

команда «Веселые Эйнштейны»  
МОУ СОШ №2  
г. Новодвинск, Архангельская область

Природа говорит языком математики:  
буквы этого языка – круги, треугольники  
и иные математические фигуры.  
Галилей

## Экспериментальное задание «Определение высоты дерева»

Объект исследования: дерево

Предмет исследования: высота дерева и способы ее измерения.

Цель: определить высоту дерева наиболее рациональным способом.

Задачи:

- рассмотреть разные способы определения высоты выбранного дерева;
- выбрать наиболее рациональные способы определения высоты дерева;
- определить критерии рациональности способа.

Для знакомства со способами определения высоты дерева, не влезая на него, мы изучили и просмотрели много источников информации, но больше всех нам понравилась книга Я.И. Перельмана «Занимательная геометрия». В главе «Геометрия в лесу» описаны разные способы измерения высоты дерева:

- ❖ древние;
- ❖ простые, без дополнительных приспособлений;
- ❖ для разных погодных условий и мест проведения;
- ❖ с подходом к объекту и с недоступными деревьями;
- ❖ с использованием подручных средств;
- ❖ с изготовлением приборов и др.

Среди современных способов надо запомнился способ с помощью фотоаппарата, с помощью карандаша.

Мы решили описать некоторые способы определения высоты дерева:

- ✓ назвать необходимое оборудование;
- ✓ ход выполнения работы, как инструкция для выполнения;
- ✓ назвать плюсы и минусы данного способа.

### 1. Глазомерное определение (статистический способ)

Оборудование: метровая линейка, отвес (груз на нити)

Ход работы:

1. Поставить линейку рядом с деревом вертикально, используя отвес;
2. Определить на глаз высоту дерева, сравнивая с метровой линейкой.

Плюсы: занимает мало времени, минимум оборудования, не зависит от погодных условий.

Минусы: субъективный способ, точность зависит от количества измерений (желательно не менее 10), большое количество участников эксперимента, нужен подход к объекту.

## 2. По тени (способ Фалеса)

Оборудование: линейка (рулетка или сантиметровая лента)

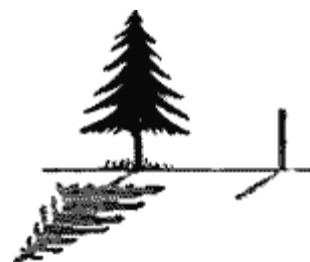
Ход работы:

1. Избрать день и час, когда длина собственного роста человека будет равна длине его тени. Высота дерева в этот момент будет также равна длине отбрасываемой им тени.

3. Измерить длину тени дерева рулеткой.

Плюсы: самый простой и древний способ, минимум оборудования.

Минусы: для ясного солнечного дня; одновременность измерений, для одиночного дерева (тень не должна сливаться с тенью соседних деревьев), зависит от широты места измерения, ограниченное время измерений, нужен подход к объекту.



## 3. По тени (измененный способ Фалеса)

Оборудование: шест, линейка (рулетка или сантиметровая лента), отвес

Ход работы:

1. Установить шест на горизонтальной поверхности отвесно в тени дерева, недалеко от верхушки и измерять длину части шеста, покрытой тенью.

2. Выполнить измерения

BE – длина шеста

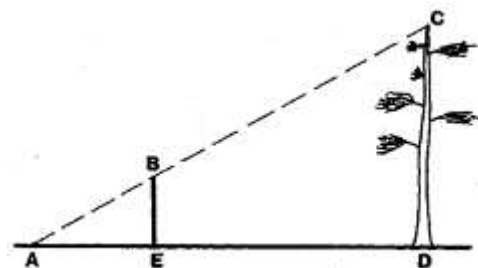
AE – длина тени шеста

AD – длина тени дерева

3. Вычислить по формуле высоту дерева  $CD = BE \frac{AD}{AE}$

Плюсы: простота измерений, минимум оборудования.

