

**Многопрофильная олимпиада школьников Уральского федерального университета
«Изумруд»
2016-2017 учебный год**

ЗАДАНИЯ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА ПО ФИЗИКЕ

Физическая справка:

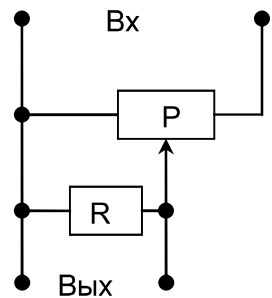
- Ускорение свободного падения $9.8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$
- Масса Солнца $2 \times 10^{30} \text{ кг}$
- Радиус Солнца $7 \times 10^8 \text{ м}$
- Гравитационная постоянная $6.7 \times 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
- Постоянная Планка $6.6 \times 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
- Скорость света $3 \times 10^8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$
- Постоянная Больцмана $1.38 \times 10^{-23} \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1}$
- Универсальная газовая постоянная $8.3 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$

Задание 1. Невидимые звёзды (25 баллов)

Известный британский астроном конца 18 века, проводивший также исследования в области оптики и гравитации, сделал предположение, что во Вселенной может существовать множество звёзд, с размерами в сотни раз превышающими размеры Солнца, которые, тем не менее, не могут быть увидены с больших расстояний. Считая плотность таких звёзд равной средней плотности Солнца, оцените минимальный радиус такой звезды.

Задание 2. Регулятор громкости (25 баллов)

Найти относительный уровень выходного сигнала y (в долях от входного) для схемы с потенциометром от положения его движка x , где $0 \leq x \leq 1$. Какие значения R и P необходимо выбрать для получения зависимости наиболее близкой к экспоненциальной $y \sim e^x$? Подобные схемы часто используются для “естественного” регулирования уровня звука. Для простоты удобно принять $R_{\text{вых}}(x=0) = 0 \text{ Ом}$.



Задание 3. Посадочные манёвры (20 баллов)

Орбитальная станция Ares-3 со спускаемым модулем подлетает к Марсу по параболической траектории. В момент выхода на круговую орбиту происходит запуск тормозного двигателя, работающего непродолжительное время, после чего завершается выход на орбиту радиуса R_0 . Высота орбиты над поверхностью планеты совпадает с высотой точки наибольшего сближения первоначальной траектории. Определить насколько изменилась скорость корабля во время этого манёвра. Масса Марса M_M .

Задание 4. Дырявый метеозонд (30 баллов)

Метеозонд наполняют смесью гелия и воздуха в равных молярных пропорциях. Однако в нем оказывается небольшое отверстие, через которое содержимое устремляется наружу. Найдите молекулярный состав пучка, покидающего шарик в начальный момент времени. Считать, что средние энергии молекул зависят только от температуры и воздух состоит из 25% кислорода и 75% азота.

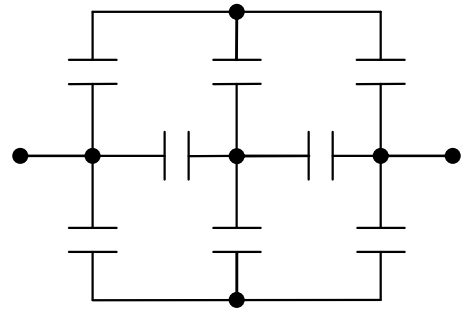
Время выполнения заданий – 180 минут. Максимальное количество баллов – 100

Задание 1. Орбитальный зонд (30 баллов)

Космический корабль подходит к неисследованной планете по параболической траектории. В момент максимального сближения кратковременно включается тормозной двигатель, и корабль выходит на круговую орбиту, высота которой над поверхностью планеты совпадает с высотой точки наибольшего сближения первоначальной траектории. Определить какую часть массы корабля должно составлять топливо, если известно, что масса планеты M , масса корабля m , радиус орбиты R .

Задание 2. Емкостный коллапс (20 баллов)

Определить общую ёмкость электрической цепи из одинаковых конденсаторов, изображённой на рисунке. Ёмкость одного элемента считать равной C .



Задание 3. “Колыбель Ньютона” (20 баллов)

Настольная антистресс-инсталляция, известная как “Колыбель Ньютона” часто встречается в кабинетах физики. Ее используют для демонстрации законов сохранения энергии и импульса. Однако в реальных физических системах потерь энергии избежать нельзя, и колебания рано или поздно затухают. Известно, что, если крайний шарик отклонить от положения равновесия на угол α , то шарик с противоположного конца колыбели поднимется на угол β . На какой угол отклонится первый шар после n -го цикла соударений, если считать, что при каждом соударении в тепло переходит одна и та же доля потенциальной энергии деформации?



Задание 4. Новый русский процессор (30 баллов)

В НИИ им. Скулкова разработали новый микропроцессор. Он представляет квадратный чип со стороной 2 см , который разделен на 13 рабочих секторов по следующему правилу: каждый новый сектор представляет собой квадрат со вдвое меньшей стороной, отделенный от предыдущего разметкой, как на рисунке справа. Как только в процессе работы на испытательном стенде сектора с нечетными номерами нагрелись до температуры $T_1 = 50^\circ\text{C}$, а с четными – до $T_2 = 90^\circ\text{C}$, испытания остановили. Определите установившуюся после остановки испытаний температуру кристалла. Толщина изобретения всего 3 мм , удельная теплоемкость материала кристалла $760\text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$, а плотность 2.3 г/см^3 . Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

