Что такое космические лучи?!

Автор: Хайанон (Hayanon)
Перевод: Е.А. Сигаева
Куратор: М.И. Панасюк

Рентгеновское излучение: ближайший родственник космических лучей

Вы когда-нибудь посещали рентгеновский кабинет в поликлинике? В 1896 году немецкий исследователь Вильгельм Конрад Рентген удивил весь мир, получив при помощи рентгеновского излучения изображение костей скелета. В то время он изучал еще не известное излучение, возникающее при работе с катодно-лучевой трубкой и назвал его x-излучением (X-rays). Вследствие своей высокой проникающей способности x-излучение, получившее в дальнейшем в России название рентгеновского излучения, почти беспрепятственно проникает сквозь мышечную ткань. Вскоре после открытия выяснилось, что в чрезмерных дозах рентгеновское излучение может нанести вред здоровью.

В том же году французский ученый Антуан Анри Беккерель обнаружил, что соли урана также испускают загадочные лучи. К его удивлению они могли проникать сквозь оберточную бумагу и засвечивать фотопластинки. По своим характеристикам это излучение сходно с рентгеновским, однако было определено как нечто, отличное от него.

Испускание излучения торием было обнаружено Герхардом Калом Шмидтом в Германии и Марией Кюри во Франции в 1898 году. Это загадочное явление получило название «радиоактивность». Марии Кюри принадлежат открытие радия и полония. Благодаря очень высокой интенсивности излучения, которая оказалась в несколько десятков тысяч раз выше, чем у урана, радий начали использовать для различных исследований.

Ученые выделили три типа радиоактивности: положительно заряженные альфа-частицы, отрицательно заряженные бета-частицы и незаряженные гамма-лучи. В 1903 году Мария Кюри, ее муж Пьер Кюри и Антуан Беккерель получили Нобелевскую премию по физике «за выдающиеся заслуги в совместных исследованиях явлений радиоактивности». Позднее, в 1911 году, Мария Кюри удостоилась еще одной Нобелевской премии, на этот раз по химии.

Определенные типы радиоактивного излучения, в том числе и рентгеновское излучение, в настоящее время используются в различных медицинских целях: для исследования внутренних органов и скелета, для лечения онкологических заболеваний и т.д. Однако если дозу излучения не контролировать, оно может быть крайне опасным. Работы Марии Кюри с радием позднее привели к крупному открытию радиоактивного излучения космического происхождения. Открытие космических лучей принадлежит австрийскому физику Виктору Францу Гессу. Хотя космические лучи обладают высокой проникающей способностью, они не могут навредить человеку благодаря земной атмосфере.

Однако, вне атмосферы Земли, например, для космонавтов, космические лучи представляют реальную угрозу. И, работая на орбите, они должны защищаться от их вредного воздействия.

Итак, что же такое космические лучи? В этой брошюре ты найдешь ответ на этот вопрос с помощью своих друзей Мол и Мирубо.

Крошечные загадочные частицы постоянно падают на Землю из космического пространства.
Это – космические лучи!
Урааа! Я их поймал!
Мирубо – собака-робот.
На что ты смотришь, Мирубо?
На космические лучи!
Мол - девушка, интересующаяся наукой

Космические лучи? Звучит захватывающе! Мы отправляемся в открытый космос?
Нет! Я ведь только начинающий астронавт, для полета в космос еще рановато.
Ну ладно, так что же тогда такое «космические лучи»?
Я рад, что ты спросила. Они состоят из крошечных частиц, их размер – около одной триллионной доли миллиметра.
Они слишком малы, чтобы различить их человеческим глазом, Мол. Вот мои супер-пупер глаза могут их видеть.
Ох, он опять меня смешит!
Мирубо, это не честно!!! Я тоже хочу посмотреть на них!
Вот космические лучи! И вот...
Как это несправед-ливо!
Я пойду поговорю с Учителем...

ОСТОРОЖНО! Обращайтесь с сухим льдом аккуратно, не прикасайтесь к нему руками.

Выключим свет и осветим фонарем облако паров спирта в стакане. Если внимательно наблюдать, ты увидишь...
Хм-м-м...
Ух ты!
Вспышка!!
ИСКРА
Ой-ей-ей, а что это за вспышка?!
Это след частицы космических лучей (его называют треком), которая прошла сквозь стакан.
Ух ты! Я видела космические лучи...
В смысле след частицы космических лучей.
Идея создания диффузионной камеры пришла в голову шотландскому физику Чарльзу Вильсону, за что он был удостоен Нобелевской премии в 1927 году.
Устройство камеры очень простое, и ее легко сделать самостоятельно.

