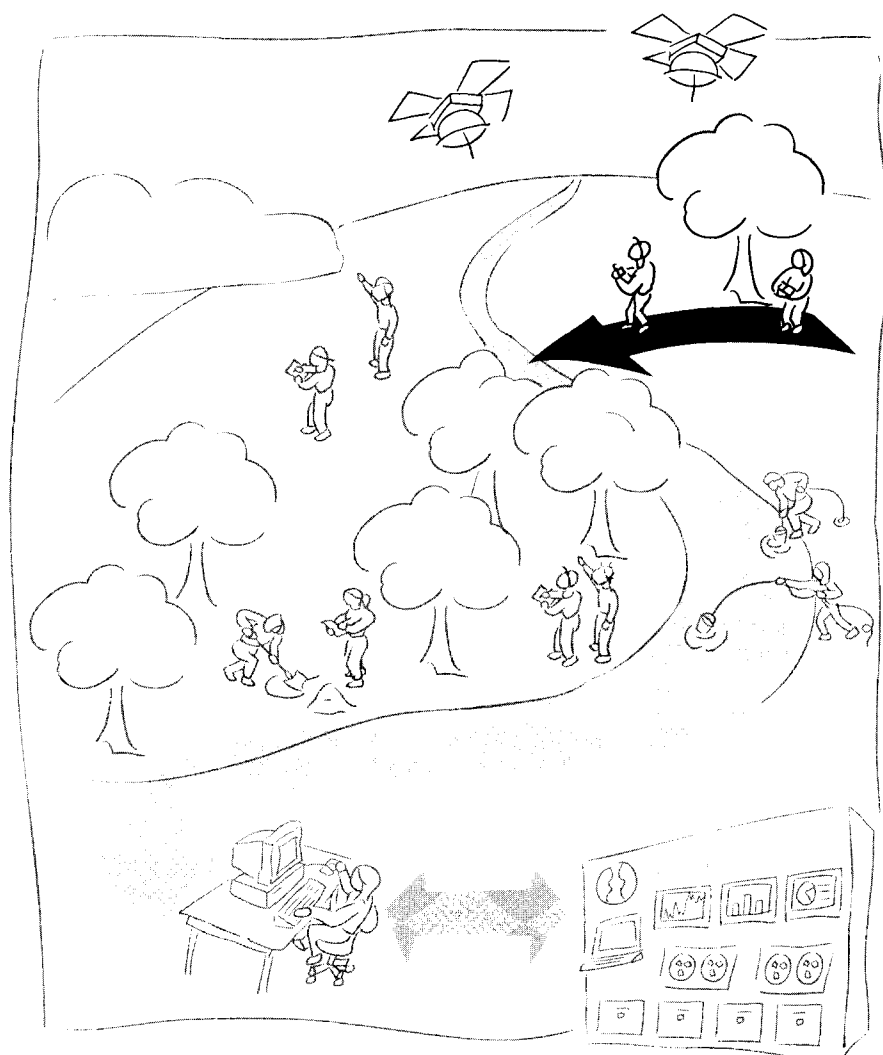


GPS

# Исследования с помощью GPS



**Программа GLOBE™**  
**Учебное исследование**



# Исследования с помощью GPS: краткий обзор



## Практические работы

Одноразовые измерения:

Время регистрации первоначальной записи и средние значения широты, долготы и высоты над уровнем моря участков атмосферных исследований, гидрологических исследований, изучения земного покрова, биологических исследований, определения характеристик почвы и измерения влажности почвы, а также школы, находящейся в центре вашего участка исследований по программе GLOBE.

## Предлагаемая последовательность проведения работ и занятий

Зарезервируйте один из приемников системы глобального позиционирования (GPS), предоставляемых в рамках программы GLOBE, как можно раньше. Более подробную информацию см. в разделе «Практические работы», под заголовком «Как выполняются исследования с помощью GPS».

Прочтите раздел «Исследования с помощью GPS: приветствие».

Скопируйте письмо ученого и интервью с ученым и раздайте копии письма и интервью учащимся.

Прочтите описания *практических работ*: точное определение того, что и как следует измерять.

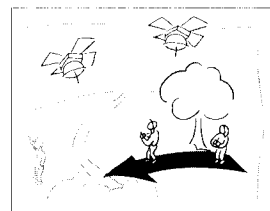
Перед получением приемника GPS определите расположение каждого из участков исследований, используемых в рамках программы GLOBE, пользуясь изображениями, полученными с помощью спутника Landsat, других материалов (карт, атласов и т. п.) и полевых наблюдений.

После получения приемника GPS поручите учащимся провести рядом со школой несколько испытательных измерений с помощью GPS, описания которых приведены в разделе «Практические работы». Когда вы и школьники научитесь пользоваться приемником, выполните измерения на каждом из участков исследований, следуя инструкциям, приведенным в разделе «Практические работы». Загрузите результаты в базу данных программы GLOBE сразу же после выполнения измерений и расчетов.

Если на одном или нескольких участках приему спутникового сигнала препятствуют кроны деревьев, определите координаты таких участков, следуя инструкциям, приведенным в разделе «Измерения с помощью GPS со смещением координат». За исключением практических работ, это единственное занятие, в ходе которого требуется использовать приемник GPS.

Если учащиеся столкнутся с трудностями при выполнении измерений, или если они заинтересуются дальнейшими возможностями использования глобальных систем позиционирования, проведите одно или несколько дополнительных учебных занятий («Абсолютное и относительное направления», «Работа с углами» и «В чем заключается правильный ответ?»).

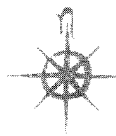
Возвратите приемник GPS в организацию программы GLOBE в кратчайшие возможные сроки. Инструкции см. в разделе «Практические работы» под заголовком «Как выполняются исследования с помощью GPS». Желаем вам удачи в проведении интересных и полезных занятий!



## Особое примечание

Приемники GPS предоставляются на время и возвращаются в организацию программы GLOBE; приемник GPS можно также приобрести у местного поставщика.

# Содержание



## **Исследования с помощью GPS: приветствие**

Письмо ученого учащимся .....	Приветствие-4
Познакомьтесь: д-р Уит Смит .....	Приветствие-5



## **Введение**

Крупным планом .....	Введение-1
Подготовка к полевым работам .....	Введение-2
Обзор учебных занятий .....	Введение-3
Оценка успехов учащихся .....	Введение-3



## **Практические работы**

Как проводятся исследования с помощью GPS .....	Практические работы-2
Основные измерения с помощью GPS .....	Практические работы-4
Использования GPS со смещением координат .....	Практические работы-8



## **Учебные занятия**

В чем состоит правильный ответ? .....	Учебные занятия-2
Относительное и абсолютное направления .....	Учебные занятия-11
Работа с углами .....	Учебные занятия-21
Астронавигация .....	Учебные занятия-27



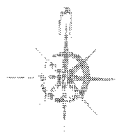
## **Приложение**

Исследования с помощью GPS: рабочий лист ввода данных .....	Приложение-2
Измерения с помощью GPS со смещением координат: рабочий лист ввода данных .....	Приложение-3
Глоссарий .....	Приложение-4
Лист ввода данных программы GLOBE в сети Web .....	Приложение-7



# Письмо ученого учащимся

Скопируйте  
и раздайте  
учащимся



Дорогие учащиеся!

В наше время доступные ресурсы планеты уже почти исчерпаны, и нам следует внимательно и заботливо относиться к окружающей среде, доставшейся нам от Бога. Программа GLOBE предоставляет вам возможность участвовать в увеличении объема знаний об окружающем нас мире.

Проявлять интерес к изучению окружающей среды приятно, но мы можем сочетать приятное с полезным. Производя научные измерения, мы можем присваивать различным факторам количественные значения, что позволяет нам объективно сравнивать эти факторы. В результате мы можем принимать обоснованные решения, то есть основанные на фактической информации решения относительно того, что и как следует делать дальше.



Я — один из ученых, выполняющих программу GLOBE и помогающих учащимся применять методы спутниковой навигации с помощью глобальной системы позиционирования (GPS). Вы будете пользоваться портативным устройством, принимающим синхронизирующие сигналы космических спутников, находящихся на расстоянии 20 200 километров, определяя широту и долготу с точностью, достаточной для обнаружения вашей школы или вашего дома на спутниковой фотографии. Загружая координатные данные в базу данных, вы поможете ученым и другим учащимся, участвующим в программе GLOBE, определять географическое расположение пунктов, в которых производятся все измерения в рамках программы GLOBE.

Производя измерения и загружая данные в рамках программы GLOBE, пожалуйста, старайтесь обеспечивать последовательность и точность данных. Если кто-нибудь скажет вам, что он не заинтересован в науке или в качестве данных, спросите его об этом снова, когда кто-нибудь из близких им людей заболеет и выздоровеет благодаря приему антибиотика, или даже после того, как они следующий раз спустят воду в туалете. У вас появилась возможность применить свои навыки в областях естественных наук, математики и географии с тем, чтобы внести свой вклад в улучшение понимания механизмов и систем нашего мира.

В рамках нашей программы работает много людей, но все они полагаются на вас, потому что вы — специалисты в том, что относится к среде, окружающей ваш дом. Я надеюсь сотрудничать с вами и увидеть плоды вашего труда.

*Walt Smith*

Д-р Уит Смит  
Старший инженер-исследователь  
Электротехнический факультет  
Технологический институт штата Джорджия  
Атланта, штат Джорджия 30332  
США



# Познакомьтесь: д-р Уит Смит

Скопируйте  
и раздайте  
учащимся

Интервью с ученым

Приветствие

*Д-р Смит — инженер-исследователь Технологического института штата Джорджия в г. Атланта, штат Джорджия, США.*

**GLOBE.** *Какие данные вам необходимы и для чего они вам нужны?*

**Д-р Смит.** Данные о широте, долготе и высоте над уровнем моря необходимы мне для того, чтобы определять расположение пунктов на изображениях, полученных с помощью спутников. Другим ученым требуется знать, где именно на этих изображениях находятся пункты, в которых производились измерения; это позволит им сравнивать результаты одних измерений с другими, полученным в других пунктах.

**GLOBE.** *Почему бы просто не пользоваться картами?*

**Д-р Смит.** Мы хотим определить расположение пункта на изображениях, сделанных спутниковой аппаратурой. Каждый элемент изображения, полученного спутником Landsat, соответствует квадратному участку поверхности Земли со стороной 30 метров. Пользуясь топографической картой, трудно определить местоположение с точностью до 30 метров.

**GLOBE.** *Заменил ли когда-нибудь система глобального позиционирования переносной компас?*

**Д-р Смит.** Нет, система GPS не указывает направление. Она сообщает, где вы находитесь. Компас позволяет определять направление, но не позволяет узнать, где вы находитесь. Поэтому требуются и система GPS, и компас.

**GLOBE.** *Пользовались ли учащиеся технологией GPS раньше?*

**Д-р Смит.** Да, многие учащиеся, например, бойскауты и участники походов, пользовались средствами GPS в других условиях. Этими приборами мог пользоваться каждый, кто прокладывал курс судна или самолета.

**GLOBE.** *Расскажите нам о себе. Где вы выросли?*

**Д-р Смит.** Я родился в небольшом городке Голдсборо в восточной части Северной Каролины; там же я закончил начальную и среднюю школу.

**GLOBE.** *Есть ли у вас семья, дети?*

**Д-р Смит.** Нет, у меня нет даже домашних животных. Но у меня много студентов.

**GLOBE.** *Когда вы заинтересовались наукой?*

**Д-р Смит.** Я всегда интересовался наукой и техникой, скорее всего потому, что наука — это поиск истины. Я всегда интересовался электрическими устройствами и механизмами разного рода. Когда я поступил на электротехнический факультет, меня больше всего интересовали радио и другие средства связи.

**GLOBE.** *В каких областях вы хотели бы пополнить свои научные знания?*

**Д-р Смит.** Я хотел бы лучше разобраться в электромагнетизме — в том, как взаимодействуют электрические и магнитные поля — а также в теории вероятности. Эти дисциплины всегда были самыми трудными для меня. Даже те студенты, которые получают высокие отметки по этим предметам, иногда не понимают их по-настоящему.

**GLOBE.** *Что именно вы хотели бы узнать об электричестве?*

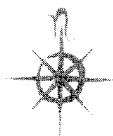
Вопросы и ответы

Г

У

Вопросы и ответы

Спасибо за участие



Д-р Смит. Я хотел бы глубоко понимать принципы функционирования электричества. Мы знаем, что электричество работает, но мы не знаем на самом деле, как оно работает.

GLOBE. Можно ли это узнать до конца?



Д-р Смит. Я сомневаюсь в этом. Существует бесчисленное, бесконечное количество вещей, которые мы не понимаем, и если нам удастся понять хотя бы небольшую их часть, это уже достижение.

GLOBE. Вы — инженер-исследователь. Как ваша работа связана с наукой?



Д-р Смит. Сила равна произведению массы и ускорения. Этот закон работает, но прошло очень много времени до тех пор, когда об этом догадался человек. Инженеры применяют такие законы и получают практические результаты. Научный процесс — а инженеры тоже в нем участвуют — заключается в выдвижении гипотезы относительно того или иного явления и в проверке соответствия этой гипотезы действительности. Подтвердив истинность гипотезы, можно пользоваться выявленной закономерностью. Инженеры пользуются такими закономерностями, проектируя полезные вещи.

GLOBE. Таким образом, вы применяете полученные знания, создавая новые технические средства?

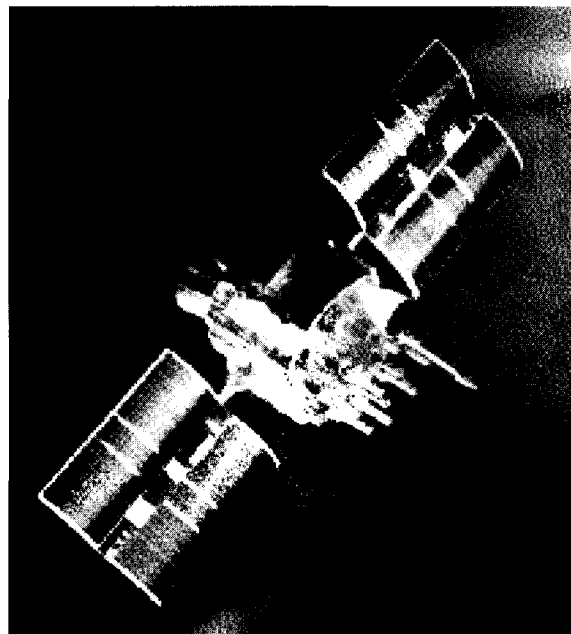


Д-р Смит. Я веду поиск новых знаний и применяю их. Когда я ищу новые знания, я выступаю в роли ученого. Когда я применяю их, я выступаю в роли инженера.

GLOBE. Существует ли какая-нибудь особенно трудная задача, постоянно занимающая ваши мысли?



Д-р Смит. Три года назад мне поручили две гигантских спутниковых антенны высотой в десять этажей и



диаметром около тридцати метров. Они крупнее большинства зданий; эти антенны принадлежали компании «Эй-Ти-энд-Ти».

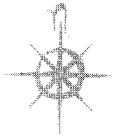
GLOBE. Вам поручили эти антенны?

Д-р Смит. Да, они стоят на кукурузном поле примерно в 100 километрах к югу от Атланты. Их купил Технологический институт штата Джорджия. Мне сказали: «Сделайте с ними что-нибудь». Я спросил: «Что?» Мне говорят: «Что-нибудь». Я спрашиваю: «Что именно?» Мне повторяют: «Что-нибудь!» И я сказал: «Ладно». Набрал группу студентов-добровольцев, и мы попробовали подсоединить к этим антеннам кое-какое радиооборудование, чтобы прослушивать звездный шум или переговариваться со спутниками. Через пару лет, летом 1994 года, мы смогли повернуть эти антенны в направлении Юпитера, когда в него врезалась комета Шумейкера-Леви. Мы измеряли интенсивность шумовых радиосигналов Юпитера, пытаюсь связать ее со столкновением кометы с Юпитером. Таким образом, с помощью студентов мне удалось сделать из списанных

- антенн радиоастрономическую станцию и станцию спутниковой связи. Это была трудная задача.
- GLOBE.* Каково ваше обычное дневное расписание?
- Д-р Смит. Мои дни проходят по-разному. По субботам я отправляюсь со студентами на участок, где установлены антенны. Один из студентов, например, устанавливает двигатель, поворачивающий антенну, а другой работает над сопряжением этого двигателя с компьютером.
- GLOBE.* Когда вы говорите о двигателе...
- Д-р Смит. Я имею в виду электродвигатель размером с мусорную корзину, который, после включения низкой передачи, может повернуть десятиэтажное здание. Мы работаем с гигантскими спутниковыми антеннами. Я могу поворачивать их вверх и вниз, направо и налево. Это по субботам. В течение недели я преподаю и встречаюсь со студентами, обсуждая интересные их вопросы. Я провожу много совещаний в рамках программы GLOBE и других программ. Время уходит так же на разработку компьютерных программ, подготовку отчетов и выполнение анализов.
- GLOBE.* У вас есть своя лаборатория?
- Д-р Смит. Моя лаборатория — участок с антеннами. На территории института расположены лаборатории, в которых мы проектируем, собираем и испытываем оборудование, которое затем устанавливается на участке спутниковых антенн, но наша настоящая лаборатория — этот участок с антеннами.
- GLOBE.* Кого вы считали своими героями в детстве?
- Д-р Смит. Астронавтов.
- GLOBE.* Есть ли у вас свои герои сегодня?

- Д-р Смит. Наверное, библейские персонажи, продемонстрировавшие силу веры.
- GLOBE.* Вера имеет большое значение в вашей работе?
- Д-р Смит. Да. Вера важна во всем, что делают люди. Для того, чтобы ступить на пол, надеюсь, что он вас поддержит, требуется, в какой-то степени, вера.
- GLOBE.* Какое удовлетворение дают научные исследования?
- Д-р Смит. Приятно было бы сделать какое-нибудь новое открытие, но я занимаюсь проектированием и сборкой аппаратуры, которая поможет другим открывать новые явления. Дает ли какое-нибудь удовлетворение сбор данных в рамках программы GLOBE? С моей точки зрения, самое приятное — видеть умные, улыбающиеся лица школьников.
- GLOBE.* Какую пользу участие в программе GLOBE приносит учащимся?
- Д-р Смит. Они осознают, что вносят какой-то вклад в изучение механизмов природы, устанавливают непосредственную связь с наукой и техникой и как-то влияют на них. Я думаю, что в представлении большинства учащихся наука и техника — таинственный черный ящик, который они не понимают. Да, тайны существуют, но нам дарована способность думать о том, что происходит вокруг нас, наблюдать и определять характеристики явлений.
- GLOBE.* По вашему мнению, потребуется ли учащимся понимание основных научно-технических принципов в XXI веке?
- Д-р Смит. Да. Есть люди, которых пугают наука и техника, и есть люди, готовые принять их. Тот, кто не желает разбираться в науке и технике, может стать гражданином второго сорта. У





людей, которые выражают свою позицию словами «Я не знаю, как запрограммировать видеоманитофон, и горжусь этим», будет гораздо меньше возможностей, чем у других. Это уже происходит на наших глазах. Сравните положение людей, согласных учиться применению компьютерной техники, и тех, кто не желают этому учиться.



**GLOBE.** *Что бы вы могли сказать учащемуся, который хочет работать в вашей области?*

Д-р Смит. Наука и инженерное проектирование — области, которые требуют значительных затрат времени и сил. Но тот, кто освоит научную или инженерную профессию и испытает радость открытия, будет удовлетворен своей работой.



**GLOBE.** *Можете ли вы дать какой-нибудь совет учащимся, интересующимся научными исследованиями?*



Д-р Смит. Им следует найти взрослых людей, желающих направлять их и помогать им — говорить с ними, обсуждать с ними разные вещи, пытаться построить что-нибудь.



**GLOBE.** *Были ли у вас такие руководители, когда вы учились?*

Д-р Смит. Один старый инженер чрезвычайно мне помог. Я жалею, что не стал радиолюбителем еще раньше, потому что тогда мне удалось бы встретиться со многими людьми, хорошо разбирающимися в науке и технике.



**GLOBE.** *Значит, когда вы учились, у вас уже было влечение к тому, чем вы занимаетесь теперь?*

Д-р Смит. Каждое поколение интересуется различными вопросами. Во время Второй мировой войны активно обсуждалась угроза со стороны тоталитарного общества. Потом стали бояться атомной войны.



В 60-е годы в США молодые люди оспаривали авторитет властей и восставали против них. В следующем десятилетии людей начали беспокоить вопросы охраны окружающей среды. Человек, которого беспокоят вопросы охраны окружающей среды, сможет повлиять на их решение, если изучит, с научной точки зрения, последствия проблем, связанных с окружающей средой. Научное и инженерное образование дает возможность научиться количественному измерению различных факторов и явлений, позволяющему получать объективное представление о происходящем. Например, вы можете быть сторонником использования солнечной энергии, но при этом не разбираться в том, что вы говорите. Но если вы инженер или ученый и вам известно, что каждый квадратный метр поверхности Земли поглощает один киловатт солнечной энергии, и знаете, сколько стоит один квадратный метр солнечной батареи, знаете, что коэффициент полезного действия солнечной батареи составит 10 процентов и что вам удастся получить 100 Ватт электроэнергии с каждого квадратного метра, вы сможете сказать, какое количество электроэнергии можно выработать с помощью солнечного света. Вы сможете присвоить факторам цифровые, количественные значения, рассчитать, сколько будет стоить необходимое оборудование, и сделать обоснованное заявление относительно механизма, оказывающего влияние на весь мир и его биосферу.

**GLOBE.** *Каковы сегодня самые передовые направления в вашей области?*

Д-р Смит. Два важнейших направления — проектирование электрооборудования и создание средств персональной связи, таких, как карманные вызывающие устройства, сотовые телефоны и

оптические устройства, основанные на волоконно-оптической связи — например, компьютеры, в которых вычислительные операции производятся с помощью световых сигналов. По оптическому стеклянному волокну тоньше волоса можно передавать невероятное количество данных.

*GLOBE.* *Существуют ли пределы научных исследований?*

Д-р Смит. Множество людей рассматривают научные исследования как попытку раскрыть тайны, известные одному Богу. Ученые никогда не будут знать все, и в том, что нас всегда будут окружать тайны, нет ничего плохого. Существует бесконечное количество возможностей сделать новое на основе того малого, что нам известно. Я считаю, что мы — хранители этого мира, и для нас вполне разумно и целесообразно пытаться понять окружающий мир и заботиться о нем. И в этом нам могут помочь ученики школ. Их данные помогут нам понять, как работает наш мир, и мы сможем принимать разумные решения.



# Введение



## Крупным планом

### Краткий обзор

Приемник системы глобального позиционирования (GPS) — портативное устройство, непосредственно принимающее данные, переданные находящимися на орбите спутниками. Приемник GPS позволит учащимся определять их местоположение в любой точке на поверхности Земли, выраженное в значениях широты и долготы, с точностью до 100 метров. Усреднив результаты нескольких измерений, как правило, можно определить местоположение с точностью до 30 метров, которая соответствует разрешающей способности (т. е. одному элементу изображения) аппаратуры спутника Landsat. Таким образом, учащиеся могут определять координаты используемых ими в рамках программы GLOBE участков исследований площадью 30 x 30 метров с точностью, достаточной для идентификации соответствующих элементов изображений, полученных с помощью спутника Landsat.

Да, учащиеся могут пользоваться спутниковыми данными. Несмотря на то, что система GPS первоначально была разработана в военных целях, теперь она находит в основном гражданское применение. Мы хотим, чтобы учащиеся-участники программы GLOBE научились определять широту и долготу своей школы и своих участков исследований. Эти данные, которые будут использоваться учеными и школьниками всего мира, позволят локализовать пункты, в которых учащиеся измеряют характеристики биосферы. Если у вас нет доступа к приемнику GPS, организация программы GLOBE поможет вам арендовать такой приемник. Если ваша школа, участвующая в программе GLOBE, находится в США, вы можете арендовать приемник GPS, непосредственно обратившись к представителям организации GLOBE. Если ваша школа, участвующая в программе GLOBE, находится за пределами США, арендовать приемник GPS можно с помощью координатора, ответственного за выполнение программы в вашей стране. См. более подробную информацию в разделе II главы «Исследования с помощью GPS».

### Спутники

Существуют самые различные космические аппараты. Беспилотные научные космические

аппараты, такие, как «Магеллан», «Викинг» и «Галилео», были направлены к Венере, Марсу и Юпитеру и производили измерения физических характеристик, передавая полученные данные на Землю. В 80-х гг. аппараты «Вояджер 1» и «Вояджер 2», закончив наблюдения внешних планет Солнечной системы, вылетели за пределы нашей системы. В 1996 г. космический аппарат «Галилео» направил исследовательский зонд в атмосферу Юпитера. Спускаясь через атмосферу Юпитера, выдерживая огромное давление и температурные перепады, этот зонд передавал по радио данные, зарегистрированные его датчиками; эти данные принимались аппаратом «Галилео» и транслировались на Землю.

На борту пилотируемых космических аппаратов, таких, как космические корабли «Аполло», космические челноки и космическая станция «Мир», находятся люди. В отличие от беспилотных аппаратов, внутри пилотируемых космических аппаратов создается необходимая для дыхания атмосфера, используются средства температурного контроля (терморегулирования), имеются запасы еды и другие вещества и оборудование, необходимые для поддержания человеческой жизни. В связи с этим, а также в связи с необходимостью обеспечения безопасности, пилотируемые космические аппараты обходятся гораздо дороже и устроены гораздо сложнее, чем беспилотные аппараты. Тем не менее, пребывание людей в космосе позволяет им не только накапливать ценный опыт и делиться интересными наблюдениями, но и решать непредусмотренные проблемы со свойственной человеку изобретательностью.

Космический аппарат, движущийся по орбите вокруг более крупного небесного тела, называют спутником. Когда космический аппарат «Галилео» достиг Юпитера и замедлился, чтобы выйти на орбиту вокруг этой планеты, он стал спутником Юпитера. Когда мы выводим аппарат на орбиту вокруг Земли, он становится искусственным спутником Земли, тогда как, например, Луна является естественным спутником Земли. Искусственные спутники Земли выполняют различные функции, в том числе обеспечивают дальнюю телефонную связь, передают телевизионные сигналы и данные, ведут метеорологические наблюдения и выявляют природные ресурсы, ведут наблюдения военного назначения, а также выполняют основные научные измерения.

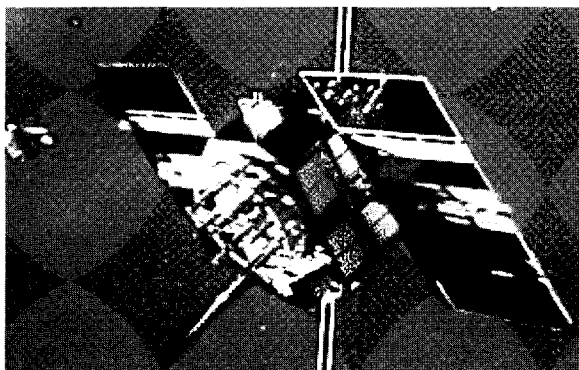


Рис. GPS-I-1.  
Спутник системы глобального позиционирования (GPS)

Луна находится на расстоянии 384 500 км от Земли, и совершает один полный оборот вокруг Земли в течение примерно одного месяца. В связи с ограниченным количеством топлива, а также для того, чтобы вести наблюдения на небольшом расстоянии, космические челноки «Шаттл» и некоторые из ведущих наблюдения спутников находятся на высоте только нескольких сот километров над Землей. Такие спутники, выведенные на «околоземную» орбиту, совершают один оборот вокруг Земли как минимум за 90 минут. Спутники связи выводятся на высоту 35 792 км над Землей. Спутник, находящийся на такой высоте, совершает один полный оборот вокруг Земли ровно за одни сутки. Такая особая орбита называется «геосинхронной» или «геостационарной». С точки зрения земного наблюдателя, спутник, выведенный на геостационарную орбиту, постоянно находится в одном и том же месте не небе. Поэтому антенну, направленную на геостационарный спутник, не нужно перемещать. С другой стороны, космический челнок «Шаттл» может пересекать все видимое небо, от горизонта до горизонта, за считанные минуты, а Луна перемещается по небесному своду в течение месяца.

### Спутники системы GPS

Глобальная система позиционирования состоит из нескольких спутников, соответствующих наземных станций управления и пользователей с приемниками GPS (см. рис. GPS-I-1). Эти спутники — беспилотные космические аппараты. Их выводят на орбиту с помощью ракет-носителей одноразового использования. В настоящее время на орбиту выведено 24 спутника GPS, находящихся на высоте 20 200 км над поверхностью Земли. Спутник, находящийся на такой высоте, совершает полный оборот вокруг Земли примерно за 12 часов. Спутники расредо-

точены на орбите таким образом, что в каждый данный момент наблюдатель, находящийся на поверхности Земли, может связаться напрямую не менее чем с четырьмя спутниками.

