

11 класс Люминесценция

Решение.

Часть 1. Инженерная

Соберём установку в соответствии с Рис.1.

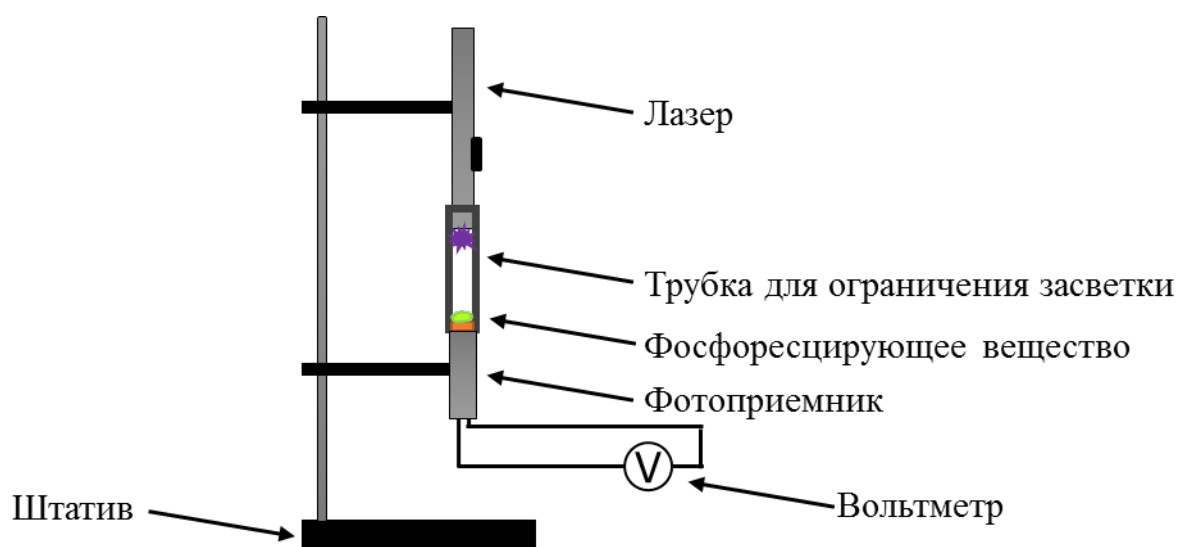


Рис. 1. Схема установки

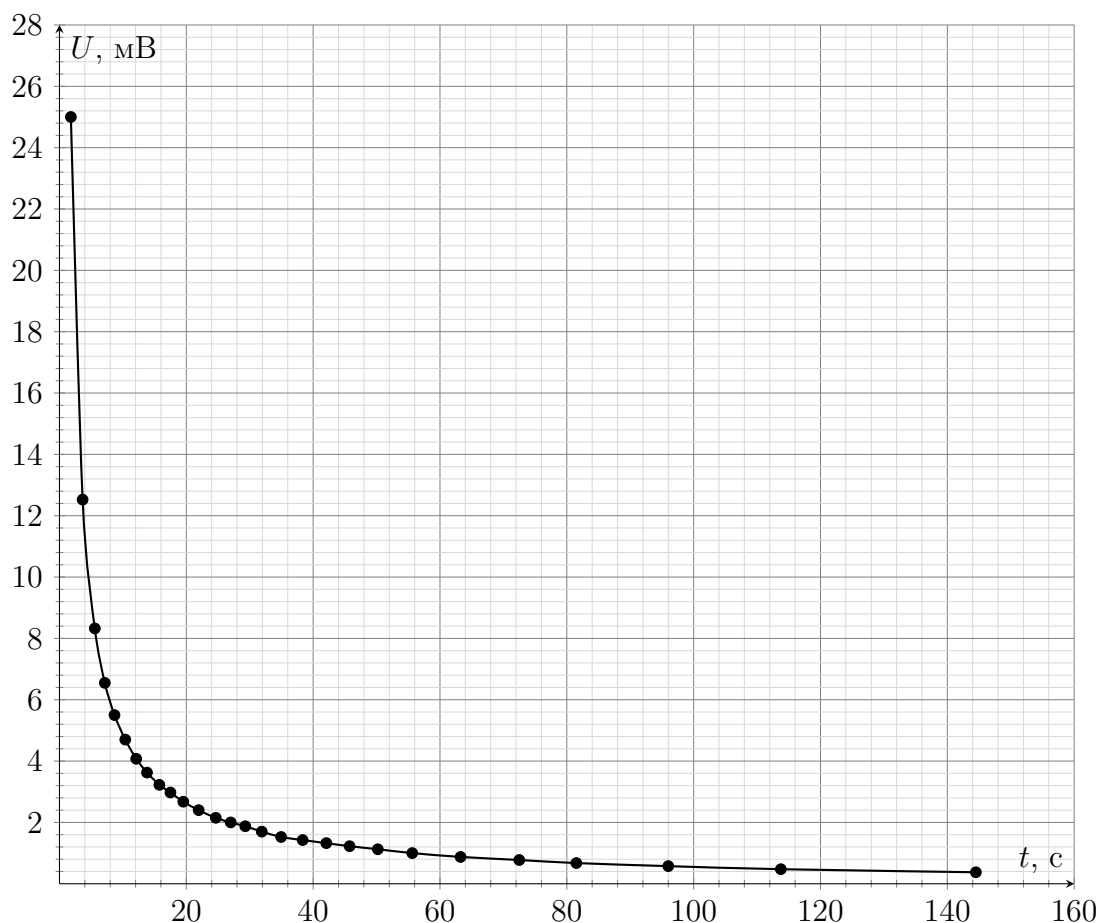
Фосфоресцирующее вещество намажем кисточкой на стекло фотоприемника. В этом случае сигнал от фосфоресценции будет максимальным. Пластиковую трубку, будем использовать как светонепроницаемую кожух.

Часть 2. Измерительная.

Осветим вещество лазером в течение 1 минуты. Выключим лазер. Сигнал на фотоприемнике довольно быстро затухает. Для измерения его зависимости от времени будем делать следующее. В момент прекращения освещения запустим секундомер. Т.к. секундомер обладает памятью этапов, будем нажимать на кнопку этапа и одновременно записывать показания мультиметра. По окончании серии этапов остановим секундомер и запишем показания этапов в соответствующие клетки таблицы. Прделав аналогичные манипуляции 3-4 раза наберем необходимую статистику эксперимента. Результаты измерений и график зависимости приведены ниже.

