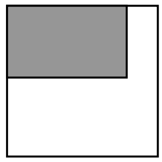
Решения
Заключительный тур олимпиады Росатом,
физика, 7 класс
2017-2018 учебный год

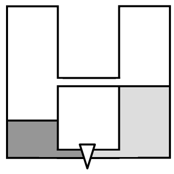
1. Вес ведерка, до краев заполненного водой, равен $P_1 = 20$ Н. В ведерко кладут камень, плотность которого втрое больше плотности воды и который полностью погружается в воду. Вес ведерка становится равным $P_2 = 24$ Н. Каким будет вес ведерка, если из него аккуратно вытащить первый камень, а положить другой камень, с той же плотностью, но с вдвое меньшим объемом, чем у первого.

2. Винни Пух пошел в гости к Пятачку. Перед выходом Винни заметил, что его настенные часы стоят, показывая время 10 часов 15 минут. Поскольку Винни не знал точного времени, он завел часы, не переводя стрелок. Когда Винни Пух пришел к Пятачку, он увидел, что часы в доме Пятачка показывали время 14 часов 30 минут. Винни ушел от Пятачка в 15 часов 10 минут. Когда Винни вернулся домой, его часы показывали 14 часов 20 минут. Увидев это, Винни Пух сразу же выставил на своих часах точное время. Какое время он выставил на своих часах?



3. Кубик составили из двух частей, имеющих разную плотность (см. рисунок). Одна часть, плотность которой равна ρ_1, составляет третью часть объема кубика, но четвертую часть его массы. Найдите плотность второй части кубика.

4. Нечестный спортсмен при подготовке к Олимпийским играм принимал допинг, который позволял достигать очень высокой скорости, но при медленном разгоне. В результате спортсмен бежал дистанцию $l = 100$ м по следующему графику: в начале каждой следующей секунды он мгновенно увеличивал свою скорость на величину $\Delta v = 1{,}8$ м/с (до начала первой секунды его скорость была нулевой). На какое время обгонит или отстанет этот спортсмен от своих конкурентов, которые бегут с постоянной скоростью $v = 10$ м/с?



5. Два одинаковых цилиндрических сосуда соединены в самом низу тонкой трубкой, перекрытой краном. Вторая узкая трубка соединяет сосуды на высоте h. В сосуды налита – жидкость плотности ρ в одно колено, и жидкость плотности 6ρ в другое, причем высота слоя жидкости с плотностью ρ равна h, плотности 6ρ - $h/2$. Кран открывают. Найти высоту столба легкой жидкости в том сосуде, где первоначально была только тяжелая жидкость.

Решения

1. Камень вытеснит такое количество воды, объем которого равен его объему. Эта вода выльется из ведра. Поэтому увеличение веса ведерка равно

$$P_2 = P_1 + \left(\rho_к - \rho_в\right) gV = P_1 + \left(3\rho_в - \rho_в\right) gV = P_1 + 2\rho_в gV$$

где $\rho_к$ и $\rho_в$ - плотности камня и воды соответственно, V - объем камня. Отсюда

$$\rho_в gV = \frac{P_2 - P_1}{2} \qquad (*)$$

Когда мы вытащим из ведерка первый камень и положим другой камень меньшего объема, часть ведерка объемом $V/2$ окажется ничем не заполненной. Поэтому вес ведерка будет равен

$$P_3 = P_1 + \left(\rho_к - \rho_в\right) g\frac{V}{2} - \rho_в g\frac{V}{2} = P_1 + 2\rho_в g\frac{V}{2} - \rho_в g\frac{V}{2} = P_1 + \rho_в g\frac{V}{2}$$

Поэтому из (*) получим

$$P_3 = P_1 + \frac{P_2 - P_1}{4} = \frac{3P_1 + P_2}{4} = 21\ \text{Н}$$

Критерии оценки задачи

1. Понято, что вес ведерка в первом случае увеличивается на удвоенный вес воды в объеме тела – 0,5 балла,
2. Правильно найден объем тела – 0,5 балла,
3. Правильно записано уравнение для веса ведерка в третьем случае – 0,5 балла,
4. Правильные вычисления – 0,5 балла,

Оценка за задачу находится как сумма оценок перечисленных пунктов. Максимальная оценка за задачу – 2 балла.

2. Обозначим время, стоящее на часах Винни Пуха, как t_1 (10 часов 10 минут), время, которое он увидел, придя к Пятачку - t_2 (14 часов 30 минут) время, когда он ушел от Пятачка - t_3 (15 часов 10 минут), время, которое он увидел на своих часах, когда вернулся - t_4 (14 часов 20 минут).

