

команда «Мы из КЮФ-Э»  
ГУО Гимназия №1  
г. Слуцк, Минская область  
Беларусь

## Экспериментальное задание: «Определить высоту дерева, не влезая на него»

Руководитель команды:  
Максименко Т. Е.

**Объект исследования** - для экспериментов нами выбрана сосна.

**Условия наблюдения** - территория гимназии, пасмурная, дождливая погода (выхода не было, осень...16.11.2013г.)

### **Цель исследования:**

Определить высоту сосны разными способами без специальных приборов.

### **Задачи:**

1. рассмотреть различные способы определения высоты выбранного дерева;
2. провести соответствующие измерения и вычисления;
3. оформить результаты, подтвердить выполнение работы визуально в приложениях.

### **Гипотезы по эксперименту:**

1. Предлагаются участниками эксперимента;
2. Поиск в дополнительных источниках (отражены в методах).

План выполнения экспериментального задания:

1. Теоретическая подготовка.
2. Подготовка оборудования и материалов для экспериментов.
3. Инструктаж по технике безопасности.
4. Методы экспериментальных исследований применённых нами по теме:
  1. Статистическая оценка, оценка высоты сосны «на глаз»;
  2. Фотография сосны, линейки;
  3. Фотография сосны, Даши;
  4. Транспортир и высота сосны;
  5. Треугольник с углом 45 градусов и Маргарита;
  6. Наш «высотомер»;
  7. Высота сосны по тени;
  8. Зеркало, высота сосны и Юра;
  9. Лужа;
  10. Метод «Лёжа под деревом, вижу верхушку дерева»;
  11. Свободное падение;
  12. Гелиевый шар.
5. Анализ результатов, обоснование, выводы.
6. Оформление отчета.

### **Литература:**

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. А.П. Рымкевич, П.А. Рымкевич «Сборник задач по физике», 1975,

### Обоснование теории:

Выполняя работу по физике нельзя забывать о геометрии.

Геометрическая постановка задачи: определить длину отрезка АВ, где А – основание дерева, В – его вершина.

Длину отрезка определяют либо измерением, либо применением геометрических методов, например, связанных с подобием треугольников.

Измерить отрезок – значит, сравнить его с единичным отрезком или отрезком, имеющим известную длину. Два отрезка называются равными, если они при наложении совпадают.

Измерение связано с подобием фигур.

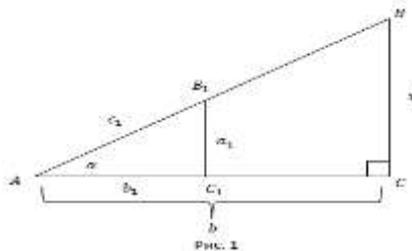
У подобных фигур соответственные размеры при делении дают одно и то же число.

Например, два треугольника с соответственно равными углами являются подобными, и отношения их соответственных сторон равны. [2]

### Теоретическая модель:

Математическая теория к эксперименту.

#### 1. Подобие треугольников.



1. Рассмотрим  $\triangle ABC$  Наблюдатель из точки А может измерить длину катета АС, может измерить угол  $\alpha$  может найти уменьшенное дерево  $B_1C_1$  известной высоты  $a_1$  (рис. 1).

Обозначим искомую высоту дерева  $BC = x$

Рассмотрим  $\triangle ABC$  и  $\triangle A_1B_1C_1$

$\triangle ABC \sim \triangle AB_1C_1$ ;

$$\frac{BC}{B_1C_1} = \frac{AC}{AC_1};$$

$$\frac{x}{a_1} = \frac{b}{b_1}; \quad x = b \cdot \frac{a_1}{b_1}.$$

Отношение  $a_1$  к  $b_1$  зависит только от величины угла, и это отношение назвали тангенсом угла  $\alpha$

$$\frac{a_1}{b_1} = \operatorname{tg} \alpha.$$

Ответ:  $x = b \cdot \operatorname{tg} \alpha$

#### 2. Найти расстояние до недоступной вершины В.

Решение:

Обозначим искомое расстояние за  $y$ . Это гипотенуза в  $\triangle ABC$ . В  $\triangle A_1B_1C_1$  обозначим гипотенузу  $c_1$  (рис. 1).

