

Рис. 1

между пластинами (в полостях). Когда электрическое поле направлено вправо, электроны, пролетающие через входную полость, замедляются, а когда влево – ускоряются, так что вылетающие из входной полости электроны образуют сгустки (группы) на определенном расстоянии. Если выходная полость помещена в точку образования сгустка, электрическое поле в этой полости будет поглощать энергию из сгустка при условии, что разность фаз (временная задержка) выбрана соответствующим образом.

Пусть сигнал (напряжение, подаваемое на пластины) имеет прямоугольную форму с периодом $T = 1,0 \cdot 10^{-9}$ с. Напряжение меняется в интервале $U = \pm 0,5$ В, начальная скорость электронов $v_0 = 2,0 \cdot 10^6$ м/с, отношение заряда к массе $e/m = 1,76 \cdot 10^{11}$ Кл/кг. Расстояние a между пластинами настолько мало, что временем прохождения электрона через полость можно пренебречь. С точностью до четырех значащих цифр вычислите следующие величины:

- а) расстояние b , на котором электроны образуют сгусток; (1,5 б.)
- б) необходимую разность фаз, которую должен обеспечить фазовый сместитель. (1 б.)

В. Межмолекулярное расстояние. Пусть d_1 и d_2 представляют собой средние расстояния между центрами молекул воды в жидкой и газообразной фазах соответственно. Предположим, что обе фазы находятся при 100°C и атмосферном давлении, а пар ведет себя, как идеальный газ. Используя следующие данные: плотность воды в жидкой фазе $\rho = 1,0 \cdot 10^3$ кг/м³, молярная масса воды $M = 1,8 \cdot 10^{-2}$ кг/моль, атмосферное давление $p_a = 1,0 \cdot 10^5$ Н/м², универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль · К), число Авогадро $N_A = 6,0 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹, подсчитайте отношение d_2/d_1 . (2,5 б.)

С. Простой генератор пилообразного сигнала. Напряжение U_0 пилообразной формы может быть получено между пластинами конденсатора C , показанного на рисунке 2. Резистор R представляет собой переменное сопротивление, U_i – напряжение идеальной батареи, а SG – искровой промежуток, состоящий из двух электродов с регулируемым расстоянием между ними. Когда напряжение, подаваемое на электроды, превосходит напряжение пробоя U_n , воздух между электродами ионизируется, в промежутке происходит короткое замыкание, и он остается в таком состоянии до тех пор, пока напряжение на промежутке не станет очень маленьким.

а) Изобразите график зависимости напряжения U_0 на конденсаторе от времени t после того, как ключ будет замкнут. (0,5 б.)

б) Какое условие должно выполняться, чтобы получить почти линейно изменяющееся пилообразное напряжение U_0 ? (0,2 б.)

в) В случае, когда условие б) выполнено, получите упро-

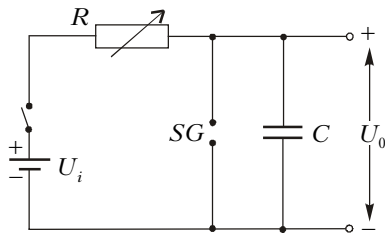


Рис. 2

щенное выражение для периода T пилообразного напряжения. (0,4 б.)

д) Что вы должны менять (R или SG , или то и другое), чтобы изменить только период? (0,2 б.)

е) Что вы должны менять (R или SG , или то и другое), чтобы изменить только амплитуду? (0,2 б.)

ф) Вам дан дополнительный источник постоянного тока, напряжение которого можно изменять. Придумайте и нарисуйте новую цепь, указав полярность включения этого источника и его напряжение, с помощью которой можно получить пилообразное напряжение U'_0 , изображенное на рисунке 3. (1 б.)

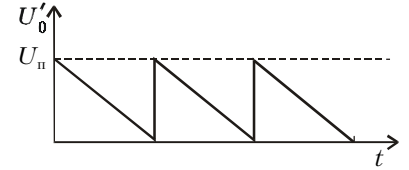


Рис. 3

Д. Атомный пучок.

Узкий пучок атомов можно получить, нагревая совокупность атомов в печи до некоторой температуры T и позволяя атомам вылетать горизонтально через маленькое (атомных размеров) отверстие диаметром D на одной стороне печи. Оцените диаметр пучка после того, как он пройдет в горизонтальном направлении расстояние L . Масса атома равна M . (2,5 б.)

Задача 2. Система двойной звезды

а) Хорошо известно, что большинство звезд образуют двойные системы. Одна из двойных систем состоит из обычной звезды с массой m_0 и радиусом R и более массивной и плотной нейтронной звезды с массой M , вращающихся вокруг друг друга. Наблюдения такой двойной системы с Земли (движением которой можно пренебречь) дают следующую информацию: максимальное угловое смещение обычной звезды равно $\Delta\theta$, а максимальное угловое смещение нейтронной звезды равно $\Delta\varphi$ (рис.4); время, требуемое на такие смещения, равно τ ; характеристики излучения обычной звезды указывают, что температура ее поверхности равна T , а энергия излучения, падающего на единицу

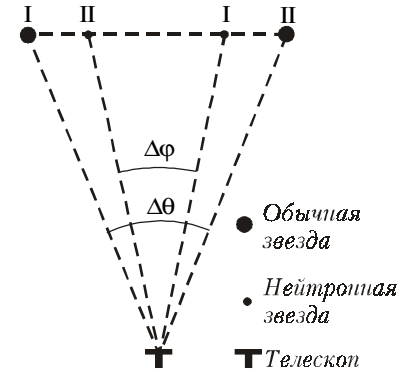


Рис. 4

площади поверхности Земли в единицу времени, равна P ; линия кальция в этом излучении смещена от своей нормальной длины волны λ_0 на величину $\Delta\lambda$ только из-за гравитационного поля обычной звезды (для этого расчета эффективная масса фотона принимается равной $h/(c\lambda)$). Выразите расстояние l от Земли до этой системы только через заданные наблюдаемые величины и универсальные константы. (7 б.)

б) Предположим, что $M \gg m_0$, так что обычная звезда вращается вокруг нейтронной звезды по круговой орбите радиусом r_0 . Пусть обычная звезда начинает излучать газ по направлению к нейтронной звезде со скоростью v_0 относительно обычной звезды. Считая гравитационное воздействие нейтронной звезды на движение испущенного газа значительно большим влияния обычной звезды и пренебрегая изменениями орбиты обычной звезды, найдите расстояние r_{max} максимального сближения этого газа и нейтронной звезды. (3 б.)