

Задача 1. Всего: 7 баллов.

1 балл - записано выражение, где момент силы тяжести, действующей на шарик, равен возвращающему моменту пружины ($mgl\sin(\varphi) = k\varphi$)

1 балл - указано, что при любом ε всегда существует устойчивое решение при $\varphi = 0$ ($k\varphi > mgl\sin\varphi$ при малых φ ; $k > mgl$)

2 балла - сделан анализ устойчивости решения при $\varphi = 0$ (при $\varepsilon > 1$ решение устойчиво, при $\varepsilon < 1$ решение неустойчиво)

1 балл - указано, что существует два решения при $\varphi = \pm\varphi_0$

1 балл - указано, что решения существуют и устойчивы при $\frac{2}{\pi} < \varepsilon < 1$

1 балл - при $\varphi = \pm\frac{\pi}{2}$ решения существуют и устойчивы

Задача 2. Всего: 7 баллов.

Пункт а:

2 балла - нахождение теплоемкости при постоянном объеме C_v :

$$\Delta Q = \Delta U = \frac{3}{2}R; \quad C_v = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{3}{2}R$$

Из них минус 1 балл, если найдена удельная теплоемкость

Пункт б:

1 балл - объяснение факта, почему при наличии силы тяжести возникает поправка к теплоемкости $U = \frac{3}{2}RT + E_{\text{п}}$

2 балла - разумная оценка слагаемого, связанного с потенциальной энергией

$$E_{\text{п}} \sim RT \quad (mgH_0 \sim ek \sim RT; \quad H_0 \sim RT/Mg \sim 8 \text{ км}); \quad \Delta \sim R \sim CV$$

Пункт в:

2 балла - адекватные рассуждения, где приведена оценка того, что кинетическая энергия молекул позволяет им подняться на высоту порядка 8 км. В случае сосуда высотой 1 метр поправка к теплоемкости будет крайне мала, и центр тяжести этой системы будет смещен

Задача 3. Всего: 8 баллов.

Пункт а:

1 балл - записана формула для радиуса обращения заряда в магнитном поле $R = (m_0V)/(eB)$

1 балл - обобщение этой формулы на релятивистский случай $R = (Ev)/(c^2eB) = \text{const}$

2 балла - верно найдено, во сколько раз изменится магнитное поле (в 15,6 раз). Указано, что при таких энергиях, скорость заряда будет близка к скорости света.

Пункт б:

1 балл - полная энергия - это энергия покоя + поправка к энергии ΔE

1 балл - при $\Delta E = 50 \text{ МэВ} \ll mc^2$. В качестве первоначальной энергии E_1 взята энергия покоя mc^2

1 балл - найдена скорость протона в ускорителе $\sim 0,32$ скорости света (через $\Delta E = m_0 v^2 / 2$)

1 балл - найдено, во сколько раз изменится магнитное поле $B_2 / B_1 = (E_2 c) / (m_0 c^2 v) \sim 21900$

Задача 4. Всего: 9 баллов

2 балла - изображен рисунок, на котором показано, что при наблюдении бесконечного луча под углом, он будет иметь конечный угловой размер

4 балла - с помощью вычислений показано, что луч имеет постоянную яркость

3 балла - оценка того, что конечность атмосферы очень слабо влияет на угловой размер луча

Задача 5. Всего: 8 баллов

Пункт а:

4 балла - описан в координатах верный путь. Требуется объяснение, почему этот путь не будет пересекать двумерную сферу, без наличия этого указания минус 1 балл.

Пункт б:

4 балла - сказано, что все дело в работе краевого поля, выходящего в четвертое измерение (возможна аналогия со случаем, когда бы эта система находилась в двумерном пространстве, то поле пошло бы через третье измерение). Эта работа будет отрицательной.