На твой стол каждую секунду падает около 140 частиц космических лучей.
Ух ты, неужели правда?
Да, я их отчетливо вижу.
А откуда берутся космические лучи?

Существует два типа космических лучей: солнечные и галактические.
Солнечные космические лучи приходят на Землю через несколько часов после того, как они образовались на Солнце.
Галактические космические лучи образуются в области сверхновых звезд...
...и их путешествие к Земле занимает более 10 миллионов лет.

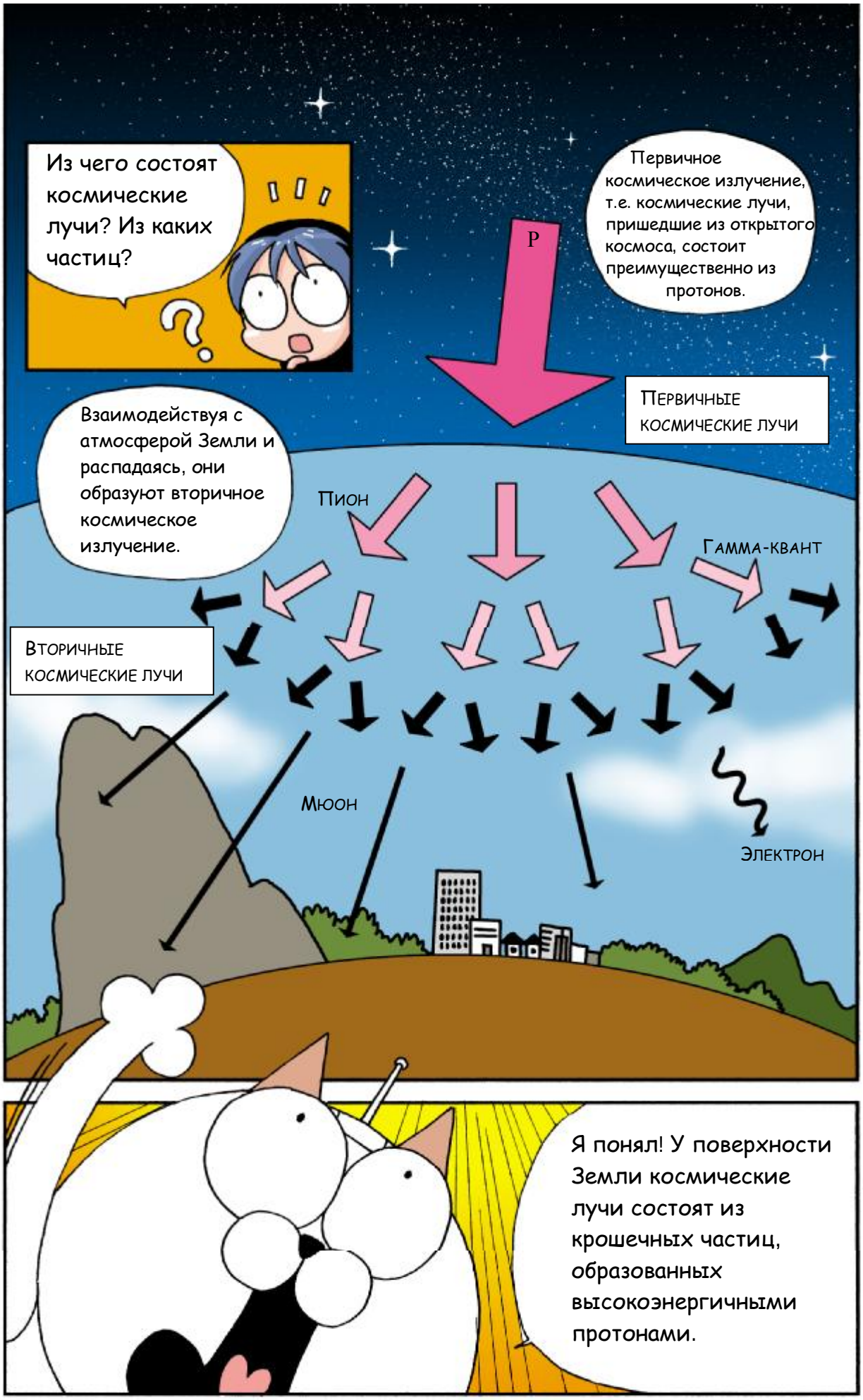
Они падают на поверхность Земли со скоростью, близкой к скорости света.

