

оси пушки, как показано на рисунке 1. Электронный пучок излучается с катода электронной пушки вдоль ее оси, но имеет разброс направлений до  $5^\circ$  от оси. В общем случае на экране образуется размытое пятно, однако при определенных значениях магнитной индукции оно становится резко сфокусированным.

Рассмотрите движение электрона, который первоначально был излучен электронной пушкой под некоторым углом  $\beta$  к ее оси ( $0 \leq \beta \leq 5^\circ$ ), и, разложив это движение на компоненты, параллельные и перпендикулярные оси пушки, выведите выражение для отношения заряда электрона к его массе ( $e/m$ ) через следующие величины: наименьшее значение магнитной индукции  $B_0$ , при котором получается сфокусированное пятно, ускоряющую разность потенциалов в электронной пушке  $U$  (примите во внимание, что  $U < 2$  кВ) и расстояние между катодом и экраном  $D$ .

б) Рассмотрим другой метод определения отношения заряда электрона к его массе (установка показана на рисунке 2). В однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$  расположены две латунные круглые пластинки радиусом  $r$ , разделенные очень малым расстоянием  $t$ . Между пластинками существует разность потенциалов  $U$ . Пластинки параллельны друг другу и соосны, причем их общая ось перпендикулярна индукции магнитного поля. Фотопленка покрывает внутреннюю поверхность круглого цилиндра радиусом  $r + s$ , расположенного соосно пластинкам. Таким образом, расстоя-

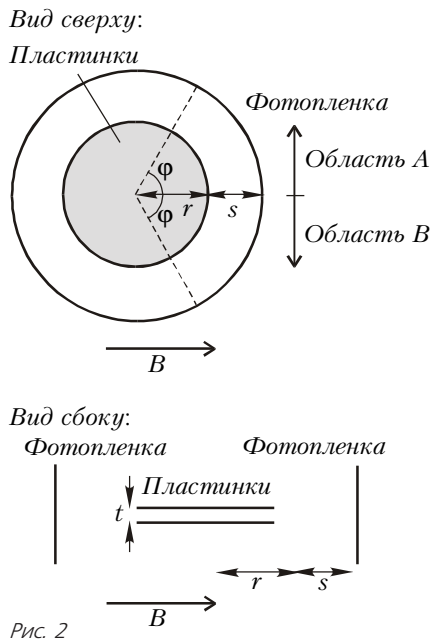


Рис. 2

ние между фотопленкой и краями пластинок равно  $s$ . Вся установка находится в вакууме. Отметим, что  $t$  намного меньше  $s$  и  $r$ .

Точечный источник  $\beta$ -частиц, испускающий  $\beta$ -частицы в интервале скоростей равномерно во всех направлениях, помещен посередине между центрами пластинок, и одна и та же пленка облучается при следующих трех различных условиях:  $B = 0$  и  $U = 0$ ,  $B = B_0$  и  $U = U_0$ ,  $B = -B_0$  и  $U = -U_0$ , где  $U_0$  и  $B_0$  – положительные константы. Примите во внимание, что верхняя пластинка заряжена положительно при  $U > 0$  и что индукция магнитного поля направлена, как показано на рисунке 2, при  $B < 0$ . В этой части задачи расстояние между пластинками можно считать пренебрежимо малым.

На рисунке 2 отмечены две области фотопленки:  $A$  и  $B$ . Одна из них после засветки пленки и проявления изобра-

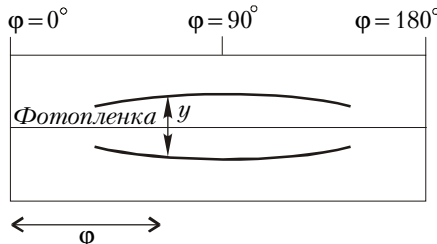


Рис. 3

жена на рисунке 3. Укажите, какая из областей ( $A$  или  $B$ ) изображена на этом рисунке.

с) Расстояние между двумя внешними следами на пленке измеряется с помощью микроскопа. На рисунке 3 показано это расстояние  $y$  для одного из значений угла  $\phi$ . Результаты измерений приведены в следующей таблице ( $\phi$  определен как угол между вектором магнитной индукции и линией, соединяющей центр пластинок и рассматриваемую точку на фотопленке):

Угол $\phi$ , градусы	90	60	50
Расстояние $y$ , мм	17,4	12,7	9,7
Угол $\phi$ , градусы	40	30	23
Расстояние $y$ , мм	6,4	3,3	конец следа

Численные значения параметров системы таковы:  $B_0 = 6,91$  мТл,  $U_0 = 580$  В,  $t = 0,80$  мм,  $s = 41,0$  мм. Кроме того, вы можете использовать значения скорости света в вакууме:  $3,00 \cdot 10^8$  м/с и массы покоя электрона:  $9,11 \cdot 10^{-31}$  кг.

Определите максимальную наблюдаемую кинетическую энергию  $\beta$ -час-

тицы. Выразите численный ответ в электрон-вольтах (эВ).

д) Используя информацию, данную в пункте с), найдите значение отношения заряда электрона к его массе покоя. Учтите, что полученное вами значение может не согласоваться с известным из литературы значением из-за систематической погрешности при наблюдениях.

### Задача 3

А. Эта часть задачи посвящена трудностям экспериментального обнаружения гравитационных волн, генерируемых при определенных астрономических явлениях. Заметим в этой связи, что взрыв удаленной сверхновой звезды может вызвать флуктуацию гравитационного поля на поверхности Земли порядка  $10^{-19}$  Н/кг.

Модель детектора гравитационных волн (рис.4) состоит из двух металли-

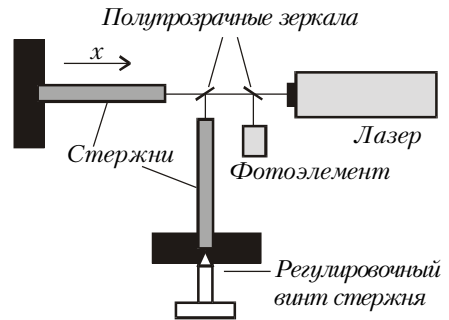


Рис. 4

ческих стержней длиной 1,0 м каждый, расположенных под прямым углом друг к другу. Один из торцов каждого стержня зеркально отполирован, а другой жестко закреплен. Положение одного из стержней выбрано так, чтобы сигнал, принимаемый фотоэлементом, был минимальным. Пьезоэлектрические устройства сообщают стержням резкие продольные импульсы, в результате чего свободные концы стержней колеблются с продольным смещением  $\Delta x = ae^{-\mu t} \cos(\omega t + \alpha)$ , где  $a$ ,  $\mu$ ,  $\omega$  и  $\alpha$  – константы.

а) Определите значение  $\mu$ , если известно, что амплитуда колебаний уменьшается на 20% в течение 50 с.

б) Зная, что скорость продольных волн определяется по формуле  $v = \sqrt{E/\rho}$ , вычислите наименьшее значение частоты  $\omega_0$ , если известно, что стержни сделаны из алюминия с плотностью  $\rho = 2700$  кг/м<sup>3</sup> и модулем Юнга  $E = 7,1 \cdot 10^{10}$  Па.

с) Невозможно изготовить стержни абсолютно одинаковой длины, а из-за разности длин стержней возникают биения сигнала фотоэлемента, частота