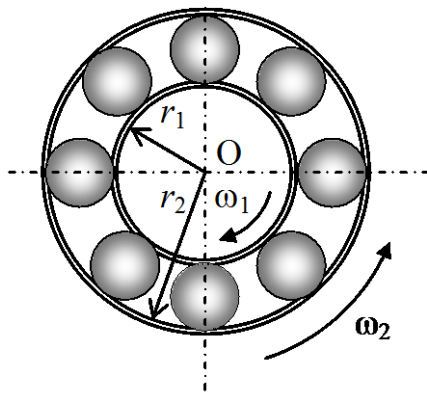


**Заключительный (очный) этап научно-образовательного соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело» специа-
лизации «Техника и технологии» (общеобразовательный предмет физика), весна
2019 г.
10 класс**

Вариант 12

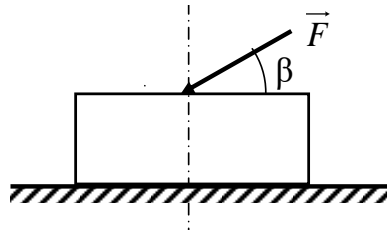
1. Мяч бросают вертикально вверх с поверхности земли с начальной скоростью $v_0 = 3$ м/с. Чему равна скорость мяча на высоте, на которой его кинетическая энергия на 25% больше потенциальной? Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия мяча на поверхности земли равна нулю. (10 баллов)

2. Внутреннее кольцо шарикоподшипника, имеющее радиус $r_1 = 3r$, вращается вокруг своего центра O с угловой скоростью $\omega_1 = 2\omega$ по часовой стрелке, а внешнее, имеющее радиус $r_2 = 4r$, вращается вокруг центра O против часовой стрелки с угловой скоростью $\omega_2 = \omega$ (см. рис.). Считая, что шарикоподшипник не движется как целое, найдите угловую скорость вращения центров шариков вокруг точки O . Шарики катятся без проскальзывания и не соприкасаются между собой.



(15 баллов)

3. На заготовку массы $m = 3$ кг, в начальный момент времени покоившуюся на горизонтальном неподвижном конвейере, в течение времени $t_1 = 10$ с действует сила $F = 15$ Н, направленная под углом $\beta = \pi/6$ вниз к горизонту (см. рис.). На какое расстояние переместится заготовка за время $T = 18$ с (время отсчитывается от начала действия силы F)? Коэффициент трения заготовки о поверхность конвейера $\mu = 0,3$.



(15 баллов)

4. Для выполнения проектной работы ученик изготовил модель аппарата для подводной видеосъемки. Средняя плотность модели получилась равной $\rho = 1150 \text{ кг/м}^3$, поэтому модель тонула в воде. Ученик прикрепил к ней несколько воздушных шариков. В результате испытаний в соленой морской воде оказалось, что при погружении на глубину, не превышающую критической величины $h_c = 7 \text{ м}$, модель с прикрепленными к ней шариками всплывает, а при погружении на большую глубину тонет. Какой критической глубины достигает модель с теми же шариками при погружении в пресную речную воду? Считайте, что в обоих опытах погружения температуры воды и воздуха не меняются, атмосферное давление $p_0 = 10^5 \text{ Па}$. Плотность пресной воды $\rho_{\text{п}} = 1000 \text{ кг/м}^3$, плотность соленой воды $\rho_{\text{с}} = 1050 \text{ кг/м}^3$. Массой шариков и воздуха в них можно пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

(30 баллов)

Критерии оценивания задач.

За каждую задачу выставляется целое число баллов от 0 до максимального балла (МАХ). Если задача отсутствует, то в таблице пишется Х.

Если решение задачи содержит разрозненные записи, присутствует рисунок (хоть частично правильный) и одна — две правильные формулы, но решение, как таковое отсутствует или абсолютно неверное, то можно поставить 1 — 2 балла.

Если решение абсолютно верное, содержит все необходимые формулы и физические законы, имеет понятные пояснения, а также проведены необходимые математические преобразования и получен правильный ответ (ответы) – это МАХ.

За отсутствие пояснений, ответа или единиц физических величин, но при правильном решении задачи, можно снять 1— 2 балла.

В случае если задача содержит правильный путь решения, но не доведена до ответа или получен неправильный ответ, при этом присутствуют отдельные правильные элементы решения, то оценивание провести по критериям, приведенным ниже после каждой задачи.

Верные решения задач могут отличаться от авторских. Также никакие критерии не могут быть всеобъемлющими. Во всех случаях, не предусмотренных критериями, просьба руководствоваться соображениями здравого смысла и педагогическим опытом эксперта.

