

Условие

Задание 11-2. Фотоэлемент

Приборы и оборудование: солнечный фотоэлемент, фонарик, мультиметр, переменный резистор 22 кОм, переменный резистор 5,0 кОм, ключ, соединительные провода, картонная папка, пластилин.

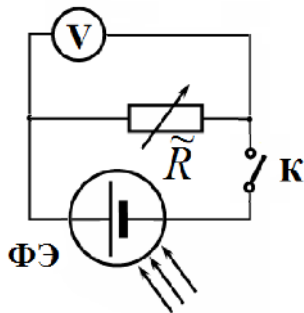
В данном задании вам необходимо исследовать свойства солнечного фотоэлемента, как источника электрической энергии. В качестве Солнца, используйте фонарик. Чтобы избежать излишней разрядки батареек фонарика, включайте его только во время проведения измерений. Фонарик и фотоэлемент закрепляйте на столе с помощью пластилина. Следите, чтобы панель фотоэлемента все время была полностью освещена светом фонарика. Если во время измерений изменится взаимное положение фонарика и солнечного элемента – измерения придется проводить сначала. Во время проведения измерений фонарик и фотоэлемент закрывайте от внешнего света картонной папкой.



Для проведения измерений используйте электрическую цепь, схема которой показана на рисунке. С помощью этой цепи Вы можете измерять, как сопротивление переменного резистора (для этого мультиметр переключить в режим омметра), так и напряжение на нем (переключив мультиметр в режим вольтметра). Правильно выбирайте диапазоны измерений.

Немного о фотоэлементе.

Электрическую цепь, схему этой цепи Вы можете измерять сопротивление резистора (для этого мультиметр переключить в режим омметра), так и напряжение на нем (переключив мультиметр в режим вольтметра). Правильно



Основная часть фотоэлемента – два слоя полупроводников p -типа и n -типа (так, называемый $p-n$ переход). Под действием света происходит разделение носителей зарядов в этих слоях, в результате чего, возникает ЭДС.

Электрические свойства фотоэлемента подобны свойствам обычного полупроводникового диода. В частности, зависимость силы тока через диод нелинейно зависит от напряжения на

нем, как схематически показано на рисунке (при небольших токах)

При обратном подключении сила тока через диод практически равна нулю.

Непосредственно Вы можете измерять сопротивление переменного резистора R и соответствующее напряжение на нем U . Для анализа работы Вам предстоит рассчитывать силы токов и мощности, выделяющиеся на переменных резисторах.

1. Запишите формулы, позволяющие по измеренным значениям сопротивления резистора R и напряжения на нем U рассчитывать силу тока в цепи I и мощность, выделяющуюся на резисторах.

Все измерения необходимо провести при двух значениях расстояния между фотоэлементом и фонариком. Для имитации дневного освещения фонарик расположите на расстоянии нескольких сантиметров от фотоэлемента. При этом напряжение на резисторе при его максимальном сопротивлении (примерно 22 кОм) должно быть не меньше 1,9 В.

Для проведения «вечерних» измерений отодвиньте фонарик, так чтобы напряжение на резисторе (опять 22 кОм) лежало в диапазоне 1,3 – 1,5 В.

Используйте максимальный диапазон изменения сопротивления (используйте оба переменных резистора). В таблице результатов укажите, какие резисторы Вы использовали для проведения измерений.

Обозначьте:

1 – использован резистор 22 кОм;

2 – использован резистор 5,0 кОм;

3 – использованы оба резистора (последовательно).

Рекомендуем сначала провести все измерения «днем», а потом все измерения «вечером».

2. Проведите в максимально широком диапазоне измерения зависимости напряжения на резисторе от его сопротивления $U(R)$.

3. Для каждого измерения рассчитайте значения силы тока I и мощности на резисторе P . Результаты занесите в Таблицу. Используйте указанные в таблице единицы измерения.

4. На одном бланке постройте нагрузочные характеристики фотоэлемента – зависимость напряжения на резисторе от силы тока через него $U(I)$.