На каждом из спутников GPS, электропитание которых обеспечивается солнечными батареями, установлен управляющий компьютер; спутники связываются с наземными приемниками по радио. На всех спутниках установлены также атомные часы, настолько точные, что они могут разойтись на одну секунду только через 150 тысяч лет. Эти часы генерируют синхронизирующие сигналы (сигналы времени), которые передаются всеми спутниками GPS. Программное обеспечение микропроцессора, установленного в приемнике GPS, регистрирует синхронизирующие сигналы как минимум четырех спутников, определяя на их основе широту, долготу и высоту над уровнем моря. Приемник GPS может находиться на суше, на море, в воздухе или в космосе.

О все возрастающей популярности и полезности системы глобального позиционирования свидетельствует статья, заголовок которой вынесен на обложку журнала «Сайентифик американ» (т. 274, вып. 2, стр. 44-50).

## Подготовка к полевым работам

Приемники GPS являются, пожалуй, самым сложным оборудованием, используемым учащими-участниками программы GLOBE. Некоторые из занятий, описания которых приведены в этой главе, проводятся с применением приемника GPS, который учителя и их школы могут арендовать на неделю в организации программы GLOBE. Перед тем, как пользоваться этим прибором, рекомендуется хорошо усвоить научные (в том числе математические) принципы, и приобрести навыки выполнения научных процедур.

Исследования с помощью GPS способствуют сопряжению научных исследований, которые ведутся в рамках программы GLOBE, с другими дисциплинами, такими, как социальные исследования (в различных областях, от истории географических и космических исследований до изучения динамических различий и сходства культур и народов), математика и художественное творчество, в котором особое значение имеют навыки наблюдения и регистрации явлений.

## Обзор учебных занятий

### Научные концепции

Принципиальные вопросы, определяющие характер исследований с помощью GPS, относятся к фундаментальным вопросам, интересующим человека:

1. «Где я?» и
2. «Каким образом мне это известно?»

Систематический подход к выяснению ответов на эти вопросы предполагает обсуждение следующих тем.

1. *Переход от относительных географических описаний местоположения к абсолютным* — т. е. переход от относительного описания («Я нахожусь около школы») посредством использования менее относительных направлений (на север, на юг, на восток и на запад), к абсолютной системе координат (широтно-долготной).
2. *Земля и ее спутники* — искусственные и естественные; роль, которую система GPS играет в навигации.
3. *Качество данных и приборы* — как и почему мы пользуемся приборами и на каких основаниях мы можем «доверять» полученным данным.
4. *Математика* — переход от измерений к геометрии и тригонометрии.

### Навыки применения научного метода

В ходе исследований с помощью GPS учащиеся будут:

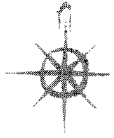
вести критические *наблюдения* явлений;  
*идентифицировать* закономерности, определяя сходство и различия между результатами наблюдений;  
*формулировать* вопросы на основе проведенных наблюдений;  
*систематически выражать* и *регистрировать* результаты наблюдений;  
*пользоваться* результатами наблюдений и данными, *анализировать* их и *объединять* их;  
*делать выводы* на основе результатов наблюдений и полученных данных;  
*обмениваться* результатами наблюдений, вопросами и идеями.

## Оценка успехов учащихся

Исследования в рамках программы GLOBE предоставляют учащимся интересные возможности заниматься естественно-научными дисциплинами и математикой. Задача учителя заключается скорее в наблюдении за развитием учащихся в ходе занятий, нежели в контроле результатов выполнения той или иной практической работы. Несмотря на то, что правильное выполнение работ имеет важное значение и существует необходимость в точных данных, важнейшая образовательная задача заключается в формировании систематического и критического подхода к вопросам, перечисленным выше в подразделе «Навыки применения научного метода». В частности, учитель может оценивать успехи учащихся, сравнивая полученные ими результаты с критериями, основанными на перечисленных выше навыках применения научного метода.

Оценка успехов учащихся производится следующим образом.

1. *Наблюдения.* Умеют ли учащиеся различать и перечислять подробные характеристики наблюдаемых явлений? Умеют ли они описывать наблюдаемое?
2. *Сравнение и сопоставление.* Умеют ли учащиеся выявлять различия и сходство между явлениями, наблюдаемыми ими в настоящее время, и явлениями, которые они наблюдали раньше? Каким образом данные, полученные в настоящее время, связаны с опытом, накопленным ими в прошлом? Другими словами, где им приходилось наблюдать сходные явления? Могут ли они объяснить наблюдаемые различия, например, значений широты и долготы, направлений или математических методов решения задач?
3. *Постановка вопросов.* Умеют ли учащиеся задавать вопросы друг другу, учителю или другим людям, в том числе ученым? Поручите учащимся записать имеющиеся у них вопросы. Во время проверки усвоенных знаний предлагайте учащимся записывать импровизированные вопросы.
4. *Регистрация данных.* Пожалуй, простейший способ оценить приобретенные учащимися навыки и усвоенные ими концепции состоит в наблюдении за тем, как они регистрируют данные в полевых условиях (во время практических занятий), а также после проведения практических работ. Оценивайте приобретенные ими навыки



формулирования ими мыслей, догадок, даже вопросов, как во время занятий, так и после проведения занятий, в научных дневниках участников программы GLOBE, в виде сочинений и отчетов (письменных и устных). Учащиеся младшего возраста могут формулировать результаты своих наблюдений в форме зарисовок. Обсуждения зарисовок позволят вам проникнуть в ход мыслей учащегося. Кроме того, полезна оценка навыков ввода электронных записей — начиная со звуковой записи и видеозаписи, которую могут вести учащиеся с любым уровнем подготовки, и кончая копированием сообщений в сети электронной почты GLOBEMail и построением компьютерных графиков.

5. *Концептуальное и критическое мышление.* Проявляют ли учащиеся желание выходить за рамки предлагаемых им вопросов и заданий, связанных с регистрацией результатов наблюдений, т. е. есть ли у них желание разрабатывать собственные модели, самостоятельно формулировать задачи и решать эти задачи? В то время как для вас, возможно, проще всего ставить перед учащимися математические задачи, вы можете всегда задавать вопросы типа «Что, если...?» и «Почему?» Например, занятия, посвященные моделированию спутников или проведению измерений с помощью GPS со смещением координат, способствуют развитию навыков критического мышления у учащихся. Полезны также наблюдение за учащимися в процессе занятий и оценка их умения сосредоточивать внимание, эффективности применяемых ими методов, их настойчивости в достижении поставленных целей. Кроме того, умеют ли сами учащиеся оценить по просьбе учителя сложившуюся ситуацию в любое время?

6. *Навыки общения и обмена информацией.*

Эти навыки, вероятно, в большей степени, чем какие-либо другие, имеют жизненно важное значение для будущего успеха учащегося. При этом уровень развития учащегося в этой области труднее всего оценить. Важность оценки языковых навыков невозможно переоценить. Навыки обмена математической информацией и установления личных связей в ходе занятий сохраняют критическое значение в любом возрасте. В этом отношении особенно полезны методы оценки одних учащихся другими, имеющими примерно тот же уровень подготовки, несмотря на сложность применения таких методов. Умеют ли учащиеся оценивать успехи, достигнутые другими учащимися?

Применение высококачественных методов оценки успехов учащихся в процессе образования будет способствовать дальнейшему развитию учащихся и позволит им достигнуть существенного прогресса.

# Практические работы



*Обучение основным принципам использования системы GPS*

*Получение приемника GPS из организации программы GLOBE или из другого источника*

*Приобретение практических навыков выполнения измерений с помощью GPS около школы*

*Выполнение измерений с помощью GPS на указанных участках*

*Загрузка полученных с помощью GPS данных в базу данных программы GLOBE*

*Возвращение арендованного приемника GPS*



# Как проводятся исследования с помощью GPS



## Подготовка

### Участки исследований

Учащиеся должны определить широту, долготу и высоту над уровнем моря их школы, находящейся в центре их опытного участка программы GLOBE, участков атмосферных, биологических, гидрологических исследований, участка изучения влажности почвы и каждого из участков отбора образцов земного покрова и определения характеристик почвы. Программа GLOBE предоставляет в ваше распоряжение портативный приемник сигналов спутников глобальной системы позиционирования (GPS) (см. рис. GPS-P-1). Перед арендой приемника следует определить расположение тех участков исследований и отбора образцов в рамках программы GLOBE, на которых будут производиться измерения в течение наступающего учебного года. Как правило, приемник GPS можно получить в организации программы GLOBE только один раз в течение учебного года.

### Точки выполнения измерений с помощью GPS

Участок	Точка выполнения измерений с пом. GPS
Школа	Главный вход
Участок атмосферных исследований	Укрытие для приборов и дождемер
Участок гидрологических исследований	Место отбора образцов поверхностных вод
Участок биологических исследований	Центр участка площадью 30 x 30 метров для регулярных биометрических измерений
Участок отбора образцов земного покрова	Центр каждого из участков площадью 90 x 90 метров для отбора проб земного покрова
Участок для определения характеристик почвы	Месторасположение профиля почвы
Участок для изучения влажности почвы	Центр звездообразной структуры ям или середина разреза почвы

На участках атмосферных исследований и изучения влажности почвы, находящихся на открытой местности, будет обеспечиваться хороший прием спутниковых сигналов, но на участках гидрологических и биологических исследований прием сигналов системы GPS может оказаться плохим в связи с наличием лесного покрова с плотной кроной. Координаты школы следует определять у главного входа; при этом здание школы, как правило, в какой-то мере блокирует спутниковые сигналы. Чтобы решить эту проблему, см. описание практической работы «Использование GPS со смещением координат».

### Частота выполнения измерений

Измерение широты, долготы и высоты над уровнем моря каждого участка исследований или отбора образцов с использованием системы GPS, с последующей загрузкой координат в базу данных, требуется производить только один раз.

### Приборы для измерения координат с помощью системы GPS

В рамках программы GLOBE используются приемники GPS, принадлежащие Астронавигационному консорциуму университетов (UNAVCO). Для того, чтобы арендовать приемник GPS, представители школ США направляют запросы непосредственно в UNAVCO. Координаторы, ответственные за выполнение программы в той или иной стране, могут направлять в UNAVCO запросы о предоставлении иностранным школам-участницам программы GLOBE приемников GPS. Запросы следует отправлять по следующему адресу:

Web: <http://www.unavco.ucar.edu/>  
 эл. почта: [globe@unavco.ucar.edu](mailto:globe@unavco.ucar.edu)  
 Телефон: (303) 497-8000  
 Факс: (303) 449-7857  
 Адрес: UNAVCO/UCAR  
 PO Box 3000  
 Boulder, CO 80307-3000

Пожалуйста, возвращайте арендованные приемники по следующему адресу:  
 UNAVCO/UCAR  
 3340 Mitchell Lane, Suite 393  
 Boulder, CO 80301

Вы можете получить доступ к другим приемникам GPS, имеющихся у местных добровольцев или геодезистов, но проверяйте, соответствуют ли эти приемники требованиям, приведенным в разделе «Комплект приборов и



Рис. GPS-P-1. Образец портативного приемника GPS. Руководство программы GLOBE не рекомендует те или иные определенные модели приборов.

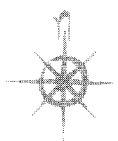
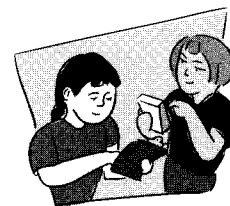
материалов». Некоторые школы даже приобрели собственные приемники GPS; цены на эти устройства постоянно снижаются. В связи с тем, что количество приемников, арендуемых в рамках программы, ограничено, а также с тем, что желательно использование школами других доступных им приемников, допускается загрузка в базу данных информации, полученной с помощью приемников GPS других моделей. В любом случае, загружая в базу данных координаты, полученные с помощью системы GPS, указывайте на рабочих листах данных в сети Web модель используемого приемника.

В соответствии с характеристиками обслуживания пользователей системы GPS правительством США, координаты определяются с помощью GPS в рамках программы GLOBE с точностью до 100 метров. См. перечень адресов страниц сети Internet с

инструкциями по использованию системы GPS. По сведениям UNAVCO, усредненные результаты 15 измерений, произведенных с помощью приемника GPS один раз в минуту, точность определения координат можно повысить до 30 метров.

Инженеры, спроектировавшие и запрограммировавшие приемник GPS, применили принцип определения координат посредством расчета расстояний, отделяющих пользователя от четырех или более спутников, на основе имеющихся данных о расположении спутников и измерения разницы между временем передачи и временем приема синхронизирующих сигналов спутников, выраженной в миллиардных долях секунды. Большое количество информации о том, каким образом система GPS позволяет определять координаты, приведено в различных описаниях учебных занятий.

# Основные измерения с помощью GPS



## **Цель практической работы**

Определение широты, долготы и высоты над уровнем моря главного входа школы и участков исследований и отбора образцов, используемых в рамках программы GLOBE, если здания или деревья не блокируют прием спутниковых сигналов.

## **Обзор**

Приемник GPS используется с целью измерения широты, долготы и высоты над уровнем моря.

## **Продолжительность**

Определение координат каждого участка занимает от 15 до 60 минут.

## **Уровень подготовки учащихся**

Любой.

## **Частота измерений**

Измерения выполняются один раз.

## **Важнейшие концепции**

Определение координат (широты и долготы) и их использование при картографировании.

## **Навыки**

Чтение карт.

Применение приемника GPS.

Применение понятий широты и долготы при картографировании.

## **Материалы и инструменты**

Один приемник GPS

Экземпляр рабочего листа данных для регистрации результатов измерений с помощью GPS

Ручка или карандаш

## **Подготовка**

Выбор участков и перенос приемника GPS и листов регистрации данных на полевые участки.

## **Предварительные условия**

Отсутствуют.

## **Последовательность операций**

Каждое измерение, после прибытия на соответствующий участок, занимает (в среднем) 25 минут.

### **До начала измерений**

Выберите точку, в которой вы будете производить измерения. Не забывайте о том, что такие препятствия, как кроны деревьев, могут ухудшать качество приема спутниковых сигналов.

### **Во время измерений**

1. Приемник GPS и лист регистрации данных переносятся на участок измерений как минимум двумя учащимися. Один учащийся пользуется прибором, а другой регистрирует полученные данные.
2. Для того, чтобы включить приемник, нажмите один раз на кнопку «ВКЛ./ВЫКЛ.». Поверните антенну в вертикальное положение. После вступительного сообщения на дисплее приемника появятся значения широты, долготы и высоты над уровнем моря, изменяющиеся по мере регистрации

приемником синхронизирующих спутниковых сигналов. Вы можете держать приемник в руках или положить его на землю, но не забывайте о том, что антенна должна находиться под открытым небом. См. схему приемника GPS на рис. GPS-P-2.

3. Подождите до тех пор, когда приемник укажет, что им были зарегистрированы сигналы как минимум четырех спутников, и что полученные значения приемлемы (т. е. до тех пор, когда надпись «2-D» и пиктограмма состояния приемника исчезнут с дисплея). См. схему пиктограмм состояния приемника GPS на рис. GPS-P-3. Следует отметить, что на рис. GPS-P-3 приведены характеристики экрана приемника одной из возможных моделей; характеристики экранов приемников других изготовителей могут быть иными.
4. Раз в минуту, не перемещая приемник более чем на 1 метр, регистрируйте на листе данных для регистрации координат 15 значений каждого из следующих параметров, записывая все цифры и символы, появляющиеся на дисплее:



- а) широту                      б) долготу
  - с) время суток                д) высоту
  - е) пиктограммы состояния.
5. Выключите приемник.

### После измерений

6. Усредните полученные 15 значений широты, долготы и высоты над уровнем моря.

В описании учебного занятия «Работа с углами» в этой главе приводятся инструкции по усреднению измеренных значений углов. Кроме того, на странице для ввода данных GPS в сети Web указан адрес страницы, с помощью которой вы можете производить арифметические операции усреднения.

7. Проверьте, удалось ли вам получить осмысленные результаты.

Вы можете определить очень приблизительные значения широты и долготы вашего пришкольного участка с помощью глобуса или карты местности. Хотя неисправность приемника GPS маловероятна, если вы убедитесь в том, что он дает неправильные показания, обратитесь к представителю UNAVCO и попросите заменить



Рис. GPS-P-2. Схема одного из приемников GPS.

приемник. Наша цель заключается в том, чтобы вы могли без труда производить точные измерения; мы не хотим, чтобы вам при этом мешала неисправная аппаратура.

8. Скопируйте все значения координат вашего участка, полученные с помощью GPS, и загрузите их в базу данных учащихся-участников программы GLOBE.

Выполняйте эти операции на каждом из участков. Приведенные здесь инструкции относятся к приемникам, которые в настоящее время арендуются участниками программы GLOBE. В связи с различиями в показаниях времени в различных временных поясах приемники UNAVCO указывают время в единицах всемирного (гринвичского) времени, соответствующего долготе 0°. Независимо от того, какой приемник вы используете, мы рекомендуем вам познакомиться с содержанием руководства по его эксплуатации и получить дополнительную информацию о характеристиках прибора и методах его использования.

Если вы пользуетесь приемником с другими характеристиками, старайтесь приспособиться, по мере возможности, к приведенным здесь инструкциям, но будьте последовательны. Если вы пользуетесь приемником, характеристики которого отличаются от характеристик приемников UNAVCO, арендуемых в рамках программы GLOBE, его параметры необходимо запрограммировать следующим образом:

- значения широты и долготы должны выражаться целочисленно в градусах, минутах и десятичных минутах с точностью до 0,01 минуты;
- значения времени должны выражаться в единицах всемирного времени, в часах, минутах и секундах;
- пользуйтесь картографической сеткой координат WGS-84;
- высота над уровнем моря должна выражаться в метрах.

### Что делать в случае возникновения проблем?

*Время, необходимое для регистрации сигналов достаточного количества спутников*

Для регистрации количества спутниковых сигналов, необходимых для выполнения измерений приемником GPS после его включения, может потребоваться от трех (как правило) до двадцати (в худшем случае) минут. Предоставляемые консорциумом UNAVCO приемники поставляются с новыми и запасными батареями, но если приемник не включается после нажатия кнопки

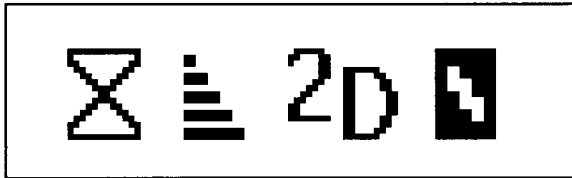
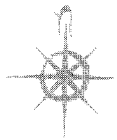


Рис. GPS-P-3. Пиктограммы состояния на дисплее приемника GPS, предоставляемого UNAVCO.



ON/OFF, может потребоваться установка новых батарей.

**На дисплее приемника не указываются широта или долгота**

На дисплее приемника может появляться множество различных функциональных экранов, помимо экрана «Location 1», появляющегося после первоначального включения приемника. Прочитав поставляемое вместе с приемником руководство по его использованию, вы можете пользоваться этими функциональными экранами после выполнения измерений на участке. Информация, необходимая для регистрации координат вашего участка, появляется на экране «Location 1». Закончив экспериментирование с другими экранами дисплея, нажмите кнопку LOC, чтобы вернуться к экрану «Location 1».



**Появление пиктограмм состояния или низкого качества приема сигнала**

Не регистрируйте данные, если на экране появится любая из пиктограмм, приведенных на рис. GPS-P-3. Если приемник находится под открытым небом, достаточно немного подождать или слегка переместить приемник, чтобы эти пиктограммы исчезли. Если вы стоите близко к приемнику или если его плотно



окружает группа людей, связь приемника со спутниками блокируется, что вызывает перемежающуюся потерю сигнала, сопровождающуюся появлением на экране этих пиктограмм. Отойдите от приемника или поднимите его повыше. Если вы находитесь под плотной листвой или лесной кроной, регистрация приемником необходимых сигналов четырех спутников может оказаться невозможной. Если прием сигналов не удастся улучшить ввиду наличия препятствий, выполните инструкции, приведенные в описании практической работы «Использование GPS со смещением координат».

Если вы не имеете доступа к листу ввода координат участков школы или к листам ввода данных в базу данных учащихся-участников программы GLOBE в сети Web, пожалуйста, отправьте копию заполненного листа данных, содержащего зарегистрированные координаты каждого из участков, в Астронавигационный консорциум университетов (UNAVCO) по указанному выше адресу. Если вы пользовались приемником GPS, предоставленным UNAVCO в рамках программы GLOBE, вы можете вернуть этот приемник вместе с заполненными рабочими листами ввода данных. Храните зарегистрированные данные вместе с результатами других наблюдений, произведенных вашей школой в рамках программы GLOBE.

Многие школы в разных странах мира пользуются одними и теми же приемниками, количество которых ограничено. Экспериментируйте с приемником и пользуйтесь любыми его функциями, пока он находится у вас, но, пожалуйста, возвратите его своевременно, чтобы тем же приемником могла воспользоваться другая школа.

### Представление результатов измерений с помощью GPS

Выполнив полевые измерения с помощью GPS и усреднив полученные координаты, занесите результаты в листы ввода данных. Копии этих листов приведены в приложениях в соответствующих главам настоящего руководства. В приложении к этой главе приведен лист ввода координат участков школы. Значения широты и долготы, полученные с помощью приемника, следует округлять до 0,01 минуты. В отношении каждого из используемых вами участков требуется предоставление следующих данных.

Зарегистр. значение	Единицы
Усредненная широта	[градусов, минут, напр., 35 градусов 20,27 минут северной широты]
Усредненная долгота	[градусов, минут]
Усредненная высота	[метров]
Время регистрации данных	[год, месяц, день, часов и минут по всемирному времени]
Тип приемника	Номер приемника UNAVCO или изготовитель, номер модели и серийный номер
Прочее	Другая требуемая информация



# Исследования с помощью GPS

## Рабочий лист ввода данных

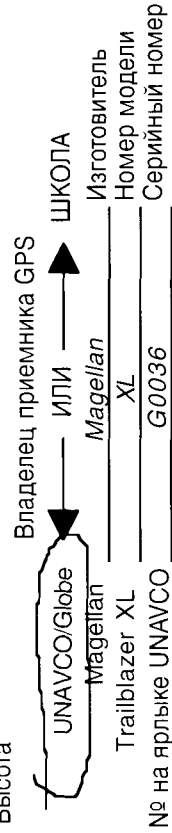
Регистратор данных Джордан Малик

Наименование участка Playground Weather Station      Время регистрации Год 1994 Месяц 4 День 19  
 Наименование школы Edgewood Elementary School      Обведите кружком название участка:  
 Адрес школы 1601 Peachtree Street      Биология Земной покров Гидрология Атмосфера Влажность почвы  
Goldsboro, NC 27530 USA      Характеристики почвы Школа Другой участок \_\_\_\_\_

Промежутки между измерениями должны составлять не менее 1 минуты.

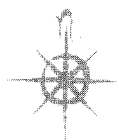
Регистрируйте следующие значения, указанные на экране «Location 1» приемника Magellan Trailblazer XL.

№ ИЗМ.	ШИРОТА Градусов минут, сек. (N), южн. (S)	Долгота Градусов минут, зап. (W), вост. (E)	ВЫСОТА Метров	ВРЕМЯ Часов, минут, секунд всемирного времени	КОП-ВО СПУТНИКОВ	ПИКТОГРАММЫ Обведите кружком появляющиеся на дисплее пиктограммы
1	33 46.55 N	84 23.84 W	318	14:33:00	4	X
2	35 20.25 N	77 58.01 W	100	14:33:00	4	X
3	35 20.26 N	77 58.02 W	105	14:34:00	4	X
4	35 20.25 N	77 58.01 W	111	14:35:00	5	X
5	35 20.25 N	77 58.00 W	108	14:36:00	5	X
6	35 20.26 N	77 57.99 W	107	14:37:00	5	X
7	35 20.27 N	77 58.01 W	103	14:38:00	5	X
8	35 20.28 N	77 58.03 W	105	14:39:00	5	X
9	35 20.29 N	77 58.04 W	110	14:40:00	4	X
10	35 20.30 N	77 58.02 W	107	14:41:00	5	X
11	35 20.31 N	77 58.01 W	112	14:42:00	5	X
12	35 20.29 N	77 58.01 W	102	14:43:00	6	X
13	35 20.25 N	77 58.01 W	103	14:44:00	6	X
14	35 20.25 N	77 58.02 W	100	14:45:00	6	X
15	35 20.25 N	77 58.01 W	99	14:46:00	6	X
15	35 20.26 N	77 58.01 W	100	14:47:00	7	X
Широта      Долгота      Высота			← Средненные значения			



UNAVCO  
 (303) 497-8003  
 gretchen@unavco.ucar.edu  
 http://www.unavco.ucar.edu

# Использование GPS со смещением координат



## **Цель практической работы**

Определение широты и долготы участка в тех случаях, когда приемник GPS не позволяет производить точные измерения.

## **Обзор**

Если непосредственные измерения широты и долготы невозможны на каком-либо из выбранных участков, учащиеся перемещаются на север или на юг до тех пор, пока они не смогут выполнить успешные измерения с помощью GPS со смещением координат. Учащиеся определяют широту и долготу смещенного пункта и расстояние между этим пунктом и первоначальным пунктом (центром участка), после чего рассчитываются координаты выбранного участка.

## **Продолжительность**

Одно классное занятие.

## **Частота измерений**

По одному измерению на каждом участке.

## **Уровень подготовки учащихся**

Средний (промежуточный) или высокий.

## **Важнейшие концепции**

Широта и долгота того или иного пункта могут быть рассчитаны на основе известных координат другого близлежащего пункта.

Магнитное склонение.

## **Навыки**

Определение местного магнитного склонения.

Определение северного и южного направлений с помощью компаса.

Измерение длины рулеткой.

Определение координат пункта, смещенного по отношению к другому пункту.

Сложение и вычитание углов, измеряемых в градусах и минутах.

## **Материалы и инструменты**

Приемник GPS.

Магнитный компас.

Рулетка.

Карандаш или ручка.

Лист ввода координат смещенного пункта для регистрации и расчета результатов измерений.

## **Подготовка**

Определите, на каких участках непосредственные измерения с помощью GPS невозможны в связи с блокированием сигнала.

Определите локальное магнитное склонение (см. инструкции ниже).

## **Предварительные условия**

Усвоение навыков выполнения измерений с помощью GPS.

Геометрия.

## **Предпосылки**

Что делать, если измерение широты и долготы с помощью GPS на участке исследований или отбора образцов невозможно в связи с блокированием сигналов спутников GPS листвою деревьев или зданием? См. рис. GPS-P-5.

Вы можете перейти на расположенный рядом участок, где приемник GPS будет принимать сигналы спутников. Затем вы можете определить координаты первоначального участка, измерив направление по компасу и расстояние между смещенным и первоначальными участками. В целом, для определения координат первоначального участка требуется применение тригонометрических навыков. Тем не менее, если вы будете перемещаться строго на север или на юг по отношению к первоначальному участку, вы

можете определить его координаты, применяя только арифметические операции и некоторые данные о размерах нашей планеты.

Земля имеет почти сферическую форму. Все окружности одинаковой длины, пересекающие полюса и экватор, называются меридианами. Разделив окружность Земли (40074 км) на 360 градусов, мы получим длину градуса окружности планеты, равную 111,32 км. Разделив это число на 60, мы получаем длину одной минуты окружности Земли (1,855 км или 1856 метров). Как правило, приемники GPS измеряют широту с точностью до 0,01 минуты, т. е. до 18,55 метра. (Почему приемники GPS указывают координаты с точностью до 0,01 минуты? См. описание учебного занятия «Работа с углами».)



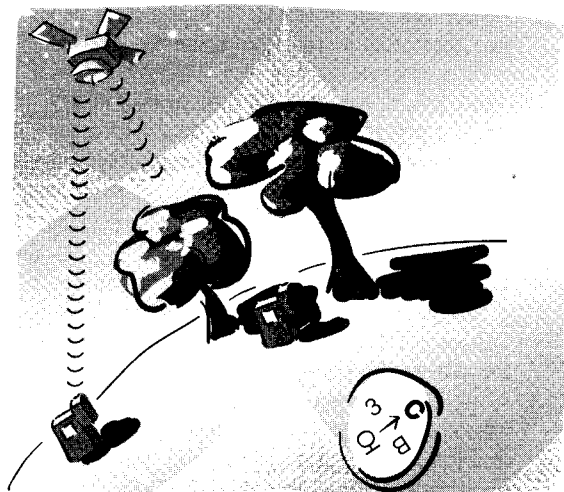


Рис. GPS-P-5. Хороший прием спутниковых сигналов GPS и блокирование приема спутниковых сигналов.

Если известно расстояние от смещенного до первоначального пункта в северном или южном направлении, мы можем определить смещение широты в минутах. (Если это расстояние можно пройти пешком, оно обычно выражается в долях минуты.)

**Магнитное склонение**

На Земле магнитные северный и южный полюса не совсем совпадают с истинными географическими полюсами, лежащими на оси вращения планеты. В настоящее время медленно перемещающийся северный магнитный полюс Земли находится в пределах Северо-западных территорий Канады и отклоняется от географического Северного полюса на 11 градусов. Кроме того, в зависимости от места, в котором производится измерение, возможны небольшие магнитные отклонения, связанные с локальными искажениями магнитного поля Земли.