Решение варианта 12

1. Мяч бросают вертикально вверх с поверхности земли с начальной скоростью $v_0 = 3$ м/с. Чему равна скорость мяча на высоте, на которой его кинетическая энергия на 25% больше потенциальной? Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия мяча на поверхности земли равна нулю. (МАХ = 10 баллов)

Возможное решение

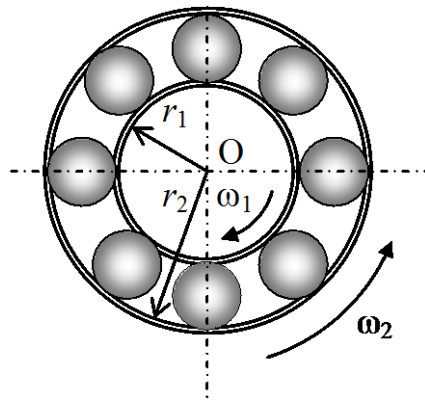
$$\begin{cases} \frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 = \frac{mv_0^2}{2}, \\ \frac{mv_1^2}{2} = 1,25mgh_1. \end{cases} \Rightarrow v_1 = \frac{\sqrt{5}}{3} v_0 = 2,24 \text{ м/с.}$$

Критерии оценивания задачи 1.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Записана закон сохранения энергии	3 балла
2	Записана связь потенциальной и кинетической энергий	2 балла

3	Проведены необходимые алгебраические преобразования	от 1 до 3 баллов
4	Сделаны подстановки числовых значений и получен правильный числовой ответ	от 1 до 2 баллов

2. Внутреннее кольцо шарикоподшипника, имеющее радиус $r_1 = 3r$, вращается вокруг своего центра O с угловой скоростью $\omega_1 = 2\omega$ по часовой стрелке, а внешнее, имеющее радиус $r_2 = 4r$, вращается вокруг центра O против часовой стрелки с угловой скоростью $\omega_2 = \omega$ (см. рис.). Считая, что шарикоподшипник не движется как целое, найдите угловую скорость вращения центров шариков вокруг точки O . Шарик катятся без проскальзывания и не соприкасаются между собой.



(MAX = 15 баллов)

Возможное решение

Линейные скорости нижней и верхней точек шариков: $v_1 = \omega_1 r_1 = 6\omega r$, $v_2 = \omega_2 r_2 = 4\omega r$.

Обозначим v_0 – скорость поступательного движения шариков, $v_{ep.}$ – скорость их вращательного движения вокруг собственной оси.

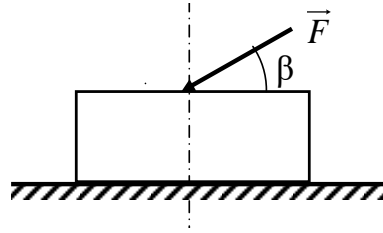
$$\begin{cases} v_2 = v_{ep.} - v_0, \\ v_1 = v_{ep.} + v_0. \end{cases} \Rightarrow v_0 = \frac{v_1 - v_2}{2} = \omega r, \Rightarrow \omega_0 = \frac{v_0}{\frac{r_1 + r_2}{2}} = \frac{\omega r}{\frac{7}{2}r} = \frac{2}{7}\omega.$$

Критерии оценивания задачи 2.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Записаны формулы и получены выражения для линейных скоростей v_2 и v_1 нижней и верхней точек шариков	По 1 балла за каждое выражение – всего 2 балла
2	Указаны направления скоростей v_2 и v_1	По 1 баллу за правильный ответ – всего 2 балла
3	Записаны уравнения закона сложения скоростей для v_2 и v_1	По 2 балла за каждое выражение – всего 4 балла

4	Проведены необходимые алгебраические преобразования и получено выражение для скорости поступат. движения шариков v_0	от 1 до 2 баллов
5	Получено выражение для угловой скорости ω_0	от 1 до 5 баллов

3. На заготовку массы $m = 3$ кг, в начальный момент времени покоившуюся на горизонтальном неподвижном конвейере, в течение времени $t_1 = 10$ с действует сила $F = 15$ Н, направленная под углом $\beta = \pi/6$ вниз к горизонту (см. рис.). На какое расстояние переместится заготовка за время $T = 18$ с (время отсчитывается от начала действия силы F)? Коэффициент трения заготовки о поверхность конвейера $\mu = 0,3$.



(MAX = 15 баллов)

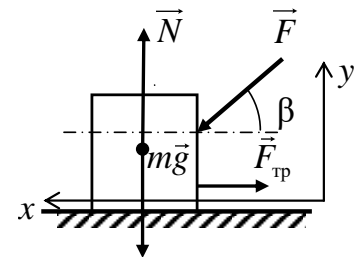
Возможное решение

1) Уравнения динамики за интервал времени $(0, t_1)$:

$$\begin{cases} x: F \cos \beta - F_{\text{тр}} = ma_1, \\ y: N - F \sin \beta - mg = 0. \end{cases}$$

Посчитаем $F_{\text{тр. max}} = \mu N = \mu(mg + F \sin \beta) = 11,25$ Н.

$$F \cos \beta = 15 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 12,99 \text{ Н} > F_{\text{тр. max}}.$$



Это означает, что тело движется с ускорением $a_1 = \frac{F \cos \beta - F_{\text{тр}}}{m} = \frac{12,99 - 11,25}{3} = 0,58 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$.

