

11 класс

Радиоактивность

Решение.

Часть 1. Измерение естественного радиационного фона.

Подсчитаем количество срабатываний счётчика за 1 минуту. Время будем измерять с помощью секундомера. Измерения повторим несколько раз. Результаты представлены в таблице ниже.

№	I , имп/м	№	I , имп/м
1	17	11	24
2	23	12	20
3	30	13	17
4	20	14	21
5	16	15	19
6	24	16	28
7	32	17	25
8	31	18	15
9	23	19	23
10	27	20	25

Вычислим среднее значение и стандартное отклонение от среднего значения:

$$I_{\text{фон}} = (23.0 \pm 5.0) \text{ имп/мин}$$

Часть 2. Изучение поглощения β –излучения веществом.

Получим теоретическую зависимость потока частиц от толщины слоя поглотителя.

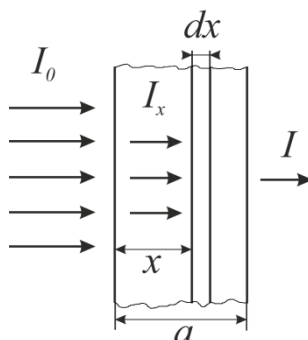


Рис. 1.

По аналогии со световыми пучками, можно сказать, что пучок электронов, двигающихся от плоского протяженного источника, является плоским. Тогда на поверхность слоя вещества по нормали падает параллельный пучок частиц. На расстоянии x от поверхности вещества мысленно выделим бесконечно тонкий слой dx . Так как вероятность поглощения электрона этим тонким слоем одинакова для всех электронов, изменение потока частиц dI_x , поглощённых слоем вещества dx пропорционально плотности потока I_x , падающего непосредственно на слой dx :

$$-dI_x = kI_x dx$$

Знак минус указывает на снижение плотности потока, k — коэффициент поглощения. Перепишем уравнение:

$$\frac{dI_x}{I_x} = -k dx$$

Проинтегрируем обе части уравнения:

$$\int_{I_0}^I \frac{dI_x}{I_x} = - \int_0^a k dx,$$

где I_0 — плотность исходного потока частиц, падающего на слой вещества-поглотителя, a — толщина слоя. Отсюда получаем, что:

$$\ln \left(\frac{I}{I_0} \right) = -ka,$$

откуда:

$$I = I_0 e^{-ka}$$

Для каждого фиксированного количества листов картона N , поглощающих частицы, будем проводить несколько замеров количества срабатываний счётчика в минуту (имп/мин). Результаты приведены ниже.

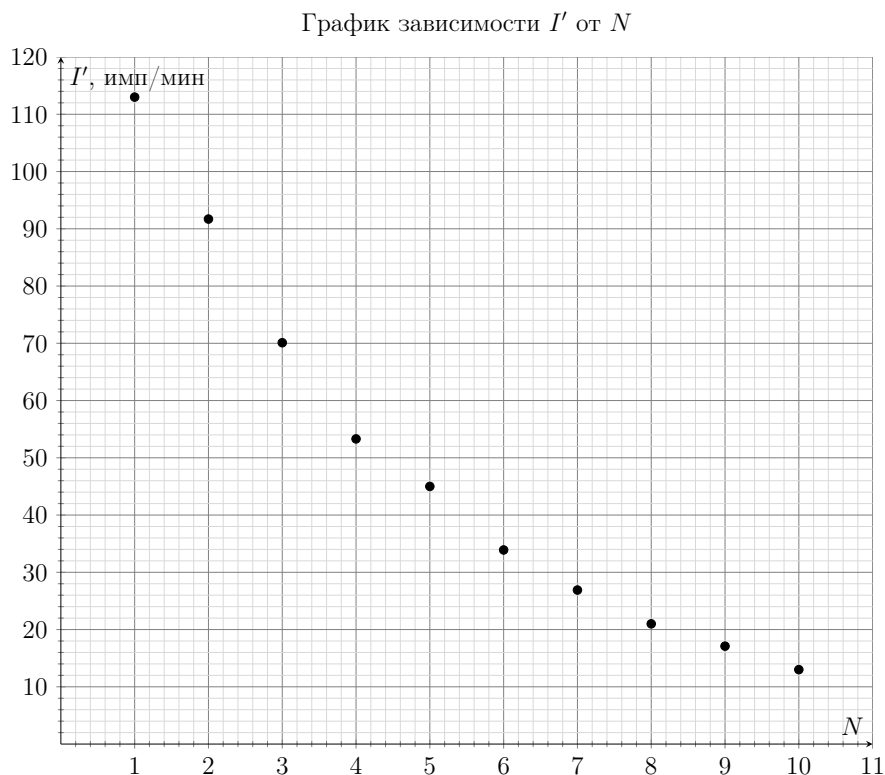
N	$I_{1,\text{имп/м}}$	$I_{2,\text{имп/м}}$	$I_{3,\text{имп/м}}$	$I_{4,\text{имп/м}}$	$I_{5,\text{имп/м}}$	$I_{6,\text{имп/м}}$	$I_{7,\text{имп/м}}$
1	131	133	127	132	160	125	144
2	110	132	107	123	112	101	118
3	90	99	89	107	84	98	85
4	89	67	77	68	74	78	81
5	66	63	70	66	84	63	64
6	53	49	65	65	57	54	55
7	59	41	53	52	45	54	45
8	46	37	36	47	43	49	50
9	39	45	31	49	37	39	41
10	33	32	37	45	30	41	34