Следовательно, для определения истинного направления на север в большинстве случаев требуется небольшая коррекция (прибавление или вычитание нескольких градусов) показаний компаса. Такая коррекция называется магнитным склонением и зависит от местоположения участка, на котором измеряются координаты. Например, на атлантическом побережье США в штате Северная Каролина стрелка компаса указывает направление, смещенное на 8,5 градуса по отношению к истинному северу. Недавно, на протяжении одного года, величина этого склонения изменилась на одну десятую градуса в штате Висконсин, США, что говорит о возможности существенных изменений магнитного склонения на протяжении жизни одного поколения, приводящих к быстрому устареванию карт, подготовленных с учетом магнитного склонения.

Насколько важна коррекция с учетом магнитного склонения? Если вы пользуетесь компасом, определяя направление перемещения на север на расстояние 100 метров на атлантическом побережье Северной Каролины, не учитывая местное магнитное склонение, составляющее 8,5 градуса, ваш маршрут отклонится примерно на 15 метров от направления на истинный север. Если вы пытаетесь определить точные координаты квадратного участка со стороной 30 метров, соответствующего величине элемента изображения, полученного аппаратурой спутника Landsat, такая ошибка может привести к смещению рассчитанных координат по отношению к истинным координатам на величину, равную половине стороны элемента изображения.

Значение и направление локального магнитного склонения можно узнать у местного геодезиста, у кого-нибудь, кто пользуется топографичес-

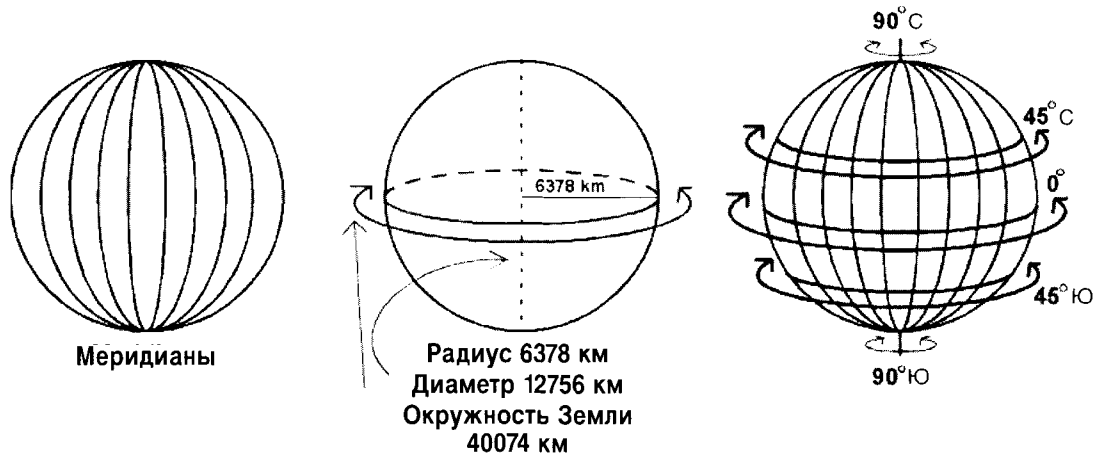


Рис. GPS-P-6. Меридианы, размеры Земли, широтные пояса.



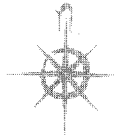
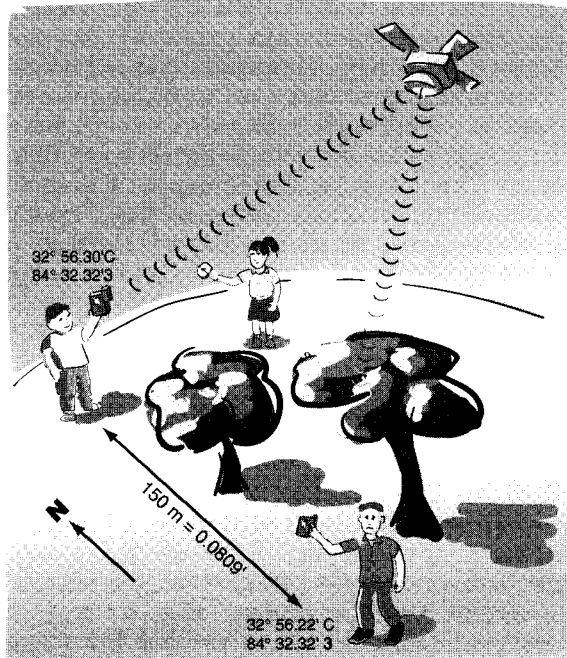


Рис. GPS-P-7. Учащиеся, выполняющие измерения с помощью GPS со смещением координат (см. рис. GPS-P-8).



кими или морскими либо авиационными навигационными картами, или самостоятельно сверившись с такой картой.

### Определение координат с помощью показаний приемника GPS, полученных на близлежащем участке

1. Определите локальное магнитное склонение.

2. Перейдите на участок, координаты которого вы хотите определить. Отметьте соответствующий пункт. Попробуйте выполнить измерения с помощью GPS, чтобы подтвердить невозможность измерения достоверных координат этого пункта.
3. Пользуясь компасом, определите направление на магнитный север. Откорректируйте это направление, пользуясь значением локального магнитного склонения, чтобы определить направление на истинный север.
4. Перемещаясь точно на юг или на север по отношению к первоначальному пункту, найдите ближайший участок, на котором возможно успешное определение координат с помощью GPS. На этом участке вы можете зарегистрировать смещенные координаты.
5. Выполните измерение координат в соответствии с инструкциями, приведенными в разделе «Измерения с помощью GPS», и зарегистрируйте значения широты и долготы. Отметьте пункт, в котором регистрировались смещенные координаты.
6. Зарегистрируйте направление, в котором вы передвигались по отношению к первоначальному пункту (на юг или на север).
7. Измерьте и зарегистрируйте расстояние между смещенным и первоначальным пунктами. Достоверность измерений с помощью рулетки можно подтвердить,

Рис. GPS-P-8. Образец листа для ввода смещенных координат.

Образец		Измерения		Обведите кружком:	
Координаты смещенного пункта:					
Измеренная широта	<input type="text" value="32"/>	градусов	<input type="text" value="56.30"/>	минут	<input type="radio"/> N или S
Измеренная долгота	<input type="text" value="84"/>	градусов	<input type="text" value="32.32"/>	минут	<input type="radio"/> W или E
Направление перемещения	<input type="text" value="South"/> (на юг)				
Расстояние	<input type="text" value="150"/>	метров			
Расчеты					
Изменение широты	<input type="text" value="150"/>	метров	=	<input type="text" value="0.0809"/>	минут
<small>1855 м/мин.</small>					
Минуты широты исходного участка	=	<input type="text" value="56.30"/>	-	<input type="text" value="0.0809"/>	=
Округление до 0,01 минуты = <input type="text" value="56.22"/> минут					
В сочетании с градусами широты:					
Широта исходного участка	=	<input type="text" value="32"/>	градусов	<input type="text" value="56.22"/>	минут <input type="radio"/> N или S
Долгота исходного участка	=	<input type="text" value="84"/>	градусов	<input type="text" value="32.32"/>	минут <input type="radio"/> W или E
(Долгота исходного и смещенного пунктов одинакова)					

Смещение на север

Исходный участок

Расстояние 150 м, 0,08'

измеряя расстояние шагами (см. раздел «Измерение расстояния шагами» в главе «Изучение земного покрова и биологические исследования»).

8. Разделите полученное расстояние (выраженное в метрах) на 1855, чтобы получить, в минутах окружности Земли, широтное смещение второго пункта по отношению к первоначальному.

Прибавление этого значение к полученному значению широты смещенного пункта, или его вычитание, позволяют определить широту первоначального пункта. См. описание учебного занятия «Работа с углами». Долгота смещенного пункта в данном случае равна долготе первоначального пункта.



# учебные занятия



## ***В чем состоит правильный ответ?***

В ходе нескольких занятий учащимся разъясняется, что на некоторые вопросы нет «правильных» ответов. Использование приемника GPS не обязательно.

## ***Относительное и абсолютное направления***

В ходе нескольких занятий учащиеся знакомятся с понятиями широты, долготы, координат и относительного и абсолютного направлений. В использовании приемника GPS нет необходимости.

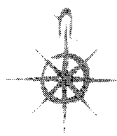
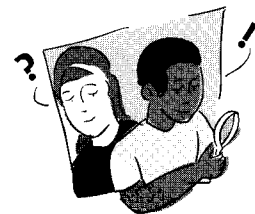
## ***Работа с углами***

В ходе этих занятий учащиеся узнают о свойствах углов и учатся выполнять арифметические операции с углами. Им разъясняется, что такое градусы, минуты и секунды, и каким образом эти единицы переводятся в десятичные градусы. В использовании приемника GPS нет необходимости.

## ***Астронавигация***

В ходе этого занятия учащиеся из двух школ-участниц программы GLOBE сотрудничают, определяя относительные широты и долготы их школ посредством измерения местонахождения Солнца в небе.

# В чем состоит правильный ответ?



## **Предназначение занятия**

Ознакомление учащихся с концепцией возможности отсутствия одного «правильного» ответа на вопрос или одного «правильного» результата измерения.

## **Обзор**

Школьники учатся быть осторожными и внимательными при поиске «правильного» ответа на вопросы типа «Который час?», сравнивая несколько различных результатов измерения времени суток. Учащимся прививается интуитивное понимание характеристик неточности (неопределенности) измерений. Пользуясь различными часами, учащиеся одновременно регистрируют указываемое часами время. Результаты измерений времени, полученные в минутах и секундах, выражаются только в секундах. Строятся графики этих результатов, демонстрирующие математические методы усреднения и нахождения отклонения от среднего значения.

## **Продолжительность**

Примерно одно классное занятие.

## **Уровень подготовки учащихся**

Начальный уровень: производится только сравнение показаний часов.

Средний (промежуточный) и высокий уровень: занятие проводится в полном объеме.

## **Важнейшие концепции**

Результаты измерений отличаются различными степенями точности.

Существуют математические методы, позволяющие определять степень точности.

## **Навыки**

*Сравнение* нескольких различных результатов измерения времени.

*Построение* графиков и *усреднение* данных.

## **Приборы и материалы**

Каждый учащийся должен иметь как минимум одни часы любого типа, показывающие секунды.

Каждый учащийся должен иметь бумагу и письменные принадлежности для регистрации значений времени.

Каждый учащийся должен иметь экземпляр листа ввода результатов измерений времени и бланк для построения графиков.

Не обязательные, но желательные приборы и материалы:

калькулятор, выполняющий функции сложения, вычитания, умножения и деления; приемник GPS (используется в качестве прибора, указывающего стандартное время; наличие приемника GPS не имеет существенного значения; если такой приемник имеется, он используется в качестве чрезвычайно точных часов).

## **Подготовка**

В ходе занятия классу потребуются как минимум 10 часов. Учащиеся могут пользоваться школьными часами или приносить часы из дома.

## **Предварительные условия**

Начальный уровень: способность считывать показания часов.

Средний (промежуточный) и высокий уровни: навыки построения графиков.

## **Предпосылки**

Измерения с помощью GPS производятся с использованием самых различных приборов в географических пунктах, отстоящих один от другого на большие расстояния, и в течение длительных периодов времени. Были рекомендованы приборы, точность и разрешающая способность которых соответствует окончательным научным целям, в которых производятся эти измерения. Тем не менее, в связи с разнообразием условий, в которых будут находиться приборы и выполняющие исследования учащиеся, будут наблюдаться отклонения полученных значений.

## **В чем состоит правильный ответ?**

Выполняя измерения, люди, как правило, желают убедиться в качестве полученных данных. Обычно задается вопрос типа «Насколько полученное мною значение отличается от правильного?» или «Удалось ли мне получить правильный ответ?» При этом допускается, что существует правильный ответ, с которым можно сравнить измеренное значение.

Иногда такой правильный ответ существует. Тем не менее, когда ученый измеряет количественный параметр, особенно если такое измерение производится впервые, может и не существовать стандарта,



с которым можно было бы сравнить полученные результаты. Если, выполняя определенное измерение, вы пользуетесь только одним прибором, и у вас нет никаких оснований сомневаться в регистрируемых вами данных, вполне целесообразно считать эти данные стандартными.

Проблема возникает, когда используется множество измерительных приборов или когда кто-нибудь заявляет, что ему удастся получить «правильные» или лучшие результаты. Как говорится, «человек с двумя часами не может сказать, который час». В данном случае вы, в качестве ученого, должны решить, как поступить, если будут получены расходящиеся значения, и как выбрать результаты измерений, которые будут использоваться в качестве стандартных.

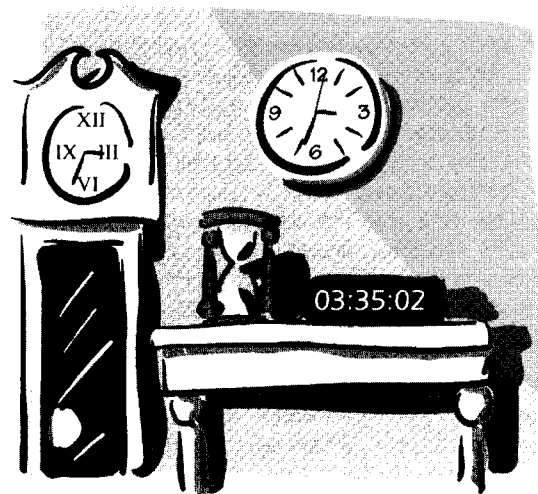
### **Разрешающая способность и точность часов**

Количество знаков после запятой или наименьшая достоверная единица времени, которую может регистрировать человек, наблюдающий часы, определяет разрешающую способность прибора. Таким образом, разрешающая способность цифровых часов, показывающих время 12:30:21 (12 часов, 30 минут, 21 секунда), равна примерно одной секунде, потому что пользующийся часами человек может определять время с точностью до ближайшей секунды. Разрешающая способность механических часов (с часовой, минутной и секундной стрелками) составляет только около одной минуты, если наблюдатель не может постоянно и достоверно определять положение минутной стрелки между двумя индивидуальными метками, обозначающими минуты.

Тем не менее, показания часов с разрешающей способностью, равной 1 секунде, могут отклоняться от показаний определенного стандартного индикатора времени как на долю секунды, так и не несколько часов. Способность часов указывать «правильное» время называется точностью. Следовательно, если ваши часы спешат на 10 минут в сутки, их разрешающая способность все еще может быть равна 1 секунде, но они указывают время с точностью до 10 минут в сутки. Говорят также, что ошибка таких часов составляет 10 минут в сутки.

Часы — механизм, подсчитывающий количество тех или иных изменений, происходящих с течением времени. В древности использовались часы, подсчитывавшие количество упавших капель воды или песчинок. Такие часы не были очень точными, так как обеспечить единообразие размеров падающих капель воды или песчинок было трудно. Затем стали применять часы, подсчитывающие количество качаний маятника, количество вибра-

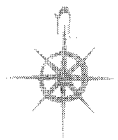
ций камертона, количество механических колебаний в электрически активированном кристалле и количество атомных резонансов. Каждый последующий тип часов был точнее предшествующего; точность часов повышалась благодаря повышению стабильности и воспроизводимости (повторяемости) физического процесса, служащего основой для измерения времени цикличного (см. рис. GPS-L-1).



*Рис. GPS-L-1. Часы различных типов с различной точностью и разрешающей способностью.*

В идеальном случае, для того, чтобы все часы показывали одинаковое время, все часы потребовалось бы установить одновременно в одинаковых условиях окружающей среды и в одинаковых условиях механических нагрузок и взаимодействий. Такая возможность возникает редко. Как правило, часы устанавливаются в разное время, сверяясь с различными источниками, часы отличаются различной точностью показаний, поразному сконструированы и подвергаются воздействию различных условий окружающей среды. Показания нескольких различных часов, как правило, заметно расходятся. Такое расхождение измеримых значений наблюдается при сравнении показаний большинства приборов, измеряющих температуру (термометров), расстояние (рулеток) и другие параметры, определяемые в рамках программы GLOBE.

Если требуется определить, когда нужно накормить собаку, ошибка часов, составляющая несколько минут в сутки, незначительна. Измерение координат глобальной системой позиционирования, однако, зависит от часов, установленных на спутнике, и точность этих часов должна быть очень высокой. Ошибка в одну микросекунду (одну миллионную долю секунды) может привести к отклонению измеренных координат более чем на



300 метров. Требуемая разрешающая способность и точность прибора зависят от пользователя и от понимания пользователем условий применения прибора.

### **Эталоны времени**

До строительства железных дорог в Америке в конце девятнадцатого века почти не существовало общепризнанных эталонов времени. В каждом большом городе находились часы, показания которых обычно уточнялись посредством наблюдения локального солнечного полудня или какого-либо другого астрономического явления. Тем не менее, если человек перемещается на 15 градусов долготы (примерно на 1600 километров) параллельно экватору, время наступления локального солнечного полудня изменяется на один час. Для того, чтобы можно было составлять расписания, имеющие смысл на территории целого континента или всей планеты, были изобретены и внедрены временные пояса. Для функционирования железных дорог требовалась общая, основанная на одном стандарте, система измерения времени.

В наше время время во всех временных поясах определяется по отношению к нулевому меридиану, проходящему через город Гринвич в Англии. В Гринвиче находится одна из лучших астрономических обсерваторий мира. Эта обсерватория была основана с целью стандартизации времени, требовавшейся навигаторам британского морского флота. С тех пор время, регистрируемое в городе Гринвиче в Англии, используется в качестве стандартного времени и называется гринвичским или всемирным временем (в авиации это время называют «Зулу», так как слово «Зулу» в английском языке начинается с буквы «Z», с которой начинается также английское слово «ноль» («zero»), а нулем обозначается нулевой (гринвичский) меридиан). В ходе выполнения практической работы «Измерения с помощью GPS» учащиеся регистрируют всемирное (гринвичское) время, обозначаемое по-английски сокращением «UT».

Военно-морской флот США, Национальный институт стандартов и технологии (NIST) США и американские телефонные компании используют в качестве стандартных источников сигналов времени чрезвычайно точные атомные часы, подсчитывающие количество колебаний различных атомов в строго определенных условиях. Находящаяся в городе Боулдер, штат Колорадо, американская радиостанция, обозначаемая сокращением «WWW», постоянно передает время суток по-английски на коротковолновых радиочастотах 5, 10, 15, 20 и 25 МГц. Эти частоты синхронизированы с частотами колебаний атомных стандартных часов. Коротковолновая радиостанция канадского правительства (CHU) передает точное время по-

английски и по-французски на частотах 7,335 МГц и 14,670 МГц. Сигналы точного времени передаются и во многих других странах мира.

### **Глобальная система позиционирования**

В глобальной системе позиционирования (GPS) используется несколько спутников, передающих синхронизирующие сигналы (сигналы времени), соответствующие сигналам чрезвычайно точных атомных часов, установленных на спутниках. В результате приемник GPS может корректировать даже микроскопическое время задержки между моментом передачи сигнала спутником и моментом регистрации этого сигнала приемником, так как приемнику «известны» местонахождение спутников и местонахождение самого приемника. Таким образом, приемник GPS — наилучший прибор для измерения времени, если у вас нет своих собственных атомных часов.

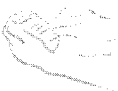
### **Обеспечение связи**

Для обеспечения компьютерной связи необходимо передавать синхронизирующие сигналы с частотой, значительно превосходящей частоту (скорость) передачи данных. Если вы пользуетесь модемом, передающим данные через сеть Internet со скоростью 14.4 килобита в секунду, каждый новый бит информации поступает через модем каждые 70 микросекунд (1/14400 секунды). Таким образом, разрешающая способность компьютерных часов должна быть достаточной для разделения индивидуальных промежутков времени продолжительностью 70 микросекунд каждый, а точность часов передающего и принимающего компьютеров должна быть достаточной для того, чтобы они не расходились более чем на долю такого промежутка времени продолжительностью 70 микросекунд. Эти требования без труда удовлетворяются посредством использования кварцевых кристаллов, выбираемая частота механической вибрации которых может составлять от 10 тысяч до 100 миллионов колебаний в секунду. Эти колебания подсчитываются электронной цифровой схемой, определяющей количество прошедшего времени.

### **Подготовка и проведение занятия**

#### **Этап 1. - Подготовка часов**

Найдите не менее десяти (по возможности, больше) функционирующих часов, показывающих время с разрешением в одну секунду. Выдайте часы каждому из учащихся и назначьте одного учащегося главным регистратором времени. В классе, где многие учащиеся носят собственные наручные часы, показывающие время с разрешением в одну секунду, можно воспользоваться такими наручными часами. Можно использовать



так же несколько указывающих количество секунд настенных часов, расположенных в разных помещениях. Каждый учащийся должен подготовиться к регистрации времени и видеть или слышать указания главного регистратора времени.

### **Этап 2. - Выполнение измерений**

Поместите главного регистратора времени в центре класса. По прошествии 30 минут 00 секунд после начала часа этот учащийся должен подать другим учащимся знак, одновременно с которым они должны зарегистрировать показания своих часов с точностью до секунды. Примерно за десять секунд до наступления этого момента главный регистратор времени может начать отсчет секунд вслух, чтобы другие учащиеся успели подготовиться.

Хотя регистрировать показания часов можно в любое время, регистрация времени через 30 минут после начала часа повышает вероятность того, что во время регистрации ни одни часы не будут спешить или отставать настолько, что их показания будут относиться к предыдущему или следующему часу. Это позволяет упростить последующие арифметические операции.

Учащимся с высоким уровнем подготовки поручается выполнение расчетов и построение графиков.

Для учащихся с начальным и средним уровнем подготовки учитель выполняет расчеты и строит графики после занятия, представляя полученные результаты в ходе дальнейшего обсуждения. Несмотря на то, что учащиеся младших классов могут не понимать выполняемых арифметических операций, они понимают, каким образом величина столбцов на графике соответствует точности различных часов.

### **Этап 3. - Какое время было зарегистрировано?**

Подробную информацию см. на образце листа регистрации времени и в соответствующих инструкциях.

Указания, относящиеся к переводу значений в минутах и секундах в секунды, см. в описании учебного занятия «Работа с углами».

Найдите среднее значение всех полученных показаний времени:

Для того, чтобы определить среднее значение зарегистрированных показаний времени,

определите количество секунд, прошедших после начала часа, на основе показаний времени, зарегистрированных каждым из учащихся;

сложите все эти показания, выраженные в секундах;

разделите сумму показаний в секундах на количество зарегистрировавших время учащихся, чтобы получить среднее значение времени;

выразите полученное в секундах значение в минутах и секундах и зарегистрируйте результат.

### **Этап 4. - Насколько точны наши часы?**

Определите отклонение показаний от среднего значения.

Для каждого из зарегистрированных учащимися значений рассчитайте разницу между этим значением и полученным средним значением. Выразите все значения отклонений в качестве абсолютных величин (без знаков минуса или плюса).

Сложите полученные значения отклонений. Разделите сумму на количество учащихся, производивших измерения, чтобы получить среднее отклонение. Среднее отклонение позволяет оценить точность всех использовавшихся часов по сравнению со средним значением зарегистрированного времени.

Постройте график значений отклонения от среднего зарегистрированного значения времени (см. лист для построения графика значений и отклонений).

Ширина каждого столбика гистограммы 10 секунд и соответствует 10 секундам отклонения от среднего значения, выраженного в секундах. Зарегистрируйте среднее значение времени, выраженное в секундах, в центральном столбце. Отметьте знаком «X» в соответствующем столбце количество секунд, прошедших после начала часа, зарегистрированное каждым из учащихся. График такого типа называется «гистограммой».

Как выглядел бы этот график, если бы у нас был комплект более точных часов?

### **Дальнейшие исследования**

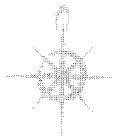
Если вы можете воспользоваться приемником GPS, установите часы, используемые главным регистратором времени в ходе измерений, в соответствии в показаниями этого приемника. Указываемое приемником GPS время, скорее всего, будет точнее показаний любых других часов.

Каким образом изменится рассчитанное среднее значение отклонения, если мы будем пользоваться более точными часами?

Если учащиеся могут пользоваться компьютерными программами электронных таблиц, они могут автоматизировать арифметические операции, изложенные на листе регистрации времени.

Учащиеся с высоким уровнем подготовки могут





продолжить исследования, изучая статистические понятия стандартного (среднеквадратического) отклонения и дисперсии данных.

### **Оценка успехов учащихся**

#### *Количественная оценка*

Спросите учащихся, как изменится гистограмма (столбцовый график), если бы они пользовались более точными или менее точными часами? В случае более точных часов знаки «X» были бы расположены более кучно. В случае менее точных часов эти знаки были бы рассредоточены дальше один от другого. Умеют ли учащиеся регистрировать показания часов? Понимают ли они выполняемые арифметические операции? Следует ли забраковать какие-либо зарегистрированные данные? Если выборка данных явно не соответствует поставленной цели (например, если регистрировались показания остановившихся часов), да, такие данные следует забраковать!

#### *Качественная оценка*

Учащиеся должны уметь описывать ситуации, в которых целесообразно и нецелесообразно требовать получения «правильного» ответа.

Учащиеся должны уметь перечислять примеры произведенных ими на протяжении их жизни, измерений и сравнивать возможную и желательную разрешающую способность использовавшихся ими приборов, а также возможную и желательную точность производившихся ими измерений.

Учащиеся должны брать на себя ответственность за определение точности и разрешающей способности часов, используемых при измерениях.



# Исследования с помощью GPS

## Лист регистрации значений времени

Имя, фамилия: Джордан Малик

Дата: 14 апреля 1994г.

Номер участника	Зарегистрированное время			Кол-во секунд после начала часа (секунд)	Среднее (секунд)	Отклонение от среднего (секунд)	Среднее отклонение (секунд)		
	(часов)	минут	секунд)						
1	12	30	0	1800		6,9			
2	12	29	54	1794		12,9			
3	12	30	1	1801		5,9			
4	12	30	15	1815		8,1			
5	12	31	1	1861		54,1			
6	12	30	25	1825		18,1			
7	12	30	3	1803		3,9			
8	12	30	7	1807		0,1			
9	12	29	22	1762		44,9			
10	12	30	1	1801		5,9			
11	Участвовало десять учащихся				1806,9		16,08		
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
					Среднее кол-во секунд, прошедших после начала часа		Среднее отклонение		
					Сумма, деленная на кол-во участников		Сумма отклонений, деленная на кол-во участников		
10 = кол-во участников				18069 = сумма		160,8 = сумма отклонений			

### Инструкции

Зарегистрируйте значения времени

Среднее значение времени

(минут)

(секунд)

30

6,9

### Расчеты

Определите количество секунд, прошедших после начала часа до зарегистрированного каждым из участников времени.

(Общее кол-во секунд = кол-во минут x 60 + кол-во секунд)

Определите среднее значение времени.

(Среднее значение времени = суммарное кол-во секунд / кол-во участников)

Рассчитайте отклонение зарегистрированного каждым из участников времени от среднего значения.

(Отклонение = кол-во секунд в 1 часе — среднее значение в секундах)

(Отбросьте знаки минуса и плюса: используйте абсолютные значения)

Определите среднее значение отклонения.

### Построение столбцового графика (гистограммы)

Зарегистрируйте среднее количество секунд в центральном столбце.

Ширина каждого столбца соответствует отклонению от среднего значения на 10 секунд.

Определите значение времени для каждого столбца, вычитая зарегистрированное значение отклонения из среднего значения времени или прибавляя его к среднему значению времени.

Проставьте знаки «X», соответствующие количеству секунд, прошедших после начала часа, в ближайших столбцах.

(Количество знаков «X» должно соответствовать количеству участников.)

# Исследования с помощью GPS

## Лист регистрации значений времени

Имя, фамилия: Джордан Малик

Дата: 14 апреля 1994г.

Номер участника	Зарегистрированное время (часов минут секунд)			Кол-во секунд после начала часа (секунд)	Среднее (секунд)	Отклонение от среднего (секунд)	Среднее отклонение (секунд)	
	часов	минут	секунд	(секунд)				
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
					Среднее кол-во секунд, прошедших после начала часа		Среднее отклонение	
					Сумма, деленная на кол-во участников		Сумма отклонений, деленная на кол-во участников	
		10 = кол-во участников				= сумма		
						= сумма отклонений		

### Инструкции

Зарегистрируйте значения времени

### Расчеты

Определите количество секунд, прошедших после начала часа до зарегистрированного каждым из участников времени.

(Общее кол-во секунд = кол-во минут x 60 + кол-во секунд)

Определите среднее значение времени.

(Среднее значение времени = суммарное кол-во секунд / кол-во участников)

Рассчитайте отклонение зарегистрированного каждым из участников времени от среднего значения.

(Отклонение = кол-во секунд в 1 часе — среднее значение в секундах)

(Отбросьте знаки минуса и плюса: используйте абсолютные значения)

Определите среднее значение отклонения.

Построение столбцового графика (гистограммы)

Зарегистрируйте среднее количество секунд в центральном столбце.

Ширина каждого столбца соответствует отклонению от среднего значения на 10 секунд.

Определите значение времени для каждого столбца, вычитая зарегистрированное значение отклонения из среднего значения времени или прибавляя его к среднему значению времени.

Проставьте знаки «X», соответствующие количеству секунд, прошедших после начала часа, в ближайших столбцах.

