

Государственное учреждение образования
«Средняя школа № 11 г. Слуцка»

**«Изучение параболических зеркал и оценка эффективности
их использования»**

Авторы работы:

Макаренко Василий Сергеевич, VII «Б» класс,
ГУО «Средняя школа № 11 г. Слуцка»,

Метельский Егор Геннадьевич, VII «Б» класс,
ГУО «Средняя школа № 11 г. Слуцка»

Руководитель работы:

Чернов Дмитрий Валерьевич, учитель физики,
ГУО «Средняя школа № 11 г. Слуцка»

Слуцк, 2021

Оглавление	
Введение	3
Глава 1. Математическая составляющая	4
Изучение основных понятий	4
Практическая часть	4
Дополнения, комментарии	5
Глава 2. Экспериментальная часть	6
Оптическое свойство параболы	6
Оценка эффективности использования	6
Заключение	7
Список используемой литературы	8
Приложение	9

Введение

В настоящее время во многих развитых странах мира ведутся работы по созданию специальных установок и разработке технологий, использующих солнечное излучение для получения электрической энергии и тепла. Это связано как со значительным подорожанием и истощением запасов таких традиционных источников энергии как нефти, газа, угля и их продуктов, так и с загрязнением окружающей среды при их сжигании.

До последнего времени гелиоэнергетические установки (ГЭУ) создавались на основе фотоэлектрических кремниевых преобразователей солнечной энергии. Однако исследования, проведенные в разных странах мира, показали перспективность создания ГЭУ, основанных на других физических принципах, в том числе на основе высокотемпературных процессов.

Одним из перспективных направлений является создание параболических рефлекторов солнечного излучения различных типов с высокой плотностью излучения в фокальной плоскости и разработка термодинамических и термохимических высокотемпературных преобразователей. Кроме наземных установок рассматривается также создание космических рефлекторов, размещенных на орбите ИСЗ, для передачи солнечной энергии на Землю.

Именно по этой причине мы решили детально изучить параболические зеркала и их свойства. Главная **цель работы**: изучить математическую составляющую и оптические свойства параболических зеркал, а так же оценить эффективность их использования в качестве нагревателя.

Достижения поставленной цели включало решение следующих *задач*:

- 1) изучить квадратичную функцию;
- 2) изучить алгоритм построения графика квадратичной функции;
- 3) научиться находить фокус и директрису параболы;
- 4) определить уравнение исследуемого тела;
- 5) найти фокус и директрису исследуемого тела;
- 6) определить количества полученное при помощи исследуемого тела.

Глава 1. Математическая составляющая Изучение основных понятий

Работа спутниковых антенн, в частности тех, которые принимают телевизионный сигнал, основана на оптическом свойстве параболы.

Парабола — это график квадратичной функции $y = ax^2 + bx + c$ (в частности $y = x^2$) или геометрическое место точек, равноудалённых от прямой (называемой директрисой) и от не лежащей на директрисе точки (называемой фокусом) (Прил.1, рис.1).

Функция вида $y = ax^2 + bx + c$ где a , b и c — некоторые числа, причем, $a \neq 0$ называется **квадратичной**. Парабола имеет вершину, ось, проведенная через вершину и параллельная оси Oy , делит параболу на две симметричные части. **Вершиной параболы** называется точка, в которой функция принимает наименьшее значение и имеет координаты $x_B = -\frac{b}{2a}$; $y_B = -\frac{D}{4a} = -\frac{b^2 - 4ac}{4a}$ (Прил.1, рис.2).

Так как при вращении параболы вокруг её оси симметрии, получается **параболоид вращения** — поверхность второго порядка (Прил.1, рис.3). **Осью симметрии** параболы является прямая, проходящая через вершину параболы параллельно оси ординат. Уравнение оси симметрии $x_B = -\frac{b}{2a}$. Симметричные части графика называются **ветвями параболы**. При этом если $a > 0$, то ветви параболы направлены вверх. Если $a < 0$ то ветви параболы направлены вниз.

Так как для любой параболы существует такая точка, называемая **фокусом**, и такая прямая, называемая **директрисой**, что расстояние от произвольной точки параболы до фокуса и до директрисы одинаковы. Для нахождения координат фокуса параболы мы изучили литературу и узнали, что **координаты фокуса** можно определяют по формулам:

$$x_F = -\frac{b}{2a} \qquad y_F = c - \frac{b^2}{4a} + \frac{1}{4a}$$

А уравнение директрисы имеет вид.

$$y_D = c - \frac{b^2}{4a} - \frac{1}{4a}$$

Мы решили найти координаты фокуса для исследуемого тела – параболической тарелки. Для этого необходимо было составить уравнение функции параболической тарелки.

