

21-ая Столичная физико-математическая олимпиада МФТИ

Физика

Задания, решения

Общие указания по проведению

Время для решения заданий каждого класса — 2 часа.

Черновики не проверяются.

Каждая задача по физике оценивается целым числом баллов от 0 до 10.

Максимальное число баллов за олимпиаду 50.

Общие принципы выставления оценки по физике:

- правильное решение — 10 баллов;
- решение с недочетами — 7-9 баллов;
- решение с пропущенными важными частями — 4-5 баллов;

Во всех задачах, если это не оговорено специально, только верный ответ без обоснований стоит 0 баллов.

В работе все места с ошибками должны быть отмечены!

Ф9.1-1 Кусок из стали и кусок из олова упали с одинаковой высоты. Температура какого из кусков при ударе в конце увеличится больше? Во сколько раз? До падения оба куска имели одинаковую температуру. Удар считать абсолютно неупругим.

Удельная теплоемкость стали $c_{ст} = 500$ Дж/кг·К.

Удельная теплоемкость олова $c_{ол} = 230$ Дж/кг·К.

Ф9.1-2 Кусок из алюминия и кусок из железа упали с одинаковой высоты. Температура какого из кусков при ударе в конце увеличится больше? Во сколько раз? Удар считать абсолютно неупругим.

Удельная теплоемкость алюминия $c_{ал} = 920$ Дж/кг·К.

Удельная теплоемкость железа $c_{ж} = 460$ Дж/кг·К.

Решение. Для k -ого тела ($k = 1, 2$) можем записать потенциальную энергию до падения $E_{пот,k} = m_k gh$ (**2 балла**) и теплоту, пошедшую на нагревание этого тела: $Q_k = c_k m_k \Delta t_k$ (**2 балла**), откуда можем оценить $gh = c_k \Delta t_k$ (**2 балла**), а поэтому $\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = \frac{c_2}{c_1}$ (**2 балла**). В первом варианте $\frac{\Delta t_{ст}}{\Delta t_{ол}} = \frac{50}{23} = 2,17$ (или $\frac{\Delta t_{ол}}{\Delta t_{ст}} = 0,46$). Во втором варианте $\frac{\Delta t_{ал}}{\Delta t_{ж}} = \frac{46}{92} = 0,5$ (или $\frac{\Delta t_{ж}}{\Delta t_{ал}} = 2$) (**2 балла**).

Ф9.2-1 Два автомобиля начинают двигаться из состояния покоя с одинаковыми ускорениями $a = 1$ м/с² навстречу друг другу из пунктов A и B . Какова их относительная скорость V в момент встречи? Расстояние между пунктами $S = 100$ м.

Ф9.2-2 Два автомобиля начинают двигаться из состояния покоя с одинаковыми ускорениями $a = 0,5$ м/с² навстречу друг другу из пунктов A и B . Какова их относительная скорость V в момент встречи? Расстояние между пунктами $S = 200$ м.

Решение. Пусть V — конечная скорость каждого из автомобилей. Можем найти её из условия $\frac{S}{2} = \frac{V^2}{2a}$, откуда $V = \sqrt{aS}$ (**5 баллов**), и тогда $V_{отн} = 2V = 2\sqrt{aS}$ (**3 балла**). В первом варианте $V_{отн} = 20$ м/с, во втором $V_{отн} = 20$ м/с (**2 балла**).

Ф9.3-1 Найти мощность двигателя мотодельтаплана, имеющего полетную массу $m = 200$ кг, при горизонтальном полете со скоростью $V = 72$ км/ч. Известно, что отношение подъёмной силы к силе лобового сопротивления $\kappa = 5$, а КПД винтомоторной установки $\eta = 0,4$. Ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с².

Ф9.3-2 Найти мощность двигателя мотодельтаплана, имеющего полетную массу $m = 250$ кг, при горизонтальном полете со скоростью $V = 60$ км/ч. Известно, что отношение подъёмной силы к силе лобового сопротивления $\kappa = 5$, а КПД винтомоторной установки $\eta = 0,4$. Ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с².

Решение. Сила сопротивления компенсируется силой тяги, откуда можем записать равенство $F_{тяги} = F_{сопр}$ (**2 балла**). Подъёмная сила мотодельтаплана компенсирует силу тяжести: $F_{под} = mg$ (**1 балл**). По условию отношение подъёмной силы к силе сопротивления есть κ , и поэтому сила тяги равна $\frac{mg}{\kappa}$ (**2 балла**). Мощность силы тяги равна произведению силы на скорость: $N_{тяги} = F_{тяги} \cdot V = \frac{mgV}{\kappa}$ (**2 балла**). При этом отношение мощности силы тяги к мощности двигателя равно КПД, откуда искомая мощность равна $N = \frac{N_{тяги}}{\eta} = \frac{mgV}{\eta\kappa}$ (**2 балла**).

В первом варианте $N \approx 19,6$ кВт. Во втором варианте $N \approx 20,8$ кВт (**1 балл**).

Ф9.4-1 Полый свинцовый шар плавает в ртути так, что $1/3$ его объёма находится в жидкости. Чему равен объём воздушной полости внутри шара, если радиус шара $R = 3$ см? Плотности свинца и ртути равны соответственно $\rho_1 = 11,3$ г/см³, $\rho_2 = 13,6$ г/см³.

Ф9.4-2 Полый свинцовый шар плавает в ртути так, что $1/3$ его объёма находится в жидкости. Чему равен объём воздушной полости внутри шара, если радиус шара $R = 4$ см? Плотности свинца и ртути равны соответственно $\rho_1 = 11,3$ г/см³, $\rho_2 = 13,6$ г/см³.

Решение. Сила Архимеда по модулю равна силе тяжести, действующей на шар: $F_A = mg$ (**1 балл**), откуда $g\rho_{\text{рт}} \frac{1}{3} \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 = \rho_{\text{св}} \left(\frac{4}{3}\pi R^3 - V \right) g$ (**5 баллов**), откуда находим $V = \frac{4\pi R^3(3\rho_{\text{св}} - \rho_{\text{рт}})}{9\rho_{\text{св}}}$ (**ещё 2 балла**). В первом варианте $V \approx 67,7$ см³, во втором варианте $V \approx 160,5$ см³ (**2 балла**).

Ф9.5-1 Нагретый камень массой $m = 5$ кг, охлаждаясь в воде на $\Delta t = 1^\circ\text{C}$, передает ей $Q = 2,1$ кДж тепла. Чему равны теплоёмкость и удельная теплоёмкость камня?

Ф9.5-2 Нагретый камень массой $m = 8$ кг, охлаждаясь в воде на $\Delta t = 1^\circ\text{C}$, передает ей $Q = 4$ кДж тепла. Чему равны теплоёмкость и удельная теплоёмкость камня?

Решение. Теплоёмкость есть $C = \frac{Q}{\Delta T}$ (**4 балла**), а удельная теплоёмкость есть $c = \frac{C}{m} = \frac{Q}{m\Delta T}$ (**4 балла**). В первом варианте $C = 2,1$ кДж/К, $c = 420$ Дж/(кг·К). Во втором варианте $C = 4$ кДж/К, $c = 500$ Дж/(кг·К) (**по 1 баллу за каждый численный ответ**).