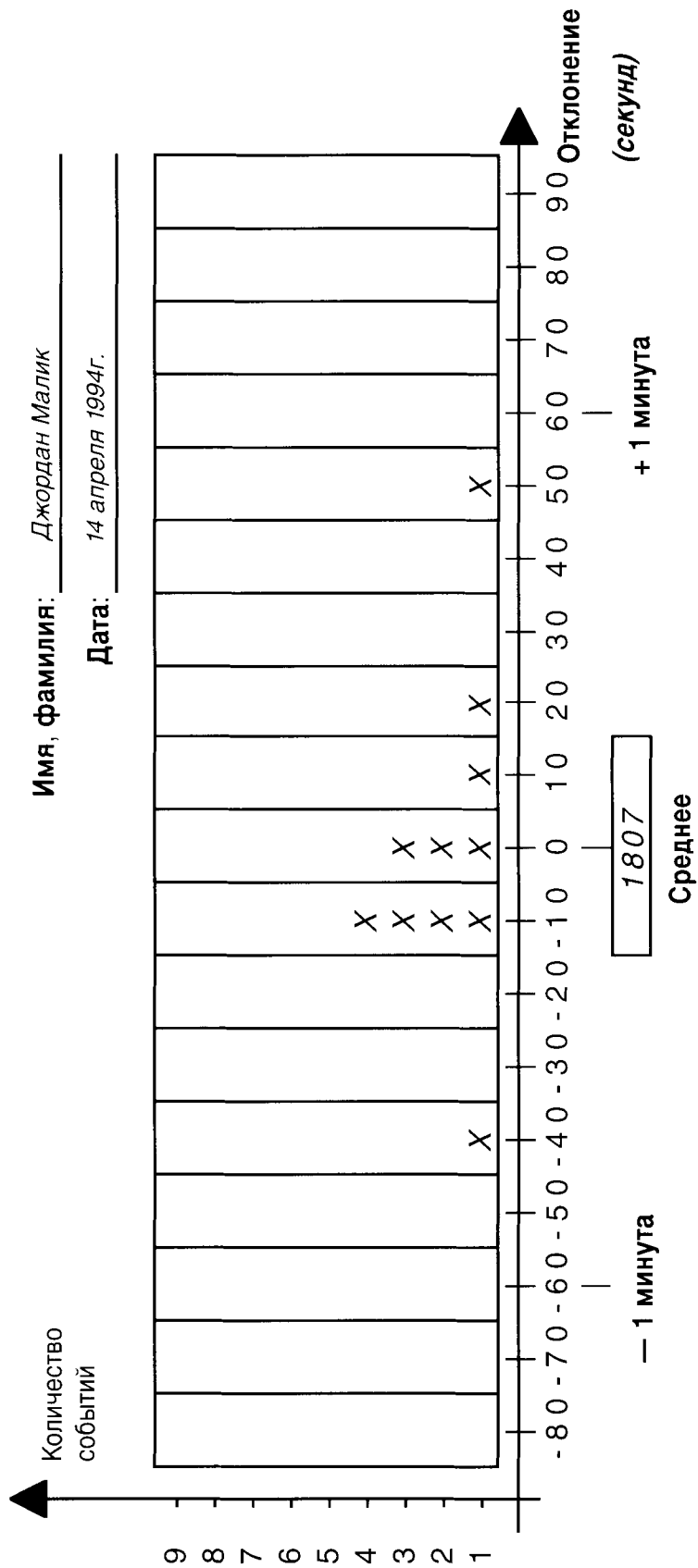
(Количество знаков «X» должно соответствовать количеству участников.)

# Исследования с помощью GPS

Лист регистрации событий и отклонений

График 1:

Гистограмма зависимости количества событий от величины отклонений

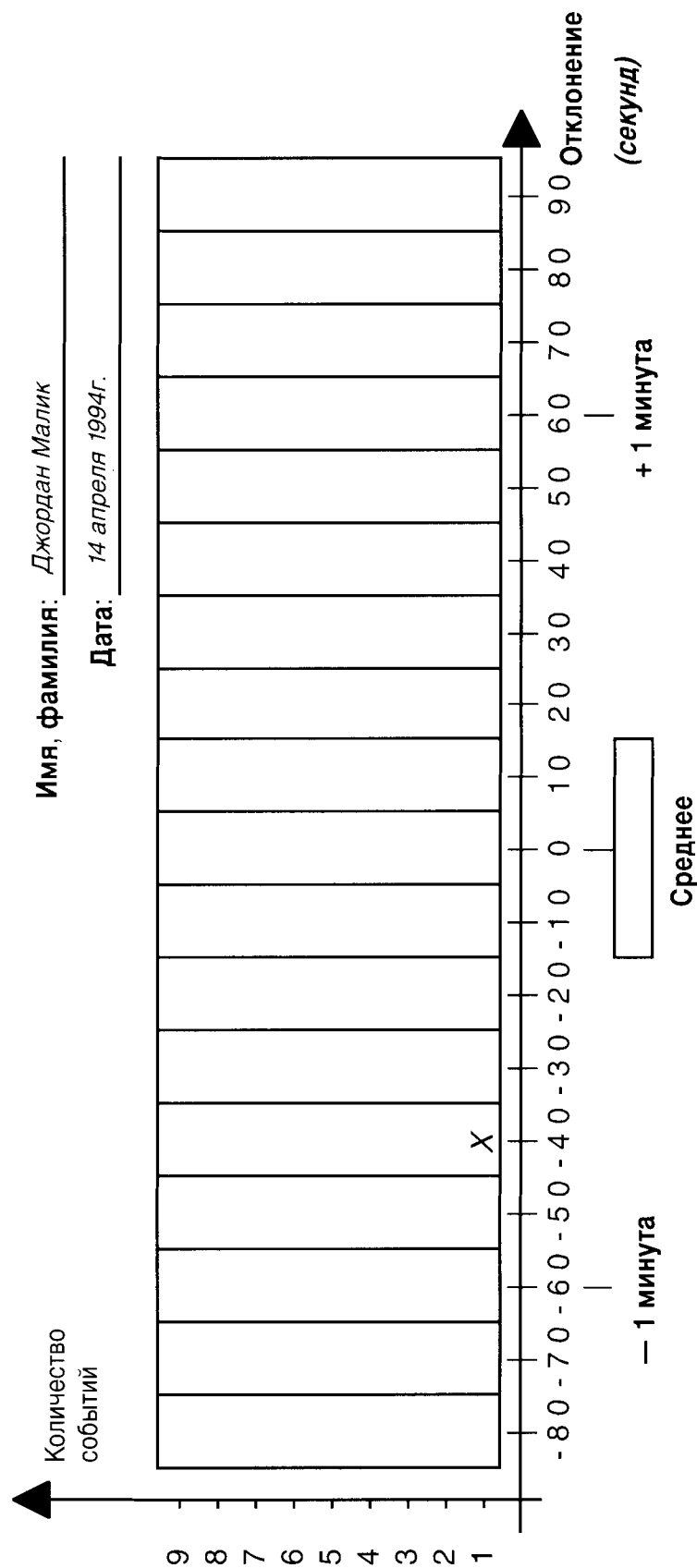


# Исследования с помощью GPS

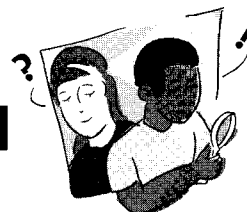
Лист регистрации событий и отклонений

График 1:

Гистограмма зависимости количества событий от величины отклонений



# Относительное и абсолютное направления



## **Предназначение занятия**

Усвоение понятий широты и долготы.  
Развитие математических навыков.

## **Обзор**

Учащиеся начинают с простого вопроса: «Где я нахожусь?» Затем они узнают о магнитном поле Земли и о методах применения компасов и углов. Кроме того, им разъясняется разница между относительным и абсолютным направлениями. На всем протяжении занятия учащиеся приобретают различные математические навыки.

## **Продолжительность**

От одного до пяти классных занятий, в зависимости от выбранного учителем объема занятия.

## **Уровень подготовки учащихся**

Любой, с некоторыми особо указанными исключениями.

## **Важнейшие концепции**

- Относительное и абсолютное направления.
- Широта и долгота.
- Углы.
- Использование магнитного компаса.
- Первые навыки картографирования.

## **Навыки**

- Описание относительного и абсолютного направлений и понимание разницы между ними.

Обмен информацией о местонахождении.  
Описание местонахождения с помощью координатной сетки.

Точное определение углового направления с помощью магнитного компаса.

Развитие основных навыков картографирования.

## **Материалы и инструменты**

- Бумага и карандаши.
- Миллиметровая бумага.
- Магнитные компасы.
- Циркули.
- Глобусы.
- Метрические линейки и мерные планки.
- Магнит (прямоугольной формы).

## **Подготовка**

Не требуется.

## **Предварительные условия**

*Начальный уровень подготовки:* уровень подготовки учащихся должен быть достаточным для определения местонахождения с использованием понятий широты и долготы.

*Средний (промежуточный) и высокий уровень подготовки:* понимание основных концепций, связанных с градусами, углами и системами координат.

## **Особое примечание**

Если учащиеся уже знакомы с понятиями широты и долготы, вы можете перейти к следующему занятию, «Работа с углами», или использовать только часть материала, изложенного в описании этого занятия, с тем, чтобы углубить понимание учащимися математических принципов определения относительного и абсолютного направлений на Земле.

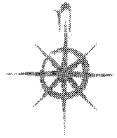
## **Предпосылки**

В рамках программы GLOBE приемники GPS используются с целью определения широты и долготы участков исследований. Тем не менее, понятия широты и долготы, т. е. координат в абсолютной системе отсчета, или углов,

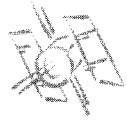
откладываемых от северного направления, могут оказаться новыми для многих учащихся. Настоящее занятие позволит им познакомиться с этими концепциями.

На вопрос «Где вы находитесь?» учащиеся могут ответить «Дома» или «В школе». Эти ответы дают информацию о местонахождении в локальной системе отсчета.

Если вы определяете направление движения к дереву, находящемуся к северу от вас, с помощью магнитного компаса, вы, скорее всего, сделаете вывод, что это дерево находится на севере. Тем не менее, если вы переместитесь на восток или на запад на какое-либо существенное расстояние и определите направление движения к тому же дереву, вы обнаружите, что оно находится на северо-востоке или на северо-



западе от вас. При этом ни дерево, ни магнитные полюса Земли не переместятся, но ваш компас будет указывать другое направление движения к дереву. Таким образом, местоположение дерева и полюсов неизменно, т. е. абсолютно, в то время как применяемый вами метод измерения относителен, потому что переместилась исходная точка системы отсчета.



Если мы наложим координатную сетку на интересующий нас географический район или на всю планету и пронумеруем различные линии этой координатной сетки, мы получим систему отсчета, позволяющую определять местоположение любого пункта независимо от положения наблюдателя или какого-либо иного лица. Широтой и долготой называют числовые значения в системе координат, которую мы будем использовать, определяя местоположение пунктов с помощью глобальной системы позиционирования (GPS).



### **Подготовка и проведение занятия**

*Этап 1. - Относительное местоположение: «Где я нахожусь?»*

*(для учащихся с любым уровнем подготовки)*



Попросите учащихся задать себе вопрос «Где я нахожусь?» и описать словами или с помощью зарисовки их местоположение. Обсудите, с участием всего класса, каким образом можно определить местоположение учащихся.

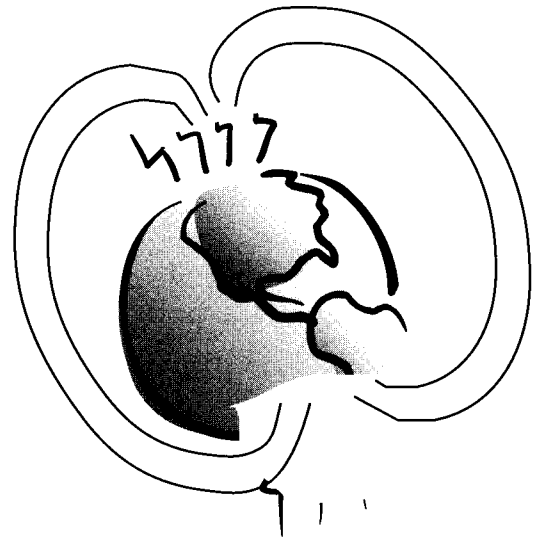


Отвечайте на вопросы учащихся и дайте им время на размышление о том, как один человек может объяснить себе и другим, где он находится и где находятся другие. Рекомендуется начинать с вопросов типа: «Как вы можете описать ваше местоположение другому учащемуся, находящемуся в той же классной комнате, в другой классной комнате, в другой школе в том же городе, в другом городе или в другой стране?» Какими системами отсчета пользуются учащиеся, описывая свое местоположение — относительными или абсолютными? Обратите внимание учащихся на используемые ими системы отсчета.



*Этап 2. - Попытка наложения системы отсчета: магнитное поле Земли (для учащихся с любым уровнем подготовки)*

Нашу планету окружает гигантское магнитное поле, такое же, какое окружает большой прямоугольный магнит (см. рис. GPS-L-4). Другой магнит (например, намагниченная игла) притягивается к магнитным полюсам планеты. Компас содержит свободно вращающуюся магнитную стрелку, положение которой можно регистрировать. Поэтому магнитный компас — полезный навигационный прибор, позволяющий наблюдателю определять направление линии, соединяющей полюса магнитного поля Земли, почти совпадающие с географическими северным и южным полюсами планеты.



*Рис. GPS-L-4. Земля — гигантский магнит.*

Подвесьте магнит прямоугольной формы на нитке поодаль от крупных металлических предметов и подождите до тех пор, когда он перестанет поворачиваться. Подсоедините нитку к концам магнита так, как показано на рис. GPS-L-5.

Попросите учащихся объяснить происходящее. Магнит в конце концов остановится в таком положении, при котором его полюса будут расположены вдоль линии, указывающей в северном и южном направлениях. Учащиеся могут проверить направление, указываемое магнитом, сравнив его с направлением, указываемым стрелкой компаса.

Пользуясь компасом, держите его пальцами вытянутой руки. Основание компаса должно быть расположено горизонтально, т. е.

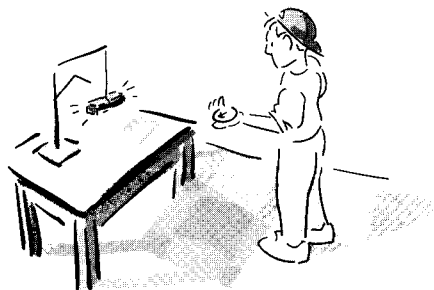
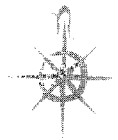


Рис. GPS-L-5. Подвешенный магнит прямоугольной формы.

параллельно поверхности земли, чтобы стрелка могла беспрепятственно перемещаться; компас не следует приближать к металлическим предметам. Ожидая того времени, когда стрелка компаса остановится, встаньте таким образом, чтобы вы могли смотреть вдоль верхней поверхности компаса в северном направлении. *Не размещайте компас поблизости от магнита: взаимодействие локальных магнитных полей может сделать показания компаса неточными.*





**Этап 3. - Первое ознакомление с измерением углов по компасу (для учащихся с начальным уровнем подготовки)**

Пользуясь магнитным компасом для определения направления, зарегистрируйте результаты следующих наблюдений на чистом листе бумаги.



- Зарегистрируйте местоположение определенного объекта (например, большого камня, видимого в окно классной комнаты) и дату.
- Перечислите все объекты, находящиеся точно в северном направлении от вас (пользуясь компасом для определения направления), точно на восток, на юг и на запад от вас, после чего опишите объекты, находящиеся во всех этих направлениях по отношению к вам.



Скорее всего, наблюдаемые вами объекты не будут соответствовать объектам, изображенным на иллюстрации, но внимательное наблюдение позволит вам зарегистрировать различные объекты, находящиеся в каждом из указанных направлений.



Совет: точно описывайте то, что вы видите, указывая соответствующее направление. Регистрируйте только объекты, постоянно находящиеся на переднем и на заднем плане. Если объекты, наблюдаемые в различных направлениях, похожи, постарайтесь выявить и описать различия между ними.

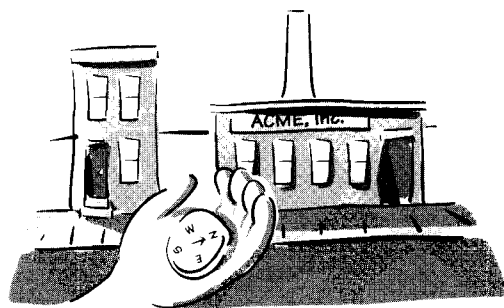
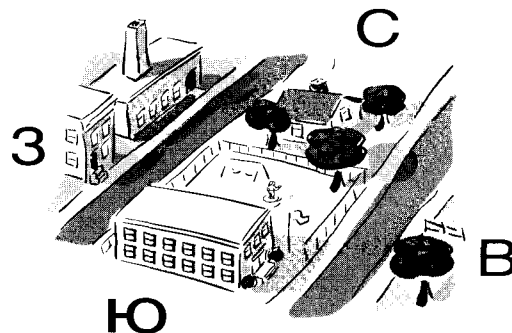


Рис. GPS-L-6. Обзорное наблюдение.



Помните о том, что настоящие ученые готовят очень точные описания и зарисовки. Они сравнивают результаты своих наблюдений, сделанных в различное время и в различных направлениях. В качестве примера приводятся описания объектов, полученные учащимися двух разных школ (см. рис. GPS-L-6 и GPS-L-7a и 7b).

1. На западе: красно-коричневое кирпичное здание с зелеными оконными рамами. На севере от этого здания расположен завод с высокой дымовой трубой.
2. На востоке: участок с одним дубом и оградой.

Задавайте вопросы, относящиеся к наблюдениям, чтобы побуждать учащихся к сравнению результатов наблюдений.



Рис. GPS-L-7a и GPS-L-7b. Вид из окна школы в западном и восточном направлениях.

#### Этап 4. - Определение углов по компасу (для учащихся среднего и высокого уровня подготовки)

Окружность можно разделить на 360 градусов (360°). См. описание учебного занятия «Работа с углами». Используемые при навигации направления, определяемые из одной и той же точки, описываются с указанием углов, откладываемых по такой окружности, причем северное направление считается нулевым (0°). Восточное направление соответствует 90°, южное — 180°, а западное — 270°.

#### Угловые направления относительно северного

Углы, определяющие направление, можно откладывать с помощью руки. Как показано на рис. GPS-L-8, если вы вытяните руку и сожмете кулак, а затем отставите большой палец, ширина вашей руки (включая отставленный большой палец) будет составлять примерно 15° (если ваша рука недостаточно велика, можно отставить и мизинец). Таким образом, шестикратная ширина кулака будет соответствовать дуге между северным и восточным направлением (ширина кулака с отставленным большим пальцем соответствует 15 градусам дуги, а угол между северным и восточным направлениями составляет 90 градусов, т. е. шесть раз по 15°).

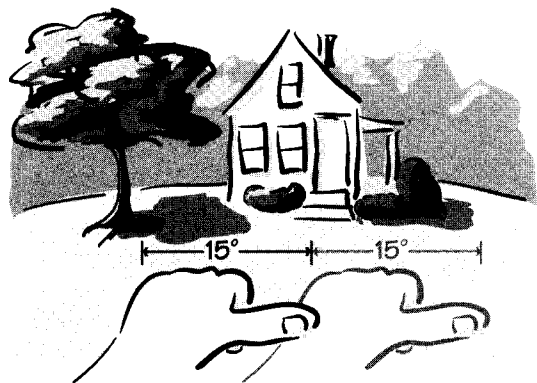


Рис. GPS-L-8. Откладывание угла величиной 15 градусов с помощью руки.

Так как ширина кулака разных людей неодинакова, в некоторых случаях требуется отставлять палец на большее или меньшее расстояние, чтобы шестикратная ширина кулака точно укладывалась в дугу величиной 90 градусов. Для того, чтобы точно определить требуемое положение пальцев, можно несколько раз отложить шестикратную ширину кулака вытянутой руки вправо, сверяясь с северным и восточным направлениями по компасу. Замечайте объекты, находящиеся на одной линии с концом вашего большого пальца, после чего

перемещайте руку так, чтобы противоположная сторона вашего кулака находилась там же, где раньше находился конец большого пальца. Запомните, насколько вы вытягиваете руку, и на какое расстояние отставлен ваш большой палец; запомнив требуемое положение руки, вы всегда сможете измерять углы таким способом.

Повторяйте измерение углового расстояния между северным и восточным направлениями с помощью кулака до тех пор, пока величина дуги не будет в точности соответствовать шестикратной ширине кулака. Запишите, какие объекты вы видите, откладывая каждый следующий угол в 15 градусов с помощью руки. После того, как вы научитесь уверенно откладывать углы с помощью руки, перейдите к обзорным наблюдениям (см. ниже).

#### Этап 5. - Обзорные наблюдения (для учащихся с любым уровнем подготовки)

Возьмите лист бумаги и сложите его продольно пополам. Разрежьте лист по сгибу, чтобы получить две длинных одинаковых половины полосы бумаги. Скрепите эти половины липкой лентой и обозначьте на них направления так, как показано на рис. GPS-L-9; север (N) обозначается в двух противоположных углах, а юг (S) — посередине. Регистрируйте результаты наблюдений на этой скрепленной узкой полосе бумаги.

Научившись пользоваться магнитным компасом и определять направления по компасу, встаньте на том же месте, которое вы занимали, когда определяли направления по компасу. Зарисуйте объекты, находящиеся вокруг вас, сделав четыре зарисовки объектов, которые вы видите в северном, южном, восточном и западном направлениях. Учащиеся могут отмечать любые другие направления, находящиеся между четвертями основными направлениями (например, юго-юго-восточное (SSE), северо-северо-западное (NNW), и т. п.), измеряя соответствующие углы с помощью руки.

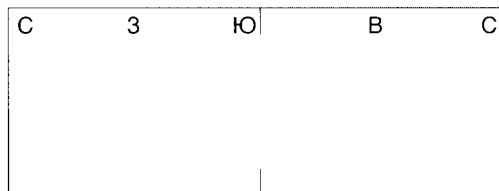
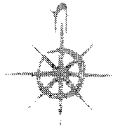


Рис. GPS-L-9. Подготовка бумажной полосы для регистрации результатов обзорных наблюдений.



С помощью руки можно измерять также и время. Так как Солнце перемещается по небу на 15 градусов за 1 час, до захода Солнца можно примерно определять время в часах, измеряя, сколько раз укладывается ширина руки от западного горизонта до точки, в которой находится Солнце. Если вам известно, в какое время заходит Солнце, вы можете примерно рассчитать время суток без часов!

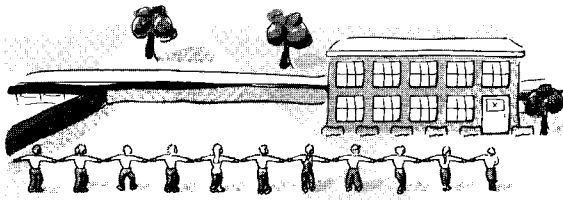


Рис. GPS-L-10. Учащиеся выстраиваются в цепочку, обратившись лицом к северу.



**Этап 6. - Являются ли северное, южное, восточное и западное направления абсолютными или относительными? (для учащихся с любым уровнем подготовки)**

Выйдя на улицу, отметьте точку, расположенную примерно в двух метрах над поверхностью земли (например, закрепите крестообразный знак из липкой ленты на школьном окне), чтобы учащиеся могли встать лицом к северу, вытянувшись цепочкой с запада на восток, так, чтобы крайний учащийся с восточной стороны находился строго к югу от отмеченной точки. Учащиеся должны стоять на расстоянии вытянутой руки друг от друга (см. рис. GPS-L-10).

Прямоугольники, изображенные на рис. GPS-L-11, обозначают индивидуальных учащихся, выстроившихся в цепочку. Взяв в руки компас, первый учащийся определяет направление от себя до отмеченной точки (точка находится строго к северу от первого учащегося, т. е. угол по компасу равен 0°). Учащиеся регистрируют

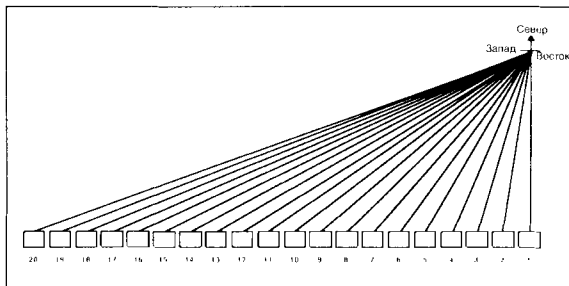


Рис. GPS-P-11. Схема цепочки учащихся, обратившихся лицом к отмеченной точке.



значение «0°» в прямоугольнике, обозначенном номером «1». Затем каждый из учащихся, последовательно, измеряет угол между направлением на север и направлением, совпадающим с отмеченной точкой. В данном случае направление будет смещаться к востоку, и все полученные значения должны составлять от 0° восток до 90° север.

Почему значения, полученные разными учащимися, слегка отличаются одно от другого? Разве они не смотрят на одну и ту же точку? Углы, показываемые их компасами, относительны, т. е. зависят от их различных индивидуальных положений.

**Этап 7 - Направление, указываемое компасом, относительно, т. е. зависит от положения наблюдателя (для учащихся с любым уровнем подготовки)**

В практическом отношении, северный и южный магнитные полюса Земли неподвижны и расположены рядом с географическими северным и южным полюсами, совпадающими с осью вращения планеты. В отсутствие других воздействующих на нее магнитов стрелка компаса устанавливается в положении, соответствующем направлению от южного к северному магнитному полюсу Земли, т. е. указывает на северный магнитный полюс. (Магнитные полюса Земли не смещаются на заметное расстояние в течение жизни одного поколения людей.)

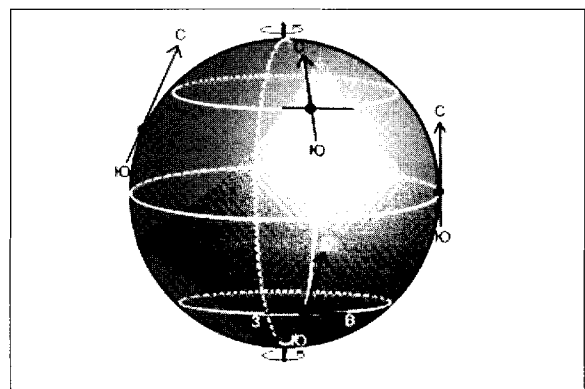
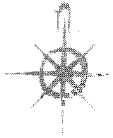


Рис. GPS-L-12. Направление на север, определяемое в различных точках поверхности Земли.

Магнитные полюса Земли кажутся неподвижными. Тем не менее, наблюдатель, находящийся на экваторе, заявит, что направление на север совпадает с прямой, касательной сфере Земли, тогда как другой наблюдатель, находящийся посередине между экватором и северным полюсом, заявит, что в его случае направление на север так же совпадает с прямой, касательной к сфере Земли. При этом эти две прямые не





**Этап 8. - Описание местоположения (для учащихся с любым уровнем подготовки)**

Требуется ввести абсолютные системы отсчета для описания местоположений различных пунктов. Учащиеся разовьют пройденный ранее материал, отвечая на вопросы «Где я нахожусь» и «Где находится тот или иной объект?», а так же поймут, что вопрос «Где?» требует достаточно определенного разъяснения, позволяющего однозначно сообщать другим о местоположении человека или пункта. Учащиеся просят указывать направления с использованием какой-то согласованной системы отсчета или системы координат, а не относительно их собственного местоположения. Такими системами отсчета являются картезианская (прямоугольная) система координат (система координат с осями  $x$  и  $y$ , используемая в геометрии и алгебре) и широтно-долготная система координат.



Пусть два учащихся, каждый из которых держит в руках шахматную доску, встанут спиной друг к другу так, чтоб ни один из них не видел доски другого. Дайте одному из учащихся две шашки и попросите его разместить их в любых клетках его шахматной доски. Не предъявляя никаких других требований, попросите этого учащегося описать другому учащемуся расположение шашек на доске так, чтобы другой учащийся мог расположить две другие шашки в тех же клетках на своей доске. Повторите этот эксперимент, начиная со второго учащегося.

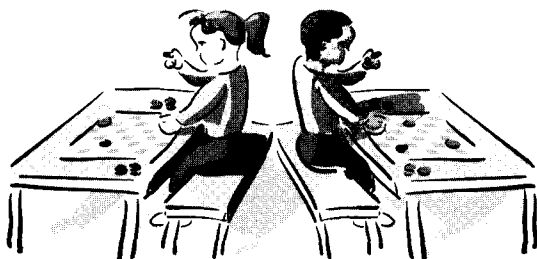


Рис. GPS-L-14 Описание местоположения шашек.



Обсудите, каким образом эти два учащихся сообщают друг другу информацию. Каким образом они могут объяснить друг другу расположение пешек на доске? Что позволяет точно описать их положение, и какой вопрос связан с наибольшими затруднениями?



**Этап 9. - Числовое описание местоположения (для учащихся со средним и высоким уровнем подготовки)**

Нанесите цифровые метки на миллиметровую бумагу или на расчерченную координатную сетку так, как показано на рис. GPS-L-15. Попросите учащихся найти точку, положение которой описывается координатами (1,2), причем первое число указывает расстояние, которое следует отложить от нулевой точки по горизонтальной оси, а второе указывает расстояние, которое следует отложить от нулевой точки по вертикальной оси.