Практическая часть

После изучения основных свойств и понятий мы перешли к практическому применению полученных знаний. Для нахождения координат фокуса исследуемого тела – параболической тарелки мы измерили диаметр, который составил $D = 29,5$ см. Далее взяв это расстояние за расстояние между корнями уравнения x_1 и x_2 получили следующие координаты корней $x_1(-14,75; 0)$ и $x_2(14,75; 0)$. Измерив глубину тарелки и взяв это расстояние за расстояние от оси ординат до вершины параболы, таким образом получили координаты вершины $(0; -3,8)$. Это нам позволило составить начальное уравнение исследуемой параболической тарелки $y = ax^2 - 3,6$. Далее необходимо найти значение параметра a .

Используя определение **нули функции** – это значения аргумента, при которых значения функции $y = ax^2 + bx + c$ равны нулю, мы составили уравнение вида

$$0 = a14,75^2 - 3,6$$

Решая полученное уравнение нашли значение параметра a .

$$3,6 = a14,75^2$$

$$3,6 = a217,5625$$

$$a = \frac{3,6}{217,5625}$$

$$a = 0,0165$$

В итоге мы получили *конечное уравнение* нашего исследуемого тела.

$$y = 0,0165x^2 - 3,6$$

Это нам позволило найти координаты фокуса исследуемого тела.

$$x_F = 0$$

$$y_F = c + \frac{1}{4a} = -3,6 + \frac{1}{0,066} = 11,55$$

Используя полученное уравнение, мы смогли нарисовать параболу, которая при вращении вокруг оси симметрии в нашем случае — это ось *Oy* получается параболоид вращения или наше исследуемое тело – железная параболическая тарелка (Прил.3).

Построенный график позволил нам определить свойства данной параболы.

Свойства функции $f(x) = 0,0165x^2 - 3,6$:

1. Область определения функции - вся числовая прямая: $D(f) = R = (-\infty; +\infty)$.
2. Область значений функции - положительная полупрямая: $E(f) = [-3,6; +\infty)$.
3. Функция $f(x) = 0,0165x^2 - 3,6$ четная: $f(-x) = (-x)^2 = x^2 = f(x)$. Ось ординат является осью симметрии параболы.
4. На промежутке $(-\infty; 0)$ функция монотонно убывает. На промежутке $(0; +\infty)$ функция монотонно возрастает.
5. В точке $x = 0$ достигает минимального значения. Точка с координатами $(0; -3,6)$ является вершиной параболы.
6. Нули функции: $y = 0$ при $x_1(-14,75; 0)$ и $x_2(14,75; 0)$.

Дополнения, комментарии

✓ Исаак Ньютон заметил, что при вращении цилиндрического сосуда поверхность налитой в него жидкости принимает форму параболоида, и объяснил это явление с помощью найденных им самим законов. В наше время этот эффект используют при изготовлении больших параболических зеркал для телескопов — этот способ быстрее и дешевле, чем классическая шлифовка. А иногда создают и «временные» телескопы с жидким зеркалом: сосуд с ртутью вращают только во время проведения наблюдений.

Глава 2. Экспериментальная часть

Оптическое свойство параболы

Оптическое свойство параболы можно представить как экспериментальный факт, если изготовить параболический бильярд.

Оптическое свойство параболы:

- *лучи, вышедшие из фокуса параболы, отразившись от неё, пойдут параллельно оси симметрии;*
- *лучи, пришедшие параллельно оси симметрии параболы, отразившись от неё, придут в фокус.*

Сформулируем упомянутое оптическое свойство параболы. Если в фокусе параболы поместить точечный источник света (лампочку) и включить его, то лучи, отразившись от параболы, пойдут параллельно оси симметрии параболы, причём передний фронт будет перпендикулярен оси (Прил.2, рис.1).

Верно и обратное — если на параболу падает поток лучей, параллельных оси симметрии, то, отразившись от параболы, лучи придут в фокус; причём придут одновременно, если передний фронт потока лучей перпендикулярен оси (Прил.2, рис.2).

Модель параболического бильярда демонстрирует оптическое свойство параболы, используя механику (Прил.2, рис.3).

Ещё оптическое свойство параболы можно проиллюстрировать отпуская из рук шарик над лежащей параболической тарелкой (например, от небольшой спутниковой антенны) с закрепленным в фокусе шаром. Фотоны света — своеобразные шарики из предыдущего эксперимента. Оптическое свойство параболы используют и для приготовления еды в полевых условиях. Даже небольшое железное параболическое зеркало наведенное на Солнце собирает в фокусе достаточно энергии чтобы зажечь бумагу или нагреть небольшое количество воды, что мы решили проверить на эксперименте, действительно ли это так.