Минусы: для солнечного дня, ровный рельеф, отсутствие ветра, тени нечеткие, установка и прицеливание шеста, знание геометрических законов, нужен подход к предмету.



## 4. По способу Ж. Верна («Таинственный остров»)

Оборудование: шест, линейка (рулетка или сантиметровая лента), отвес, колышек.

Ход работы:

1. Поставить шест отвесно и прочно укрепить его.

2. Отойти на расстояние от шеста.

3. Лечь на землю (ногами к шесту) так, чтобы видеть верхушку дерева и верхнюю точку шеста на одной линии.

4. Пометить колышком точку, из которой видно.

5. Выполнить измерения длины шеста, расстояние от колышка до дерева и от колышка до основания шеста.

5. Использовать формулу подобия треугольников.

Высота дерева будет во столько раз больше, чем длина шеста, во сколько раз больше расстояние от колышка до дерева больше расстояния от колышка до основания шеста.

Плюсы: не зависит от погодных условий и наличия теней.

Минусы: необходимо ложиться на землю, зависит от зрения исследователя, много оборудования, лучше выполнять вдвоем, нужен подход к предмету.



### 5. При помощи зеркала (лужи)

Оборудование: зеркало (лужа), линейка (рулетка или сантиметровая лента)

Ход работы:

1. Положить зеркало между деревом и исследователем.
2. Найти точку, из которой видна отраженная в воде верхушка дерева.
3. Выполнить измерения расстояния от точки отражения в зеркале до основания дерева и до исследователя.
4. Использовать формулу подобия треугольников.

Высота дерева будет во столько раз больше вашего роста, во сколько расстояние от него до зеркала больше, чем расстояние от зеркала до вас.

Плюсы: не зависит от погодных условий, не нужен отвес, не нужны дополнительные приспособления.

Минусы: сложно поймать отражение в зеркале, ровная поверхность, нужен подход к предмету.



### 6. При помощи равнобедренного треугольника

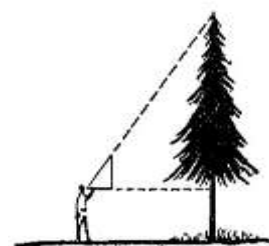
Оборудование: равнобедренный прямоугольный треугольник (деревянный, пластмассовый, картонный). Линейка (рулетка или сантиметровая лента), отвес.

Ход работы:

1. Приближаясь к дереву (или удаляясь) от него, установить треугольник у глаза так, чтобы один из его катетов был направлен отвесно, а другой совпал с вершиной дерева.
2. Выполнить измерения расстояний от исследователя до дерева и высоту от поверхности земли до глаз наблюдателя.
3. Так как треугольник равнобедренный, значит, высота дерева будет равна расстоянию до дерева плюс высота до глаз наблюдателя.

Плюсы: не зависит от погодных условий, очень простой и доступный способ.

Минусы: нужен подход к дереву, зависит от зрения наблюдателя.

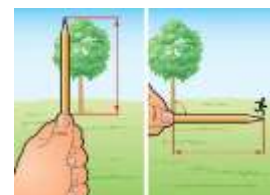


### 7. С помощью карандаша

Оборудование: карандаш, линейка (рулетка или сантиметровая лента).

Ход работы:

1. Встать от дерева на такое расстояние, чтобы видеть его целиком – от основания до верхушки.
2. Рядом со стволом встать второму исследователю.
3. Вытянуть перед собой руку с карандашом, зажатым в кулаке.
4. Прищурить один глаз и подвести кончик грифеля к вершине дерева, а ноготь большого пальца так, чтобы он оказался под основанием ствола.
5. Повернуть кулак на 90 градусов, чтобы карандаш оказался расположен параллельно земле. При этом ноготь должен все так же оставаться в точке основания ствола.
6. Второй наблюдатель переходит в точку, где расположено острие карандаша.



7. Измерить расстояние от ствола до места, где остановился второй наблюдатель. Оно будет равняться высоте дерева.