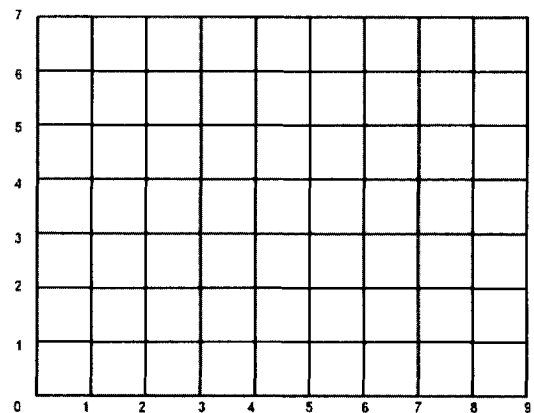


Рис. GPS-L-15. Разметка координатной бумаги.

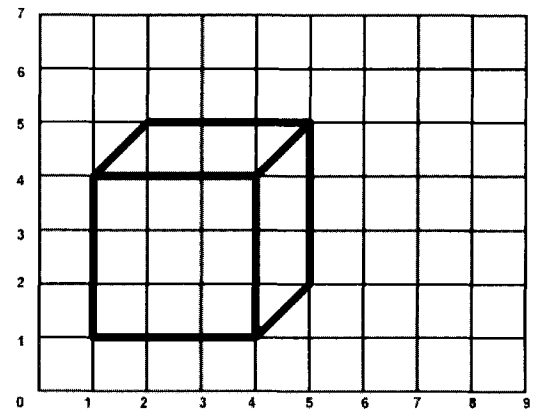
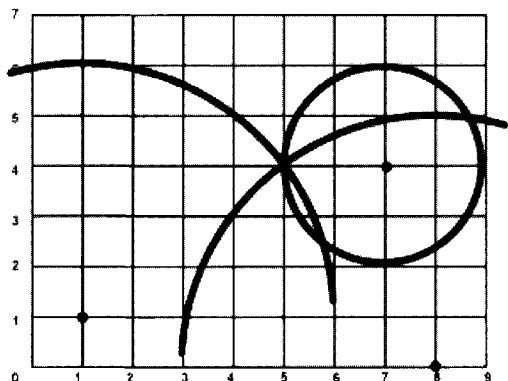


Рис. GPS-L-16 Результат построения простого

Затем поручите учащимся начертить простой график, проводя прямые линии от одной описываемой координатами точки до другой (см. рис. GPS-L-16).

- От (4,1) до (4,4) От (4,1) до (5,2) От (5,2) до (5,5)
- От (1,4) до (1,1) От (1,1) до (4,1) От (1,4) до (4,4)
- От (1,4) до (2,5) От (2,5) до (5,5) От (4,4) до (5,5)



Обсудите с учащимися, какая информация необходима для нахождения точек в системе координат и построения графиков. Например, для построения одного прямого отрезка необходимо знать координаты начальной и конечной точек этого отрезка.

Возьмите еще один лист миллиметровой бумаги или бумаги, на которой начерчена система координат, определите положение точки (7,4) и начертите с помощью циркуля дугу, радиус которой равен двум координатным единицам. Установив острие циркуля в точке (1,1), начертите дугу с радиусом в пять координатных единиц, пересекающую первую дугу. Наконец, начертите третью дугу, с радиусом в пять координатных единиц, установив острие циркуля в точке (8,0). В каких точках пересекаются эти дуги? Сколько дуг требуется для того, чтобы определить местоположение одной точки?

Предположим, что с помощью картезианских координат, приведенных на рис. GPS-L-1, подготавливается карта части океана, и что сторона каждой квадратной клетки системы координат соответствует расстоянию, которое радиосигнал проходит за одну миллисекунду.

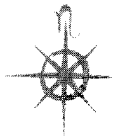
**Таблица GPS-L-1**

Корабль	Местоположение	Время перемещения сигнала Кол-во миллисекунд
«Александрия»	(0,0)	4,0
«Корсика»	(1,5)	2,0
«Цюджу»	(6,3)	3,5

*Местоположение кораблей и время, необходимое для того, чтобы сигнал «Бейбриджа» достиг каждого из кораблей.*

Широта

Долгота



Наименование		
36°С	139°В	_____
60°С	30°З	_____
27°Ю	109°З	_____
90°Ю	0°В	_____
90°Ю	180°З	_____
—	—	Ваше местоположение
—	—	Местоположение противоположного пункта

Таблица GPS-L-2. Пункты, расположенные на глобусе



В море находятся три корабля: «Александрия» в пункте (0,0), «Корсика» в пункте (1,5) и «Цюджу» в пункте (6,3). Радист каждого из этих кораблей принимает сигнал бедствия, переданный четвертым кораблем, «Бейнбридж». Регистрация времени, уходящего на передачу сигнала бедствия от корабля «Бейнбридж» до трех других кораблей, которые могут прийти ему на помощь, поможет навигаторам этих кораблей определить положение корабля «Бейнбридж». Можете ли вы найти корабль, который терпит бедствие? (Измерение времени передачи сигнала является основой радиолокации и глобального спутникового позиционирования.)



**Этап 10. - Описание географического местоположения (для учащихся со средним и высоким уровнем подготовки)**

На глобусе линии, направленные с востока на запад, соответствуют постоянным широтам, а линии, направленные с севера на юг, соответствуют постоянным долготам. Попросите учащихся обсудить, в чем состоит сходство этих линий с линиями, используемыми в картезианской (прямоугольной) системе координат, и чем они отличаются. Найдите пункты, перечисленные в таблице GPS-L-2.



Возьмите глобус и найдите пункт, в котором вы находитесь. Оцените значения широты и долготы этого пункта, глядя на глобус. Затем найдите на глобусе пункт, противоположный вашему местоположению, и оцените его широту и долготу. Как соотносятся широтно-долготные координаты этих двух противоположных пунктов?



**Примечание:** На этапах 8, 9 и 10 разъясняются



концепции, сходные с концепциями, изложенными в описании учебного занятия «Трехмерное моделирование» в разделе «Изучение земного покрова и биологические исследования».

**Адаптация материала для учащихся младших и старших классов**

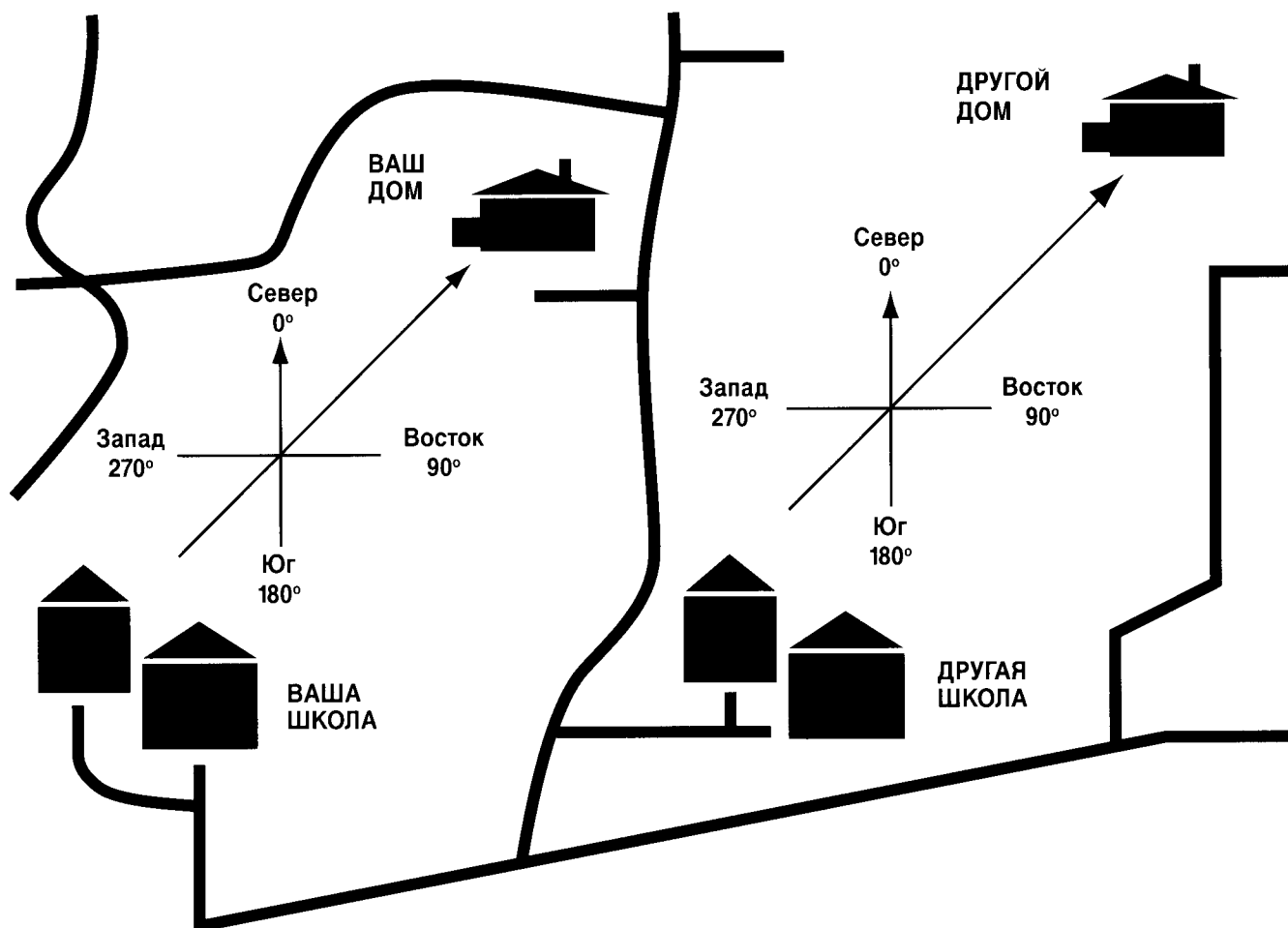
В отношении учащихся младших классов могут оказаться более целесообразными качественные описания результатов измерений. Например, указываемое компасом направление может быть более понятным, если его называть направлением на северо-восток, а не направлением под углом 45 градусов к северу. В отношении учащихся старших классов может оказаться целесообразным применение многих количественных методов оценки и аналитических методов. Например, учащиеся старших классов могут пользоваться теоремой Пифагора, определяя расстояния между пунктами в системе координат на плоскости.

**Оценка успехов учащихся**

Поручите учащимся определить широту и долготу различных городов и других географических пунктов. Дайте им список городов и поручите им записать широту и долготу каждого из этих городов. Кроме того, поручите им определить расстояния между географическими пунктами.

# Исследования с помощью GPS

## Карта расположения школ





# Исследования с помощью GPS

## Лист регистрации координат участков

Потребуется как минимум один экземпляр листа регистрации координат участков в расчете на каждый из участков исследований и отбора образцов, используемых в рамках программы GLOBE. Произведя полевые измерения с помощью GPS и усреднив координатные данные, занесите результаты на один из листов регистрации данных GPS и загрузите их в базу данных программы GLOBE. С этой целью можно вызвать страницу ввода данных GPS с основной адресной страницы программы GLOBE в сети World Wide Web (<http://www.globe.gov>). Загрузите полученные данные, относящиеся к каждому из используемых вами участков (атмосферных исследований, изучения земного покрова и биологических исследований, гидрологических исследований, определения характеристик почвы и изучения влажности почвы, а также вашей школы). Загружаемые данные следует округлять до **0,01 минуты**, в зависимости от показаний вашего приемника GPS.

### **Тип участка**

(атмосферных исследований, гидрологических исследований и т. п.)

### **Описание участка**

(не более 25 символов)

### **Усредненное значение широты**

(целочисленное количество градусов, количество минут после запятой, северной или южной (N/S) широты)

### **Усредненное значение долготы**

(целочисленное количество градусов, количество минут после запятой, восточной или западной (E/W) долготы)

### **Время выполнения первого наблюдения**

Часов, минут и секунд всемирного времени (UT)

### **Тип приемника**

Magellan Trailblazer XL и номер на ярлыке UNAVCO

или

номер модели изготовителя и серийный номер

# Работа с углами



## **Предназначение занятия**

Ознакомление учащихся с концепцией угла.

Демонстрация того, каким образом широтно-долготная система координат возникла на основе угловых измерений Земли.

Демонстрация угловых величин меньше одного градуса, необходимых для измерений в рамках программы GLOBE.

Демонстрация методов регистрации и арифметического расчета различных угловых величин.

## **Обзор**

Учащиеся знакомятся с методами выполнения арифметических операций с угловыми величинами и их усреднения. Одновременно они знакомятся с единицами измерения углов (градусами, минутами и секундами), методами преобразования угловых величин в градусы, минутах и секундах в десятичные градусы, и причины, по которым требуется такое преобразование.

## **Продолжительность**

От одного до трех классных занятий, в зависимости от выбранного учителем объема материала.

## **Уровень подготовки учащихся**

Средний (промежуточный) и высокий.

## **Важнейшие концепции**

Углы измеряются в градусах, минутах и секундах или в десятичных градусах.

Приемники GPS указывают угловые величины в градусах и минутах.

## **Навыки**

Преобразование угловых величин, выраженных в градусах, минутах и секундах, в угловые величины, выраженные в десятичных градусах.

Сложение и вычитание угловых величин, выраженных в градусах и минутах.

Усреднение угловых величин, выраженных в градусах и минутах.

## **Материалы и инструменты**

Не требуются. (Калькулятор, выполняющий операции сложения и вычитания, позволит ускорить арифметические операции.)

## **Подготовка**

Не требуется.

## **Предварительные условия**

Навыки сложения, деления, выполнения операций с десятичными дробями.

## **Единицы измерения угловых величин: градусы, минуты и секунды**

### **Предпосылки**

Угол — величина, измеряющая расстояние по окружности. Угол образуется двумя линиями, начинающимися в одной точке.

Углы поддаются измерению. Единицы измерения углов называются градусами. Окружность разделяется на 360 градусов (360°).

На рис. GPS-L-18 и GPS-L-19 показаны различные виды углов.

### **Подготовка и проведение занятия**

Поручите учащимся нарисовать круглый пирог и «разрезать» его на восемь одинаковых частей. Спросите их, какой угол образуется сторонами каждого из восьми кусков пирога:  $360^\circ/8 = 45^\circ$ .

Некоторые из учащихся могут разрезать «пирог» несимметрично, не через центр. Другие могут разрезать его на прямоугольные части. Разные учащиеся могут делать различные допущения. Обсудите полученные ими результаты. Попросите их разрезать ту же фигуру на 4, 10 и 12 одинаковых частей. В результате должны получиться радиально симметричные «куски» с вершиной в центре «пирога», стороны которых образуют углы в 90, 36 и 30 градусов.

## **Дополнительные сведения об углах**

### **Предпосылки**

Долгота и широта — углы, измеряемые по окружности, описывающей ось вращения нашей планеты, и между экватором и полюсами, соответственно. Континенты по своему размеру могут соответствовать десяткам градусов широты и долготы. Тем не менее, в случае небольших расстояний, таких, как длина участка

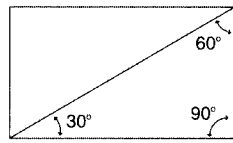
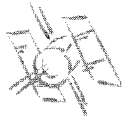
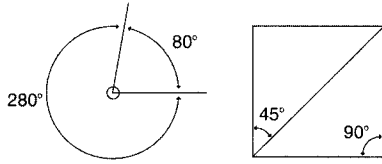
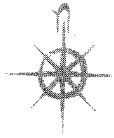


Рис. GPS-L-18.  
Различные углы.

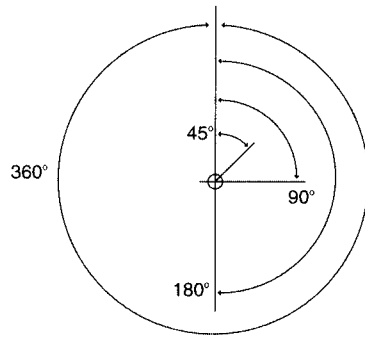


Рис. GPS-L-19.  
Некоторые особые углы.



исследований, используемого в программе GLOBE (30 x 30 метров), угловые величины широты и долготы составляют доли градуса или только несколько секунд дуги.

**Малые углы.** Иногда возникает необходимость в измерении углов, величина которых меньше одного градуса. Каждый градус разделяется на 60 минут. Можно сказать, что одна третья часть градуса равна 20 минутам. Иногда говорят, что угол равен 20 «минутам дуги», чтобы не путать единицы измерения углов с единицами измерения времени.

Несмотря на то, что Луна находится на

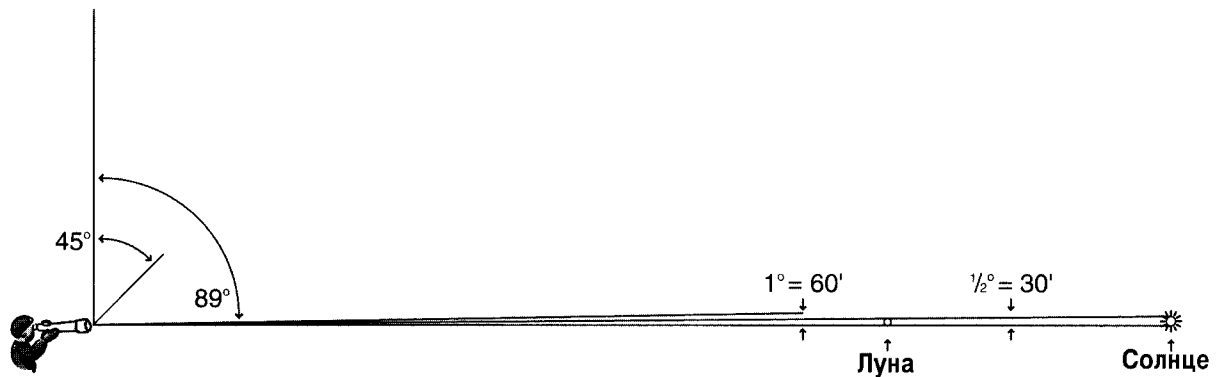


Рис. GPS-L-20. 1/2 градуса = 30 минутам; Солнце и Луна.

расстоянии 384 500 километров от Земли и что ее диаметр равен 3200 километрам, ее угловая величина, для наблюдателя, стоящего на поверхности Земли, составляет половину градуса, или 30 минут дуги (см. рис. GPS-L-20). Интересное совпадение заключается в том, что Солнце, звезда диаметром 1,3 миллиона километров, отстоящая от Земли на 148 миллионов километров, имеет такую же угловую величину для земного наблюдателя. (Именно поэтому Луна почти точно закрывает Солнце во время затмения.)

С целью измерения еще меньших углов каждая минута дуги делится на 60 частей, которые называют секундами или секундами дуги.

Астрономы, описывающие небесные явления в угловых величинах, используют градусы, минуты и секунды. В момент наибольшего приближения к Земле, планета Юпитер имеет угловую величину, составляющую около 47 секунд дуги. Этот угол настолько мал, что Юпитер выглядит в глазах большинства людей точкой на небе, но при наблюдении в небольшой телескоп или даже в бинокль принимает форму диска. Такую же угловую величину имеет монета для наблюдателя, рассматривающего ее с другого конца футбольного поля.

Пример числового выражения расстояния в виде угловой величины: расстояние между двумя звездами по окружности неба соответствует трехкратной ширине Луны, то есть равно 1 градусу, 30 минутам и 0 секунд. Такая угловая величина записывается следующим образом: 1° 30' 0".

**Почему существуют градусы, минуты и секунды; задача**

Земля совершает полный оборот вокруг Солнца за 365,25 дня. Древние астрономы этого не знали, и составляли свои календари на основе наблюдений за положением небесных тел. Они

заметили, что звезды и образуемые ими созвездия перемещаются по небу по мере смены времен года, и что до возвращения созвездия в то же место на небе, которое оно занимало раньше в то же время ночи, проходит примерно 360 дней.

### Подготовка и проведение занятия

Триста шестьдесят (360) — удобное число, с которым легко выполнять арифметические операции. Оно делится без остатка на множество других чисел.

Поручите учащимся составить список целых чисел, на которые 360 делится без остатка, и попытаться пояснить культурное, историческое и физическое значение этих чисел. Например:

2	12
3	15
4 (времени года)	18
5 (половина 10)	20 (пальцев рук и ног)
6	24
8	30 (прибл. количество суток в лунном месяце)
9	90 (прибл. количество дней в одном квартале)

Так как движение по окружности циклично, подобно смене времен года, окружность разделили на 360 градусов. В течение длительного времени считалось, что год состоит из 360 дней.

## Измерение Земли углами

### Предпосылки

В связи с тем, что наша планета имеет сферическую форму, мы можем измерять расстояния на ее поверхности с помощью угловых величин, отсчитываемых по отношению к центру Земли. Один градус соответствует расстоянию в 111 км на закругленной поверхности Земли. Это расстояние больше, чем расстояния, на которые люди обычно перемещались. Поэтому используется меньшая угловая величина: градус был разделен на 60 минут. Одна минута дуги земной поверхности равна одной морской (навигационной) миле (около 1,8 км), и моряки пользовались морскими милями для измерения расстояний в течение веков. Скорость, равная одной морской миле в час, называется узлом. Несмотря на то, что метрические единицы получили всемирное распространение и признание, как морские мили, так и узлы все еще используются в морском деле и иногда в

авиации.

Мы продолжаем пользоваться градусами, минутами и секундами, измеряя углы. Тем не менее, следующие углы эквивалентны:

Четверть окружности =  $90^\circ$

Диаметр Луны =  $0,5^\circ = 30'$

Диаметр Юпитера =  $0,013^\circ = 0,79' = 47''$

Несмотря на то, что угловую величину диаметра Юпитера, наблюдаемого с Земли, можно выразить как «тринадцать тысячных градуса», большинство ученых предпочитает выражение «сорок семь секунд дуги». Люди, по всей видимости, предпочитают пользоваться целыми числами, а не дробями, и возможность использования минут и секунд позволяет выражать малые углы в целых числах. С другой стороны, люди редко используют выражение «1800 секунд дуги» вместо «30 минут дуги» или «5400 минут дуги» либо «324000 секунд дуги» вместо «90 градусов».

Проблема состоит в том, что нам приходится пользоваться несколькими различными единицами (градусами, минутами и секундами), каждая из которых позволяет выразить одну и ту же угловую величину. Применение некоторых из этих единиц способствует интуитивному сравнению углов, сильно отличающихся по величине, но использование различных единиц может усложнять арифметические операции с углами.

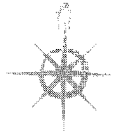
### Преобразование обычных градусов, минут и секунд в десятичные градусы

Использование градусов, минут и секунд может приводить к возникновению проблем, если требуется соотнести несколько углов, измеренных с применением этих единиц в различных сочетаниях.

$$5^\circ 45' 0'' = 5,75^\circ$$

$$0^\circ 30' 0'' = 0,5^\circ$$

Что, если потребуется увеличить первый угол на половину градуса (т. е. на 30 минут)? Величина нового угла будет равна сумме величин первых двух углов. Хотя эту задачу можно решить, прибавляя градусы к градусам и минуты к минутам, взгляните на пример того, что получится при таком сложении. Сложение 45 минут и 30 минут дает 75 минут, т. е. величину больше 1 градуса. Таким образом, величина нового угла может быть названа равной 5 градусам, 75 минутам и 0 секунд.



	Расчет	Результат в десятичных градусах
Секунды	9"/60/60	0,0025°
Минуты	15'/60	0,2500°
Целые градусы	25°	25,0000°
Десятичные градусы		25,2525°

Таблица GPS-L-3. Преобразование 25 градусов, 15 минут и 9 секунд в десятичные градусы.

Тем не менее, значение, полученное в минутах, больше 1 градуса. В этом случае предпочтительно увеличить количество градусов на единицу и уменьшить количество минут на 60, т. е. получить значение 6° 15' 0". Теперь количество минут соответствует только части одного градуса.

Некоторым людям (геодезистам, плотникам, чертежникам, астрономам) приходится выполнять много арифметических операций с угловыми величинами. Такие операции могут быть весьма запутанными, особенно если количество секунд не равно нулю. Поэтому желательно преобразовывать углы, выраженные в градусах, минутах и секундах, в углы, измеряемые десятичными градусами (см. таблицу GPS-L-3).

#### Преобразование градусов, минут и секунд в десятичные градусы

Секунды преобразуются в десятичные градусы посредством их деления дважды на 60. Минуты преобразуются в десятичные градусы посредством их деления на 60 один раз. Целочисленные значения градусов остаются теми же. Три полученных числа складываются, и их сумма представляет собой величину угла, выраженную в десятичных градусах (см. таблицу GPS-L-3).

#### Преобразование десятичных градусов в градусы, минуты и секунды

Операции производятся только со знаками после запятой. Целочисленное количество градусов не меняется. Десятичная дробь умножается на 60 с получением количества десятичных минут, с десятичными знаками после запятой. Независимо от целочисленного количества минут, полученная десятичная дробь после запятой снова умножается на 60, что дает количество десятичных секунд.

Сочетание целочисленного количества градусов с полученным целочисленным количеством минут и полученным количеством секунд

позволяет выразить угловую величину в градусах, минутах и секундах.

#### Почему приемники GPS указывают значения в градусах и минутах?

Приемники глобальной системы позиционирования (GPS) предоставляются в аренду участникам программы GLOBE. Приемник GPS выражает измеренные значения широты и долготы в градусах (целое число) и десятичных минутах (следующее целое число с дробью после десятичной точки). Десятичные минуты указываются с разрешением до двух знаков после десятичной точки. Типичный результат измерения широты, например, может быть выражен следующим образом: 35° 15,01'. Почему вместо десятичных минут не используются секунды? Потому что число, округленное до 0,01 минуты дуги, точнее, чем число, округленное до одной секунды дуги.

0,01' равна 1/100 минуты. Это число меньше, чем 1/60 минуты. Если бы две последние цифры угловой величины обозначали секунды, последняя цифра соответствовала бы углу, большему, чем угол, описываемый последней цифрой в формате «15,01». Таким образом, инженеры, проектировавшие приемник GPS, представили угловые величины в формате, позволяющем измерять меньшие углы, используя то же количество знаков. Такой формат позволяет добиться более высокого разрешения при измерении угловых величин и, следовательно, точнее рассчитывать значения широты и долготы. Для того, чтобы измерять широту или долготу с той же точностью, пользуясь секундами дуги, потребовалось бы добавить еще один знак, выражающий десятые доли секунды (например, 35° 15' 00,6") на дисплее прибора, что привело бы к повышению его себестоимости.

Многие приемники GPS могут быть запрограммированы так, чтобы они указывали величины углов в различных единицах и форматах. От вас, как от исследователя, зависит, какой способ выражения угловых величин лучше соответствует вашим требованиям. Если требуется повышение разрешения прибора без вывода на дисплей и регистрации большего количества знаков, лучше использовать десятичные градусы вместо градусов, минут и секунд.

#### Арифметические операции с градусами и минутами

Сложение угловых величин, выраженных в градусах и минутах, затруднительно. Несмотря на то, что арифметические операции с величинами, выраженными в градусах, минутах

и секундах, возможны, легче преобразовывать все эти величины в десятичные градусы, выполнять арифметические операции, а затем преобразовывать результат обратно в предпочитаемые единицы.

### Подготовка и проведение занятия

#### Сложение угловых величин, выраженных в различных единицах

Предложите несколько угловых величин, выраженных в градусах, в градусах и минутах и в градусах, минутах и секундах. Поручите учащимся сложить эти величины. Некоторые из учащихся могут понять, что после того, как количество минут или секунд превысит 60, следует увеличивать на единицу количество, соответственно, градусов или минут, так же, как увеличивается количество десятков после того, как количество единиц превышает 10.

## Усреднение угловых величин, выраженных в градусах и минутах

### Предпосылки

В ходе проведения практической работы с приемником GPS требуется усреднение 15 значений широты и 15 значений долготы. Такое усреднение сглаживает небольшие отклонения, возникающие со временем в ходе регистрации значений. Для того, чтобы усреднить последовательность чисел, необходимо сложить все эти числа, а затем разделить полученную

сумму на количество сложенных чисел. Таким образом, для усреднения требуется выполнение операций сложения и деления. Последовательность 15 угловых величин, выраженных в градусах и десятичных минутах, легче поддается усреднению, если эти значения будут предварительно выражены в десятичных градусах. Преобразуйте все 15 значений в десятичные градусы, выполните операции сложения и деления, после чего преобразуйте полученный результат обратно в градусы и десятичные минуты.