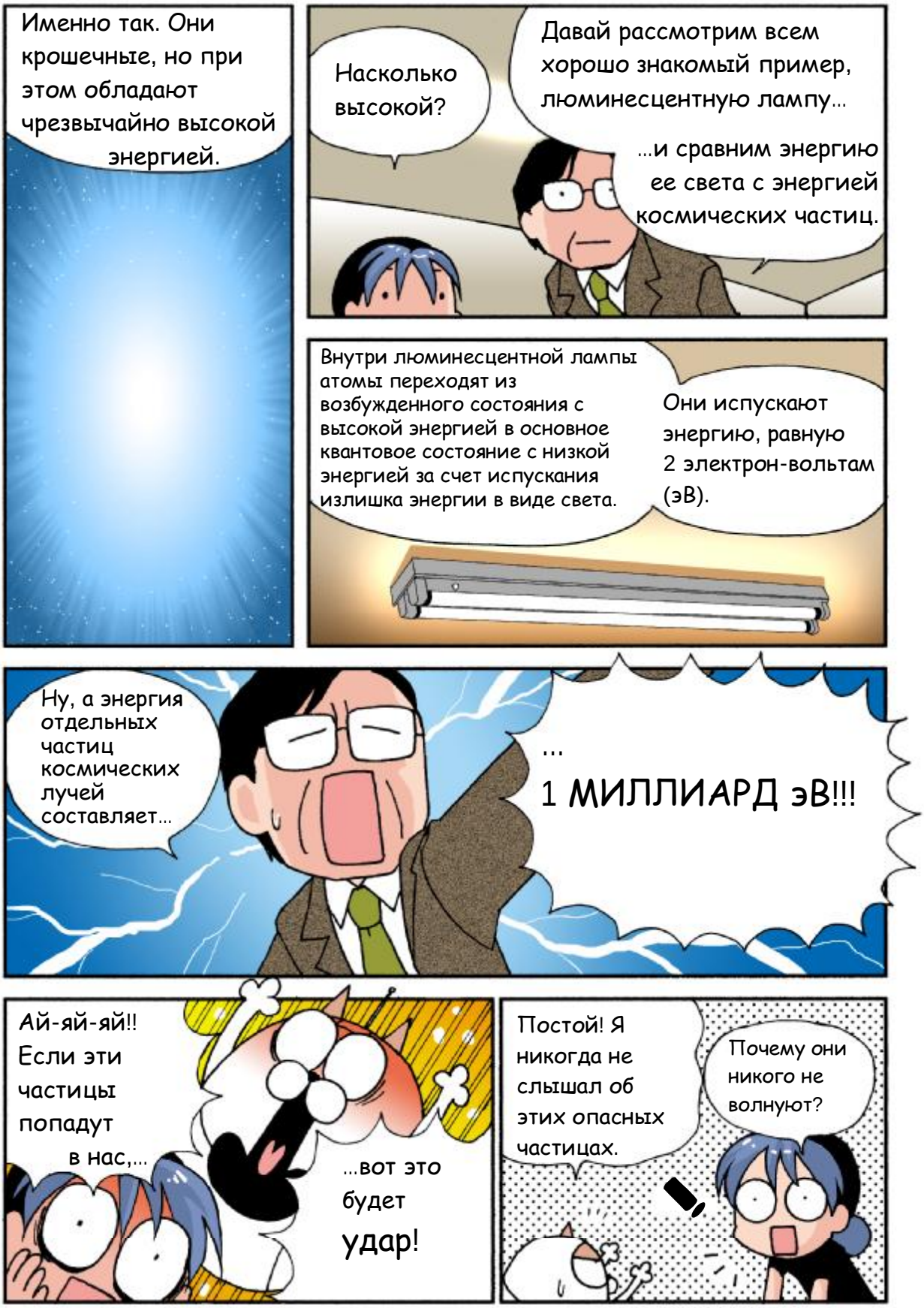
Я знаю!
Мы увидим больше треков, если проведем эксперимент снаружи, правда?

