутри элементарной повторяющейся ячейки равна $M = m \cdot (15+5) = 20m$	**1.0**	
M32	Элементарная ячейка содержит два семиугольника $\boldsymbol{2S_7}$ (один по центру и один собранных из кусков)	**0.4**	
M33	Элементарная ячейка содержит два пятиугольника $\boldsymbol{2S_5}$ (один целый и один собранный из двух симметричных половинок)	**0.4**	
M34	Элементарная ячейка содержит шесть шестиугольников $\boldsymbol{6S_6}$ (четыре целых и два собранных из кусочков)	**0.4**	
M35	Окончательный ответ для площади элементарной ячейки $A = 2S_7 + 2S_5 + 6S_6$	**0.3**	
M36	Площадь N-угольника с одинаковыми сторонами: $S_N = N \cdot S_{AOB} = N \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{l/2}{tan\left(\frac{\varphi}{2}\right)} = \frac{Nl^2}{4tan\left(\frac{\pi}{N}\right)}$	**0.5**	
M37	Окончательный ответ для поверхностной плотности:	**0.5**	

Проверяющий: | Код участника:

	$$\sigma = \frac{M}{A} = \frac{40m}{l^2\left(\frac{7}{tan\left(\frac{\pi}{7}\right)} + \frac{5}{tan\left(\frac{\pi}{5}\right)} + \frac{18}{tan\left(\frac{\pi}{6}\right)}\right)} = 0.67 \cdot 10^{-3}\text{кг/м}^2$$		

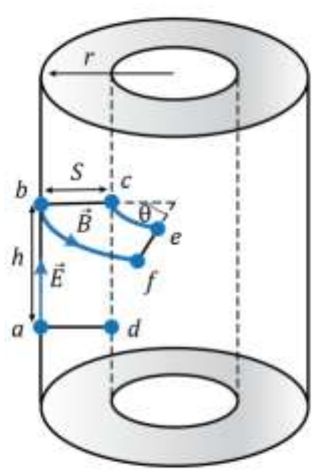
3A. Бесконечный прямой провод

M38	Окончательный ответ: $$\boxed{B = \frac{\mu_0 \mathrm{I}}{2\pi r}}$$	0.5	

3B. Длинный соленоид

M39	Окончательный ответ: $$\boxed{B = \mu_0 I \cdot \frac{m}{x} = \mu_0 I \cdot \frac{N}{b}}$$	0.5	

3C. Скин-эффект

M40	Закон Ома: $$U = IR; \Rightarrow\ Eh = I \cdot \frac{\rho h}{rs\theta}$$	0.5	
M41	Закон Фарадея для контура “abcd”: $$Eh = \frac{dB}{dt} \cdot sh$$ 	0.5	
M42	Теорема Ампера о циркуляции магнитного поля вдоль замкнутого контура “bcef”: $$\oint \vec{B} d\vec{l} = Br\theta = \mu\mu_0 \mathrm{I}$$:	1	

Проверяющий: Код участника:

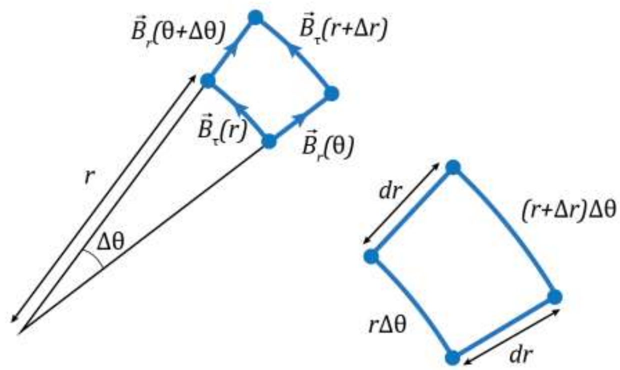
M43	Приближение: $$\frac{\Delta I}{\Delta t} \approx \frac{I}{T} \sim I\omega$$	1	
M44	Окончательный ответ: $$\boxed{s \approx \sqrt{\frac{\rho}{\mu\mu_0\omega}} \approx 4.5 \cdot 10^{-5}\text{м}}$$	1	

Колебания в бетатроне:

M45	Теорема Ампера о циркуляции магнитного поля $$B_r(y) = \frac{B_y(r+\Delta r) - B_y(r)}{\Delta r} \cdot y = \frac{dB_y}{dr} \cdot y$$	0.5	
M46	Дифференцирование уравнения вертикальной составляющей магнитного поля, его радиальная составляющая: $$\lvert B_r(y)\rvert = \frac{1}{2}\frac{B_0\sqrt{R}}{r^{3/2}} \cdot y \approx \frac{1}{2}B_0 \cdot \frac{y}{R}$$	0.5	
M47	Если электрон двигается по круговой орбите с тангенциальной скоростью v_τ, то из закона Ньютона для силы Лоренца справедливо следующее $$\frac{m_e v_\tau^2}{R} = e v_\tau B_0; \implies v_\tau = \frac{eB_0R}{m_e}$$	0.5	
M48	Колебания в вертикальной плоскости могут быть охарактеризованы как $$m_e\ddot{y} = -ev_\tau B_\tau$$	0.5	
M49	Подставляя последние два уравнения, получим классическое уравнение гармонических колебаний: $$\ddot{y} + \frac{e^2B_0^2}{2m_e^2} \cdot y = 0$$	0.5	
M50	Окончательный ответ: $$\boxed{T_y = \frac{2\pi}{\omega_y} = \frac{2\sqrt{2}\pi m_e}{eB_0}}$$	0.5	

Проверяющий: Код участника:

3E. Соотношение компонент магнитного поля

M51	Замкнутый контур вдоль основных осей полярной системы координат  Или: $$\frac{B_r(\theta+\Delta\theta)-B_r(\theta)}{\Delta\theta}=\frac{B_\tau(r+\Delta r)\cdot(r+\Delta r)-B_\tau(r)\cdot r}{dr}$$	1	
M52	Преобразование: $$\frac{dB_r}{d\theta}=\frac{d(B_\tau r)}{dr};\Rightarrow -\frac{2a cos\theta sin\theta}{r^5}=-\frac{4b sin 2\theta}{r^5}$$	1	
M53	Окончательный ответ: $$\boxed{\gamma=\frac{a}{b}=4}$$	1	