Очевидно, все путешествие Винни Пуха заняло время $t_4 - t_1$. Из них $t_3 - t_2$ он провел у Пятачка. Следовательно, на дорогу в каждый конец он затратил

$$\tau = \frac{1}{2}\left(t_4 - t_1 - \left(t_3 - t_2\right)\right) = \frac{1}{2}\left(t_4 - t_1 - t_3 + t_2\right) = 1 \text{ час } 45 \text{ мин}$$

Поэтому в тот момент, когда часы Пуха показывали $t_1 = 10.10$ точное время составляло

$$t_2 - \tau = 12.45$$

Следовательно, часы Пуха нужно перевести на 2 часа 35 минут вперед. То есть, когда часы Пуха показывали 14.20 точное время составляло 16.55. Это время и поставил на своих часах Винни Пух, когда вернулся.

Критерии оценки задачи

1. Сформулирована правильная идея решения – использование часов Винни-Пуха для измерения интервалов времени, и часов Пятачка для измерения абсолютных значений времени – 0,5 балла,
2. Использовано условие равенства времени пути «туда» и «обратно» – 0,5 балла,

3. Правильно записано уравнение для времени, которое должно стоять на часах Винни-Пуха – 0,5 балла,
4. Правильные вычисления – 0,5 балла,
Оценка за задачу находится как сумма оценок перечисленных пунктов. Максимальная оценка за задачу – 2 балла.

3. Пусть объем всего кубика V, а плотность его второй части - ρ_2. Тогда из условия имеем

$$\rho_1 \frac{V}{3} + \rho_2 \frac{2V}{3} = 4\rho_1 \frac{V}{3}$$

Решая это уравнение относительно ρ_2, получаем

$$\rho_2 = \frac{3}{2}\rho_1$$

Критерии оценки задачи
1. Сформулирована правильная идея решения – нахождение массы тела через плотности и объемы составных частей – 0,5 балла,
2. Правильно записано уравнение для массы тела через плотности и объемы составных частей и данные условия о связи массы тела с массой одной из частей – 0,5 балла,
3. Правильные решение уравнения – 1 балла,
Оценка за задачу находится как сумма оценок перечисленных пунктов. Максимальная оценка за задачу – 2 балла.

4. Конкуренты нечестного спортсмена пробегут стометровку за время

$$t = \frac{l}{v} = 10 \text{ с.}$$

Найдем, за какое время пробежит стометровку нечестный спортсмен. Поскольку в течение первой секунды он бежит со скоростью Δv, в точение второй секунды - $2\Delta v$, третьей - $3\Delta v$ и т.д., за 10 секунд он пробежит расстояние

$$S = \Delta v \Delta t + 2\Delta v \Delta t + ... + 10\Delta v \Delta t = 55\Delta v \Delta t = 99 \text{ м}$$

где $\Delta t = 1$ с. Таким образом, нечестный спортсмен за 10 секунд пробежит 99 м, а последний метр дистанции, он пробежит со скоростью $11\Delta v$ и, следовательно, затратит на его прохождение время

$$t_1 = \frac{1(м)}{11\Delta v} = 0,05 \text{ с}$$

Значит, нечестный спортсмен отстанет от своих конкурентов на время $t_1 = 0,05$ с.

Критерии оценки задачи
1. Использовано правильное соотношение между расстоянием, временем и скоростью. Правильно найдено время, за которое пробегут стометровку честные спортсмены – 0,5 балла,
2. Правильно найдено время, за которое пробежит стометровку нечестный спортсмен – 0,5 балла,
3. Правильно найдено время, в течение которого нечестный спортсмен будет бежать с максимальной скоростью – 0,5 балла,
4. Найдено, на какое время отстанет нечестный спортсмен от честных спортсменов – 0,5 балла,
Оценка за задачу находится как сумма оценок перечисленных пунктов. Максимальная оценка за задачу – 2 балла.

5. Давление около дна сосуда с тяжелой жидкостью ($p = 6\rho gh/2 = 3\rho gh$) больше давления около дна в сосуде с легкой жидкостью ($p_1 = \rho gh$). Поэтому при открывании крана тяжелая жидкость по нижней трубке будет перетекать в сосуд, в котором первоначально была легкая жидкость, которая в свою очередь по верхней трубке будет перетекать в сосуд с тяжелой жидкостью. Процесс перетекания будет происходить до тех пор, пока на выровняются давления около дна в левом и правом сосуде. Пусть к этому моменту в сосуд с легкой жидкостью перетечет столб тяжелой жидкости высотой x. Тогда точно такой же слой легкой жидкости перетечет по верхней трубке в сосуд с тяжелой жидкостью, и условие равновесия жидкости в сосуде дает

$$6\rho g\left(h/2 - x\right) + \rho gx = 6\rho gx + \rho g\left(h - x\right)$$

Отсюда

$$x = \frac{h}{5}$$

Критерии оценки задачи

1. Сформулирована правильная идея решения – одинаковость давлений в коленах сосуда – 0,5 балла,
2. Понято, что легкая жидкость будет перетекать в колено с тяжелой жидкостью – 0,5 балла,
3. Правильно записано условие равновесия жидкости с учетом ее перетекания из одного колена в другое – 0,5 балла,
4. Правильное решение уравнения – 0,5 балла,

Оценка за задачу находится как сумма оценок перечисленных пунктов. Максимальная оценка за задачу – 2 балла.