Не имеет значения, будем мы проводить эксперимент в здании, или на улице.
Космические лучи беспрепятственно проникают в здание. Они с легкостью проходят сквозь почву, цемент, и даже сквозь наши тела.
Упс! Неужели это правда?
Что-то я этого не замечаю.
Ты должна была знать об этом!

Насколько я помню, космические лучи радиоактивны.
Правда?!

Не стоит волноваться. Поскольку мы находимся на Земле, они не могут угрожать нашей жизни.
Какое облегчение.
Не смей пугать меня.


Из чего состоят космические лучи? Из каких частиц?
Первичное космическое излучение, т.е. космические лучи, пришедшие из открытого космоса, состоит преимущественно из протонов.
P
Первичные космические лучи
Взаимодействуя с атмосферой Земли и распадаясь, они образуют вторичное космическое излучение.
Пион
Гамма-квант
Вторичные космические лучи
Мюон
Электрон
Я понял! У поверхности Земли космические лучи состоят из крошечных частиц, образованных высокоэнергичными протонами.


Именно так. Они крошечные, но при этом обладают чрезвычайно высокой энергией.
Насколько высокой?
Давай рассмотрим всем хорошо знакомый пример, люминесцентную лампу...
...и сравним энергию ее света с энергией космических частиц.
Внутри люминесцентной лампы атомы переходят из возбужденного состояния с высокой энергией в основное квантовое состояние с низкой энергией за счет испускания излишка энергии в виде света.
Они испускают энергию, равную 2 электрон-вольтам (эВ).
Ну, а энергия отдельных частиц космических лучей составляет...
...
1 МИЛЛИАРД эВ!!!
Ай-яй-яй!! Если эти частицы попадут в нас,...
...вот это будет удар!
Постой! Я никогда не слышал об этих опасных частицах.
Почему они никого не волнуют?

Частицы космических лучей обладают высокой энергией, однако их очень мало.
Учитывая размер Земли, достигающих ее частиц космических лучей слишком мало, чтобы они могли как-то воздействовать на нас.

Это все равно, что считать, будто бы одной капли дождя достаточно, чтобы спастись от засухи.
О, я понял... Это и вправду совсем мало.

То есть космические лучи совсем слабые! Я думала, они со своей энергией хоть на что-то способны!
Ты права, Мол.

Они приходят к нам так издалека, и оказываются такими бесполезными?
На них можно не обращать внимания. Они незваные гости на нашей Земле.
Это не смешно!

Не торопитесь с выводами. Они вполне могут нам во многом помочь.
Ах, но как?!
Мюоны космических лучей способны проникать на глубину до 1 км в горные породы.
Используя такое преимущество, мы можем изучать...
?
внутреннее строение египетских пирамид и состояние вулканической магмы.
Космические лучи могут помочь нам искать воду под поверхностью Марса и Луны.
Удивительно! Я никогда бы об этом не подумал.

Я надеюсь, что в будущем, с развитием космических исследований...
люди будут использовать космические лучи для решения многих других задач.
Это звучит так, будто мы собираемся расшифровывать сообщения из космоса.
Послания из космоса... Это вдохновляет!
Классно!
Мне так хочется схватить и обнять космические лучи. Вы – посланники Вселенной!
Ах, если бы ты только могла, Мол. Но они ведь проходят сквозь тебя.

Что такое космические лучи?

Я хочу узнать побольше о космических лучах. Прежде всего, какова их энергия?

Энергия космических лучей более, чем в тысячу раз превышает энергию других естественных источников радиации. Для космических лучей ультравысоких энергий это превышение достигает 10 миллиардов раз.

Ух ты, что дает им такую высокую энергию?

Отличный вопрос, Мол. Космические лучи получают энергию при столкновениях с другими частицами.

А откуда они приходят?

Они рождаются на Солнце, далеких звездах и в далеких галактиках.
Они появляются во время солнечных вспышек и взрывов сверхновых.

Их можно увидеть? Какого они цвета, формы, запаха?

Я могу их видеть, но я не знаю их цвета и запаха. Во всяком случае, они точно пахнут не так, как ростбиф.

Космические лучи состоят из очень маленьких частиц, и их нельзя увидеть даже в микроскоп. У них нет цвета и запаха. Но существуют специальные приборы, один из которых называется диффузионной камерой, и он может помочь нам увидеть их.
Они приходят из космоса со скоростью, приблизительно равной скорости света, и поливают нашу Землю, как из душа.