U_1 , мВ	t , с	U_2 , мВ	t , с	U_3 , мВ	t , с	U_4 , мВ	t , с
24.8	1.9	25.7	1.8	22.4	2	27.1	1.5
12.2	4.1	12.8	3.5	13.2	3.3	11.9	3.7
8.3	6.1	8.8	5	9	4.7	7.2	6.5
6.7	7.6	6.8	6.6	6.9	6.4	5.8	8
5.7	9.1	5.8	8.1	5.6	8	4.9	9.5
4.9	10.8	5	9.5	4.6	10.3	4.3	10.9
4.2	12.8	4.3	11.1	4	12	3.8	12.5
3.7	14.7	3.8	12.7	3.6	13.7	3.4	14.1
3.4	16.3	3.4	14.2	3.1	16	3	16.5
3.1	18	3.1	16.4	2.9	17.6	2.8	18
2.7	20.6	2.8	18	2.7	19.2	2.5	20.3
2.4	24	2.5	20.6	2.4	21.1	2.3	22.1
2.1	26.7	2.2	23.5	2.2	23.8	2.1	24.6
2	28.4	2	26.1	2.1	25.8	1.9	27.7
1.9	30.4	1.8	29.2	2	27.6	1.8	30
1.7	33.3	1.6	33.4	1.8	29.4	1.7	31.5
1.4	38.5	1.5	35.5	1.6	32.6	1.6	33.2
1.3	43.3	1.4	38	1.5	36.4	1.5	35.7
1.2	48.4	1.3	41	1.4	40.8	1.4	38.1
1.1	51.9	1.2	44.6	1.3	45.3	1.3	41.2
1	57	1.1	48.8	1.2	50.2	1.2	44.8
0.9	63.3	1	55	1	54.8	1.1	49.4
0.8	72	0.9	60	0.9	61	0.9	60
0.7	84	0.8	67	0.8	70	0.8	69
0.6	94	0.7	76	0.7	78	0.7	78
0.5	112	0.6	90	0.6	91	0.6	91
0.4	134	0.5	105	0.5	107	0.5	109
0.3	175	0.4	133	0.4	134	0.4	136