Из подобия  $\triangle ABC$  и  $\triangle A_1B_1C_1$  следует, что

$$\frac{AB}{AB_1} = \frac{AC}{AC_1};$$

$$\frac{y}{c_1} = \frac{b}{b_1}; y = b \cdot \frac{c_1}{b_1} = \frac{b}{\frac{b_1}{c_1}}$$

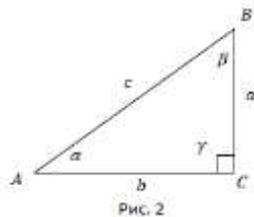


Рис. 2

Отношение  $\frac{b_1}{c_1}$  зависит только от величины угла  $\alpha$  это отношение называют косинусом угла  $\alpha$

$$\cos \alpha = \frac{b_1}{c_1}$$

$$\sin \alpha = \frac{a}{c}; \cos \alpha = \frac{b}{c}; \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}; \operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a};$$

$$\sin \beta = \frac{b}{c}; \cos \beta = \frac{a}{c}; \operatorname{tg} \beta = \frac{b}{a}; \operatorname{ctg} \beta = \frac{a}{b}.$$

Из определения следует важное правило для нахождения неизвестных элементов  $\triangle ABC$

$$a = c \cdot \sin \alpha = c \cdot \cos \beta;$$

$$a = b \cdot \operatorname{tg} \alpha = b \cdot \operatorname{ctg} \beta.$$

Ответ:  $y = \frac{b}{\cos \alpha}$ .

### Физическая теория:

1. Отражение света.

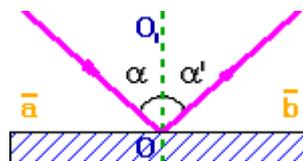


Рис.3

2. Свободное падение

**Свободное падение.** Свободное падение представляет собой частный случай равномерно ускоренного движения без начальной скорости. Ускорение этого движения равно ускорению свободного падения, называемого также ускорением силы тяжести. Для этого движения справедливы формулы:

Если:  $u$  — скорость падения тела спустя время  $t$ ,  $g$  — ускорение свободного падения,  $9.81$  ( $\text{м/с}^2$ ),  $h$  — высота, с которой падает тело,  $t$  — время, в течение которого продолжалось падение, то свободное падение описывается следующими формулами:

Расстояние, пройденное телом за время падения, зная конечную скорость

Расстояние, пройденное телом за время падения, зная ускорение свободного падения

$$h = \frac{gt^2}{2}$$

$t$  (время перемещения, с)

### Методы экспериментальных исследований.

Для выполнения поставленных задач нами было предложено несколько методов определения высоты сосны, часть методов мы нашли в дополнительных источниках.

(Зато узнали, что они есть!)

1. Статистическая оценка, оценка высоты сосны «на глаз»;
2. Фотография сосны, линейки;

3. Фотография сосны, Даши;
4. Транспортир и высота сосны;
5. Треугольник с углом 45 градусов и Маргарита;
6. Наш «высотомер»;
7. Высота сосны по тени;
8. Зеркало, высота сосны и Юра;
9. Лужа;
10. Метод «Лёжа под деревом, вижу верхушку дерева»;
11. Свободное падение;
12. Гелиевый шар.

В представленных способах используем как измерение, т.к. используется сравнение с единичным отрезком и наложение отрезков, так и подобие треугольников, которое мы изучили дополнительно.

Источниками представленных методов явились литература и сайты Интернет научно-популярного характера [1–4], некоторые способы измерения мы придумали сами. Самостоятельным вкладом в работу мы считаем оформление описания методов в фото подтверждениях проведённых экспериментов.