5. Дайте качественное объяснение полученным зависимостям: почему при малых токах напряжение слабо зависит от силы тока. Дайте качественное объяснение зависимостей при малых сопротивлениях. Можете предложить примитивную модель работы фотоэлемента – несколько формул не помешают.

6. Постройте графики зависимости мощности P от сопротивления нагрузки R .

7. Укажите, при каких сопротивлениях достигается максимальная мощность. Кратко объясните, почему эти значения различаются «днем» и «вечером».



Решение

Задание 11-2. Фотоэлемент Решение.

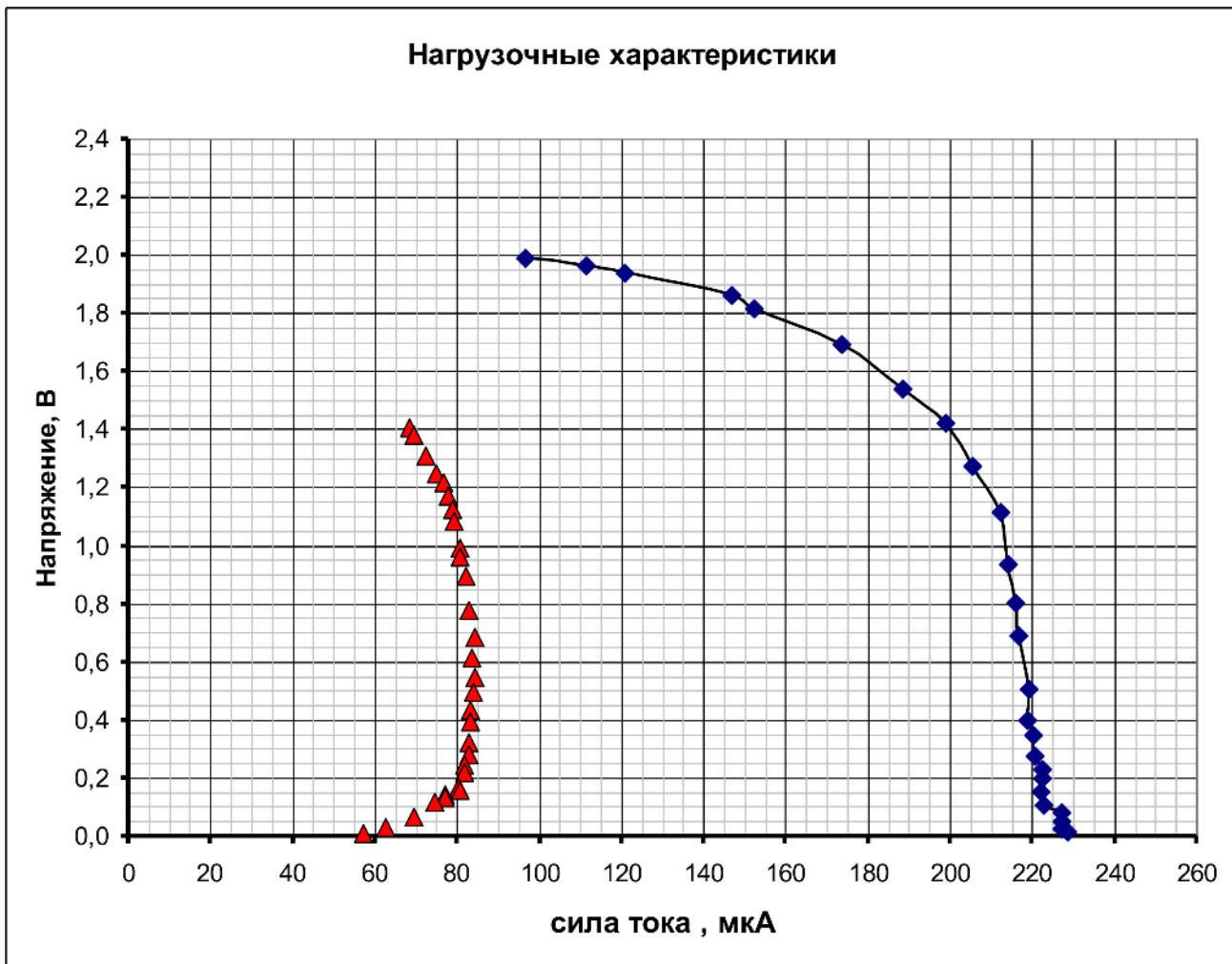
1. Формулы для расчета силы тока и мощности