А как насчет Марса и Луны? Там они тоже есть?

Разумеется. Марс окружен тонким слоем атмосферы, поэтому считается, что по сравнению с Луной его поверхности достигает только половина частиц космических лучей. Космические лучи представляют собой потенциальную опасность для людей, путешествующих в космосе, но я надеюсь, что это не относится к тебе, Мирубо.

Фр-р-р! Я отлично сконструирован.

Ты счастливчик, Мирубо. Учитель, скажите, а как при помощи космических лучей можно искать воду на Марсе и Луне?

Космические лучи способны проникать на глубину до 40 см вглубь Марса и Луны, а значит, они могли бы достичь льда, который сверху прикрыт слоем пыли. В этом случае ядра водорода отразили бы частицы космических лучей наподобие того, как это бывает в бильярде. А мы могли бы зарегистрировать отраженные лучи при помощи спутникового оборудования. В случае, если отраженный поток возрастает, мы можем точно определить место возможного наличия воды.

А как насчет кислорода? Ведь вода (H_2O) состоит из кислорода (O) и водорода (H_2). Откуда мы узнаем, что тем есть и кислород?

Это хороший вопрос. Для того, чтобы подтвердить наличие воды, можно, например, пробурить скважину на лунном полюсе, где наблюдается высокий уровень отраженных космических лучей.

А Земля испускает космические лучи, как Солнце? Я смогу это выяснить, если полечу на Луну?

Излучение горных пород на Земле настолько слабое, что оно поглощается в атмосфере.
Между тем, низкоэнергичное гамма- и рентгеновское излучение, испускаемое во время полярных сияний и гроз, может быть зарегистрировано с Луны, поскольку оно образуется высоко в атмосфере. Энергия этого излучения слишком низка, чтобы его можно было назвать космическими лучами, подойдут разве что «земные лучи».

Земные лучи? Как здорово!!

Я постараюсь усовершенствовать свои технические параметры, чтобы слетать на Луну и посмотреть на «земные лучи» собственными глазами!

Чем выше мы поднимаемся, тем больше узнаем

Наблюдения космических лучей обычно проводят высоко в горах. Ты знаешь, почему? Потому что Земля окружена атмосферой.

Французский ученый Блэз Паскаль провел важные исследования давления воздуха. Одна из единиц измерения атмосферного давления – гектопаскаль (гПа) названа в его честь. Один гектопаскль равен ста паскалям. В России для измерения атмосферного давления используют другую единицу измерения – миллиметры ртутного столба (мм рт. ст.). Происхождение этой единицы связано со способом измерения атмосферного давления при помощи барометра, в котором давление уравновешивается столбиком жидкости, обычно ртути. Стандартным атмосферным давлением называют атмосферное давление на уровне моря, и оно составляет 760 мм рт. ст. или 101 325 Па. Значит давление одного миллиметра ртутного столба составляет 101 325/760 ≈ 133.3 Па.

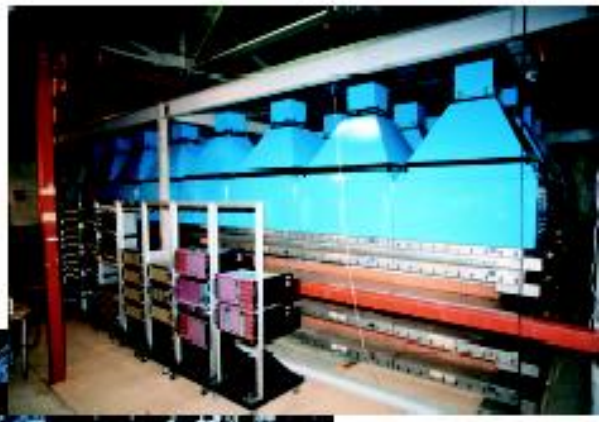
Ты наверняка когда-то слышал, прогноз погоды по телевидению, в котором говорят, что атмосферное давление в центре тайфуна составляет, например, 910 гектопаскалей (примерно 680 мм рт. ст.). Это очень сильный тайфун. Атмосферное давление в его центре на 10% ниже стандартного.