### 1. Метод «Статистическая оценка, оценка высоты сосны «на глаз»»

Мы предложили как можно большему числу людей оценить высоту дерева «на глаз», установив рядом с деревом вертикально метровую линейку. Рассчитали  $N$  как среднее арифметическое полученных данных.

В ходе эксперимента 8 человек из команды «Мы из КЮФ-Э» и им помогающих, определили высоту дерева «на глаз»

Таблица 1

**Оборудование:** метровая линейка.

**Выполнение работы:**

1. установили линейку рядом с деревом вертикально;
2. предложили участникам определить высоту дерева «на глаз»;
3. записали полученные значения в таблицу;
4. для получения среднего значения сумму измерений разделили на количество измерений.
5. Результаты занесли в таблицу 1.

№	Участник эксперимента	Оценка «на глаз»
1.	Дарья	4,52
2.	Кирилл	4,29
3.	Маргарита	4,50
4.	Юлия	4,52
5.	Валерия	3,50
6.	Юрий	5,60
7.	Дмитрий	4,40
8.	Татьяна Евгеньевна	4,30
	<b>Среднее значение</b>	<b>4,45</b>

### 2. Метод «Фотография сосны и линейки»

Высота дерева во столько раз больше высоты линейки, во сколько раз длина изображения дерева на фотографии больше длины изображения линейки.

**Оборудование:** фотоаппарат, метровая линейка, товарищ или ты сам в качестве линейки.

**Выполнение работы:**

1. рядом с сосной поставили вертикально метровую линейку  $l=1\text{м}$ , (где  $l$  линейки на фото = 2,8 см на фото),
2. сфотографировали, убедившись предварительно, что фотоаппарат установлен

так, что пленка находится в вертикальной плоскости; (измерили  $l_{\text{линейки на фото}} = 2,8 \text{ см} = 0,028 \text{ м}$ ),

- измерили  $h$  -высоту сосны по фото  $h = 12,5 \text{ см} = 0,125 \text{ м}$
- определили высоту сосны  $H$  по готовой фотографии:  $H = h \cdot L / l$ , где  $h_{\text{сосны}}$  и  $l_{\text{линейки}}$  – размеры соответственно дерева и линейки на фотографии,  $L$  – истинная длина линейки  $H = 0,125 \text{ м} \cdot 1 \text{ м} / 0,028 \text{ м} = 4,46 \text{ м}$



Высота сосны методом сравнения размеров по фотографии сосны и линейки -4,46 м

### 3. Метод «Фотография сосны и Даши»

То же самое можно выполнить используя в качестве линейки человека известного роста (себя,

например). Тогда формула тоже будет иметь вид:  $H = h \cdot L / l$ , где  $h$  и  $l$  – размеры соответственно сосны и «Даши» на фотографии,  $L$  – истинные размеры «Даши»

Ход работы:

Фото1.

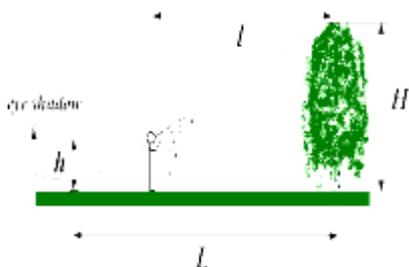
- рядом с сосной встала Даша (истинный рост Даши)  $L = 1,67 \text{ м}$ , (где  $l_{\text{Даши на фото}} = 0,055 \text{ м}$  на фото),

- сфотографировали, убедившись предварительно, что фотоаппарат установлен

так, что пленка находится в вертикальной плоскости; (измерили  $l_{\text{Даши на фото}} = 5,5 \text{ см} = 0,055 \text{ м}$ ),