Плюсы: минимум оборудования, очень простой, не требует расчетов и дополнительных математических знаний, не зависит от погодных условий.

Минусы: неточный способ, большие погрешности в измерении, зависит от глазомера наблюдателя, необходим помощник.

### 8. С помощью фотографии

Оборудование: фотоаппарат, метровая линейка, линейка ученическая.

Ход работы:

1. Рядом с деревом поставить вертикально метровую линейку.

2. Сфотографировать, убедившись предварительно, что фотоаппарат установлен в вертикальной плоскости.

3. На фотографии измерить высоту дерева и длину метровой линейки с помощью ученической линейки.

4. Во сколько раз больше высота изображения дерева длины изображения линейки, во столько раз больше искомая высота дерева, чем метровая линейка.

Плюсы: быстрый, практичный способ, минимум оборудования.

Минусы: зависит от характеристик фотоаппарата.

### 9. С помощью высотомера.

Оборудование: две рейки, линейка, отвес.

Ход работы:

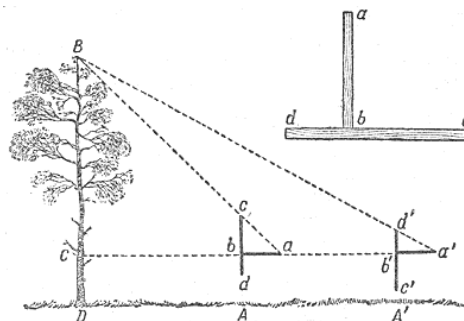
1. Изготовить прибор – высотомер из двух планок, скрепленных под прямым углом так, чтобы  $ab=bc$  и  $db=1/2ab$  (см рисунок).

2. Высотомер расположить отвесно вертикально, направив на дерево.

2. Дважды выполнить наблюдение за верхушкой дерева так, чтобы один раз конец  $c$  был вверху, а второй -  $d$ .

3. Найти точку  $A$  на земле (на одной прямой с основанием дерева), в которых точки  $c$  и  $a$  лежали на одной прямой с верхушкой дерева. Аналогично для точки  $A_1$ .

4. Из подобия треугольников  $BC=AA_1$ .



Равенство вытекает, из того, что  $aC = BC$ ,  $a'C = 2BC$ ; значит,  $a'C - aC = BC$

5. Измерить расстояние  $AA_1$  на земле.

6. Измерить рост наблюдателя от ног до глаз.

7. Сложить эти расстояния, это и будет высота дерева.

Плюсы: не требует подхода к дереву.

Минусы: нужны дополнительные приспособления, хорошая математическая подготовка.

Областной телекоммуникационный образовательный проект  
«Удивительный мир физики» 2013/2014 учебного года  
<http://projects.edu.yar.ru/physics/13-14/>  
1 тур  
Возрастная номинация 7 класс

Вывод: изучив некоторые способы измерения высоты дерева, определили плюсы и минусы способов, мы попытались вывести основные критерии рационального способа измерения высоты дерева.

**Критерии рационального способа измерения:**

1. практичность
2. научность
3. экономичность
4. простота
5. длительность
6. качество
7. независимость от внешних условий.

Из всех рассмотренных способов измерения высоты дерева, мы решили, что наиболее соответствуют критериям рационального способа следующие:

1. С помощью равнобедренного треугольника;
2. С помощью фотоаппарата;
3. С помощью высотометра.

Их мы и решили использовать в своей экспериментальной работе.

**Практическая часть**

**Измерение высоты дерева с помощью равнобедренного треугольника.**

Оборудование: рулетка, картон, отвес.

План эксперимента.

1. Изготовить прямоугольный, равнобедренный треугольник из картона с катетами 25 см.
2. На улице около школы выбрать дерево.
3. Встать лицом к дереву и приложить треугольник к глазу так, чтобы один из его катетов был параллелен земле, вершина одного угла находилась у глаза.
4. Смотреть вдоль гипотенузы и перемещаться до тех пор, пока вершина второго угла не совпадет с верхушкой дерева.
5. Измерить расстояния на земле от ног ученика до основания дерева.
6. Измерить рост ученика от ног до глаз.
7. Сложить эти величины. Это и есть высота дерева.