Далее для каждого значения N вычислим среднее значение I потока частиц. Вспомним, что, помимо бета-частиц от источника, наш счётчик регистрирует естественный фон. Вычтем его из наших показаний и таким образом вычислим величину I' . Оценим стандартное отклонение от среднего с учётом погрешности измерения фона. Результаты расчётов представлены ниже.

N	$I_{\text{имп/мин}}$	$\sigma_{I,\text{имп/мин}}$	$I',\text{имп/мин}$	$\sigma_{I',\text{имп/мин}}$
1	136	12.2	113	13.2
2	114.7	10.5	91.7	10.5
3	93.1	8.4	70.1	8.4
4	76.3	7.6	53.3	7.6
5	68	7.5	45	7.5
6	56.9	6.1	33.9	6.1
7	49.9	6.3	26.9	6.3
8	44	5.6	21	5.6
9	40.1	5.8	17.1	5.8
10	36	5.4	13	5.4

Построим график зависимости $I'(N)$. Форма кривой напоминает график экспоненциальной функции с отрицательным показателем:

$$I' = I_0 e^{-kN}$$



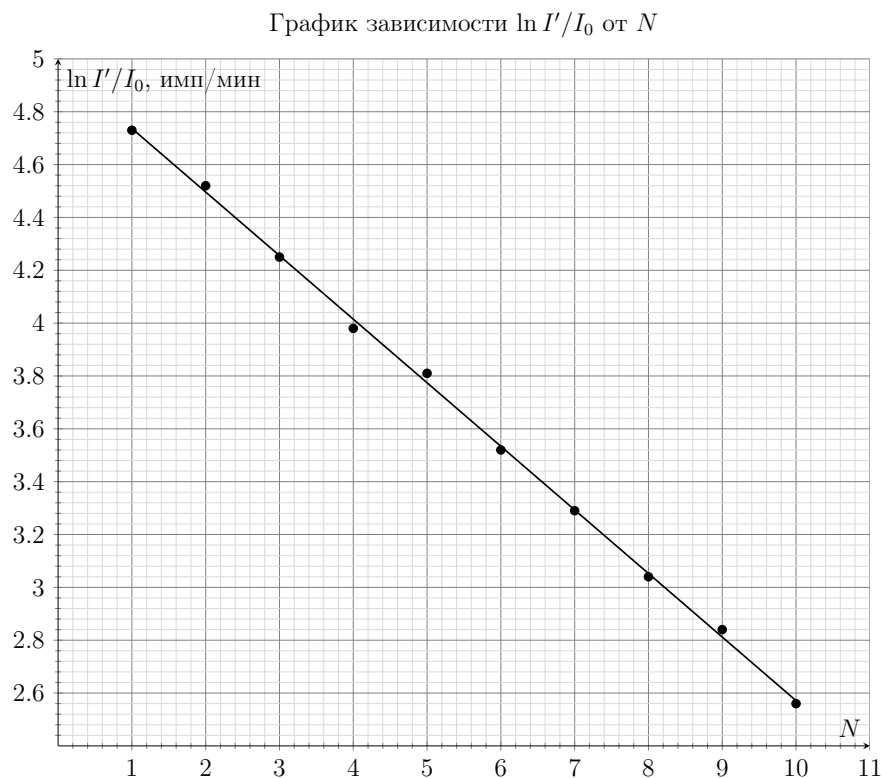
Проверим применимость данного закона к исследуемой зависимости. Для этого выполним операцию линеаризации:

$$\ln I' = \ln I_0 - kN$$

В том случае, если данный закон с достаточной точностью описывает исследуемую зависимость, график зависимости $\ln I'$ от N должен с достаточной точностью аппроксимироваться прямой. Проведём линеаризацию.

N	$\ln I'/I_0$
1	4.73
2	4.52
3	4.25
4	3.98
5	3.81
6	3.52
7	3.29
8	3.04
9	2.84
10	2.56

Построим график зависимости $\ln I'/I_0$ от N :



Построенный график с достаточной точностью аппроксимируется прямой, что подтверждает экспоненциальный характер зависимости.

Определим из линеаризованного графика угловой коэффициент $\alpha = -0.24$. Заметим, что $\alpha = -k$.

Величина k имеет смысл вероятности поглощения электрона одним слоем картона.

Замечание: Из теории известно, что бета-излучение, в отличие от гамма-излучения, обладает конечной максимальной длиной пробега частиц в среде. Поэтому, экспоненциальный характер зависимости $I'(N)$ лишь приближен к реальному.