- измерили  $h$  -высоту сосны по фото  $h = 12,5 \text{ см} = 0,125 \text{ м}$
- определили высоту сосны  $H$  по готовой фотографии:  $H = h \cdot L / l$ , где  $h_{\text{сосны}}$  и  $l_{\text{Даши}}$  – размеры соответственно дерева и линейки на фотографии,  $L$  – истинный рост Даши.  $H = 0,125 \text{ м} \cdot 1,67 / 0,055 \text{ м} = 3,79 \text{ м}$

Высота сосны методом сравнения размеров по фотографии сосны и Даши.-3,79 м



### 4. Метод «Транспортир, высота сосны, Маргарита».

№	Расстояние до дерева, $l$ , м	Расстояние от поверхности земли до уровня глаз. $h$ м	Угол	Высота сосны, $H$ , м
1.	4,6	1,47	$35^{\circ}$	
2.	4,6	1,47	$35^{\circ}$	
3.	4,6	1,47	$35^{\circ}$	
4.	4,6	1,47	$35^{\circ}$	
5.	4,6	1,47	$35^{\circ}$	

**Оборудование:** транспортер с отвесом, рулетка (или веревка и метровая линейка). **Выполнение работы:** Глядя на вершину сосны мы расположили транспортер

Среднее значение.	4,6.	Грубо, не заморачивались.	1,47	35°	4,62м
-------------------	------	---------------------------	------	-----	-------

вдоль луча зрения (см. рис.4, фото в приложении). По положению отвеса измерили угол  $\alpha$ . Он равен 35°

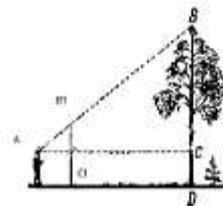
Таблица 2

рис.4, фото в приложении). По измерили угол  $\alpha$ . Он равен

Рис.4

Измерили расстояние  $l = 4,6\text{м}$  до дерева, расстояние  $h = 1,47\text{м}$  от поверхности земли до уровня глаз. Нашли  $H$ . (Таблица 2.) (**Повторить измерения 5 раз при разных значениях  $l$ .** Рассчитали  $H$  как среднее арифметическое полученных значений. (Шёл дождь, много измерений сделать не смогли)

$$H = h + l \operatorname{tg} \alpha \quad H = 1,47\text{м} + 4,6\text{м} * \operatorname{tg} 35^\circ = 1,47\text{м} + 4,6\text{м} * 0,7 = 4,62\text{м}$$



### 5. Метод «Треугольник с углом 45°, высота сосны и Маргарита.

Построение равнобедренного прямоугольного треугольника, одним из катетов которого является сосна (рис 5)

Формула:  $H = h * L / l$

Здесь  $h$  и  $l$  стороны прямоугольного треугольника с углом 45°. Т.к. они равны, то  $H = L$ .

Рис.5

**Оборудование:** прямоугольный треугольник с углом 45°, то есть, равнобедренный.

**Выполнение работы:**

1. держа треугольник вертикально, отошли от дерева на такое расстояние, при котором, глядя вдоль гипотенузы, увидели верхушку дерева. Высота дерева от уровня глаз до верхушки равна расстоянию от сосны до Маргариты;
2. измерили расстояние от места измерения (Маргариты) до сосны;
3. прибавили к полученному числу рост Маргариты (до уровня глаз).

**Результат:**  $L = 2,85\text{ м}; H = 2,85 + 1,47\text{м} = 4,32\text{ м}$



Рис.6

### 6. Метод «Наш высотомер». Мы изготовили



Рис.7

простейший прибор – «высотомер». (рис.6). Взяли дощечку и 3 гвоздя. На этой дощечке наметили три точки – вершины равнобедренного прямоугольного треугольника, и в них вбили гвозди. Построили прямой угол с помощью чертёжной линейки и циркуля для отложения равных сторон. (Процесс изготовления высотомера см в приложении)