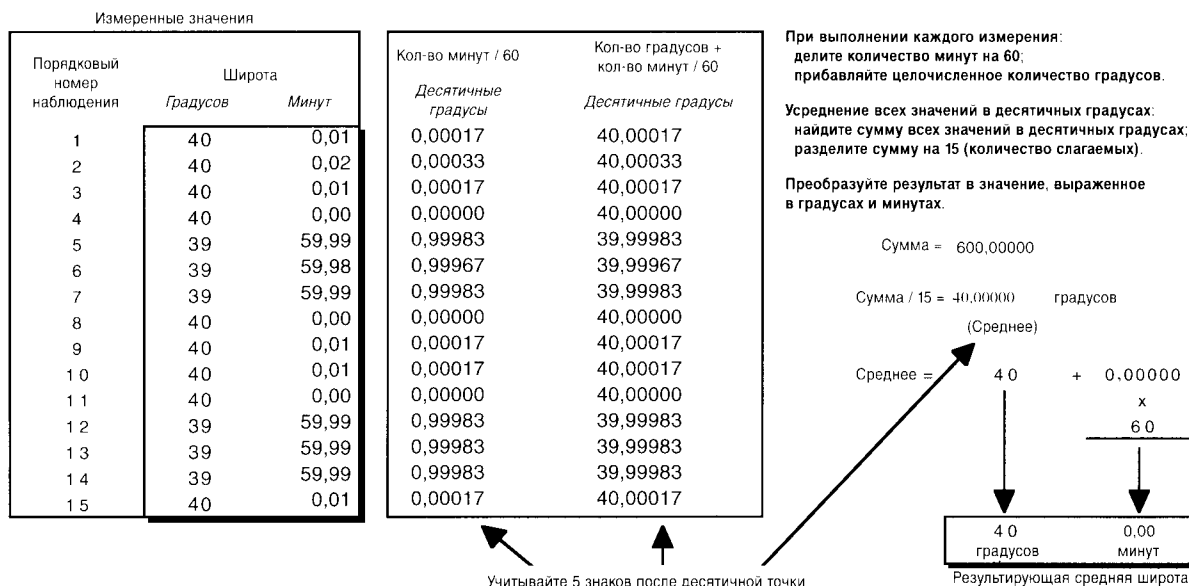
Выполняя операции со значениями широты и долготы, учитывайте пять знаков после десятичной точки или запятой в получаемых промежуточных значениях, чтобы точность расчетов соответствовала обеспечиваемому приемником разрешению, составляющему 0,01 минуты дуги.

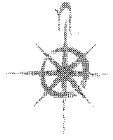
### Пример усреднения

В городе Боулдер, штат Колорадо, США, есть пролегающая с востока на запад улица, называемая Бейслайн роуд. Эта улица расположена на 40 градусе северной широты. Если вы стоите на тротуаре этой улицы и регистрируете 15 значений, полученных с помощью приемника GPS, зарегистрированные результаты могут оказаться теми, которые перечислены ниже.

Для того, чтобы получить среднее значение, каждый из результатов измерения преобразуется в десятичные градусы. Затем значения, выраженные в десятичных градусах, складываются, а сумма делится на 15 с получением среднего

Рис. GPS-I-21.





значения широты в десятичных градусах. Наконец, это значение, выраженное в десятичных градусах, преобразуется в величину, выраженную в градусах и минутах.

### Подготовка и проведение занятия

Снова предложите учащимся последовательность из 15 угловых величин, выраженных в градусах и десятичных минутах. Десятичные минуты должны быть указаны с точностью до 0,01 минуты дуги, в соответствии с разрешением используемого приемника GPS. Поручите учащимся усреднить эти значения, предварительно преобразовав их в десятичные градусы, получив сумму десятичных значений, разделив ее на количество слагаемых и преобразовав полученный результат обратно в градусы и десятичные минуты. Перед тем, как поручать эту задачу классу, рекомендуется предварительно проверить промежуточные и окончательный результаты.



## Определение времени по положению Солнца

### Предпосылки

Так как Земля совершает полный оборот (в 360 градусов) за сутки (за 24 часа), небесные тела (Солнце, Луна, звезды) перемещаются по кажущемуся небесному своду на 15 градусов в час ( $360^\circ/24$  часа). Ширина кулака вытянутой руки с отставленным большим пальцем у большинства людей соответствует примерно 15 градусам окружности кажущейся небесной сферы (см. обсуждение угловой величины, измеряемой рукой, с соответствующими иллюстрациями, в описании учебного занятия «Относительное и абсолютное направления» в этом разделе). Таким образом, кулак вытянутой руки представляет собой переносной инструмент, ширина которого соответствует по времени одному часу перемещения Солнца (или Луны) по небесному своду. Измерив, сколько раз ширина кулака укладывается в расстояние от западного горизонта до Солнца, вы можете определить, сколько часов осталось до захода Солнца. Если вам известно, в какое время заходит Солнце, вы можете приблизительно определить время суток без часов!



### Подготовка и проведение занятия

Определите местное время восхода и захода Солнца (это время обычно сообщается в местной газете). Определите местоположение восточной и западной точек восхода и захода Солнца, наблюдаемых из вашей школы.



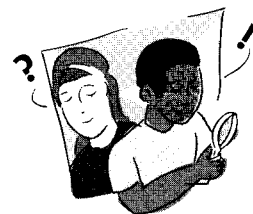
Поручите учащимся выйти на улицу и измерить и зарегистрировать расстояние от Солнца до точки восхода или захода Солнца на горизонте (в зависимости от того, какая из них ближе), выраженное в единицах ширины кулака. Наилучшие результаты можно получить рано утром или ближе к вечеру, когда Солнце находится недалеко от горизонта. Предупредите учащихся, что не следует смотреть прямо на Солнце, и зарегистрируйте время, в которое учащиеся будут производить свои измерения.

Расстояние, выраженное в единицах ширины кулака, должно примерно соответствовать количеству часов с тех пор, как Солнце взошло или до тех пор, как оно зайдет. Каждый из учащихся должен прибавить полученное количество часов к значению времени восхода Солнца или вычесть его из значения времени захода Солнца, приблизительно определяя время суток. Для того, чтобы уточнить результаты, усредните значения времени, полученные всеми учащимися. Пользуясь усредненным значением, прибавьте его к значению времени восхода Солнца или вычтите его из значения времени захода Солнца. После того, как индивидуальные и коллективные расчеты будут закончены, объявите время, зарегистрированное с помощью часов, и обсудите полученные результаты (см. описание учебного занятия «В чем состоит правильный ответ?» в этом разделе руководства).

### Адаптация материала для учащихся младших и старших классов

Учащиеся младших классов могут округлять время суток и расстояние, выраженное в единицах ширину кулака, с точностью до ближайшего часа; таким образом, им придется выполнять операции только с целыми числами. Учащиеся старших классов могут попытаться повысить точность измерений, тщательно определив точку на горизонте, где восходит или заходит Солнце, измерив угловую величину от Солнца до этой точки с точностью до долей ширины кулака и преобразовав полученное значение в значение времени, выраженное в часах и минутах. Этот метод может оказаться неожиданно точным!

# Астронавигация



Приветствие

Введение

Практика

Занятия

Приложение

Астронавигация

## **Предназначение занятия**

Определение широты и долготы другого участка посредством измерения угла возвышения Солнца в солнечный полдень.

## **Обзор**

Учащиеся знакомятся с учащимися другой школы, расположенной на расстоянии не менее 500 км от первой. Учащиеся обеих школ договариваются произвести измерения угла возвышения Солнца на участках рядом с обеими школами, широта и долгота которых известны, в солнечный полдень, в один и тот же день. Учащиеся обеих школ рассчитывают широту и долготу участка, расположенного рядом с другой школой, после чего они обмениваются результатами и сравнивают их.

## **Продолжительность**

4 классных занятия.

Обзор занятий, оценка времени местного солнечного полудня, всемирное время, установка часов, планирование.

Построение клинометра, установка вертикального шеста, проверка горизонтальности опорной поверхности.

Выполнение измерений.

Выполнение расчетов, обсуждение и сравнение результатов, полученных двумя школами.

## **Уровень подготовки учащихся**

Промежуточный (средний) и высокий.

## **Важнейшие концепции**

Измерения времени и угла возвышения Солнца с целью определения разницы между широтой и долготой двух пунктов.

## **Навыки**

Измерение углов:

*использование клинометра (средний уровень подготовки);*

*использование тригонометрических методов (высокий уровень подготовки).*

*Точная установка часов.*

*Преобразование местного времени во всемирное время.*

*Использование компаса с целью определения северного и южного направлений.*

*Сложение и вычитание углов.*

*Умножение и деление (высокий уровень подготовки).*

*Применение тригонометрической функции тангенса.*

## **Материалы и инструменты**

Участок под открытым небом с плоской поверхностью, с которого видно Солнце в солнечный полдень.

Шест, который можно вертикально установить на плоской поверхности.

Рулетка или линейка, достаточно длинная для измерения высоты шеста и длины самой короткой тени с точностью до миллиметра.

Часы, показывающие местное время.

Магнитный компас или указатели приблизительного направления на север (юг).

Клинометр (*средний уровень подготовки*).

Таблица значений тангенсов углов или научный калькулятор (*высокий уровень подготовки*).

Глобус или карта мира.

Рабочие листы.

Компьютер и сервер базы данных учащихся-участников программы GLOBE.

## **Подготовка**

Определение широты и долготы вашего участка.

Договоренность с другой школой о выполнении измерений в один и тот же день.

Построение и испытание клинометра, используемого при изучении земного покрова и биологических исследованиях.

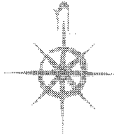
Установка местного времени на часах.

Приблизительная оценка времени местного солнечного полудня.

## **Предварительные условия**

Проведение занятия «Работа с углами».





## Предпосылки

В древности Эратосфен рассчитал длину окружности Земли. Для этого ему не пришлось обходить ее пешком — он воспользовался геометрическими методами и набором угловых величин возвышения Солнца, измеренных в двух египетских городах — Сиене и Александрии — отстоящих один от другого примерно на 900 км. На основе произведенных измерений Эратосфен определил, что длина окружности Земли составляет 44055 км. Несмотря на то, что он преувеличил длину окружности планеты на 15 процентов (на самом деле она равна 40074 км), полученный им результат является поразительным примером того, что геометрия и логика позволяют сделать человеку, владеющему навыками измерения.



В наше время размеры Земли хорошо известны. Пользуясь приемником GPS или картой? мы можем узнать широту и долготу места, в котором мы находимся. Но можем ли мы определить широту и долготу школы, пользуясь теми методами, которые были в распоряжении Эратосфена?



Да. Мы можем измерить угол возвышения Солнца в пункте, где находится наша школа, и в пункте, где находится другая школа, и определить широтную разницу между этими пунктами. Разница между удвоенными значениями максимальных углов возвышения Солнца в этих двух пунктах позволяет определить разницу между значениями долготы. Момент времени, в который Солнце находится в самой высокой точке небосвода, называется местным солнечным полуднем; примерно в это время выполняются измерения, предусмотренные в главе «Атмосферные исследования».



Учащиеся со средним уровнем подготовки могут непосредственно измерять углы, изготовив клинометр, описание которого приведено в главе «Изучение земного покрова и биологические исследования». Учащиеся с высоким уровнем подготовки могут рассчитывать угловые величины, измеряя высоту шеста и длину тени, отбрасываемой шестом, с применением тригонометрических функций, которые позволяют получать более точные результаты, чем измерения с помощью клинометра.



Перед выполнением измерений необходимо познакомиться с партнерами из другой участвующей в программе GLOBE школы, находящейся на расстоянии не менее 500 км, и договориться с ними о дате проведения совместных одновременных измерений под открытым небом. Договориться об этом можно,



пользуясь электронной почтой участников программы GLOBE (GLOBEMail). Следует также определить широту и долготу вашей школы, выполнив практическую работу «Измерения с помощью GPS», понять, каким образом широта и долгота описываются угловыми величинами, и уметь точно устанавливать местное время суток на часах.

## Подготовка и проведение занятия

Ваши ученики и учащиеся другой школы выполнят следующие операции:

- Выбирают дату проведения совместных измерений на открытом воздухе.
- Оценивают время местного солнечного полудня в день проведения измерений на открытом воздухе.
- Точно устанавливают часы.
- Выполняют измерения длины отбрасываемой шестом тени.
- Обмениваются результатами измерений с учащимися другой школы.
- Рассчитывают широту и долготу другой школы.
- Сравнивают полученные результаты.

### Измерения на открытом воздухе

В один и тот же календарный день, в момент местного солнечного полудня, на участке с известными широтой и долготой, учащиеся каждой из двух школ регистрируют следующие данные на рабочем листе для измерения астронавигационных данных, приведенном в приложении к описанию этого занятия.

- Высоту вертикального шеста.
- Направление (южное или северное) отбрасываемой шестом тени.

Рис. GPS-I-22. Учащиеся, выполняющие измерения.

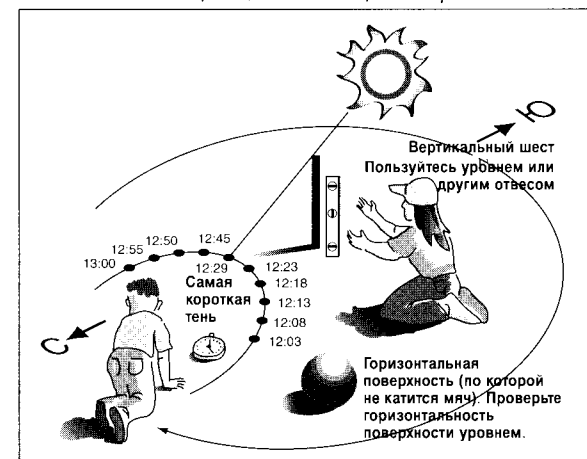
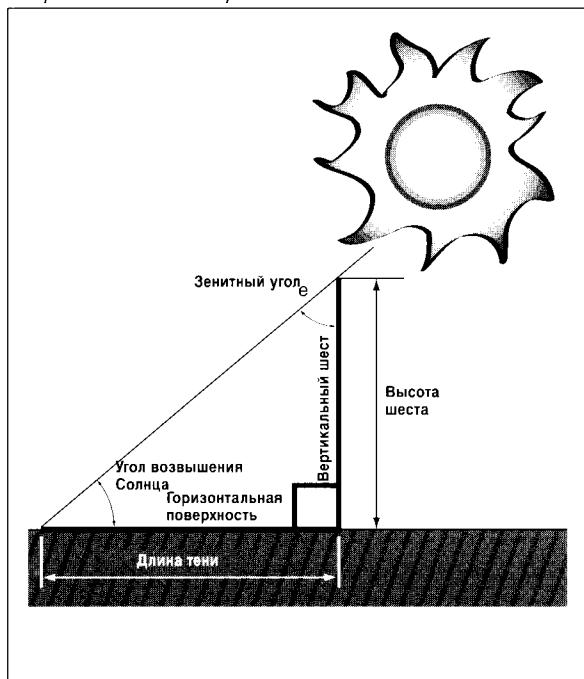


Рис. GPS-L-23. Угол возвышения Солнца, вертикальный шест и горизонтальная поверхность.



В течение двадцати минут до и после наступления местного солнечного полудня учащиеся каждой из двух школ регистрируют, через каждые четыре минуты, следующие данные.

Длину тени, отбрасываемой вертикальным шестом на плоской поверхности земли. (Только учащиеся со средним уровнем подготовки.) Угол между горизонтальной плоской поверхностью и направлением на Солнце.

Вы можете оценить время наступления местного солнечного полудня, выполнив инструкции, приведенные в главе «Атмосферные исследования», или производя, в течение предшествующей недели, приблизительную оценку времени наступления местного солнечного полудня следующим образом.

Измеряйте длину по горизонтали (в миллиметрах) тени, отбрасываемой вертикальным шестом, и угол возвышения Солнца (в градусах) каждые четыре минуты в течение двадцати минут до и после наступления местного солнечного полудня. Для выполнения этих измерений требуются несколько человек.

(Учащиеся со средним уровнем подготовки.) Один из учащихся тщательно устанавливает клинометр и регулирует его положение так, чтобы он был совмещен с Солнцем, наблюдая за пятном солнечного света, проникающего

через тонкую трубочку клинометра, который он держит в руке.

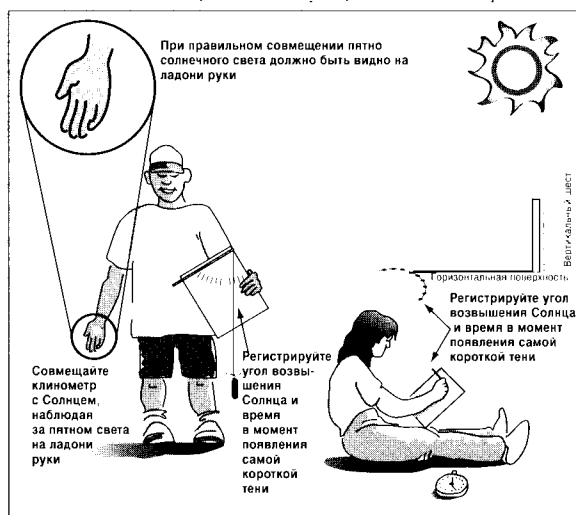
(Учащиеся со средним уровнем подготовки.)

Другой учащийся измеряет угол, указываемый клинометром. Пользуясь клинометром, измерьте угол между горизонтальной поверхностью и направлением на Солнце, округлив результат до ближайшего градуса. ОПАСНО! Не смотрите прямо на Солнце через клинометр! Это вредно для глаз.

Один из учащихся измеряет и отмечает длину тени, отбрасываемой стоящим неподалеку вертикальным шестом.

Регистратор времени, держащий лист регистрации данных, считывает показания часов (время суток). Через каждые четыре минуты в ходе эксперимента он просит учащегося, пользующегося клинометром, и учащегося, измеряющего длину тени, сообщить результаты их измерений.

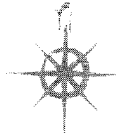
Рис. GPS-L-24. Учащиеся, пользующиеся клинометром.



В клинометре, инструкции по изготовлению которого приведены в главе «Изучение земного покрова и биологические исследования», с целью оптического совмещения используется трубочка для питья. Не пытайтесь смотреть на Солнце через трубочку клинометра! Это вредно для глаз. Вместо этого, держите клинометр в одной руке так, чтобы вы могли видеть пятно солнечного света, проникающего через трубочку, на ладони другой руки (см. рисунок).

### Обмен результатами измерений с учащимися другой школы

Не забудьте проверить, смогли ли учащиеся другой школы произвести измерения в тот же календарный день. Если одна из школ не смогла



провести измерения в связи с ухудшением погоды, обе серии измерений следует повторить в другой день. Почему? Потому что угол возвышения Солнца изменяется каждый день по мере вращения Земли вокруг Солнца.

Две школы могут обменяться всеми полученными результатами, но требуется, как минимум, сообщить учащимся другой школы и получить от них следующие данные.



Время появления самой короткой тени (в единицах всемирного времени).

Длину самой короткой тени.

Угол возвышения Солнца в момент появления самой короткой тени

(*учащиеся со средним уровнем подготовки*).

Высоту шеста.

Направление, в котором отбрасывается тень шеста (северное или южное).



После этого учащиеся обеих школ рассчитывают широту и долготу другой школы.

#### Определение широты другой школы

Солнце находится примерно в 150 миллионах километров от Земли и выглядит с Земли как диск с угловой величиной в половину градуса. Поэтому, в отношении данного занятия, можно допустить, что все лучи света, исходящие от Солнца, параллельны. В любой день года, в момент местного солнечного полудня, угол, под которым лучи солнечного света падают на поверхность Земли, изменяется только в зависимости от широты (см. рис. GPS-L-4). Если мы сравним результаты измерений этого угла, полученные в один и тот же день в разных местах, мы можем определить разницу между широтами этих двух пунктов.



По мере вращения Земли угол, под которым солнечный свет падает на поверхность Земли, меняется; поэтому для того, чтобы результаты наблюдений можно было сравнивать, важно производить наблюдения в двух пунктах в одно и то же время — в момент местного солнечного полудня. В момент местного солнечного полудня Солнце находится прямо над головой или в таком положении, в котором угол, под которым солнечные лучи падают на поверхность Земли, ориентирован с севера на юг. При этом любая разница между положениями Солнца в двух различных пунктах зависит исключительно от разницы между широтами этих пунктов. Угол, под которым солнечные лучи падают на Землю, изменяется так же изо дня в день, по мере того, как Земля совершает оборот вокруг Солнца; таким образом, сравнимые измерения можно производить только в один и тот же день.



Для того, чтобы определить широту другой школы, занесите результаты измерений, полученные вами и учащимися другой школы в местный солнечный полдень, на рабочий лист для регистрации широты, определенной с помощью астронавигационных наблюдений. Просмотрите образец заполненного рабочего листа, а затем выполните требуемые расчеты на бланке рабочего листа. Требуемые операции перечислены ниже.

Операции, выполняемые с данными, полученными учащимися каждой из двух школ.

*(Учащиеся с высоким уровнем подготовки.)*

Рассчитайте угол возвышения Солнца.

*(Учащиеся со средним уровнем подготовки.)*

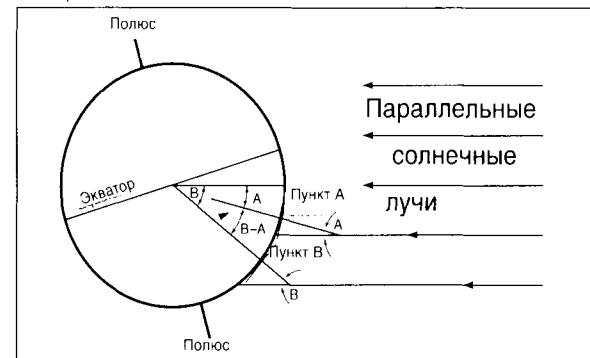
Используйте измеренный угол возвышения Солнца.

Рассчитайте зенитный угол ( $90^\circ$  — угол возвышения Солнца) (в градусах).

Рассчитайте широтную разницу (вычтите величину одного зенитного угла из величины другого).

Рассчитайте широту другой школы.

Рис. GPS-L-25. Взаимосвязь широт и углов возвышения Солнца.



Определите время наступления местного солнечного полудня на основе своих измерений. Момент солнечного полудня наступает, когда отбрасываемая шестом тень становится самой короткой. Если несколько измерений длины тени дали одно и то же наименьшее значение, выберите время, ближайшее к середине периода, в течение которого вы получали одно и то же наименьшее значение длины тени. Выразите значение этого времени в единицах всемирного времени и зарегистрируйте его на рабочем листе для регистрации расчетов, в дополнение к другим результатам измерений, произведенных вами и учащимися другой школы.

Выполните расчеты, указанные на рабочем листе. Учащиеся с высоким уровнем подготовки могут определять угол возвышения Солнца,

выполняя тригонометрические операции, в то время как другие учащиеся используют значения углов, полученные с помощью клинометра.

Нам необходимо найти значение зенитного угла, т. е. угла между направлением на Солнце и вертикальной линией. Этот угол равен разнице между направлением на Солнце и направлением на зенит. Зенитом называется точка, находящаяся прямо над головой, независимо от того, где мы находимся. Установленный вертикально шест указывает на зенит. Так как сумма всех внутренних углов треугольника равна 180 градусам и нам известно, что один из этих углов (между вертикальным шестом и горизонтальной поверхностью Земли) равен 90 градусам, мы можем рассчитать зенитный угол, вычитая известный нам угол возвышения Солнца из суммы двух непрямых углов треугольника, равной 90 градусам.

Почему необходимо найти зенитный угол? Если бы Солнце находилось непосредственно на небесном экваторе (что происходит во время весеннего и осеннего равноденствия, т. е. примерно 21 марта и 21 сентября), лучи Солнца были бы строго параллельны небесному экватору. В этом случае зенитный угол был бы равен широте того места, в котором мы находимся. Угол возвышения Солнца, измеренный учащимися другой школы, позволил бы нам сразу узнать широту этой школы. Тем не менее, во все другие дни года, кроме дней равноденствия, положение Солнца не совпадает с небесным экватором, и его лучи падают на Землю под различными углами. Но в обоих пунктах, где расположены обе школы, одинаково параллельные лучи Солнца падают на Землю в один и тот же день, независимо от расположения школ. Таким образом, вычитая фактический угол возвышения Солнца из зенитного угла, который наблюдался бы в дни равноденствия, мы тем самым можем не учитывать видимое смещение Солнца, вызванное обращением Земли вокруг Солнца, так как это смещение одинаково для наблюдателей из обеих школ. Поэтому мы можем определить разницу между широтами школ в любой день. Зная эту разницу и широту нашей школы (указанную на карте или определенную с помощью приемника), мы можем рассчитать широту другой школы.

### Коррекция данных

Наблюдатели из двух разных школ могут измерять угол возвышения Солнца в различных направлениях с северным или южным склонением, так как Солнце перемещается по одной или по другой половине небесного свода, в зависимости от времени года. Поэтому может

потребоваться определение не разницы, а суммы зенитных углов, определенных учащимися двух школ. То, какой результат потребуется в том или ином случае — разность или сумма, — зависит от взаимоотношения между направлениями теней, отбрасываемых вертикальными шестами. На рабочем листе приведена таблица с указанием условий сложения или вычитания значений углов.

Возможно также, что другая школа находится в другом полушарии Земли. В этом случае окончательное вычитание углов приведет к получению отрицательного значения широты. Для того, чтобы получить положительный результат, представьте себе, что две школы поменялись местами.

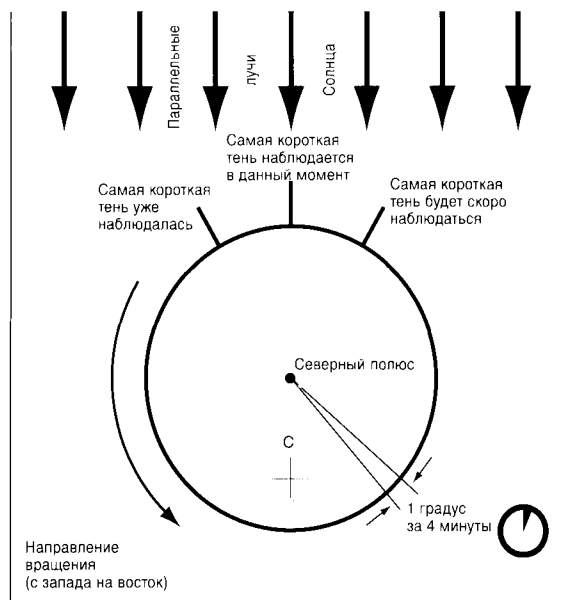
### Определение долготы другой школы

В связи с тем, что мы находимся на планете, совершающей поворот на один градус каждые четыре минуты, определив разницу между значениями времени наступления местного солнечного полудня, зарегистрированными учащимися двух школ, мы можем найти разницу между долготами этих школ. Учащиеся обеих школ должны регистрировать всемирное (гринвичское) время, чтобы измерения производились в общей системе отсчета. Выполните расчеты, указанные на рабочем листе. См. пример выполнения расчетов на образце рабочего листа.

В отношении данных, полученных каждой из двух школ, выполните следующие операции.

Рис. GPS-I-26.

Измерение долготы по углу возвышения Солнца





Определите время местного солнечного полудня (в единицах всемирного времени).

Выразите значения времени как количество минут, прошедших с начала суток (по всемирному времени).

Найдите разницу в минутах между значениями времени местного солнечного полудня, зарегистрированного учащимися двух школ.



Преобразуйте разницу во времени в разницу долгот (один градус соответствует четырем минутам).

Найдите сумму долготы вашей школы и полученного значения разницы долгот или разницу между ними, в зависимости от того, находятся ли две школы в одном полушарии или в двух различных полушариях.



Рассчитайте долготу другой школы.

Все следующие фразы описывают одно и то же явление.

Сутки состоят из 24 часов.

Один полный оборот Земли вокруг своей оси занимает 24 часа.

Поворот Земли на 360 градусов занимает 24 часа.



Поворот Земли на 360 градусов занимает 1440 минут.

Поворот Земли на 1 градус занимает 4 минуты.

Перемещение Солнца по небу с востока на запад на 1 градус занимает 4 минуты.

Каждые 4 минуты Земля поворачивается на 1 градус долготы.



Таким образом, каждые 4 минуты Солнце перемещается на 1 градус.

Время имеет важное значение при расчетах долготы. При расчете широты, однако, основное значение имеет измерение угловой величины. Часы с маятником были изобретены задолго до саморегулирующихся часов с пружинным механизмом. Но часы с маятником работают неудовлетворительно на движущемся или качающемся на волнах судне. До изобретения часов, не требовавших установки маятника, моряки могли определять широту, но не долготу. Эпопея разработки технологии, позволившей решить эту проблему, описывается в книге «Longitude» («Долгота») Давы Собела (1995 г., изд. Walker Publishing Company, Нью-Йорк).



Для того, чтобы не иметь дела с дробными значениями часов, зарегистрированное всемирное время преобразуется в количество минут, прошедшее после начала суток в месте, где расположена каждая из школ. Найдите



разницу между полученными значениями времени, чтобы определить, сколько времени проходит с момента наступления местного солнечного полудня для учащихся одной школы до момента наступления местного солнечного полудня для учащихся другой школы. Так как Земля поворачивается на 1 градус каждые 4 минуты, разделите найденную разницу во времени на четыре, чтобы рассчитать угловую разницу долгот двух школ в градусах.

Наша планета вращается в направлении с запада на восток. Солнце восходит на востоке — это значит, что мы перемещаемся, вместе с поверхностью Земли, навстречу Солнцу, т. е. в восточном направлении. Таким образом, школа, для которой местный солнечный полдень наступает раньше, расположена восточнее другой школы. В зависимости от взаимного расположения школ, находится сумма или разница значений разницы между долготами двух школ и значения долготы вашей школы с тем, чтобы получить долготу другой школы.