Оценка эффективности использования

Для оценки эффективности использования параболической тарелки для нагревания воды проведем следующий эксперимент и решим задачу по нахождению поглощенного количество теплоты телом находящемся в фокусе.

Задача: если, установить железную параболическую тарелку и направить вогнутой стороной на Солнце при этом поместив в фокусе сосуд с водой, вода начнет нагреваться. Определите максимальную температуру жидкости и поглощенное количество теплоты.

Для проведения эксперимента нам понадобилось следующее оборудование: железная параболическая тарелка, штатив, мензурка с водой, термометр электронный, секундомер.

Зная, что **количество теплоты** - это энергия, которую получает или отдает тело в процессе теплообмена. Обозначается символом Q , измеряется, как любая энергия, в Джоулях. В результате различных процессов теплообмена энергия, которая передается, определяется по-своему. Так как в нашей задаче процесс нагревание и этот процесс характеризуется изменением температуры тела. Количество теплоты определяется по формуле:

$$Q = cm(t_2 - t_1) = cm\Delta t$$

Где:

Q – количество теплоты;

c – удельная теплоемкость вещества;

m – масса вещества;

t_1 – начальная температура вещества;

t_2 – конечная температура вещества;

Δt – изменение температуры.

Проведя серию экспериментов мы составили таблицу полученных результатов (Прил.3) также составили график, в котором видно. Что вода массой 5 грамм за время 20 мин больше всего получила тепла при проведении эксперимента в помещении в солнечный день. Проведя эксперимент при тех же погодных условиях но на улице, мы видим что нагревание воды менее эффективно, так как существуют внешние факторы которые не позволяют достичь таких же результатов. Далее мы решили провести эксперимент и узнать, получится ли у нас нагреть воду до такой же температуры от лампы накаливания расположив параболическую тарелку на расстоянии 70 см. В результате максимальная температура за время 20 мин смогла достичь 37,5°C.

Заключение

Для оценки эффективности использования параболической тарелки для нагревания воды была проведена серия экспериментов и решена задача по нахождению поглощенного количества теплоты телом находящемся в фокусе. По результатам экспериментов составлена таблица полученных результатов и построены графики, анализируя которые можно сделать вывод о том, что использование параболической тарелки в качестве нагревателя требует детальной доработки параболической тарелки. Например, оклейка поверхности маленькими кусочками зеркала. Это позволит лучше отражать солнечные лучи от поверхности тарелки. Что мы и планируем сделать в ближайшее время. Принцип фокусировки солнечных лучей используется и в недорогих кулинарных солнечных печах и барбекю, а также для солнечной пастеризации воды. Использование параболических тарелок приведет снижению негативного воздействия на окружающую среду. Главная цель работы достигнута.

Список используемой литературы

- 1) Арефьева И. Г., Пирютко О. Н., Алгебра учебное пособие для 8 класса – Минск, «Народная асвета» 2018.
- 2) Исаченкова Л. А., Лещинский Ю. Д., Дорофейчик В. В., Физика учебное пособие для 8 класса – Минск, «Народная асвета» 2018.
- 3) Васильев Н.Б., Гутенмахер В.Л. Прямые и кривые. — 2-е изд. — М.: Наука, 1978.
- 4) Маркушевич А. И. Замечательные кривые. — М.—Л.: ГИТТЛ, 1952. — (Популярные лекции по математике; Вып. 4).
- 5) Савин А. Морские границы // Журнал «Квант». 1994. № 4. Стр. 32—33.
- 6) Moore P. D. Tundra. — N.Y.: Facts on File, 2008. — [Информация о северных цветах].

Приложение

Приложение 1.