**Использование высотомера:** Отойдя от измеряемого дерева, держали прибор так, чтобы один из катетов треугольника был направлен отвесно, (рис.7) для этого воспользовались нитью с грузом, привязанной к верхнему гвоздю. Приближаясь к дереву или удаляясь от него, мы долго искали (споря при этом, особенно Даша и Кирилл) такое место, из которого глядя на гвозди  $a$  и  $c$ , нужно было увидеть, что они покрывают верхушку дерева  $C$ : это значит, что продолжение гипотенузы  $ac$  проходит через точку  $C$ . Тогда, очевидно, расстояние  $aB$  равно  $CB$ , т.к. угол  $\alpha = 45^\circ$ . Следовательно, измерив расстояние  $aB$  и прибавив  $BD$ , т.е. возвышение  $aA$  над землёй, получили искомую высоту дерева. Принцип тот же, что и прямоугольный треугольник, но ведь сделали прибор.

Результат:  $L = 2,85 \text{ м}$ ;  $H = 2,85 + 1,47 \text{ м} = 4,32 \text{ м}$

### 7. Метод «Высота сосны по тени»

\*Из всех способов, как измерить высоту нашей сосны, самым простым и надежным является способ по тени (см.рис.8).Солнечным днём необходимо взять обыкновенную линейку, длиной 30 см, поместить её перпендикулярно к земле, и замерить длину тени, которую отбрасывает линейка. \*После этого измерить тень, которую отбрасывает наша сосна. Делим длину тени, на длину линейки. Предположим, что тень была 45см. Получаем коэффициент – 1,5. Теперь делим длину тени сосны, пусть она была 9м, на 1,5. Получаем высоту сосны равную 6м.



Рис.8 надо

\*Можно вычислить высоту сосны и по формуле. Умножить длину тени сосны, на длину линейки, а затем делим полученное на длину тени линейки.  $9 \cdot 0,30 : 0,45 = 6$ .

Это самый легкий и самый древний способ, с помощью которого греческий мудрец Фалес за шесть веков до нашей эры определил в Египте высоту пирамиды.

Он воспользовался ее тенью.

Мы собирались поступить точно также. Но, к сожалению, солнца в дни проведения эксперимента, не было. Нужно было измерить свой рост, длину своей тени и длину тени дерева. Высота дерева во столько же раз больше роста человека, во сколько раз тень дерева больше тени человека.

Т.к. дерево и человек должны быть расположены перпендикулярно Земле, т.е. под углом 90 градусов, а лучи солнца падают на землю под одинаковыми углами, то образуются подобные треугольники стороны которых пропорциональны. (теория изучена и обоснована выше.

Формула:  $H = h \cdot L / l$ . Здесь  $L$  – длина тени дерева,  $l$  – длина тени человека,  $h$  – высота человека.

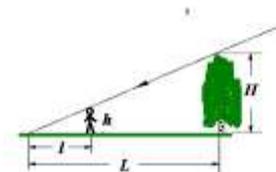


Рис.9

### Оборудование и ход работы – ясны из рисунка 9.

Пояснения: вместо себя можно поставить палку.

Понятно, что измерения нужно проводить одновременно, т.к.

солнце не стоит на месте, и длина тени изменяется. **Результата**

нет,

**так как не было солнца и, соответственно, тени. Проведём в солнечную погоду, но сосна может "подрасти"!**

### 8. Метод «Зеркало, высота сосны и Юра». Способ основан на законе отражения света.

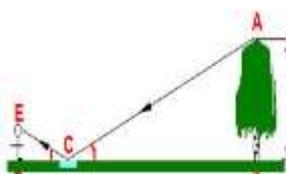


Рис.10

Угол ACB равен углу ECD (рис.10). Следовательно, треугольник ACB подобен треугольнику ECD, и их стороны пропорциональны. Следовательно, верна основная формула:  $H = h \cdot L / l$

**Оборудование:** плоское зеркало, рулетка.

**Выполнение работы:**

1. положили зеркало на землю (см рис и фото в приложении);
2. Юра нашёл такое положение, при котором видел в зеркале отражение верхушки сосны;
3. измерили расстояния  $l = DC$ ,  $L = CB$  и  $h = DE$
4. вычислили  $H$ ;
5. повторили измерения 5 раз при разных значениях  $L$ ;
6. рассчитали  $H$  как среднее арифметическое полученных значений. (Таблица 3)