Посчитаем перемещение за интервал времени $(0, t_1)$ и скорость тела в конце этого интервала.

$$s_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{0,58 \cdot 100}{2} = 29 \text{ м}, \quad v_1 = a_1 t_1 = 0,58 \cdot 10 = 5,8 \frac{\text{М}}{\text{с}}.$$

2) За интервал времени $(t_1, T) = (10 \text{ с}, 18 \text{ с})$. $t_2 = T - t_1 = 8$ с.

Ускорение тела направлено противоположно оси x и равно $a_2 = \mu g = 3 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$. Уравнение для скорости тела:

$v_x(t') = v_1 - a_2 t'$. Время остановки $t_{\text{ост}}$ найдем из условия: $v_x(t_{\text{ост}}) = 0$. \Rightarrow

$$t_{\text{ост}} = \frac{v_1}{a_2} = \frac{5,8}{3} = 1,93 \text{ с} < t_2. \text{ Значит, тело остановится раньше, чем пройдет полное время } T.$$

Максимальное перемещение тела за это время $s_2 = \frac{v_1^2}{2a_2} = \frac{5,8^2}{2 \cdot 3} = 5,6 \text{ м}.$

3) Полное перемещение $s = s_1 + s_2 = 29 + 5,6 = 34,6 \text{ м}.$

Из-за возможных ошибок округления за правильное числовое значение следует принять любое числовое значение s , лежащее в интервале (30 м – 35 м).

Критерии оценивания задачи 3.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Записаны уравнения динамики за интервал времени $(0, t_1)$	от 1 до 2 баллов
2	Получена формула для ускорения a_1	от 1 до 2 баллов
3	Установлено что $a_1 > 0$	2 балла
4	Получены формулы для v_1 и s_1	от 1 до 2 баллов
5	Получена формула для ускорения a_2	1 балл
6	Установлено, что заготовка остановится раньше, чем пройдет время T .	от 1 до 2 баллов
7	Получена формула для s_2	от 1 до 2 баллов
8	Сделаны подстановки числовых значений и получен правильный числовой ответ для s	от 1 до 2 баллов

4. Для выполнения проектной работы ученик изготовил модель аппарата для подводной видеосъемки. Средняя плотность модели получилась равной $\rho = 1150 \text{ кг/м}^3$, поэтому модель тонула в воде. Ученик прикрепил к ней несколько воздушных шариков. В результате испытаний в соленой морской воде оказалось, что при погружении на глубину, не превышающую критической величины $h_c = 7 \text{ м}$, модель с прикрепленными к ней шариками всплывает, а при погружении на большую глубину тонет. Какой критической глубины достигает модель с теми же шариками при погружении в пресную речную воду? Считайте, что в обоих опытах погружения температуры воды и воздуха не меняются, атмосферное давление $p_0 = 10^5 \text{ Па}$. Плотность пресной воды $\rho_{\text{п}} = 1000 \text{ кг/м}^3$, плотность соленой воды $\rho_{\text{с}} = 1050 \text{ кг/м}^3$. Массой шариков и воздуха в них можно пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. (МАХ = 30 баллов)

Возможное решение

Обозначим M и V массу и объем модели: $M = \rho V$. Пусть V_0 , V_c и $V_{\text{п}}$ – объемы воздуха в шариках соответственно над водой, при погружении на критическую глубины в соленой и пресной воде; T_0 и $T_{\text{в}}$ – температуры воздуха в шариках над водой и в воде. Тогда

$$\left\{ \begin{array}{l} Mg = \rho_c(V + V_c)g, \\ Mg = \rho_n(V + V_n)g, \\ \frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{(p_0 + \rho_c g h_c) V_c}{T_6}, \Rightarrow h_n = \frac{1}{\rho_n g} \left(\frac{\rho_n (\rho - \rho_c) (p_0 + \rho_c g h_c)}{\rho_c (\rho - \rho_n)} - p_0 \right) = 1 \text{ м.} \\ \frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{(p_0 + \rho_c g h_n) V_n}{T_6}. \end{array} \right.$$

Критерии оценивания задачи 4.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Записана формула для плотности модели	1 балл
2	Записаны уравнения равновесия модели в соленой и пресной воде	По 2 балла за каждое выражение – всего 4 балла
3	Записаны выражения для давления воздуха в шариках в соленой и пресной воде	По 2 балла за каждое выражение – всего 4 балла
4	Записаны уравнения Клапейрона для воздуха в шариках в соленой и пресной воде	По 2 балла за каждое выражение – всего 4 балла
5	Проведены необходимые алгебраические преобразования и получена формула для h_n	от 1 до 15 баллов
6	Сделаны подстановки числовых значений и получен правильный числовой ответ	от 1 до 2 баллов