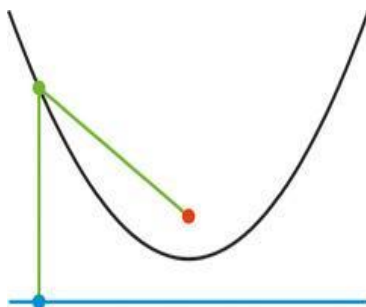


Рисунок 1

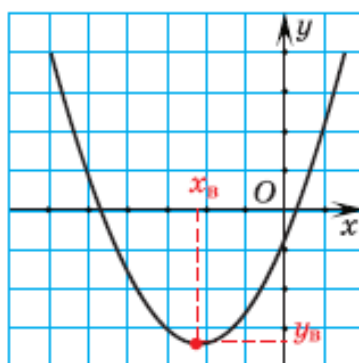


Рисунок 2

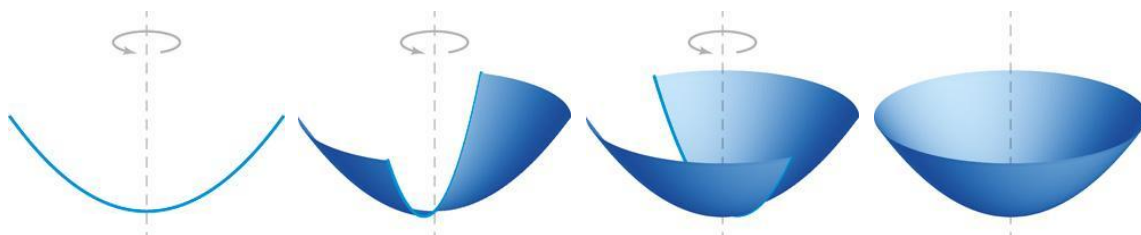


Рисунок 3

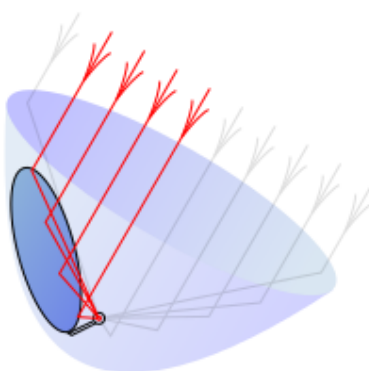


Рисунок 4

Приложение 2.

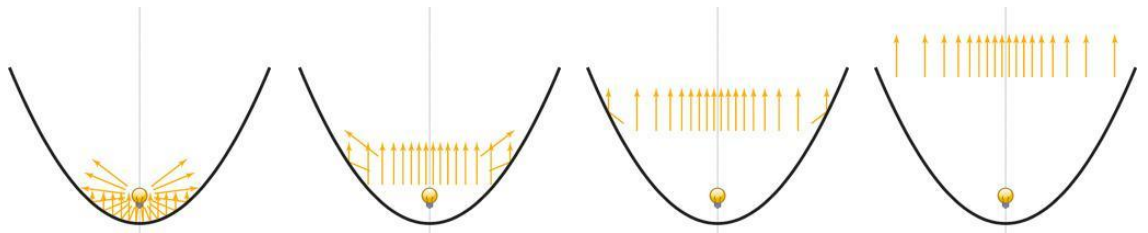


Рисунок 1

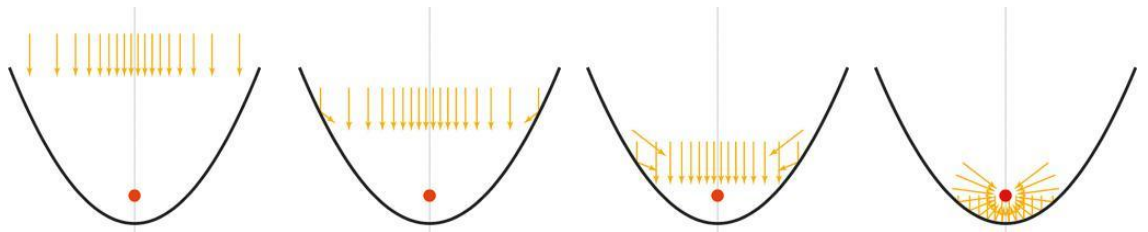


Рисунок 2

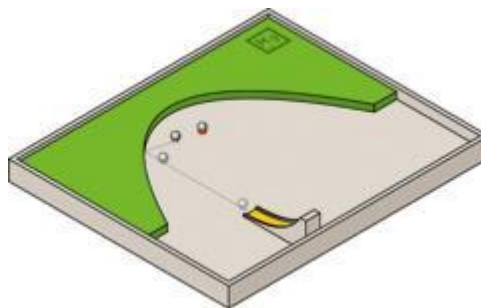


Рисунок 3

Приложение 3.

Таблица измерений поглощенного количества теплоты

Источник света	Нагреваемое тело	Удельная теплоемкость $c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	Масса тела $m, \text{кг}$	Начальная температура тела $t_1, ^\circ\text{C}$	Максимальная конечная температура тела $t_2, ^\circ\text{C}$	Изменение температуры тела $\Delta t, ^\circ\text{C}$	Поглощенное количество теплоты $Q, \text{Дж}$	Время эксперимента $\tau, \text{с}$
Солнце на улице	Вода	4200	0,005	21	62,1	41,1	863,1	1320
Солнце в помещении	Вода	4200	0,005	17,4	80,7	63,3	1329,3	1320
Лампа накаливания	Вода	42200	0,005	18,5	37,5	19	399	1320