Таблица 3

№	Расстояние $l=DC, м$	Расстояние $L=CB, м$	Рост Юры $h=DE, м$	Высота сосны $H=AB, м$	Среднее зн. Высота сосны $H=AB, м$
1.	1,5	3,85	1,75	4,50	
2.	1,3	4,05	1,75	5,45	
3.	1,5	3,9	1,75	4,55	<b>4,636</b>
4.	1,8	4,5	1,75	4,38	
5.	1,75	4,3	1,75	4,3	

**9 Метод «Лужа»** Вариантом этого способа является определение высоты предмета по луже. (аналог зеркала)

Этот способ, описанный на сайте «Питерский охотник»[3], можно



Рис.11

удачно применять после дождя, когда на земле появляется много лужиц. Измерение производят таким образом: находят недалеко от измеряемого предмета лужицу и становятся около нее так, чтобы она помещалась между вами и предметом. После этого находят точку, из которой видна отраженная в воде верхинка предмета. Измеряемый предмет, например дерево, будет во столько раз выше вас, во сколько расстояние от него до лужицы больше, чем расстояние от лужицы до вас.

**10. Метод «Лёжа около дерева, вижу верхушку дерева»**

Для измерения высоты дерева, не залезая на него с рулеткой, можно сделать следующее. Для этого мы нашли треногу от телескопа нужной высоты, которую сможем измерить. Измерение производили лежа на земле. Как рассчитать результат, видно из рисунка. Определяем высоту «лёжа» через высоту подставки астрономического прибора.

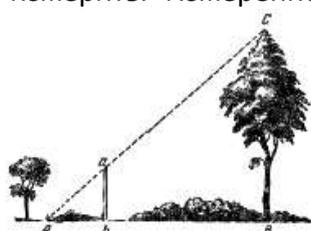


Рис.11

Выполнение работы: Поставили треногу в землю так, что выступающая часть была равна росту Юли-167 см. Затем уложили Юлю на землю (шёл дождь, соорудили конструкцию для Юли, чтобы

она не промокла). Упираясь ногами в шест, она видела верхушку сосны на одной прямой линии с верхней точкой шеста. Т. к. треугольник  $ABC$  – равнобедренный и прямоугольный, то угол  $\alpha = 45^\circ$  и, следовательно,  $AB = BC$ , т. е. искомой высоте дерева.  **$AB=4,8 м$ . Следовательно, высота дерева методом «лёжа около дерева»  $BC=H=4,8 м$ .**

**11. Метод свободного падения тел.** Познакомившись с формулами, описывающими свободное падение тел, мы рассчитали высоту сосны по формуле:  $H = gt^2/2$

**Оборудование:** шарик теннисный, секундомер электронный.

№	Время движения $t, с$	Ускорение свободного падения $g, м/с^2$	Высота $H, м$

1.	0,99	9,8	
2.	1	9,8	
3.	1,01	9,8	
4.	0,97	9,8	
5.	0,95	9,8	
Ср.зн.	0,98	9,8	<b>4,7м</b>

**Таблица4**

Выполнение работы: бросили шарик вертикально вверх, так чтобы он долетел до верхушки, а затем приземлился, грубо считали время полёта вниз, разделив полученное время на 2(туда и обратно) Измерения времени движения проводили 5 раз. Формула для вычисления высоты:  $H = gt^2/2$ , где  $t$  – время движения. Результаты см в таблице4.

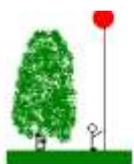
При этом значительные **погрешности** возникают из-за того, что не учитывается разность уровней броска и приземления мячика. Опыт в такой постановке труден для исполнения, результаты не надежны.