На вершинах гор атмосферное давление еще ниже. Например, Солнечный нейтронный телескоп на горе Норикура (Япония) расположен на высоте 2270 м над уровнем моря, и там давление на 25% ниже, чем на уровне моря. На вершине горы Фудзияма (3776 м, Япония) оно ниже нормального на 40%.

Обсерватория Чакалтайя в Боливии расположена на высоте 5250 м над уровнем моря, где воздух в два раза более разреженный. Если ты когда-нибудь видел съемки альпинистов, штурмующих Эверест, ты можешь представить, как сложно людям находится в таком разреженном воздухе.

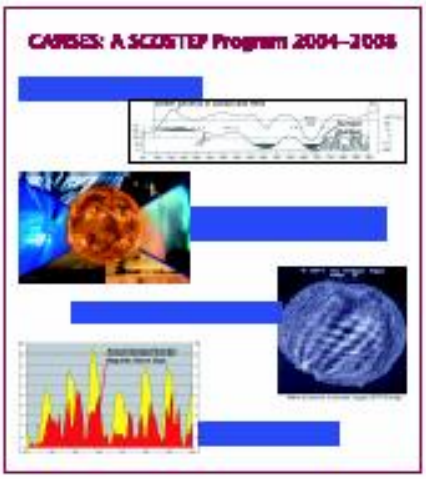
Тем не менее, разреженный воздух облегчает наблюдение космических лучей, ведь их частицы сталкиваются с молекулами – мельчайшими частицами - воздуха и поглощаются в атмосфере. На горе Чакалтайя можно использовать научное оборудование, размером в 10 раз меньше, чем на горе Норикура. Более того, при работе с одинаковым оборудованием на Чакалтайе получаются более точные данные.

Ты понял, почему чем выше мы поднимаемся, тем больше можем узнать о космических лучах?



Солнечный нейтронный телескоп на горе Норикура.

Обсерватория Чакалтайя (фото предоставлено группой бразильско-японского эксперимента с эмульсионной камерой, обсерватория Чакалтайя).



Климат и погода системы Солнце-Земля – Climate and Weather of the Sun-Earth System (CAWSES)

CAWSES является международной программой, организованной Научным комитетом по солнечно-земной физике – SCOSTEP (Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics), – с целью расширения нашего понимания космического пространства и его влияния на Землю. Задачи CAWSES включают в себя координацию международной деятельности по наблюдениям, построению моделей и теоретическим расчетам, объединение ученых из развитых и развивающихся стран, и создание образовательных ресурсов для учащихся всех уровней. Офис CAWSES расположен в Бостонском университете (Бостон, Массачусетс, США). Основные направления работы CAWSES: влияние Солнца на климат Земли, космическая погода и климат, атмосферные процессы.

http://www.bu.edu/cawses/
http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SCOSTEP/scostep.html

Лаборатория Солнечно-Земных Связей – Solar-Terrestrial Environmental Laboratory (STEL), Nagoya University

Лаборатория STEL действует в рамках системы межуниверситетского сотрудничества Японии. Ее целью является содействие «исследованиям структуры и динамики системы Солнце-Земля» совместно с рядом университетов и научных организаций Японии и других стран. Лаборатория состоит из подразделений по изучению гелиосферы, атмосферы, ионосферы, магнитосферы и объединенных исследований. Геокосмический Исследовательский центр (Geospace Research Center), чьей задачей является координация и продвижение совместных исследовательских проектов, также входит в состав лаборатории. Семь обсерваторий (станций наблюдения), расположенных в разных точках страны, проводят наземные исследования различных физических и химических объектов.

http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/

Хайанон – Hayanon

Хайанон, писательница и мультипликатор, окончила Физический факультет Университета Рюкю. Совмещая глубокие познания в научной области и большой опыт компьютерных разработок и игр, она выпустила ряд комиксов в популярных журналах. Ее последовательный стиль изложения, пробуждающий интерес к научным исследованиям, признан всеми читателями.

http://www.hayanon.jp/

Кодомо но Кагаку (Наука для детей)

Ежемесячный журнал для детей «Кодомо но Кагаку» выходит в издательстве Seibundo Shinkosha Publishing Co., Ltd. С самого первого номера, появившегося в 1924 году, журнал последовательно поддерживает идею научного образования, представляя на своих страницах различные грани науки, от объяснения явлений, наблюдаемых в повседневной жизни, до передовых научных исследований.

http://www.seibundo.net/