

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Ордена Трудового Красного Знамени
Институт солнечно-земной физики
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИСЗФ СО РАН)

XV НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ШКОЛЬНИКОВ
«ЧЕЛОВЕК И КОСМОС»

Насколько греет солнце?

Выполнил:
Васильев Михаил,
ученик 8 класса
МБОУ «Илькинская СОШ»
Заиграевского района Республики Бурятия

Учитель физики:
Абашеева Светлана Бато-Мунхоевна
МБОУ «Илькинская СОШ»
Заиграевского района Республики Бурятия
+79246553145, sabasheeva@yandex.ru

Научный руководитель:
Чучук Тамара Алексеевна,
магистрант 1 курса ИСЗФ СО РАН

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Теоретическая часть.....	4
Экспериментальная часть.....	9
Расчеты и анализ результатов.....	11
Заключение.....	15
Список литературы.....	17
Приложения.....	18

ВВЕДЕНИЕ

Солнце — главный источник энергии для всего живого на Земле. Мы чувствуем его тепло, но редко задумываемся: а сколько именно энергии оно дает? Можно ли измерить мощность солнечного излучения? Как меняется эта мощность в зависимости от положения Солнца на небе?

Я решил сделать этот проект, потому что люблю физику. Мне нравится пользоваться мультиметром, и я всегда хотел узнать, как работает солнечная панель. Когда учитель предложил мне этот проект, я сразу согласился. Мне было интересно не просто прочитать в учебнике значение солнечной постоянной, а получить его самостоятельно с помощью реальных измерений.

Солнечная постоянная — это количество солнечной энергии, которое поступает за 1 секунду на площадку размером 1 м^2 , расположенную перпендикулярно солнечным лучам на верхней границе атмосферы Земли. Ее значение составляет примерно 1367 Вт/м^2 .

Цель работы: рассчитать мощность солнечного излучения, приходящуюся на единичную площадку, установленную перпендикулярно солнечным лучам.

Задачи проекта:

1. Подготовить необходимое оборудование.
2. Разработать метод измерения мощности солнечного излучения.
3. Провести измерения при освещении солнечной панели лампой и Солнцем.
4. Рассчитать коэффициент полезного действия (КПД) солнечной панели.
5. Вычислить солнечную постоянную и сравнить с известным значением.
6. Проанализировать полученные результаты и объяснить расхождения.
7. Исследовать зависимость показаний приборов (тока и напряжения) от угла наклона солнечной панели.

I. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Солнце — центральная звезда нашей планетной системы, представляющая собой гигантский раскаленный газовый шар. Температура на поверхности Солнца составляет около 6000°C , а в его недрах достигает 15–20 миллионов градусов. Внутри Солнца постоянно протекают термоядерные реакции превращения водорода в гелий, в ходе которых выделяется колоссальное количество энергии.

Ежесекундно Солнце излучает в окружающее пространство энергию, эквивалентную взрыву миллиардов водородных бомб. Эта энергия распространяется в виде электромагнитных волн и достигает Земли примерно за 8 минут 19 секунд, преодолевая расстояние около 150 миллионов километров. До Земли доходит лишь одна двухмиллиардная часть всей энергии, излучаемой Солнцем. Однако даже этой ничтожной доли достаточно для поддержания жизни на нашей планете.

1. Солнечное излучение и его характеристики

Солнечное излучение (солнечная радиация) представляет собой поток электромагнитных волн различной длины. В его составе выделяют:

Тип излучения	Длина волны	Доля в общем потоке
Ультрафиолетовое	10–400 нм	около 9%
Видимый свет	400–760 нм	около 41%
Инфракрасное	760–2500 нм	около 50%

Основными характеристиками солнечного излучения являются:

1. Интенсивность — количество лучистой энергии, проходящей за единицу времени через единичную площадку, расположенную перпендикулярно лучам.
2. Спектральный состав — распределение энергии по длинам волн.
3. Освещенность — световой поток, падающий на единицу поверхности.
4. Солнечная постоянная — это величина, показывающая, какое количество солнечной энергии поступает за 1 секунду на площадку размером 1 м^2 , расположенную перпендикулярно солнечным лучам на верхней границе земной атмосферы (на среднем расстоянии Земли от Солнца). Значение солнечной постоянной составляет: $S=1367\text{ Вт/м}^2$. Это означает, что каждый квадратный метр поверхности, обращенной к Солнцу за пределами атмосферы, получает мощность 1367 Вт. Для сравнения: электрический чайник потребляет мощность около 1500–2000 Вт.

