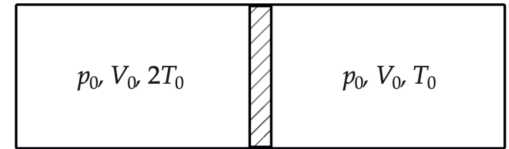


Московская олимпиада школьников по физике

11 класс, 2025 год

1. Установление равновесия. В теплоизолированном цилиндре, расположенном горизонтально, лёгкий, хорошо проводящий тепло поршень делит объём на две равные части, каждая объёмом V_0 . В обеих частях находится один и тот же одноатомный идеальный газ при начальном давлении p_0 и температурах $2T_0$ и T_0 (см. рисунок). Теплоёмкостью поршня можно пренебречь.

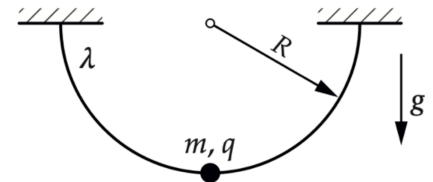


Мощность теплообмена между частями цилиндра пропорциональна разности температур: $P = \alpha(T_1 - T_2)$, где α — коэффициент теплопередачи, T_1 — температура в левой части, T_2 — в правой. В процессе установления равновесия поршень медленно перемещается без трения о стенки цилиндра.

1. Найдите конечную температуру, содержимого цилиндра.
2. Найдите время, в течение которого разность температур между частями цилиндра уменьшается в e раз по сравнению с начальной разностью температур T_0 .
3. Найдите зависимость объёма левой части цилиндра от времени $V_1(t)$.

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{2T_0} + \frac{1}{T_0} = \frac{3}{2T_0} \Rightarrow T = \frac{2}{3}T_0$$

2. Колебания бусинки. На гладком, равномерно заряженном полукольце радиусом R , закреплённом в вертикальной плоскости, в его нижней точке покоится одноимённо заряженная бусинка массой m и зарядом q . Линейная плотность заряда полукольца равна λ . Ускорение свободного падения равно g .



1. При каких значениях заряда q равновесие бусинки будет устойчивым? Параметры λ , g , R и m считаются известными.
2. Пусть заряд бусинки q таков, что положение её равновесия в нижней точке полукольца является устойчивым. Определите период малых колебаний бусинки вблизи положения равновесия. Параметры λ , q , g , R и m известны.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{mR}{g}} \left(1 + \frac{q^2 \lambda^2}{4\pi^2 \epsilon_0 m g R} \right)^{-1/2}$$

3. Поле в центре. В этой задаче рассматриваются плоские конструкции, изготовленные из однородной проволоки постоянного сечения, единица длины которой имеет сопротивление ρ . Требуется определить индукцию магнитного поля, порождаемую токами, текущими по проволоке.

1. Проволочной конструкцией, рассматриваемой в этом пункте, является кольцо радиусом r . В точках 1, 2 и 3, находящихся на равных расстояниях друг от друга (см. рис. 1), к кольцу подключены источники ЭДС, так что если положить потенциал точки 3 равным нулю, то потенциалы точек 1 и 2 окажутся равными φ_1 и φ_2 соответственно. Определите индукцию магнитного поля, создаваемого участком 1–2 в центре кольца.

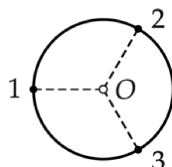


Рис. 1

2. В этом пункте рассматривается плоская конструкция, изображённая на рис. 2. Она состоит из двух concentric rings, двух radial segments and two long, straight conductors. Points of contact are marked with black dots. In point A contact between wires is absent. Radii of concentric wire rings are r and $2r$, angles between straight wire segments are α , as shown in the diagram. Determine the induction of the magnetic field in the common center of the rings, at point O.

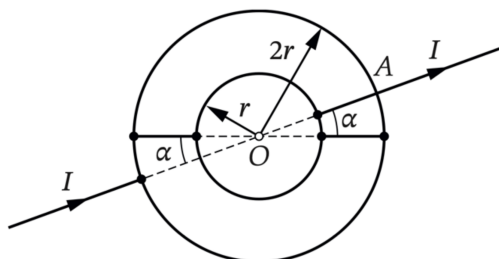
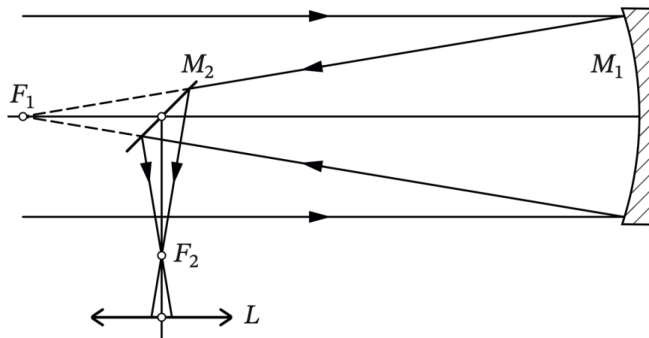


Рис. 2

$$(1) \quad B_z = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \left(\frac{2\pi}{3} - \alpha \right) \quad ; \quad (2) \quad \text{индукция магнитного поля в точке } O \text{ равна нулю}$$

4. Телескоп-рефлектор Ньютона. Рефлектор Ньютона — это зеркальный аналог зрительной трубы Кеплера. Вогнутое сферическое зеркало M_1 (см. рисунок, расположенный ниже по тексту), представляющее собой объектив телескопа-рефлектора, формирует в фокальной плоскости действительное изображение небесного светила. Это изображение рассматривается через окуляр L , роль которого играет собирающая линза. На рисунке, также можно видеть плоское поворотное зеркало M_2 .



Зеркало отклоняет сходящийся отражённый (от вогнутого зеркала) пучок света в сторону. На рисунке схематично показан ход лучей.

1. Пусть радиус сферического зеркала равен R , а фокусное расстояние линзы равно F . Чему равно угловое увеличение прибора?

Указание. Угловым увеличением γ оптических приборов, предназначенных для наблюдения удалённых объектов, называется отношение $\gamma = \frac{\alpha'}{\alpha}$, где α' — угол, под которым рассматриваемый объект виден в окуляр, α — угол зрения невооружённым глазом с того же расстояния.

2. Один из крупнейших в мире телескоп Специальной астрофизической обсерватории РАН (сделанный по схеме Ньютона) имеет фокусное расстояние объектива $F = 300$ м. Каков максимально допустимый угол φ_{\max} качания телескопа, обусловленный вибрациями фундамента обсерватории, при котором ещё полностью используется разрешающая способность фотоплёнки $\delta = 50$ линий/мм при фотографировании астрономических объектов? При фотографировании плёнка помещается в фокальную плоскость объектива, используется длительная выдержка до нескольких минут.
3. Пусть из-за проходящих рядом с обсерваторией строительных работ телескоп колеблется с амплитудой 10^{-6} рад. Чему будет равен размер изображения на плёнке, если угловой размер источника 10^{-7} рад?

$$\gamma = \frac{R}{F}; \quad \varphi_{\max} = \frac{\delta}{2F}; \quad \Delta \varphi = \varphi_{\max} \approx \frac{\delta}{2 \cdot 300} = 8,3 \cdot 10^{-8} \text{ рад}; \quad \Delta \varphi = 10^{-6} \text{ рад}; \quad \Delta \varphi = 10^{-7} \text{ рад}$$