### Коррекция данных

Если значение долготы другой школы отрицательно, значит, она находится по другую сторону нулевого меридиана (долготы 0°). В этом случае, чтобы получить положительный результат, представьте себе, что две школы поменялись местами. Если значение составит более 180 градусов, значит, другая школа находится по другую сторону международной линии смены дат. В этом случае представьте себе, что школы поменялись местами, вычтите 360 градусов и получите окончательное положительное значение долготы.

### Сравнение результатов, полученных двумя школами

Свяжитесь с другой школой и обменяйтесь полученными результатами. Что произошло? Правильно ли вы рассчитали координаты другой школы? Если нет, насколько существенна ваша ошибка? Можете ли вы объяснить эту ошибку? Сравните ли ваша ошибка с ошибкой, допущенной Эратосфеном при расчете окружности Земли? Если ваша ошибка сравнима с ошибкой Эратосфена, можете ли вы объяснить, почему это так?

### Вопросы и дальнейшие исследования

В течение многих веков люди определяли свое местоположение на Земле с помощью небесных тел (звезд, Солнца и Луны). Чем отличались методы древних от методов, которые применили мы? Представьте себе, что широта и долгота другой школы равны нулю градусов, и что у нас есть таблица значений углов возвышения Солнца

в местный солнечный полдень, измерявшихся в месте расположения другой школы каждый день в течение всего года. На основе значений углов возвышения Солнца и времени наступления местного солнечного полудня, измеренных в любой точке поверхности Земли, мы можем определить наши координаты, сравнивая измеренные значения со значениями, приведенными в таблице углов возвышения Солнца в местный солнечный полдень в пункте с нулевой широтой и долготой. Такой метод определения местоположения применялся в течение нескольких сот лет, и становился все более точным по мере изобретения более точных часов и более точных методов измерения углов. Математики и астрономы составляют необходимые таблицы на основе понимания пространственных взаимоотношений между Землей и различными небесными объектами. Система глобального позиционирования (GPS) функционирует на основе сходных принципов, с тем исключением, что видимые естественные небесные тела в этой системе заменены искусственными спутниками, передающими радиосигналы.

#### *Как установить точное время на часах?*

Как мы определяем точное время суток? К числу легкодоступных источников информации, позволяющих, как правило, узнать время с точностью до одной секунды, относятся следующие.

Сигналы точного времени передаются каждый час радиостанциями и телевизионными станциями.

Сигналы точного времени передаются различными коротковолновыми радиостанциями.

Компьютерное программное обеспечение сообщает точное время пользователям сети Internet.

Точное время указывается приемниками GPS.

#### **Радиостанции и телевизионные станции**

Местным телевизионным и радиостанциям требуется координация их передач с передачами других станций и используемыми ими источниками информации. Поэтому для них имеет очень большое значение измерение времени с точностью до менее чем одной секунды. Многие коммерческие радиостанции каждый час передают сигнал точного времени, позволяющий правильно устанавливать часы. Существует несколько международных коротковолновых радиостанций, передающих исключительно точное время суток.

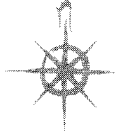
Сколько времени уходит на перемещение радиосигнала от передающей станции до приемника? Если вы находитесь в 100 километрах от радиостанции в момент передачи сигнала точного времени, сигнал, движущийся со скоростью света ( $3,0 \times 10^8$  метров в секунду), принимается вашим радио на одну треть миллисекунды (1 миллисекунда — 1 тысячная часть секунды) позже момента его передачи. Сигнал, поступающий из громкоговорителя радио, распространяющийся со скоростью звука (331 метр в секунду) достигает вашего уха еще через 3 миллисекунды, если вы находитесь на расстоянии 1 метра от вашего радио. Таким образом, любая ошибка, допускаемая при установке времени на часах вручную, скорее всего, будет более значительной, чем количество времени, уходящее на перемещение сигнала от радиостанции до вашего уха.

#### **Компьютерные сети связи**

Вы можете узнать точное время на странице Военно-морского флота США в сети Internet, по адресу <http://tycho.usno.navy.mil>. Программное обеспечение связи вашего компьютера делит потоки цифровых данных на пакеты данных, которые передаются по сети связи с использованием различных маршрутов, на которых происходят неизвестные задержки различной продолжительности. Передача пакетов данных занимает некоторое время. Таким образом, мы не можем быстро и точно определить разницу во времени между моментом появления значения времени на экране компьютера и моментом фактической передачи другим компьютером точного времени в ответ на ваш запрос.

Существует программное обеспечение, которое позволяет регистрировать с помощью сети Internet точное время, переданное другим компьютером. Некоторые виды такого программного обеспечения достаточно сложны — например, производится обмен сообщениями между двумя компьютерами, передающим и принимающим, с определением среднего времени задержки сигнала. После регистрации продолжительности такой задержки, время задержки прибавляется к принимаемому вами значению времени, переданному другим компьютером, с тем, чтобы откорректировать значение времени с учетом различных задержек, происходящих при передаче данных по сети связи.

Астрономы иногда пользуются другими значениями времени — звездным временем, которое синхронизируется с движением звезд. Звездное время отличается примерно на 4 минуты от «гражданского времени» (т. е. от того времени, которое указывают обычные часы), которое



определяется на основе положения Земли по отношению к Солнцу. Точное время можно узнать также на следующих страницах в сети World Wide Web:

<http://www.greenwich2000.com/time.htm>  
[http://www.bldrdoc.gov/doc-tour/atomic\\_clock.html](http://www.bldrdoc.gov/doc-tour/atomic_clock.html)



### Глобальная система позиционирования

Глобальная система позиционирования (GPS) функционирует на основе отсчета времени, так как координаты определяются в этой системе на основе значений задержки сигналов времени, переданных спутниками с установленными на них точными атомными часами. Поэтому приемник GPS может указывать точное время суток. Более сложно устроенные приемники GPS даже корректируют время с учетом задержки, связанной с перемещением сигнала от спутника до приемника, так как расстояние до спутника известно, и на основе этого расстояния можно рассчитать продолжительность задержки (составляющей, как правило, примерно 67 миллисекунд).



### Местное время и всемирное время

В ходе этого занятия учащиеся вашей и другой, находящейся на большом расстоянии школы определяют время наступления местного солнечного полудня, регистрируя местное время суток в момент, когда отбрасываемая вертикальным шестом тень становится самой короткой. На основе этих значений времени определяется разница во времени между моментами наступления местного солнечного полудня в вашем пункте и в пункте, где расположена другая школа.



Так как Солнце находится в зените (прямо над головой) в различное время в пунктах с различной долготой, правительства различных стран мира решили разделить поверхность нашей планеты на 24 временных пояса, шириной примерно 15 градусов долготы каждый (15 градусов долготы соответствует одному часу вращения Земли вокруг своей оси). Таким образом, вполне возможно, что момент времени, когда Солнце достигает наивысшей точки на небосводе (момент местного солнечного полудня) в районе вашей школы, существенно отличается от момента наступления местного солнечного полудня в районе другой школы. Кроме того, другая школа может находиться в другом временном поясе, т. е. часы учащихся другой школы могут показывать время, отличающееся от времени, показываемого вашими часами, на один или несколько часов. Тем не менее, учащиеся обеих школ могут



регистрировать время, пользуясь общей, одинаковой системой отсчета. Это позволит вычитать одно значение времени из другого, определяя разницу во времени.

По причинам исторического характера время, определяемое на меридиане, проходящем через город Гринвич в Англии, считается всемирным стандартным временем. Местные показания времени можно преобразовать в значения всемирного времени, прибавляя или вычитая целочисленное количество часов, в зависимости от временного пояса, в котором вы находитесь.

Количество часов, которые следует прибавлять к местному времени или вычитать из него, чтобы получить всемирное стандартное время, определяется с помощью карты или глобуса, на которых указаны временные пояса; можно также спросить кого-нибудь, кто знает, на сколько часов местное время отличается от гринвичского. Местное время может зависеть также от времени года в тех странах, где применяется различное летнее и зимнее время. Служащим авиакомпаний и метеорологам, как правило, известны местные стандарты, в соответствии с которыми указывается время суток. Большинство приемников GPS можно запрограммировать так, чтобы они указывали местное или всемирное время.

См. адреса страниц в сети World Wide Web, на которых указывается всемирное время.

### Насколько точны полученные результаты?

Какова разница (в градусах) между широтой и долготой другой школы, рассчитанной нами, и ее фактическими координатами? От чего зависит величина этой ошибки? Допустив, что мы правильно выполнили все арифметические операции, и что мы пользовались правильными формулами, существенное смещение координат может являться результатом неточности, допущенной

- при измерении длины тени, отбрасываемой вертикальным шестом;
- при совмещении трубочки клинометра с Солнцем;
- при проверке горизонтальности опорной поверхности или вертикальности шеста;
- при определении времени наступления местного солнечного полудня.

Как определить, какого рода ошибка вызвала дальнейшее расхождение? Представьте себе, что мы производим эксперимент. Приготовьте набор точных результатов измерений, которые мы получили бы в идеальных условиях. Выполните расчеты с использованием этих идеальных значений и убедитесь в том, что вы получаете правиль-

ный, точный результат. После этого приготовьте набор результатов измерений, содержащий только один неточный результат. Размер ошибки должен быть типичным для того метода измерения, который вы применяли на практике. Например, можно добавить несколько миллиметров к значению длины тени (тогда как прибавление 100 метров было бы, конечно, неразумным). Выполните расчеты с использованием этого набора результатов и сравните окончательные результаты с идеальными.

Производя такие расчеты, вы имитируете испытания зависимости результатов вашего эксперимента от ошибок, вызванных различными причинами. В случаях выполнения сложных экспериментов, требующих большого количества измерений и множества расчетов, можно пользоваться компьютерной программой, изменяя значения исходных данных, полученных из различных источников, и определяя расхождения окончательных результатов, вызываемые этими изменениями.

*Имеет ли значение вертикальность установки шеста? Как проверить, установлен ли шест вертикально?*

Проверить вертикальность установки шеста можно с помощью уровня. Шест может быть установлен строго вертикально в плоскости, направленной с севера на юг, но не в плоскости, направленной с востока на запад. Поэтому не забудьте проверить вертикальность шеста уровнем со всех сторон.

Вертикальная линия образуется нитью, натянутой грузиком. Если в качестве шеста используется отрезок узкой трубы, вы можете проверить вертикальность трубы, погрузив в нее грузик уровня. Если труба сориентирована так, что нить уровня точно совпадает с ее центром по всей длине трубы, значит, ваш шест установлен вертикально.

Некоторые люди даже не пользуются шестом, выполняя такие измерения. Они просто подвешивают нить с грузиком к какой-нибудь перекладине или ветке. На нити, на высоте от 1/2 метра до 1 метра над плоской горизонтальной поверхностью, должен быть сделан узел или закреплен другой предмет, отбрасывающий заметную тень. Расстояние по вертикали от плоской поверхности до узла тщательно измеряется и регистрируется. Тем не менее, применение этого метода может оказаться затруднительным в случае, если сильный ветер начнет раскачивать нить с грузиком.

*Почему важна горизонтальность опорной поверхности? Как проверить ее горизонтальность?*

Если футбольный или другой круглый мяч откатывается в сторону, значит, используемая поверхность не горизонтальна. Существуют и более точные методы определения горизонтальности поверхности — например, используется свойство жидкостей образовывать плоскую горизонтальную поверхность. Горизонтальность поверхности можно проверить и с помощью уровня. Постарайтесь установить уровень так, чтобы содержащая жидкость трубки были параллельны проверяемой поверхности.

Капля воды на поверхности принимает сферическую форму, но удерживается на поверхности, даже если она не строго горизонтальна. Дeterгенты и некоторые другие химические вещества уменьшают поверхностное натяжение жидкости. Осторожно поместите щепотку бытового стирального порошка в небольшое количество воды на поверхности. Это должно привести к ослаблению поверхностного натяжения воды, достаточно для того, чтобы вода начала перемещаться, если поверхность не горизонтальна. Этот метод позволяет проверить горизонтальность поверхности и устранить ее наклон, если вы можете перемещать эту поверхность.

Более сложный метод определения опорной горизонтальной плоскости предполагает использование длинной гибкой и прозрачной трубки, почти полностью заполненной жидкостью. Два ученика, каждый из которых удерживает один конец такой трубки так, чтобы жидкость не выливалась, расходятся в противоположные стороны. Независимо от того, на какое расстояние они разойдутся, высота жидкости в трубке, которую они удерживают, останется одинаковой на обоих концах.

Геологи используют вариант этого метода с тем, чтобы выявлять небольшой наклон поверхности земли. Они прокладывают под землей или по поверхности земли горизонтальную трубу длиной до нескольких сотен метров, и заполняют эту трубу водой до половины. Положение концов трубы регулируют так, чтобы не заполненная водой половина трубы просматривалась с одного конца до другого. Если поверхность земли слегка наклонена, даже если угол наклона составляет долю одного градуса, вода перельется к одному из концов трубы. Такая труба с водой представляет собой пример чувствительного



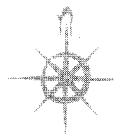
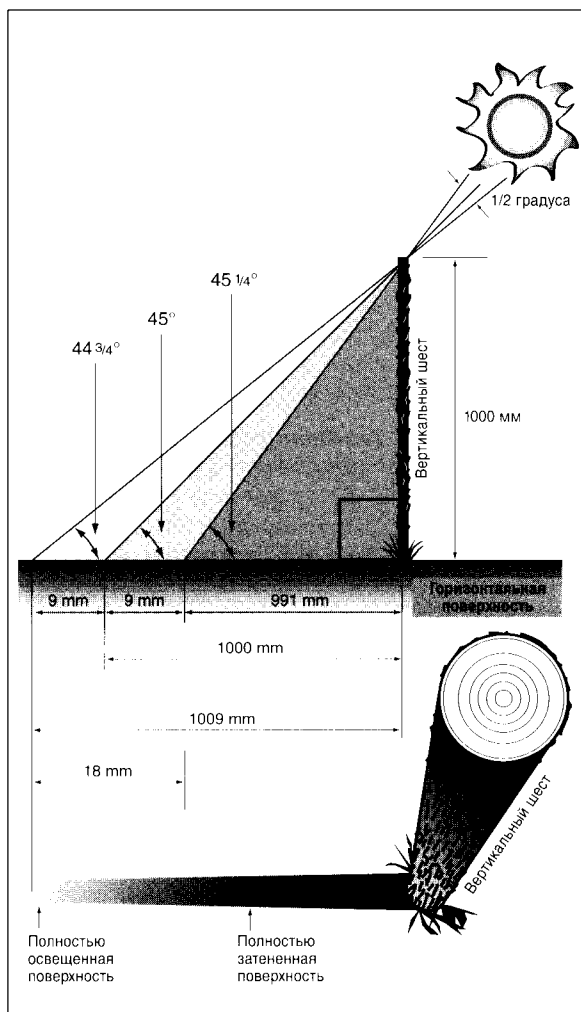


Рис. GPS-L-27. Размытые края теней.



прибора, показания которого значительно изменяются при небольшом изменении измеряемого явления. Вы можете применить этот метод, воспользовавшись длинной прозрачной трубкой небольшого диаметра.

Если шест не установлен строго вертикально, или если опорная поверхность не горизонтальна, при выполнении тригонометрических расчетов величины угла могут возникнуть ошибки. Эта проблема отсутствует в случае измерения угла возвышения Солнца клинометром, но определение длины самой короткой тени более затруднительно при использовании клинометра.

#### Почему края теней размыты?

Наблюдатель, находящийся на Земле и использующий Солнце в качестве источника света, всегда видит тени с размытыми краями. Пользуясь коротким шестом, вы можете не заметить размы-

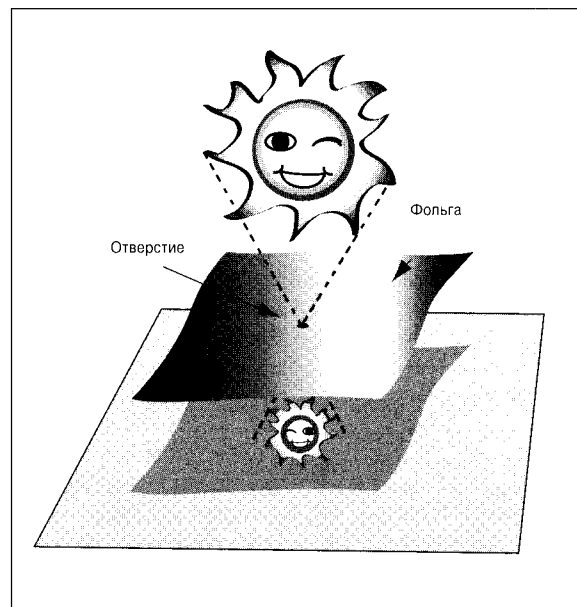
тость края тени, но ни одна тень, отбрасываемая освещенными солнечным светом объектами на Земле, не имеет четких краев.

Почему? Потому что свет Солнца не исходит из точечного источника. Солнечный свет излучается, почти равномерно, диском с угловой величиной в половину градуса (угловая величина Луны почти такая же, что делает солнечные затмения интересным явлением).

Так как смотреть прямо на Солнце вредно для глаз, посмотрите ночью на полную Луну. Свет отражается как от центра, так и от верхней, нижней, правой и левой частей Луны. Весь этот свет падает на вас или на любой другой объект, в связи с чем тени отбрасываются объектами под слегка различными углами.

Например, если вертикальный шест высотой в один метр был бы установлен там, где Солнце на небе занимало бы площадь, описываемую углом в  $45$  градусов, лучи света, проходящие над самой вершиной шеста, выпускались бы различными частями диска Солнца. Лучи, выпускаемые из центра Солнца, падали бы под углом в  $45$  градусов, но лучи, выпускаемые верхней частью солнечного диска, проходили бы над вершиной шеста под более крутым углом, который был бы на одну четверть градуса больше  $45$  градусов ( $45,25$  градуса). С другой стороны, лучи, выпускаемые нижней частью солнечного диска, падали бы на опорную поверхность под более пологим углом ( $44,75$  градуса). Лучи, падающие под более пологим углом, встречались бы с опорной поверхностью на большем расстоянии от шеста ( $1009$  миллиметров), а лучи, падающие под более крутым

Рис. GPS-L-28. Камера-обскура.



углом, — на меньшем расстоянии от шеста (911 миллиметров). Таким образом, расстояние между краем полностью освещенной Солнцем частью опорной поверхности и полностью затененной шестой частью опорной поверхности составит 18 миллиметров (почти 2 сантиметра).

Такая размытость теней приводит к возникновению проблем при измерении длины теней. Длину тени можно измерять до той точки, где поверхность полностью освещена Солнцем, или до края полностью затененной части поверхности. Но в связи с тем, что освещенность поверхности между этими двумя точками постепенно изменяется, у тени нет четко определенного края. Старайтесь измерять длину тени примерно до середины размытого края тени — это позволит производить почти точные измерения углов.

Если человек, производящий измерения на планете, где угловая величина Солнца составляет 45 градусов, стал бы измерять длину тени до полностью освещенного края тени или до полностью затененного края тени, а не до середины размытого края тени, ошибка при измерении угла возвышения Солнца могла бы составить до четверти градуса. Если требуется определить широту пункта, отстоящего на 500 км, такая ошибка в измерении угла соответствует ошибке в 26 километров при расчете расстояния между пунктами.

Эта проблема не существует в отношении звезд. Несмотря на то, что звезды огромны, они настолько далеки, что их кажущаяся угловая

величина составляет менее одной секунды дуги. Поэтому, производя навигационные наблюдения, звезды можно считать точечными источниками света. Кроме того, в качестве точки отсчета можно использовать верхний или нижний край солнечного диска. Инструменты, позволяющие производить такие точные измерения с помощью небесных тел, называются секстанами.

Можно получить изображение Солнца, пользуясь камерой-обскурой. Проткните булавкой маленькое отверстие в алюминиевой фольге. Удерживая фольгу, освещенную Солнцем, над плоской, окрашенной в светлый цвет поверхностью, вы увидите перевернутое изображение Солнца, отображенное на эту поверхность. Это хороший способ получения изображений солнечных пятен или слежения за солнечным затмением.

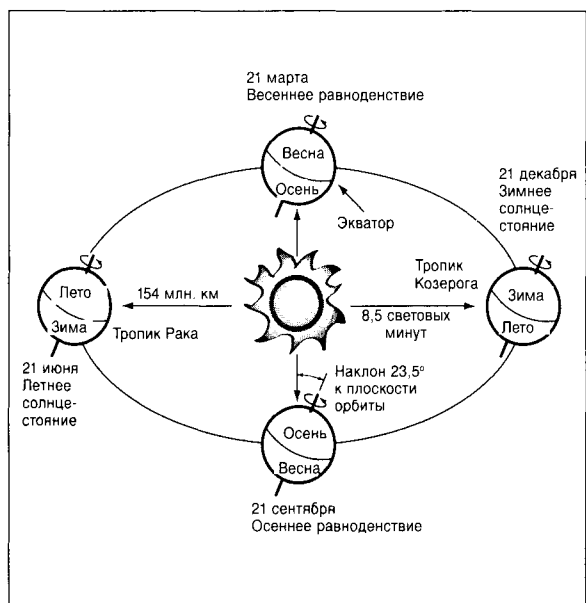
Иногда листва деревьев образует небольшие отверстия, и падающий через них солнечный свет покрывает землю небольшими кружками света. Во время солнечного затмения можно заметить на земле серпообразные отображения части Солнца, не закрытой Луной. Если вы находитесь под густой кроной леса ночью и ваши глаза привыкли к темноте, вы можете заметить отображенные на землю через отверстия в листве четкие серповидные изображения неполной Луны.

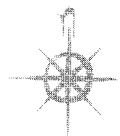
### Почему нельзя определить широту, сделав одно измерение угла возвышения Солнца?

Совершая оборот вокруг Солнца, Земля перемещается с запада на восток на расстоянии примерно 150 миллионов километров от Солнца. При этом ось вращения нашей планеты наклонена примерно на 23,5 градуса по отношению к плоскости ее орбиты. Поэтому, когда Земля находится с одной стороны от Солнца, солнечный свет падает на поверхность северного полушария под более крутым углом, чем на поверхность южного полушария. В это время в северном полушарии наступает лето, а в южном — зима. По мере перемещения Земли к противоположной стороне орбиты времена года меняются. Лето наступает в южном полушарии, и наблюдатель, находящийся в южном полушарии, видит Солнце под более крутым углом.

С наклоном оси вращения Земли связаны некоторые географические и астрономические определения. Северный (арктический) и южный (антарктический) полярные круги находятся, соответственно, на широте 23,5 градуса по отношению к северному и южному полюсам. Начиная с этой широты и до самого полюса на протяжении всей зимы не восходит Солнце.

Рис. GPS-L-29. Взаимное положение Солнца и Земли в разное время года.





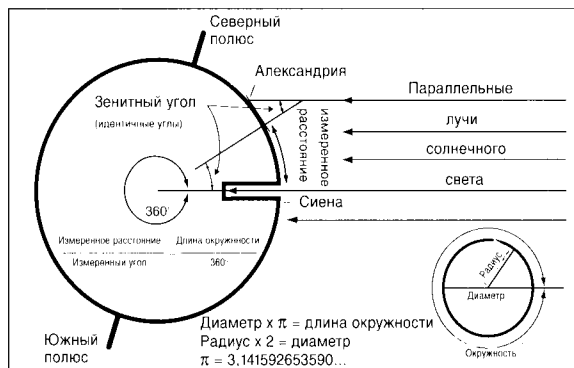
Тропики Рака и Козерога находятся, соответственно, на широте 23,5 градуса к северу и к югу от экватора. Только начиная с этой широты и до экватора можно наблюдать прохождение Солнца через самую высокую точку небосвода. В северном полушарии самое большое возвышение Солнца обычно наблюдается 21 июня. В южном полушарии это происходит 21 декабря. В северном полушарии эти дни называются, соответственно, днями летнего и зимнего солнцестояния. Наблюдателю, находящемуся на экваторе, Солнце кажется находящимся прямо над головой примерно 21 марта и 21 сентября. Эти дни называются днями весеннего и осеннего равноденствия.



В любой точке на поверхности Земли угол возвышения Солнца изменяется с каждым днем в течение всего года, по мере смены времен года. Поэтому, если бы учащиеся вашей школы производили измерение угла возвышения Солнца в один день, а учащиеся другой школы — в другой день, разница между углами, измеренными учащимися обеих школ, объяснялась бы не только широтной разницей между пунктами, в которых находятся эти школы, но и различным возвышением Солнца в различные дни.



Рис. GPS-1.-30. Эксперимент Эратосфена.



Происходящее за одни сутки перемещение Солнца по небосводу, связанное со сменой времен года (с обращением Земли вокруг Солнца), составляет менее одного градуса.



Как высоко поднимается Солнце по небосводу летом и зимой в различных точках поверхности Земли? На экваторе? На северном полюсе? Там, где вы живете? Астрономы разработали уравнения, позволяющие моделировать движение небесных тел. Имеются компьютерные программы, в которых эти уравнения используются для расчета положения Солнца, Луны и других небесных тел с точки зрения наблюдателя, находящегося в любом пункте в любое время года и суток.



Солнечный свет, падающий на землю перпендикулярно, несет около 1000 Ватт солнечной энергии в расчете на каждый квадратный метр ярко освещенной поверхности, т. е. столько же, сколько световой энергии излучали бы 10 обычных (100-ваттовых) электрических ламп, подвешенных над 1 квадратным метром поверхности. При этом площадь поверхности нашей планеты очень велика. Солнечный свет, падающий на поверхность Земли в безоблачный день под углом 45 градусов, несет 700 Ватт энергии в расчете на квадратный метр. Этой разницей в количестве солнечной энергии объясняются наблюдаемые температурные изменения, происходящие по мере смены времен года.

### Как проводил свой эксперимент Эратосфен?

Эратосфен, греческий ученый, жил в третьем веке до нашей эры. Он заметил, что в один определенный день года можно видеть отражение солнечного света от поверхности воды в глубоком колодце, находившемся в городе Сиена, в Египте, т. е. что в этот день Солнце в Сиене находилось прямо над головой наблюдателя. В этот же день был тщательно измерен угол возвышения Солнца в северном портовом городе Египта, Александрии. Было обнаружено, что разница между углами возвышения Солнца, наблюдаемыми в этих двух городах, составляла пятидесятую долю окружности, т. е. примерно 7,2 градуса.

Эратосфен заплатил другому человеку, которому он поручил прийти пешком из Сиены в Александрию и измерить расстояние между этими городами, которое составило 500 стадий. Одна греческая стадия равнялась примерно 185 метрам, или 607 футам. Так как нанятый Эратосфеном человек шагал прямо на север, по мере его перемещения изменялась только широта, но не долгота.

Зная расстояние между двумя точками, лежащими на окружности, и величину угла, описываемого этими двумя точками и центром окружности, можно рассчитать длину окружности. Если допустить, что Земля круглая (а некоторые ученые, вопреки легендам, знали об этом и в древности), можно определить длину окружности Земли на основе информации, полученной Эратосфеном. Эратосфен определил, что длина окружности Земли составляет 250 тысяч стадий, или 44055 км. По современной оценке, длина окружности Земли, в среднем, составляет 40074 км. Таким образом, Эратосфен допустил ошибку, равную примерно 15 процентам полученного результата. Учитывая

уровень техники и научных знаний, существовавший в его время, весьма замечательно, что Эратосфену удалось сделать такой вывод.

Методы, сходные с теми, которые используются в наше время, разрабатывались в течение столетий людьми, занимавшимися навигацией на суше, на море, в воздухе и в космосе. Секстан — переносной теодолит — использовался для измерения углов возвышения небесных тел в навигационных целях. Секстан напоминает самодельный клинометр, но точность его показаний гораздо выше. Правильно пользуясь секстаном, хронометром (точными часами) и вычислительными таблицами, наблюдатель может определять свое местоположение с точностью до двух километров в любой точке земной поверхности. Более подробную информацию см. в ежегодно обновляемом навигационном справочнике Натаниела Боудича «*American Practical Navigator: An Epitome of Navigation*» («Американский навигатор-практик»), изд. Оборонного картографического управления США, г. Бетесда, штат Мэриленд (издается с 1802 г.).

Учащиеся могут найти дополнительные сведения об Эратосфене в сети World Wide Web.

### **Другие вопросы**

Имеют ли смысл полученные нами результаты измерений? Имели ли смысл промежуточные и окончательные расчеты и их результаты? Если нет, можем ли мы выяснить, почему?

Рассчитайте координаты вашей школы на основе данных, полученных учащимися другой школы.

Как изменялась бы длина тени вертикального шеста на полюсах планеты? (Ответ: длина тени была бы одинаковой весь день.)

В какие дни года наблюдаются самые короткие и самые длинные тени?

Перемешаются ли тени в восточном и западном направлениях? Перемешаются, но не намного. Наблюдается ли значительное изменение длины тени или угла возвышения Солнца в течение 20 минут до и после полудня? Наблюдаются, но небольшие? Если у вас есть время, измерьте и зарегистрируйте изменения, происходящие в течение нескольких часов.