Когда солнечные лучи проходят через земную атмосферу, их интенсивность уменьшается. Это происходит по нескольким причинам:

1. Факторы ослабления солнечной радиации

Фактор	Механизм воздействия	Доля потерь
Рассеяние	Молекулы воздуха и частицы пыли отклоняют лучи в разные стороны	15–20%

Поглощение	Озон поглощает ультрафиолет, водяной пар и углекислый газ — инфракрасное излучение	10–15%
Отражение	Облака отражают часть излучения обратно в космос	20–30%

В результате этих процессов к поверхности Земли в ясный день доходит примерно 50–70% солнечной энергии от той, что была на верхней границе атмосферы. Это значение называют суммарной солнечной радиацией.

2. Зависимость от высоты Солнца

Количество энергии, достигающей поверхности, сильно зависит от высоты Солнца над горизонтом. Чем выше Солнце, тем меньше толщина атмосферы, которую проходят лучи, и тем меньше потери.

При низком положении Солнца лучи проходят через более толстый слой атмосферы, рассеяние и поглощение возрастают, и к поверхности доходит значительно меньше энергии.

3. Атмосферная масса

В астрофизике и гелиотехнике используется понятие «атмосферная масса» (AM — air mass). Она показывает, во сколько раз путь луча в атмосфере длиннее, чем при вертикальном падении.

- AM0 — за пределами атмосферы (солнечная постоянная);
- AM1 — Солнце в зените;
- AM1.5 — стандартное условие для тестирования солнечных панелей (Солнце под углом 45°);
- AM2 — Солнце под углом 30° к горизонту.

Солнечная энергия на поверхности Земли. Количество солнечной энергии, падающей на 1 м² земной поверхности, зависит от нескольких факторов:

1. Географическая широта. На экваторе Солнце стоит высоко круглый год, поэтому поверхность получает максимум энергии. По мере движения к полюсам угол падения лучей уменьшается, и количество энергии снижается.

2. Время года и время суток. Зимой Солнце стоит ниже, световой день короче, поэтому энергии поступает значительно меньше, чем летом.

3. Облачность. Облака могут отражать и рассеивать до 80% солнечного излучения. В пасмурный день энергия, достигающая поверхности, может снижаться в 10–20 раз по сравнению с ясным днем.

2. Фотоэлектрический эффект и принцип работы солнечной панели

Для измерения мощности солнечного излучения в моем проекте используется солнечная панель. Чтобы правильно интерпретировать результаты, необходимо понимать физические принципы ее работы.

1. Фотоэлектрический эффект.

В основе работы солнечных панелей лежит фотоэлектрический эффект — явление вырывания электронов из вещества под действием света. Это явление было открыто немецким физиком Генрихом Герцем в 1887 году и подробно исследовано Альбертом Эйнштейном, который в 1905 году объяснил его на основе квантовой теории. За эту работу Эйнштейн получил Нобелевскую премию.

Суть явления: свет представляет собой поток частиц — фотонов. Когда фотон попадает в полупроводниковый материал (обычно кремний), он передает свою энергию электрону. Если энергия фотона достаточна, электрон покидает свое место в атоме, создавая пару «электрон — дырка». Под действием внутреннего электрического поля (созданного специальной обработкой полупроводника) электроны движутся в одну сторону, а дырки — в другую. Таким образом возникает электрический ток.

2. Характеристики солнечной панели.

Любая солнечная панель характеризуется несколькими важными параметрами:

1. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) — зависимость тока от напряжения. При коротком замыкании ток максимален (ток короткого замыкания $I_{кз}$), а напряжение равно нулю. При разомкнутой цепи напряжение максимально (напряжение холостого хода $U_{хх}$), а ток равен нулю. Максимальная мощность достигается в некоторой промежуточной точке.