$$I = \frac{U}{R}, P = UI$$

2 – 3. Таблица измерений и расчетов (в столбцах № - укажите способ подключения резисторов – 1,2, 3)

	днем		вечером						
№	$U_0, В$	$R, кОм$	$I, мкА$	$P, мкВт$	№	$U_0, В$	$R, кОм$	$I, мкА$	$P, мкВт$
1	1,990	20,60	96,6	192,2	1	1,406	20,60	68,3	96,0
1	1,964	17,64	111,3	218,7	1	1,383	19,97	69,3	95,8
1	1,937	16,02	120,9	234,2	1	1,310	18,07	72,5	95,0
1	1,863	12,68	146,9	273,7	1	1,248	16,64	75,0	93,6
1	1,815	11,92	152,3	276,4	1	1,217	15,84	76,8	93,5
1	1,695	9,76	173,7	294,4	1	1,173	15,06	77,9	91,4
1	1,540	8,18	188,3	289,9	1	1,128	14,30	78,9	89,0
1	1,424	7,16	198,9	283,2	1	1,083	13,66	79,3	85,9
1	1,275	6,21	205,3	261,8	1	0,994	12,31	80,7	80,3
1	1,118	5,27	212,1	237,2	1	0,960	11,91	80,6	77,4
1	0,939	4,39	213,9	200,8	1	0,897	10,92	82,1	73,7
1	0,801	3,71	215,9	172,9	1	0,777	9,38	82,8	64,4
1	0,691	3,19	216,6	149,7	1	0,688	8,17	84,2	57,9
2	0,508	2,32	219,0	111,2	1	0,614	7,34	83,7	51,4
2	0,398	1,82	218,7	87,0	1	0,545	6,46	84,4	46,0
2	0,348	1,58	220,3	76,6	1	0,496	5,92	83,8	41,6
2	0,278	1,26	220,6	61,3	2	0,434	5,22	83,1	36,1
2	0,229	1,03	222,3	50,9	2	0,396	4,76	83,2	32,9
2	1,990	20,60	96,6	192,2	2	0,320	3,87	82,7	26,5
2	1,964	17,64	111,3	218,7	1	1,406	20,60	68,3	96,0
2	1,937	16,02	120,9	234,2	1	1,383	19,97	69,3	95,8
2	1,863	12,68	146,9	273,7	1	1,310	18,07	72,5	95,0
2	1,815	11,92	152,3	276,4	1	1,248	16,64	75,0	93,6
2	1,695	9,76	173,7	294,4	1	1,217	15,84	76,8	93,5
					1	1,173	15,06	77,9	91,4

4. Графики зависимости напряжения от силы тока.



5. Качественное объяснение нагрузочных характеристик.