**12.Метод «Гелиевый шарик и высота сосны»**

Сравнили высоту

легкая нить,

1. привязали к катушки до тех дерева. (рис.12)



дерева с длиной нити, на которой был привязан шарик. **Оборудование:** гелиевый шарик, длинная рулетка. Выполнение работы: шарикую длинную нить и отматывали её от пор, пока шарик не поднимется до верхушки

2. сделали на нитке отметку -узелок;
3. вернули шарик, измерили длину нити до отметки.
4. результат: **4,5 м**

**Рис.12**

**Таблица5**

№	Использованный метод	Результат, м	Ср.зн
1.	Статистическая оценка, оценка высоты сосны «на глаз»;	<b>4,45м</b>	
2.	Фотография сосны, линейки	<b>4,46 м</b>	
3.	Фотография сосны, Даши	<b>3,79 м</b>	
4.	Транспортир и высота сосны.	<b>4,62м</b>	
5.	Треугольник с углом 45 градусов и Маргарита	<b>4,32 м</b>	
6.	Наш «высотомер»	<b>4,32 м</b>	
7.	Высота сосны по тени.	Предложен теоретически	
8.	Зеркало , высота сосны и Юра	<b>4,636</b>	
9.	Лужа	Предложен теоретически	
10.	Метод «Лёжа под деревом, вижу верхушку дерева»	<b>4,8 м</b>	
11.	Свободное падение	<b>4,7м</b>	
12.	Гелиевый шар	<b>4,5м</b>	
13.			<b>4,459м</b>

**5. Заключение:** Мы рассмотрели несколько способов определения высоты сосны с помощью подручных средств без специальных приборов и инструментов. Все эти способы основаны либо на определении понятия длины отрезка и измерения, либо на свойствах подобных фигур.

Эксперименты проводились в неблагоприятных условиях: шёл дождь, солнечных дней в период работы над проектом не было.

Результаты различных

экспериментов отличались. В этом можно убедиться из результатов, собранных в приведённую таблицу 5

**Анализ результатов.**

Из полученных результатов мы можем предположить, что высота нашей сосны около 4,5 метров. (Гелиевый шар подтвердил это предположение) Полученные значения достаточно близки друг к другу.

Мы специально выбрали сосну невысокую, чтобы можно было бы как-то «дотянуться» и проверить высоту.

А ещё была идея выбрать очень высокую сосну (она у нас в гимназическом дворе есть) и измерить её вначале, а затем меньшую, чтобы найти наиболее точный метод измерения. Более точное значение может дать измерение с помощью высотомера лесника, тоже хотим его найти и измерить нашу сосну. Все недоделки доделаем до гимназической НПК, где и представим защиту наших измерений.

**А после изучения понятия относительной и абсолютной погрешности мы предполагаем повторить эксперименты с измерением объекта с известной высотой и оценить точность применённых методов.**

Мы нашли высоту сосны и расстояние от наблюдателя до вершины дерева, не залезая на него. Но для этого потребовалось изучить некоторые величины, которые зависят только от величины угла и определяют его. Это тангенс и косинус этого угла. Этого мы раньше не знали, как не знали и многих вопросов физики.

PS. Посмотрели на фото, и увидели здание нашей гимназии, а это ведь тоже метод, но это уже другая история.

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

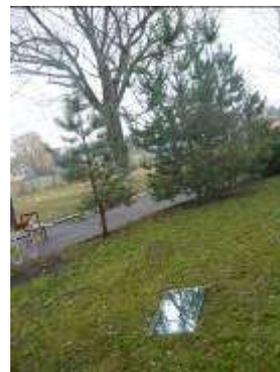
ПРИЛОЖЕНИЯ



Изготовление высотомера



Команда перед экспериментом



«Зеркало, высота сосны»



Транспортир, высота



Свободное падение и высота



Сосна, линейка



Вижу верхушку сосны!



Команда перед экспериментом



А научные споры всё-таки были!  
Увлечены математикой и физикой!  
Есть над чем спорить!