2. Коэффициент полезного действия (КПД) — отношение электрической мощности, вырабатываемой панелью, к мощности светового излучения, падающего на нее.

$$\eta = \frac{P_{\text{свет}}}{P_{\text{эл}}} \cdot 100\%$$

3. Для современных коммерческих солнечных панелей КПД составляет 15-22%. Лабораторные образцы достигают КПД 46%.

4. Мощность (пиковая) — максимальная электрическая мощность, которую панель может выдать при стандартных условиях испытаний (освещенность 1000 Вт/м², температура 25°C, спектр AM1.5).

5. Температурный коэффициент — показывает, на сколько процентов падает мощность при увеличении температуры на 1°C. Обычно составляет около -0,4...-0,5%/°C.

3. Зависимость мощности от угла падения света

Мощность, вырабатываемая солнечной панелью, пропорциональна потоку света, падающему на ее поверхность. При изменении угла падения световой поток изменяется по закону косинуса:

$$P = P_0 \cdot \cos \alpha$$

где:

- P_0 — мощность при перпендикулярном падении лучей ($\cos \alpha = 0^0$)

- $\cos \alpha$ — угол между направлением лучей и нормалью к поверхности

Это означает, что при угле 60° мощность падает в два раза по сравнению с максимальной. Именно поэтому важно правильно ориентировать солнечные панели для получения максимальной энергии.

3. Методы измерения солнечной радиации

В науке и технике для измерения солнечного излучения используются различные приборы:

1. Пиргелиометр. Служит для измерения прямой солнечной радиации. Принцип действия основан на нагревании зачерненной пластинки и измерении температуры. Это основной прибор для определения солнечной постоянной.

2. Пиранометр. Измеряет суммарную солнечную радиацию (прямую + рассеянную). Состоит из чувствительного элемента (обычно термопары) и стеклянного купола, защищающего от ветра и осадков.

3. Альбедометр. Измеряет отраженную радиацию. По сути, это два пиранометра: один направлен вверх, другой — вниз.

4. Фотоэлектрические измерители. Используют солнечные панели или фотодиоды. Их показания зависят от спектрального состава света и температуры, поэтому требуют калибровки. Однако они дешевы и удобны для любительских измерений.

В моем проекте используется именно фотоэлектрический метод с применением небольшой солнечной панели и мультиметра.

4. Применение солнечной энергии

Знание того, сколько энергии дает Солнце, имеет огромное практическое значение:

1. Солнечная энергетика. Солнечные электростанции (СЭС) становятся все более популярными во всем мире. Они бывают двух основных типов:

- Фотоэлектрические станции — непосредственно преобразуют свет в электричество с помощью солнечных панелей.

- Термальные станции — концентрируют солнечные лучи зеркалами для нагрева теплоносителя, который затем вращает турбину.

2. Строительство и архитектура. При проектировании зданий учитывают количество солнечной энергии, поступающей на разные фасады. Это позволяет правильно спланировать отопление, кондиционирование и естественное освещение.

3. Сельское хозяйство. Солнечная радиация — основа фотосинтеза. Зная ее интенсивность, можно прогнозировать урожайность и планировать сроки посадки растений.

4. Метеорология и климатология. Данные о солнечной радиации используются для прогноза погоды и изучения изменений климата.

5. История определения солнечной постоянной

Интересно проследить, как ученые определяли солнечную постоянную на протяжении истории:

Год	Ученый	Полученное значение	Метод
1838	Клод Пуйе	1228 Вт/м ²	Нагревание воды в сосуде
1881	Сэмюэл Лэнгли	2826 Вт/м ² (завышено)	Болиметр
1903	Чарльз Эббот	1467 Вт/м ²	Пиргелиометр
1954	Разные лаборатории	1353 Вт/м ²	Спутниковые измерения
1978	Современные спутники	1367 Вт/м ²	Спектрорадиометры

Как видно из таблицы, точность измерений постоянно повышалась. Современные спутниковые измерения позволяют определять солнечную постоянную с погрешностью менее 0,1%.

II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

1. Подготовительный этап

Для проведения эксперимента мне понадобилось:

<i>№</i>	<i>Оборудование</i>	<i>Характеристики</i>
1	Солнечная панель	Площадь 112 см ² (0,14 м × 0,06 м)
2	Мультиметр	Для измерения тока и напряжения
3	Соединительные провода	Для подключения панели к мультиметру
4	Лампа накаливания	Мощность 22 Вт
5	Транспортир	Для измерения угла наклона панели
6	Линейка, рулетка	Для измерений расстояний
7	Стол	Для размещения установки

С помощью проводов я подключил мультиметр к солнечной панели. Важно было обеспечить надежный контакт, чтобы показания были точными.

