

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

Задание 1. (25 баллов) Протозвезда в газовом облаке

Протозвезда массы $M = 2 \cdot 10^{30}$ кг, которую можно рассматривать как точечный источник гравитационного поля, движется через однородное облако молекулярного водорода с постоянной скоростью, равной 10 км/с. Какую массу вещества сможет поглотить эта протозвезда на пути длиной в один световой год (расстояние, которое свет проходит за год), если она захватывает молекулы водорода, приближающиеся на расстояния менее 200 астрономических единиц ($2.94 \cdot 10^{10}$ км)? Потенциальную энергию молекулы водорода массы m в гравитационном поле рассчитывать по формуле $E_{\text{пот}} = -G \cdot M \cdot m / R$, где R – расстояние до центра протозвезды, $G = 6.67430 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$ – гравитационная постоянная. Скорость света принять равной $3 \cdot 10^8$ м/с. Концентрация молекул водорода в облаке равна 10^5 частиц/см³. Изменением гравитационного поля, связанным с увеличением массы протозвезды, пренебречь.

Задание 2. (25 баллов) Яркость Венеры

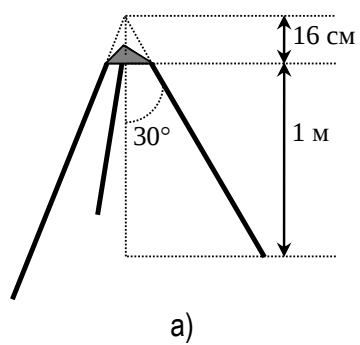
Принять, что Земля и Венера вращаются вокруг Солнца по круговым орбитам с радиусами $R_3 = 147 \cdot 10^6$ км, $R_В = 108 \cdot 10^6$ км. Считать, что яркость Венеры пропорциональна освещенной доле площади её диска, видимого с Земли, а также обратно пропорциональна квадрату расстояния от Земли до Венеры. Построить график зависимости яркости Венеры от её расстояния до Земли, позволяющий определить положение максимума яркости. Оценить положение этого максимума с точностью, не худшей, чем 0.1 астрономической единицы ($0.1 \cdot R_3$). Считать, что освещенная часть поверхности Венеры, как и часть поверхности, видимая с Земли, представляют собой полусферы, ограниченные плоскими сечениями α и β , проходящими через центр Венеры. Освещенную долю площади диска Венеры, видимого с Земли, рассчитывать по формуле $S = (1 - \cos(\varphi))/2$, где φ – угол между сечениями α и β .

Задание 3. (25 баллов) Неисправное устройство связи

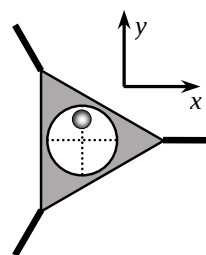
Туристическая группа попала в нештатную ситуацию, для выхода из которой потребовалась срочно связаться с органами МЧС. Штатное устройство связи средневолнового (160м) диапазона вышло из строя. Радиолюбитель, входивший в состав группы, определил неисправность – вышел из строя конденсатор переменной емкости с диапазоном регулировки 0.2-2 нФ. С собой такой запчасти не оказалось. В рюкзаках туристической группы ему удалось найти рулон фольги для запекания, широкий скотч, рулон стрейч-пленки, линейку, нож, ножницы, плоскогубцы, отвертку, синюю изоленту и несколько кусков проводов. Предложите туристу-радиолюбителю конструкцию конденсатора переменной емкости, изготовленную с применением перечисленных выше материалов и инструментов. Оцените электрические параметры получившегося изделия, учитывая электрическую постоянную ($8.854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$), относительные диэлектрические проницаемости воздуха (~ 1.00) и полиэтилена (2.25), другие данные для расчётов можно взять из общих соображений.

Задание 4. (25 баллов) Выравнивание штатива

Любитель астрономии собирается установить телескоп на штатив, имеющий форму симметричного треножника, как показано на Рисунке 1а. Угол между опорами штатива и его вертикальной осью составляет 30° , высота штатива до плоской площадки – 1 м. Поверхность, на которой установлен штатив, не совсем горизонтальна. Ориентацию площадки штатива можно контролировать с помощью установленного на ней пузырькового уровня, который представляет собой капсулу с жидкостью и воздушным пузырьком внутри (Рисунок 1б). Горизонтальному положению площадки соответствовало бы расположение пузырька в центре капсулы, однако он смещен на 1 см в направлении оси y , как показано на Рисунке 1б. Опоры штатива – телескопические, длину каждой из опор можно увеличивать (уменьшить нельзя). Какое минимальное изменение суммарной длины опор штатива позволит привести площадку в горизонтальное положение?



a)



b)

Рисунок 1. Треножник и пузырьковый уровень