Измерения.

| Кто измерял               | расстояние от ног до<br>дерева, м | рост ученика<br>(от ног до глаз), м | Высота дерева, м |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| Маша                      | 10                                | 1,48                                | <b>11,48</b>     |
| Полина                    | 9,53                              | 1,51                                | <b>11,04</b>     |
| Диана                     | 9,8                               | 1,42                                | <b>11,22</b>     |
| Среднее<br>арифметическое | 9,78                              | 1,47                                | <b>11,25</b>     |

### Измерение высоты дерева по его фотографии.

Оборудование: фотоаппарат, линейка метровая, линейка ученическая.

План эксперимента.

1. Сфотографировать на фоне дерева метровую линейку, для этого ее необходимо поставить вертикально в одной плоскости с деревом. Не вкапывать в землю.
2. По готовой фотографии измерить высоту изображения дерева и линейки.
3. Повторить опыт каждому участнику команды.
4. Рассчитать по формуле  $H = F \frac{h}{f}$  истинную высоту дерева.

| Кто измерял            | F – длина линейки, м | f – длина изображения линейки, м | h – высота изображения дерева, м | H – высота дерева, м |
|------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| Маша                   | 1                    | 0,015                            | 0,16                             | <b>10,7</b>          |
| Полина                 | 1                    | 0,01                             | 0,11                             | <b>11</b>            |
| Диана                  | 1                    | 0,008                            | 0,09                             | <b>11,25</b>         |
| Среднее арифметическое | 1                    | 0,011                            | 0,12                             | <b>10,9</b>          |

### Измерение с помощью высотометра.

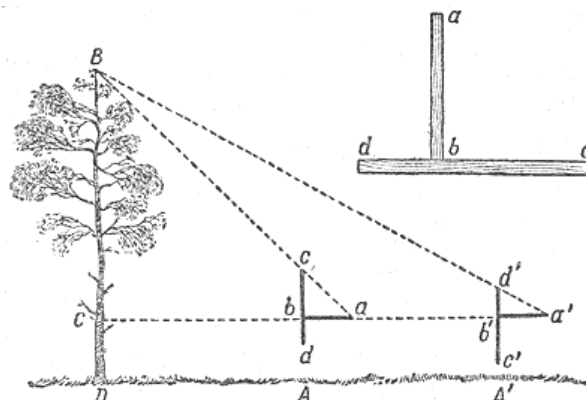
Оборудование: две рейки, линейка, отвес, рулетка.

Ход работы:

1. Изготовить прибор – высотометр из двух планок, скрепленных под прямым углом так, чтобы  $ab=bc$  и  $db=1/2ab$  (см рисунок).
2. Высотометр расположить отвесно вертикально, направив на дерево.
2. Дважды выполнить наблюдение за верхушкой дерева так, чтобы один раз конец  $c$  был вверху, а второй -  $d$ .
3. Найти точку  $A$  на земле (на одной прямой с основанием дерева), в которых точки  $c$  и  $a$  лежали на одной прямой с верхушкой дерева. Аналогично для точки  $A1$ .
4. Из подобия треугольников  $BC=AA1$ .

Равенство вытекает, из того, что  $aC = BC$ ,  $a'C = 2BC$ ; значит,  $a'C - aC = BC$ .

5. Измерить расстояние  $AA1$  на земле.
6. Измерить рост наблюдателя от ног до глаз.
7. Сложить эти расстояния, это и будет высота дерева.