# Астронавигация

## Рабочий лист для регистрации результатов измерений

Имя, фамилия: Джордан Малик

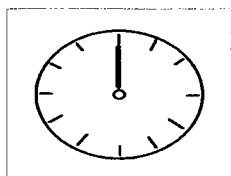
Дата: 19 апреля 1994 г.

Данные регистрируются в течение 20 минут до и после приблизительного момента наступления местного солнечного полудня

Направление тени

Северное или южное

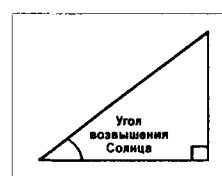
(обведите кружком одно направление)



Часы

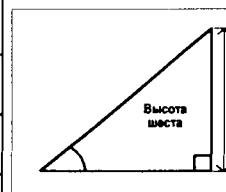


Рулетка или линейка



Клинометр  
(только для учащихся со средним уровнем подготовки)

	Разница по сравнению с местным полуднем (минут)	Местное время суток (часов, минут)	Длина тени (мм)	Угол возвышения Солнца (градусов)
До местного полудня	- 2 0	11:52	454	65
	- 1 6	11:56	451	66
	- 1 2	12:00	448	66
	- 8	12:04	446	66
	- 4	12:08	446	66
Прибл. местный полдень	0	12:12	445	66
	4	12:16	446	66
	8	12:20	447	66
	12	12:24	449	66
	16	12:28	451	66
После местного полудня	20	12:32	455	65



Тригонометрия  
(только для учащихся с высоким уровнем подготовки)

Высота шеста (мм)

1000

# Астронавигация

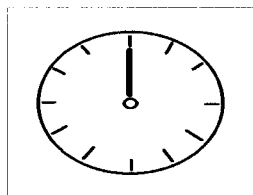
## Рабочий лист для регистрации результатов измерений

Имя, фамилия: \_\_\_\_\_

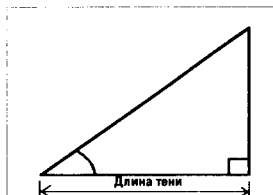
Дата: \_\_\_\_\_

Данные регистрируются в течение 20 минут до и после приблизительного момента наступления местного солнечного полудня

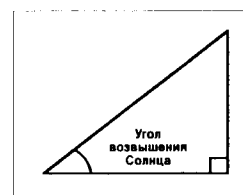
**Направление тени**  
(обведите кружком одно направление)  
Северное или южное



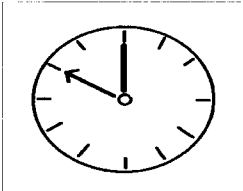
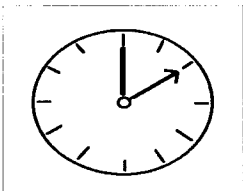
Часы

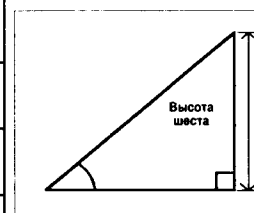


Рулетка или линейка



Клинометр  
(только для учащихся)  
со средним уровнем  
подготовки)

	Разница по сравнению с местным полуднем (минут)	Местное время суток (часов, минут)	Длина тени (мм)	Угол возвышения Солнца (градусов)
До местного полудня	- 2 0			
	- 1 6			
	- 1 2			
	- 8			
	- 4			
Прибл. местный полдень	0			
	4			
	8			
	1 2			
	1 6			
После местного полудня	2 0			



Тригонометрия  
(только для учащихся)  
с высоким уровнем  
подготовки)

Высота шеста (мм)

# Астронавигация

## Рабочий лист для расчета широты

Имя, фамилия: Джордан Малик

Дата: 19 апреля 1994г.

		Наша школа		Другая школа	
Результаты измерений	Широта нашей школы	<u>35,3</u>	(градусов)	Мы рассчитываем широту и долготу другой школы	
	Долгота нашей школы	<u>78</u>	(градусов)		
Уровень подготовки:	Всемирное время в момент наблюдения самой короткой тени	<u>17:12</u>	(часов, минут)	<u>17:37</u>	(часов, минут)
средний	Длина тени в момент наблюдения самой короткой тени	<u>445</u>	(мм)	<u>411</u>	(мм)
высокий	Угол возвышения Солнца в момент наблюдения самой короткой тени	<u>66</u>	(градусов)	<u>not given</u>	(градусов)
	Высота шеста	<u>1000</u>	(мм)	<u>1000</u>	(мм)
	Направление тени, отбрасываемой шестом	<u>Север</u> или Юг		<u>Север</u> или Юг	

Расчет угла возвышения Солнца

Угол возвышения Солнца = арктангенс [высота шеста (мм) / длина тени (мм)]

(Только для учащихся с высоким уровнем подготовки) Угол возвышения Солнца = 66 (градусов) 67,5 (градусов)

Учащиеся с высоким уровнем подготовки используют рассчитанный угол возвышения Солнца во всех расчетах.

Расчет зенитного угла

Зенитный угол — угол при вершине треугольника.

Если Солнце находится на небесном экваторе в момент выполнения измерений, зенитный угол соответствует широте.

Зенитный угол = 90 (градусов) — угол возвышения Солнца (градусов)

Зенитный угол нашей школы	<u>24</u>	(градусов)
Зенитный угол другой школы	<u>22,5</u>	(градусов)

Расчет разницы широт

Так как измерения угла возвышения Солнца производятся в один и тот же день, разница между зенитными углами позволяет определить разницу между широтами нашей и другой школы.

<u>1,5</u> (градусов)	=	Разница широт	=	Зенитный угол нашей школы	-	Зенитный угол другой школы
				<u>24</u> (градусов)	+	<u>22,5</u> (градусов)

В случае получения отрицательного результата сохраняется только абсолютная величина полученного значения.

Если тени отбрасываются в разных направлениях: +  
Если тени отбрасываются в одном направлении: -

Расчет широты другой школы

<u>33,8</u> (градусов)	=	Широта нашей школы	±	Разница широт
		<u>35,3</u> (градусов)	+	<u>1,5</u> (градусов)

Если тени отбрасываются в разных направлениях: -  
Если тени отбрасываются в одном направлении и наш угол возвышения Солнца меньше: -  
их угол возвышения Солнца меньше: +

Коррекция широты

Широта другой школы = 33,8 (градусов) Север или Юг (обведите кружком)

Если полученное значение отрицательно, значит, другая школа находится в противоположном полушарии.

# Астронавигация

## Рабочий лист для расчета широты

Имя, фамилия: \_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_

		Наша школа		Другая школа	
Результаты измерений		Широта нашей школы	<input type="text"/> (градусов)	Мы рассчитываем широту и долготу другой школы	
		Долгота нашей школы	<input type="text"/> (градусов)		
Уровень подготовки:	Всемирное время в момент наблюдения самой короткой тени	<input type="text"/>	(часов, минут)	<input type="text"/>	(часов, минут)
	Длина тени в момент наблюдения самой короткой тени	<input type="text"/>	(мм)	<input type="text"/>	(мм)
средний высокий	Угол возвышения Солнца в момент наблюдения самой короткой тени	<input type="text"/>	(градусов)	<input type="text"/>	(градусов)
	Высота шеста	<input type="text"/>	(мм)	<input type="text"/>	(мм)
		Направление тени, отбрасываемой шестом	<input type="text"/> Север или Юг	<input type="text"/>	Север или Юг

### Расчет угла возвышения Солнца

Угол возвышения Солнца = арктангенс [высота шеста (мм) / длина тени (мм)]

(Только для учащихся с высоким уровнем подготовки) Угол возвышения Солнца =  (градусов)  (градусов)

Учащиеся с высоким уровнем подготовки используют рассчитанный угол возвышения Солнца во всех расчетах.

### Расчет зенитного угла

Зенитный угол — угол при вершине треугольника.

Если Солнце находится на небесном экваторе в момент выполнения измерений, зенитный угол соответствует широте.

Зенитный угол = 90 (градусов) — угол возвышения Солнца (градусов)

Зенитный угол

нашей школы

(градусов)

Зенитный угол

другой школы

(градусов)

### Расчет разницы широт

Так как измерения угла возвышения Солнца производятся в один и тот же день, разница между зенитными углами позволяет определить разницу между широтами нашей и другой школы.

(градусов)

=

Разница широт

=

Зенитный угол

нашей школы

(градусов)

Зенитный угол

другой школы

(градусов)

В случае получения отрицательного результата сохраняется только абсолютная величина полученного значения.

Если тени отбрасываются в разных направлениях: +

Если тени отбрасываются в одном направлении: -

### Расчет широты другой школы

(градусов)

=

Широта другой школы

=

Широта нашей школы

(градусов)

Разница широт

(градусов)

Если тени отбрасываются в разных направлениях: -

Если тени отбрасываются в одном направлении и наш угол возвышения Солнца меньше: -

их угол возвышения Солнца меньше: +

### Коррекция широты

Широта другой школы =  (градусов) Север или Юг (обведите кружком)

Если полученное значение отрицательно, значит, другая школа находится в противоположном полушарии.



# Астронавигация

## Рабочий лист для расчета долготы

Имя, фамилия: Джордан Малик

Дата: 19 апреля 1994 г.

		Наша школа	Другая школа
Результаты измерений	Широта нашей школы	<u>35,3</u> (градусов)	Мы рассчитываем широту и долготу другой школы
	Долгота нашей школы	<u>78</u> (градусов)	
Уровень подготовки:	Всемирное время в момент наблюдения самой короткой тени	<u>17:12</u> (часов, минут)	<u>17:37</u> (часов, минут)
	Длина тени в момент наблюдения самой короткой тени	<u>445</u> (мм)	<u>411</u> (мм)
средний	Угол возвышения Солнца в момент наблюдения самой короткой тени	<u>66</u> (градусов)	<u>not given</u> (градусов)
	Высота шеста	<u>1000</u> (мм)	<u>1000</u> (мм)
высокий	Направление тени, отбрасываемой шестом	<u>Север</u> или Юг	<u>Север</u> или Юг

### Время

	Наша школа	Другая школа
Всемирное время появления самой короткой тени:	<u>17:12</u> (градусов)	<u>17:37</u> (градусов)
Кол-во минут после начала суток: код-во часов x 60 + минуты	<u>1032</u> (минут)	<u>1057</u> (минут)
<u>25</u> (минут) = Разница во времени =	<u>1032</u> (минут)	<u>1057</u> (минут)

В случае получения отрицательного результата сохраняется только абсолютная величина полученного значения.

### Расчет долготы другой школы

$$\begin{aligned}
 & \boxed{6,3} \text{ (градусов)} = \text{Разница долгот} = \frac{\text{Разница во времени } \boxed{25} \text{ (минут)}}{4 \text{ (минуты в расчете на 1 градус вращения Земли)}} \\
 & \boxed{84,3} \text{ (градусов)} = \text{Долгота другой школы} = \boxed{78} \text{ (градусов)} + / - \boxed{6,3} \text{ (градусов)}
 \end{aligned}$$

Если мы находимся в восточном полушарии и  
 наша тень стала короткой раньше: -  
 наша тень стала короткой позже: +

Если мы находимся в западном полушарии и  
 наша тень стала короткой раньше: +  
 наша тень стала короткой позже: -

### Коррекция долготы

Если долгота другой школы меньше 0 градусов, значит, она находится по другую сторону нулевого меридиана. (Сделайте результат положительным, так, как если бы ваша школа находилась в противоположном полушарии.)

Если долгота другой школы больше 180 градусов, значит, она находится по другую сторону международной линии смены дат. (Вычтите 360 градусов и сделайте результат положительным, так, как если бы ваша школа находилась в противоположном полушарии.)

Долгота другой школы = 84,3 (градусов)      Восток или Запад (обведите кружком)

# Астронавигация

## Рабочий лист для расчета долготы

Имя, фамилия: \_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_

		Наша школа		Другая школа		
Результаты измерений	Широта нашей школы	<input type="text"/>	(градусов)	Мы рассчитываем широту и долготу другой школы		
	Долгота нашей школы	<input type="text"/>	(градусов)	<input type="text"/>	(градусов)	
	Уровень подготовки:	Всемирное время в момент наблюдения самой короткой тени	<input type="text"/>	(часов, минут)	<input type="text"/>	(часов, минут)
	средний	Длина тени в момент наблюдения самой короткой тени	<input type="text"/>	(мм)	<input type="text"/>	(мм)
	высокий	Угол возвышения Солнца в момент наблюдения самой короткой тени	<input type="text"/>	(градусов)	<input type="text"/>	(градусов)
		Высота шеста	<input type="text"/>	(мм)	<input type="text"/>	(мм)
		Направление тени, отбрасываемой шестом	<input type="text"/> Север или Юг		<input type="text"/> Север или Юг	

### Время

	Наша школа	Другая школа
Всемирное время появления самой короткой тени:	<input type="text"/> (градусов)	<input type="text"/> (градусов)
Кол-во минут после начала суток: код-во часов x 60 + минуты	<input type="text"/> (минут)	<input type="text"/> (минут)
<input type="text"/> (минут) = Разница во времени =	<input type="text"/> (минут)	<input type="text"/> (минут)

В случае получения отрицательного результата сохраняется только абсолютная величина полученного значения.

### Расчет долготы другой школы

$$\begin{aligned}
 & \text{Долгота нашей школы} \quad \text{Разница долгот} \quad = \quad \text{Разница во времени} \quad \frac{\text{Разница во времени}}{4 \text{ (минуты в расчете на 1 градус вращения Земли)}} \\
 & \text{Долгота нашей школы} \quad \text{Долгота другой школы} \quad = \quad \text{Долгота нашей школы} \quad + / - \quad \text{Разница долгот} \\
 & \text{Долгота другой школы} \quad \text{Долгота другой школы} \quad = \quad \text{Долгота нашей школы} \quad + / - \quad \text{Разница долгот}
 \end{aligned}$$

Если мы находимся в восточном полушарии и наша тень стала короткой раньше: -  
наша тень стала короткой позже: +

Если мы находимся в западном полушарии и наша тень стала короткой раньше: +  
наша тень стала короткой позже: -

### Коррекция долготы

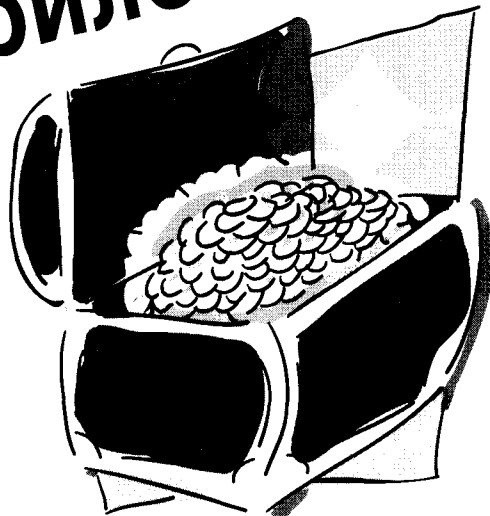
Если долгота другой школы меньше 0 градусов, значит, она находится по другую сторону нулевого меридиана. (Сделайте результат положительным, так, как если бы ваша школа находилась в противоположном полушарии.)

Если долгота другой школы больше 180 градусов, значит, она находится по другую сторону международной линии смены дат. (Вычтите 360 градусов и сделайте результат положительным, так, как если бы ваша школа находилась в противоположном полушарии.)

Долгота другой школы =  (градусов)      Восток или Запад (обведите кружком)



# Приложение



*Исследования с помощью GPS:  
рабочий лист регистрации данных*

*Измерения с помощью GPS со смещением координат:  
рабочий лист регистрации данных*

*Глоссарий*

*Страницы программы GLOBE в сети Web для ввода  
информации в базу данных*

# Исследования с помощью GPS

## Рабочий лист ввода данных

Наименование участка: \_\_\_\_\_ Регистратор данных \_\_\_\_\_  
 Наименование школы: \_\_\_\_\_ Время регистрации Год \_\_\_\_\_ День \_\_\_\_\_ Месяц \_\_\_\_\_  
 Адрес школы: \_\_\_\_\_  
 Обведите кружком название участка: \_\_\_\_\_  
 Биология Земной покров Гидрология  
 Атмосфера Влажность почвы  
 Характеристики почвы Школа Другой участок \_\_\_\_\_

Промежутки между измерениями должны составлять не менее 1 минуты.  
 Регистрируйте следующие значения, указанные на экране «Location 1»  
 приемника Magellan Trailblazer XL.

№ ИЗМ.	ШИРОТА Градусов, минут, сек. (N), южн. (S)	ДОЛГОТА Градусов, минут, зап. (W), вост. (E)	ВЫСОТА Метров	ВРЕМЯ Часов, минут, секунд всемирного времени	КОЛ-ВО СПУТНИКОВ	ПИКТОГРАММЫ Обведите кружком появляющиеся на дисплее пиктограммы
1	33 46.55 N	84 23.84 W	318	14:33:00	4	
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

← Усредненные значения

Высота

Долгота

Широта

Владелец приемника GPS

UNAVCO/Globe → ИЛИ → ШКОЛА

Magellan

Trailblazer XL

№ на ярлыке UNAVCO

Изготовитель

Номер модели

Серийный номер

UNAVCO

(303) 497-8003

[gretchen@unavco.ucar.edu](mailto:gretchen@unavco.ucar.edu)

<http://www.unavco.ucar.edu>

# Измерения с помощью GPS со смещением координат

## Рабочий лист ввода данных

### Измерения

Пункт со смещенными координатами:

Измеренная широта: =  (градусов)

Измеренная долгота: =  (градусов)

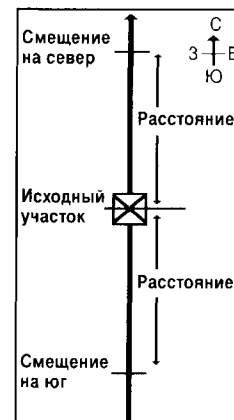
Направление к исходному участку:  (Север или Юг)

Расстояние: =  (метров)

Обведите кружком

минут С или Ю

минут З или В



### Расчеты

Изменение широты:  $\frac{\text{Измеренное расстояние (метров)}}{1855 \text{ метров в минуту}} = \text{Изменение широты (минут)}$

- если смещенный участок дальше от экватора  
+ если смещенный участок ближе к экватору

Широта исходного участка в минутах: =  +/-  =  минут

С округлением до 0,01 минуты: =  минут

Широта и долгота исходного участка в градусах и минутах:

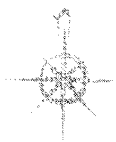
Широта исходного участка =  (градусов)

минут С или Ю

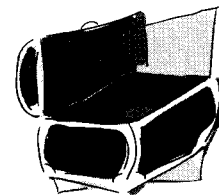
Долгота исходного участка =  (градусов)

минут З или В

(Долгота исходного участка та же, что и долгота пункта со смещенными координатами)



# Глоссарий



## Вопроизводимость (повторяемость) показаний

Мера повторяемости результатов наблюдений, позволяющая определять, насколько индивидуальные измеренные значения отклоняются от усредненного значения, полученного на основе всех результатов измерений в случае многократного повторения измерений.



## Гистограмма

Столбцовый график распределения частоты, позволяющий определить, как часто то или иное число появляется во множестве чисел.



## Долгота

Выраженная в градусах величина угла, откладываемого от центра планеты к востоку или к западу, в плоскости, перпендикулярной оси вращения планеты. На земле нулевой долготой (нулевым меридианом) считается направленная с севера на юг линия, проходящая через город Гринвич в Англии (долгота 0°). Противоположный меридиан (долгота 180°) называется Международной линией смены дат.



## Зенитный угол

В ходе измерения угла возвышения Солнца зенитным углом называется угол между вертикалью и направлением на Солнце (угол, обратный углу возвышения Солнца). В навигации этот угол называют также «зенитным расстоянием». В дни весеннего и осеннего равноденствия этот угол соответствует широте наблюдателя. Зенитом называется точка небосвода, расположенная прямо над головой, независимо от местоположения наблюдателя. Сумма угла возвышения Солнца и зенитного угла равна 90°.



## Магнитное склонение

Магнитное склонение, называемое также «магнитной вариацией» — угол между магнитным и географическим (совпадающим с осью вращения) полюсом, зависящий от места расположения наблюдателя. Магнитное склонение выражается в градусах восточной или



западной долготы и указывает истинное направление на север по сравнению с направлением на магнитный северный полюс. Магнитные полюса Земли медленно перемещаются, и в настоящее время северный магнитный полюс находится на Северо-западных территориях Канады, будучи смещен по отношению к географическому северному полюсу примерно на 11 градусов. Кроме того, магнитные свойства Земли слегка изменяются в зависимости от ее геологической структуры в различных регионах, что приводит к индивидуальному искажению магнитного поля Земли в каждом индивидуальном пункте. Значения магнитных склонений, соответствующих таким искажениям, приводятся на навигационных картах.

## Магнитный компас

Переносной прибор, указывающий угловую ориентацию вращающегося легкого магнита. Так как Земля представляет собой огромный магнит, магнитная стрелка компаса указывает на магнитные полюса Земли, которые, как правило, обозначаются как северный и южный.

## Меридиан

Дуга (полуокружность) с постоянной долготой, соединяющая два полюса Земли и лежащая на окружности Земли, пересекающей оба полюса и экватор.

## Навигация

Комплекс научных и технических методов определения направления (курса), местоположения (координат) и пройденного расстояния.

## Направление

Абсолютное направление

Измеряется по отношению к согласованному неподвижному пункту.

Относительное направление

Измеряется по отношению к определенному случайно выбранному пункту, например, по отношению к пункту, в котором находится наблюдатель.

### Равноденствие

Один из двух дней в году, когда Солнце находится непосредственно на небесном экваторе; равноденствие наступает, как правило, 21 марта (весеннее равноденствие) и 23 сентября (осеннее равноденствие). В эти дни продолжительность дня и ночи одинакова.

### Разрешение (прибора)

Наименьшее изменение параметра, отражаемое показаниями прибора.

### Система глобального позиционирования (GPS)

Система глобального позиционирования (GPS) — навигационная система, включающая 24 спутника, выведенных на орбиту вокруг Земли высотой 20 200 километров. Пользуясь сигналами времени, которые передаются спутниками GPS, приемники GPS рассчитывают широту, долготу и высоту над уровнем моря.

### Солнцестояние

Один из двух дней в году, когда находящееся в зените Солнце наиболее удалено от небесного экватора; солнцестояние наблюдается, как правило, 21 июня и 22 декабря, т. е., соответственно, в самый длинный и в самый короткий день года, если вы не находитесь на экваторе Земли и живете в северном полушарии.

### Спутник

Любое небесное тело, вращающееся по орбите вокруг другого, более крупного тела.

### Точность

Разница между указанным измеренным значением и истинным значением.

### Тригонометрия

Математическая дисциплина, в которой изучаются взаимоотношения элементов и свойств треугольников и методы применения этих взаимоотношений, называемых тригонометрическими функциями. Тригонометрические методы позволяют соотносить угловые величины с длинами различных сторон треугольника.

### Угол возвышения Солнца

Угол между горизонтальной плоскостью (поверхностью земли) и направлением на Солнце.

### Уровень (отвес)

Нить с грузиком, образующая вертикальную линию. Грузики обычно изготавливаются из свинца.

### Усреднение

Метод, позволяющий описывать множество чисел одним числом. Среднее значение рассчитывается посредством суммирования набора значений и деления полученной суммы на количество слагаемых.

### Участок (пункт) со смещенными координатами

Участок, на котором возможны успешные измерения координат с помощью GPS, находящийся непосредственно к северу или к югу от исходного участка.

### Широта

Выраженная в градусах величина угла, откладываемого от центра планеты к северу или к югу от экватора планеты. Широта измеряется, начиная с экватора Земли (0°) до северного и южного полюсов (90°).

### Угловые величины, расстояния по окружности (дуги) и их взаимоотношения

#### Градус (°)

Окружность можно разделить на 360 градусов (или на 400 градов либо на  $2\pi$  радиан). Один градус можно разделить на меньшие доли — десятичные доли градуса (как, например, в числе 25,2525°) или на минуты и секунды (как, например, в числе 25° 15' 9").

#### Минута (минута дуги, ')

Один градус можно разделить на 60 минут. Таким образом, окружность описывается углом в 360 x 60 минут, или 21600 минут дуги (21600').

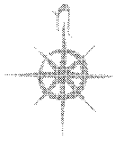
#### Секунда (секунда дуги, ")

Одну минуту дуги можно разделить на 60 секунд. Таким образом, в одном градусе содержится 60 x 60, т. е. 3600 секунд, а окружность описывается углом в 1296000 секунд (1296000").

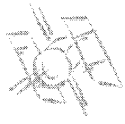
#### Радян

Единица угловой величины, равная углу, описываемому центром окружности и дугой, длина которой равна радиусу окружности. Длина окружности равна  $2\pi$  радиан или 360°. Один радиан равен





примерно  $57,3^\circ$ . Например, угол величиной  $25^\circ 15' 9''$  равен 25,2525 десятичного градуса, или примерно 0,4407 радиана. Число  $\pi$  — иррациональное число (т. е. число, которое не может быть выражено как соотношение двух целых чисел, и поэтому выражается десятичной дробью с бесконечным числом знаков после запятой, не повторяющихся циклически). Число  $\pi$  можно записать только с точностью до определенного знака после запятой, например: 3,141592653590. Число  $\pi$  было рассчитано с точностью до миллионов знаков после запятой, но точность приведенного выше значения достаточна для расчетов расстояний в масштабе Солнечной системы с получением результатов с ошибкой в пределах одного метра.



### Системы отсчета времени

#### Местный солнечный полдень

Время суток, в которое в данном пункте наблюдается наибольшее возвышение Солнца. Этот момент времени зависит от местоположения наблюдателя и изменяется примерно в пределах получаса на протяжении года.



#### Среднее солнечное (поясное) время (гражданское время)

Время суток, которое, как правило, указывается используемыми в бытовых условиях часами. В соответствии с показаниями среднего (поясного) времени, ежегодное *среднее* положение Солнца на небосводе остается неизменным в одно и то же время суток, а в полдень по среднему (поясному) времени соответствует максимальному возвышению Солнца на небосводе в пределах соответствующего временного пояса. Время в каждом временном поясе отличается от времени в следующем или предыдущем временном поясе на один час; при этом один час соответствует 15 градусам долготы, с некоторыми исключениями, введенными правительствами с целью приведения временных поясов в соответствие с местными административными требованиями или географическими характеристиками. Среднее (поясное) время можно соотнести со всемирным (гринвичским) временем, определив расстояние от вас до нулевого меридиана Земли и выразив это расстояние как количество дуг величиной



15 градусов каждая или как количество временных поясов, отделяющих вас от Гринвича. Всемирное время и среднее (поясное) время не следует путать со звездным временем (используемым астрономами), которое определяется в зависимости от циклического обращения небесных тел по мере обращения Земли вокруг Солнца. Сутки по звездному времени примерно на 4 минуты короче суток, определяемых по среднему (поясному) времени.

#### Всемирное (гринвичское) время

Всемирное время (UT), известное также под наименованиями «гринвичского среднего времени» (GMT) или (в авиации) «времени Зулу» (Zulu) — время суток, определяемое ежегодным *средним* положением Солнца на небосводе в полдень на нулевом (гринвичском) меридиане.

#### Последствия наклона оси вращения Земли на $23,5$ градуса по отношению к плоскости солнечной орбиты Земли

#### Северный (арктический) и южный (антарктический) полярные круги

Широты от  $66,5$  градуса северной широты до северного полюса Земли и от  $66,5$  градуса южной широты до южного полюса Земли, на которых Солнце не восходит всю зиму и не заходит все лето.

#### Тропики Рака и Козерога

Широты от экватора Земли до  $23,5$  градуса северной и южной широты, на которых Солнце в то или иное время года наблюдается точно в зените (в наивысшей точке небосвода).



## Страница для определения участка исследований

- Участок, на котором находится школа
- Участок для регистрации температуры, количества осадков и результатов наблюдений за облаками
- Участок для измерения характеристик поверхностных вод
- Участок для определения характеристик почвы
- Участок для измерения влажности почвы
- Участок для биологических наблюдений

Для того, чтобы определить координаты участка изучения земного покрова, выберите щелчком мыши участок определения количественных характеристик земного покрова или участок определения качественных характеристик земного покрова



NOAA/Forecast Systems Laboratory, Boulder, Colorado

## Исследования с помощью GPS




### Страница для ввода координат школы

#### Время проведения измерений

Год  Месяц  День  Час  Всемирное время

Текущее время 1997 June 18, 21 UT

#### Наименование участка: наименование школы

Введите максимальное возможное количество информации. Если вы получите дополнительные данные, нажмите  (кнопку ввода), и вызовите окно редактирования "Edit a Study Site".

Источник данных  Другой источник

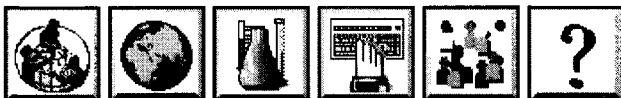
Широта  гр.  мин.  северн.  южн. широты

Введите данные в формате "56 гр. 12.84 мин." и **отметьте**, "северной" или "южной" широты.

Долгота  гр.  мин.  вост.  зап. долготы

Введите данные в формате "102 гр. 43.90 мин." и **отметьте**, "восточной" или "западной" долготы.

Высота  метров над уровнем моря



NOAA/Forecast Systems Laboratory, Boulder, Colorado