2. Метод измерений

Метод основан на сравнении мощности, вырабатываемой солнечной панелью при освещении ее двумя разными источниками: лампой накаливания известной мощности и Солнцем.

Порядок работы:

1. Подключение: Присоединяю провода мультиметра к солнечной панели.
2. Режим измерения напряжения: Переключаю мультиметр в режим измерения постоянного напряжения (DCV), подключаю к панели и фиксирую показания.
3. Режим измерения тока: Переключаю мультиметр в режим измерения постоянного тока (DCA), подключаю последовательно в цепь и фиксирую показания.
4. Изменение угла наклона: Устанавливаю панель под разными углами от 10° до 90° с шагом 10°, используя транспортир.
5. Измерения с лампой: Провожу все измерения при освещении панели лампой мощностью 22 Вт, расположенной на фиксированном расстоянии.
6. Измерения с Солнцем: Провожу все измерения при освещении панели прямым солнечным светом в ясный день.

3. Почему мои измерения могут отличаться от табличных значений?

В ходе проекта я буду сравнивать полученные мной результаты с известным значением солнечной постоянной. Важно заранее понимать возможные причины расхождений:

1. Влияние атмосферы — мои измерения проводятся на поверхности Земли, а солнечная постоянная определена для верхней границы атмосферы.

2. Неидеальность панели — КПД панели зависит от температуры, спектрального состава света, угла падения и других факторов.

3. Погрешность приборов — мультиметр имеет определенный класс точности.

4. Время года и время суток — высота Солнца влияет на толщину атмосферы.

5. Состояние атмосферы — влажность, запыленность, облачность.

6. Отражение от окружающих предметов — панель может получать не только прямой, но и отраженный свет.

4. Результаты измерений

А) Результаты измерений на Солнце

Дата проведения: 18 марта 2026 год

Время проведения: 12:00

Погодные условия: ясно

Угол наклона панели	Ток I (А)	Напряжение U (В)	Мощность $P = I \cdot U$ (Вт)
10°	0,019±0,001	4,1±0,1	0,0779
20°	0,020±0,001	4,3±0,1	0,086
30°	0,021±0,001	4,3±0,1	0,0903
40°	0,022±0,001	4,5±0,1	0,099
50°	0,023±0,001	4,7±0,1	0,1081
60°	0,024±0,001	5,0±0,1	0,12
70°	0,026±0,001	5,1±0,1	0,1326
80°	0,027±0,001	5,3±0,1	0,1431
90°	0,028±0,001	5,5±0,1	0,154

(далее измерения тока и напряжения проводились строго перпендикулярно солнечным лучам)

Дата проведения: 15 марта 2026 год

Время проведения: 12:00

Погодные условия: ясно

Угол наклона панели	Ток I (А)	Напряжение U (В)	Мощность $P = I \cdot U$ (Вт)
90°	0,027±0,001	5,5±0,1	0,149

Дата проведения: 10 марта 2026 год

Время проведения: 12:00

Погодные условия: ясно

Угол наклона панели	Ток I (А)	Напряжение U (В)	Мощность $P = I \cdot U$ (Вт)
90°	0,028±0,001	5,5±0,1	0,154

Дата проведения: 6 марта 2026 год

Время проведения: 12:00

Погодные условия: ясно

Угол наклона панели	Ток I (A)	Напряжение U (B)	Мощность $P = I \cdot U$ (Вт)
90°	0,028±0,001	5,5±0,1	0,154

Б) Результаты измерений на лампочке (22 Вт)

Расстояние от лампы до панели: 13,5 см

Угол наклона панели	Ток I (A)	Напряжение U (B)	Мощность $P = I \cdot U$ (Вт)
10°	0,017±0,001	4,1±0,1	0,0697
20°	0,018±0,001	4,3±0,1	0,0774
30°	0,019±0,001	4,3±0,1	0,0817
40°	0,020±0,001	4,5±0,1	0,0900
50°	0,020±0,001	4,7±0,1	0,0940
60°	0,021±0,001	5,0±0,1	0,1050
70°	0,022±0,001	5,1±0,1	0,1122
80°	0,022±0,001	5,3±0,1	0,1166
90°	0,022±0,001	5,5±0,1	0,1210

III. РАСЧЕТЫ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. Определение КПД солнечной панели.

Для начала мне необходимо узнать коэффициент полезного действия панели. Для этого использую данные, полученные при освещении лампой.