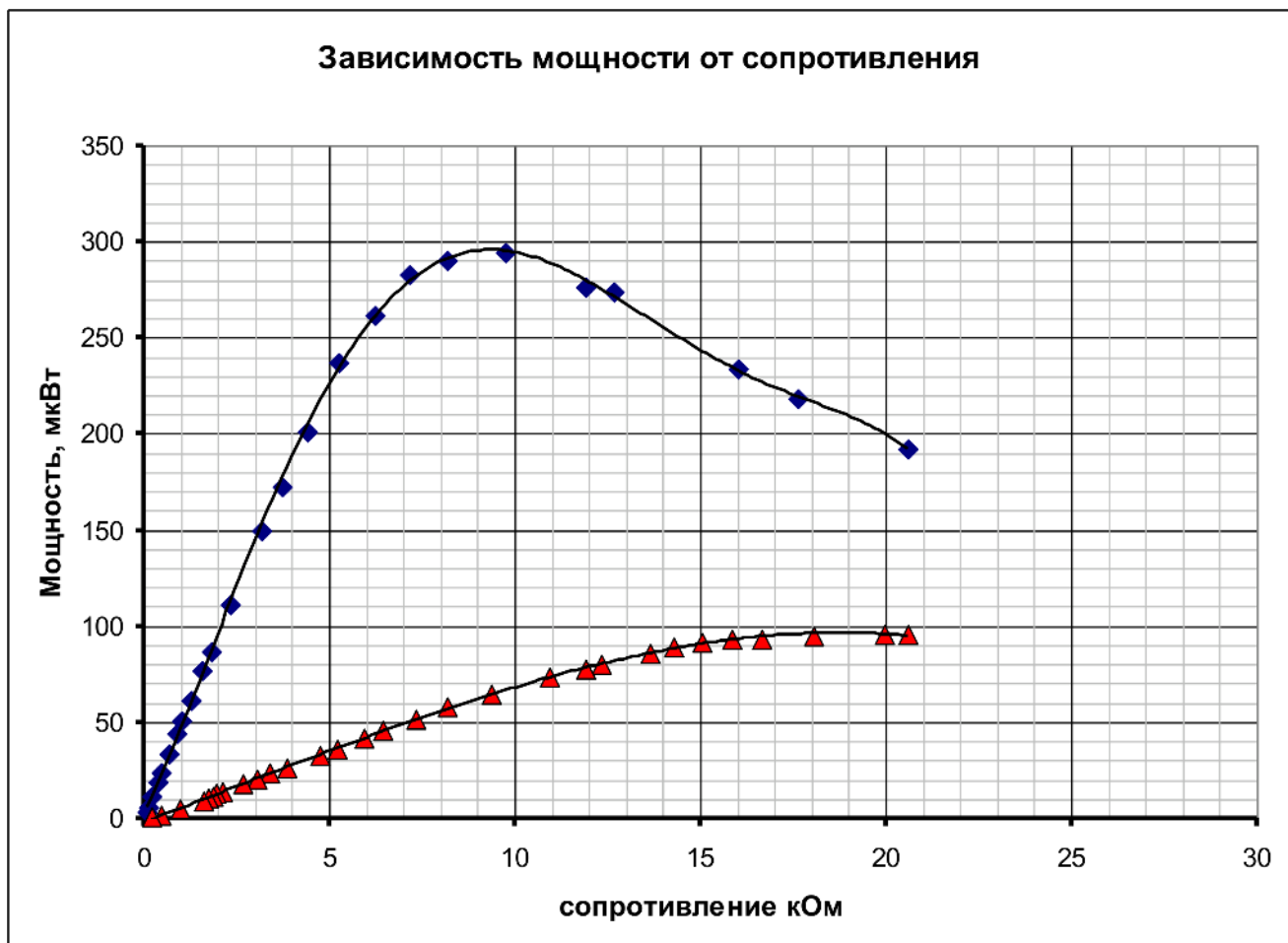
Внутреннее сопротивление фотоэлемента уменьшается с ростом силы тока.

Если это сопротивление примерно обратно пропорционально силе тока $r = \frac{a}{I}$, то измеряемое напряжение практически не зависит от силы тока

$$U = \varepsilon - Ir \approx \varepsilon - a.$$

При малых нагрузках сопротивление велико, поэтому напряжение на резисторах падает.

6. Зависимость мощности от сопротивления нагрузки.



7. Сопротивления, при которых мощность максимальна.

«Днем» при $R \approx 10 \text{ кОм}$;

«Вечером» при $R \approx 18 \text{ кОм}$

Причины различия этих сопротивлений.

Как известно максимальная мощность на нагрузке достигается, если ее сопротивление равно внутреннему сопротивлению источника.

Поэтому при уменьшении силы тока внутреннее сопротивление возрастает, соответственно, возрастает и сопротивление нагрузки, при котором мощность максимальна.