График зависимости сигнала от времени



Поставим некоторое количество точек на аппроксимирующей кривой, с которыми в дальнейшем продолжим работать:

U , мВ	27.1	11.9	8.6	5.9	4.2	3.7	3.4	2.9	2.3	2.2
t , с	1.5	3.5	5.0	8.0	11.1	13.7	16.0	18.0	22.1	24.6
U , мВ	1.9	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4
t , с	28.4	32.6	38.0	48.4	55.0	63.3	78.0	94.0	112.0	134

Часть 3. Теоретическая.

Мощность излучения вещества, как и напряжение на фотодиоде, пропорциональна количеству молекул, излучающих в единицу времени, что в свою очередь, согласно теории, пропорционально числу возбужденных молекул:

$$U \sim N \quad (1)$$

Последнее выполняется независимо от того, как происходит процесс релаксации. В

соответствии с (1) в каждой из моделей будем проверять следующее:

$$\text{Модель 1: } \frac{dU}{dt} \sim U \quad (2)$$

$$\text{Модель 1: } \frac{dU}{dt} \sim U^2 \quad (3)$$

В рамках первой модели сигнал зависит от времени по следующему закону (проинтегрируем зависимости (2) и (3)):

$$\text{Модель 1: } \ln \left(\frac{U}{U_0} \right) \sim t \quad (4)$$

$$\text{Модель 2: } \frac{1}{U} \sim t \quad (5)$$

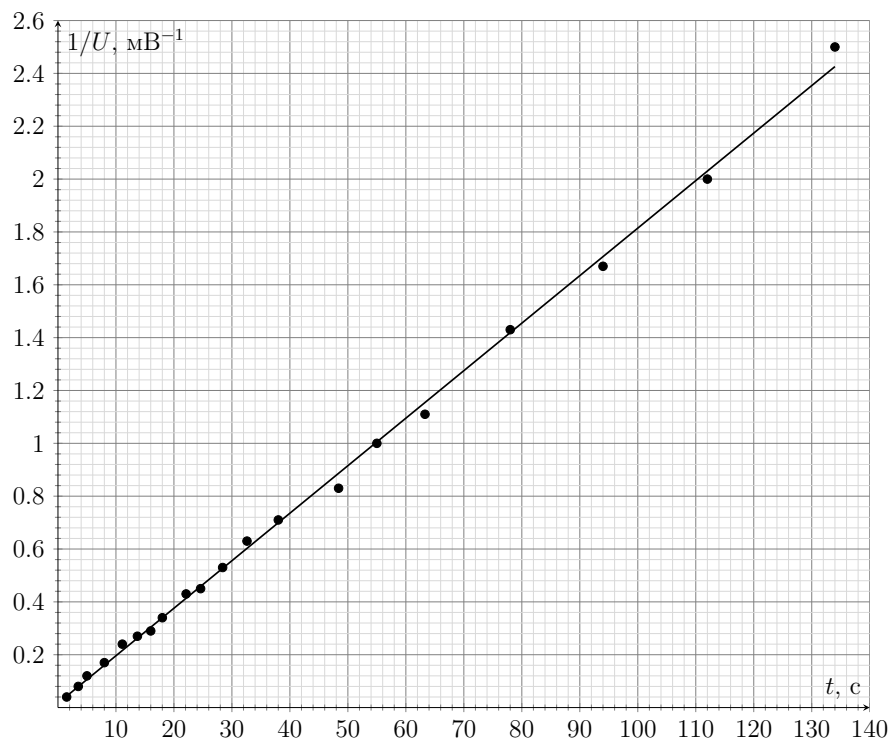
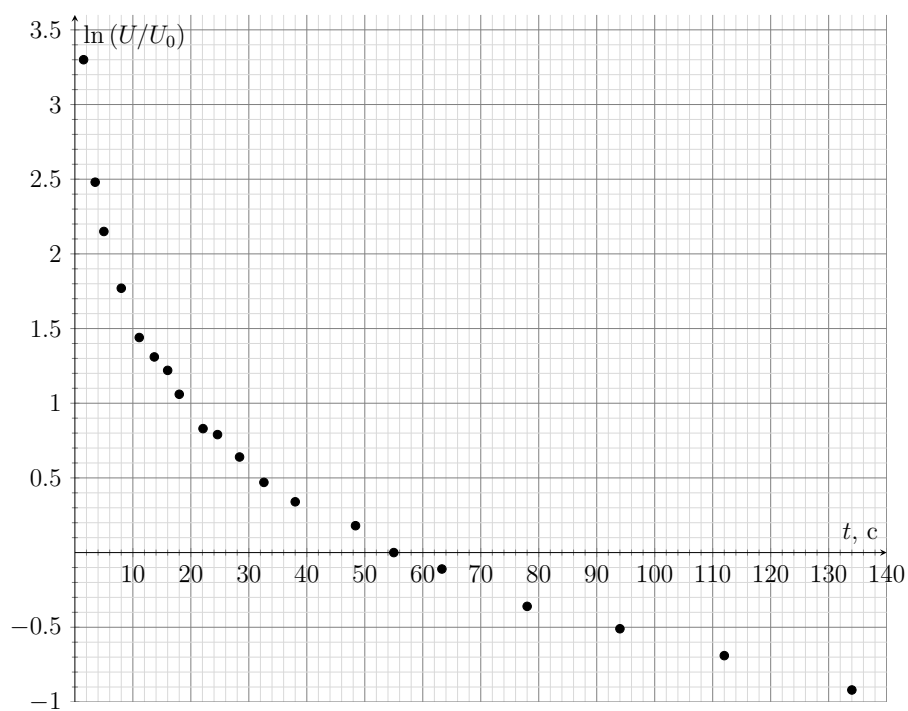
Часть 4. Обработка.

Построим графики:

- для первой модели: $\ln \left(\frac{U}{U_0} \right) (t)$
- для второй модели: $\left(\frac{1}{U} \right) (t)$

Приведем таблицы написанных выше зависимостей, $U_0 = 1$ мВ.

U , мВ	t , с	$\ln(U/U_0)$	$1/U$, мВ ⁻¹
27.1	1.5	3.3	0.04
11.9	3.5	2.48	0.08
8.6	5	2.15	0.12
5.9	8	1.77	0.17
4.2	11.1	1.44	0.24
3.7	13.7	1.31	0.27
3.4	16	1.22	0.29
2.9	18	1.06	0.34
2.3	22.1	0.83	0.43
2.2	24.6	0.79	0.45
1.9	28.4	0.64	0.53
1.6	32.6	0.47	0.63
1.4	38	0.34	0.71
1.2	48.4	0.18	0.83
1	55	0	1
0.9	63.3	-0.11	1.11
0.7	78	-0.36	1.43
0.6	94	-0.51	1.67
0.5	112	-0.69	2
0.4	134	-0.92	2.5

График зависимости U^{-1} от t График зависимости $\ln \left(\frac{U}{U_0} \right)$ от t 

Как видно, второй из полученных графиков линейен, что соответствует применимости второй модели к исследуемому процессу фосфоресценции.