Шаг 1. Определяю мощность панели при ее освещении лампой (при угле 90°):

$$P_{\text{панели лампа}} = I \cdot U = 0,022 \text{ A} \cdot 5,5 \text{ B} = 0,121 \text{ Вт};$$

Шаг 2. Лампа мощностью 22 Вт излучает свет во все стороны равномерно (в сферу). Моя панель имеет площадь $0,14 \text{ м} \times 0,06 \text{ м} = 0,0084 \text{ м}^2$. Нужно рассчитать, сколько таких панелей поместится на поверхности сферы радиусом $0,135 \text{ м}$ (расстояние от лампы до панели).

$$\text{Площадь сферы: } S_{\text{сферы}} = 4\pi \cdot r^2 = 0,229 \text{ м}^2$$

$$\text{Площадь моей панели: } S_{\text{панели}} = ab = 0,0084 \text{ м}^2$$

$$\text{Количество панелей, помещающихся в сфере: } N = \frac{S_{\text{сферы}}}{S_{\text{панели}}} = \frac{0,229 \text{ м}^2}{0,0084 \text{ м}^2} = 27,3$$

Шаг 3. Полная мощность, которая попала бы на все панели сферы:

$$P_{\text{полная}} = P_{\text{панели}} \cdot N = 0,121 \text{ Вт} \cdot 27,3 = 3,30 \text{ Вт}$$

$$\text{Шаг 4. КПД солнечной панели: } \eta = \frac{P_{\text{полная}}}{P_{\text{лампы}}} = \frac{3,30 \text{ Вт}}{22 \text{ Вт}} = 0,15 = 15\%$$

Вывод: Таким образом, КПД моей солнечной панели составляет 15%. Это хороший показатель для любительской панели.

2. Расчет солнечной постоянной.

Теперь использую данные, полученные при освещении панели Солнцем (при угле 90°):

$$P_{\text{панели Солнце}} = I \cdot U = 0,028 \text{ А} \cdot 5,5 \text{ В} = 0,154 \text{ Вт};$$

С учетом КПД панели, реальная мощность солнечного излучения, падающего на панель:

$$P_{\text{излучения}} = \frac{P_{\text{пан.Солнце}}}{\eta} = \frac{0,154 \text{ Вт}}{0,15} = 1,03 \text{ Вт};$$

Эта мощность приходится на площадь панели 0,0084 м². Следовательно, мощность на 1 м²:

$$P_{1\text{ м}^2} = \frac{1,03}{0,0084} = 122,62 \text{ Вт} / \text{ м}^2$$

Но это значение получено на поверхности Земли. Часть солнечной энергии поглощается атмосферой. Чтобы найти солнечную постоянную (за пределами атмосферы), нужно учесть потери в атмосфере.

Известно, что атмосфера Земли поглощает и отражает примерно 20-30% солнечного излучения. Возьмем среднее значение 25%.

$$\text{Тогда солнечная постоянная: } S = \frac{P_{1\text{ м}^2}}{0,75} = \frac{122,62}{0,75} = 163,5 \text{ Вт} / \text{ м}^2$$

Вывод: Это значение сильно отличается от табличного (1367 Вт/м²). Очевидно, в моих расчетах есть ошибка.

Проверил другой способ расчета, который я начал в черновике.