Областной телекоммуникационный образовательный проект  
 «Удивительный мир физики» 2013/2014 учебного года  
<http://projects.edu.yar.ru/physics/13-14/>  
 1 тур  
 Возрастная номинация 7 класс

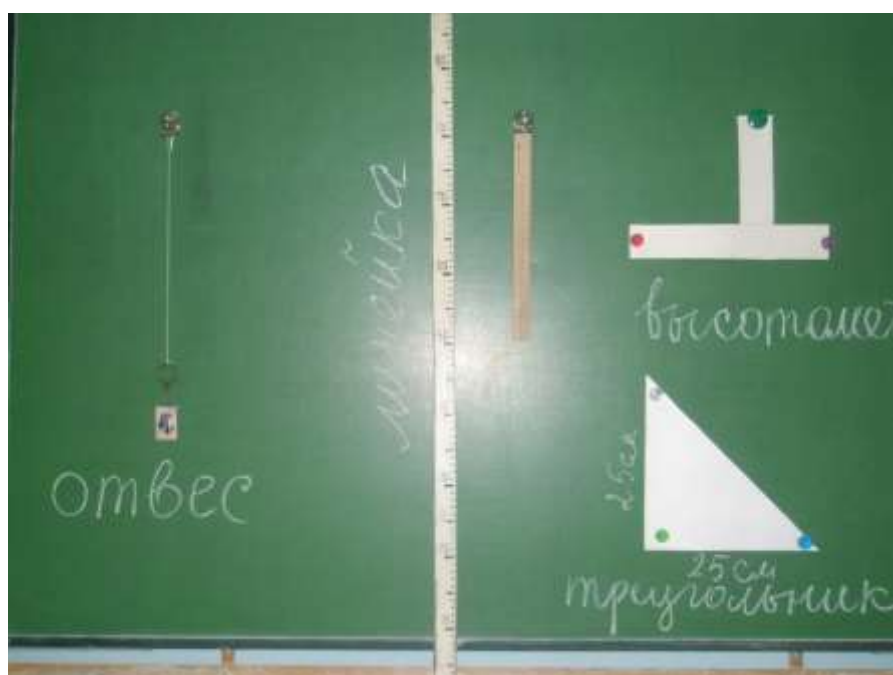
| Кто измерял            | AA1 – расстояние на земле, м | DC - рост от ног до глаз, м | BD – высота дерева, м |
|------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Маша                   | 10,4                         | 1,48                        | <b>11,88</b>          |
| Полина                 | 9,5                          | 1,51                        | <b>11,01</b>          |
| Диана                  | 9,6                          | 1,42                        | <b>11,02</b>          |
| Среднее арифметическое | 9,8                          | 1,47                        | <b>11,27</b>          |

Вывод: мы измерили высоту дерева тремя способами, в основе которых лежат определение длины отрезка или знание свойств подобных фигур. Мы убедились на опыте, что результат во всех трех случаях почти одинаков, поэтому примерная высота дерева равна 11 м. Более точное измерение можно получить с помощью специальных устройств – высотомеров.

Выполнять работу нам понравилось, не смотря на трудности: шел дождь, некачественный фотоаппарат. Мы решили продолжить работу по этой теме и в феврале будем ее защищать на научно – исследовательской конференции «Сияние Севера» в нашем городе.

### Приложение (фотографии)

Наше оборудование.



Областной телекоммуникационный образовательный проект  
«Удивительный мир физики» 2013/2014 учебного года  
<http://projects.edu.yar.ru/physics/13-14/>  
1 тур  
Возрастная номинация 7 класс





Областной телекоммуникационный образовательный проект  
«Удивительный мир физики» 2013/2014 учебного года  
<http://projects.edu.yar.ru/physics/13-14/>  
1 тур  
Возрастная номинация 7 класс



**Список использованных источников и литературы**

1. Я.И.Перельман. Занимательная геометрия. – М.: АСТ, 2005.
2. Л. С. Атанасян и др. Геометрия: учебник для 7-9 кл. общеобразовательных учреждений. – М.: Просвещение, 2010.
3. <http://piterhunt.ru/pages/nk-os/5/15.htm> сайт «Питерский охотник»
4. <http://www.scouts.ru> «Центральный сайт скаутов-разведчиков России»

**Мы и наше дерево**