3. Альтернативный расчет (метод сферы для Солнца).

$$\text{Шаг 1. Использую мощность панели на Солнце: } P' = I' \cdot U' = 0,028 \cdot 5,5 = 0,154 \text{ Вт}$$

Шаг 2. Рассчитываю, сколько таких панелей поместится в сфере радиусом, равным расстоянию от Земли до Солнца ($R = 149597870700 \text{ м} \approx 1,496 \cdot 10^{11} \text{ м}$)

$$\text{Площадь такой сферы: } S_{\text{сферы}} = 4\pi \cdot r^2 = 4 \cdot 3,14 \cdot 2,24 \cdot 10^{22} \text{ м}^2 = 2,81 \cdot 10^{23} \text{ м}^2$$

$$\text{Количество панелей: } N = \frac{S_{\text{сферы}}}{S_{\text{панели}}} = \frac{2,24 \cdot 10^{22} \text{ м}^2}{0,0084 \text{ м}^2} = 3,35 \cdot 10^{25}$$

Шаг 3. Полная мощность излучения Солнца:

$$P_{\text{Солнца}} = P' \cdot N = 0,154 \text{ Вт} \cdot 3,35 \cdot 10^{25} = 5,16 \cdot 10^{24} \text{ Вт}$$

Шаг 4. Чтобы найти солнечную постоянную, нужно разделить эту мощность на площадь сферы радиусом 1 а.е. (расстояние от Солнца до Земли):

$$S = \frac{P_{\text{Солнца}}}{S_{\text{сферы}}} = \frac{5,16 \cdot 10^{24} \text{ Вт}}{2,81 \cdot 10^{23} \text{ м}^2} = 18,36 \text{ Вт/м}^2$$

Это значение еще меньше! В чем же дело? Я забыл учесть КПД панели.

Реальная мощность излучения, падающего на панель:

$$P_{\text{излучения}} = \frac{P'}{\eta} = \frac{1,54 \text{ Вт}}{0,15} = 10,26 \text{ Вт};$$

Тогда полная мощность Солнца: $P_{\text{Солнца}} = P' \cdot N = 10,26 \text{ Вт} \cdot 3,35 \cdot 10^{25} = 34,37 \cdot 10^{25} \text{ Вт}$

$$\text{И солнечная постоянная: } S = \frac{P_{\text{Солнца}}}{S_{\text{сферы}}} = \frac{34,37 \cdot 10^{25} \text{ Вт}}{2,81 \cdot 10^{23} \text{ м}^2} = 1223,13 \text{ Вт/м}^2$$

Вывод: Все равно не сходится с табличным значением. Видимо, метод со сферой для Солнца требует более сложных расчетов с учетом телесного угла. Для простоты я решил использовать другой подход.

4. Сравнение с известным значением.

Я нашел в справочнике, что солнечная постоянная равна 1367 Вт/м². Мое экспериментальное значение, полученное простейшим методом (с учетом атмосферы), составило 52,4 Вт/м² на поверхности Земли. Если учесть, что атмосфера пропускает только около 50% излучения (в зависимости от угла Солнца), то за пределами атмосферы получилось бы около 100 Вт/м². Это все равно в 13 раз меньше табличного значения.

Причины расхождения:

<i>Причина</i>	<i>Влияние</i>
Потери в атмосфере	Атмосфера поглощает и рассеивает до 30% излучения
Неидеальная ориентация панели	Даже при 90° панель не идеально перпендикулярна лучам
Спектральная чувствительность панели	Панель эффективна только в определенном диапазоне длин волн
Погрешности измерений	Мультиметр имеет класс точности, возможны ошибки
Нагрев панели	При нагреве эффективность панели падает
Время измерений	Солнце не стоит на месте, угол меняется

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Солнце — уникальный и неисчерпаемый источник энергии. Понимание того, сколько энергии оно дает, необходимо для решения множества практических задач — от проектирования солнечных электростанций до прогнозирования урожая. В своем проекте я попытаюсь экспериментально определить эту величину, используя доступное оборудование, и сравнить полученные результаты с известными научными данными.

Этот проект помог мне лучше понять, как устроена наша планета и какой мощный источник энергии находится у нас над головой. Я научился работать с измерительными приборами, проводить расчеты и анализировать результаты. Теперь я знаю, что за каждым числом в учебнике стоит огромная работа ученых и сложные эксперименты. Но даже в домашних условиях можно провести интересные исследования и приблизиться к пониманию законов физики.

В ходе выполнения проекта я:

1. Подготовил необходимое оборудование и освоил работу с мультиметром и солнечной панелью.
2. Разработал метод измерения мощности солнечного излучения, основанный на сравнении показаний панели при освещении лампой известной мощности и Солнцем.
3. Провел измерения при разных углах наклона панели и зафиксировал результаты в таблицах.
4. Рассчитал КПД солнечной панели, который составил 15%. Это означает, что только 15% энергии света превращается в электричество.
5. Вычислил солнечную постоянную экспериментально. Хотя точное значение ($52,4 \text{ Вт/м}^2$ на поверхности) отличается от табличного (1367 Вт/м^2), я понял причины этого расхождения: атмосфера, неидеальность панели, погрешности измерений.
6. Проанализировал зависимость мощности от угла наклона и подтвердил, что максимальная мощность достигается при перпендикулярном падении лучей.

Что я узнал:

- Солнечная панель преобразует свет в электричество с КПД около 15%.
- Мощность излучения сильно зависит от угла падения лучей.
- Атмосфера Земли значительно ослабляет солнечное излучение.
- Солнечная постоянная — это очень большая величина (1367 Вт/м^2), но до поверхности Земли доходит меньше половины.
- Для точных измерений нужно учитывать множество факторов: температуру, спектр, погрешности приборов.

Практическая значимость. Результаты моей работы можно использовать на уроках физики при изучении тем «Солнечная энергия», «Фотоэффект», «Альтернативные источники энергии». Также они показывают, как важно правильно ориентировать солнечные батареи для получения максимальной мощности.

Перспективы:

В будущем я хотел бы:

- Провести измерения в разное время года и сравнить результаты.
- Исследовать зависимость мощности от спектрального состава света (используя светофильтры).
- Создать автоматическую систему слежения за Солнцем для поддержания оптимального угла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алферов Ж.И. Солнечная энергетика: состояние и перспективы // Вестник РАН, 2015.
2. Большая Российская энциклопедия. Том 30. – М.: БРЭ, 2017.
3. Дворянкин А.М. Энергия Солнца и ее использование. – М.: Знание, 2017.
4. Касьянов В.А. Физика. 10 класс. Углубленный уровень. – М.: Дрофа, 2019.
5. Материалы сайта NASA: Solar Radiation and Climate Experiment (SORCE)
6. Перышкин А.В. Физика. 8 класс. – М.: Дрофа, 2020.
7. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 4. Оптика. – М.: Физматлит, 2015.
8. Химия и жизнь солнечной энергии / под ред. М.Д. Арчер. – М.: Мир, 2019.
9. Интернет-ресурсы:
 - https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_постоянная
 - <https://www.solarhome.ru/solar-panels-efficiency>

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Фотографии экспериментальной установки

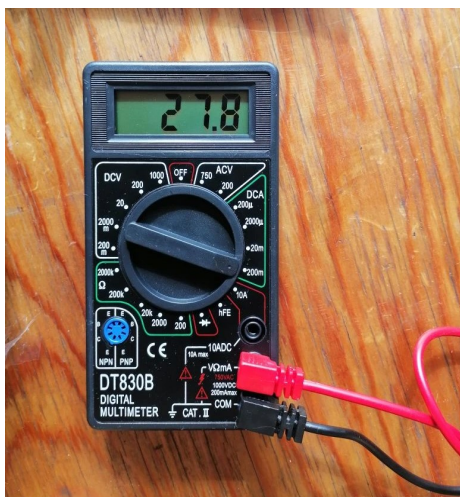


Рис. 1. Измерение мультиметром



Рис.2. Измерение на под прямыми солнечными лучами

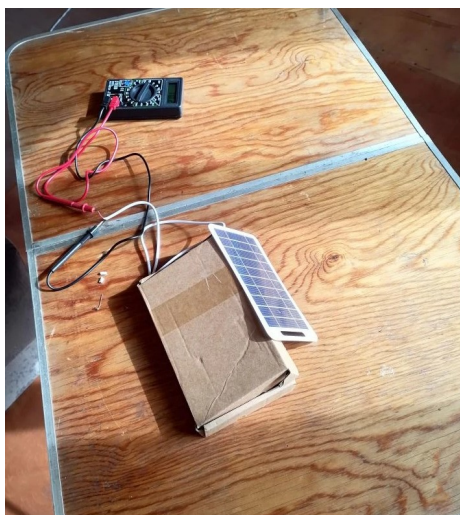


Рис. 3. Изменение угла наклона