

Индивидуальный проект

« Физика в архитектуре »

выполнил:

Работу

Урсаев Артём

Артёмович

16 группа

Предмет :

физика

Содержание.

1. Введение. Главный вопрос проекта.
2. Актуальность проекта.
3. Задачи и цель работы.
4. Теоретический материал.
5. Реализация проекта.
6. Заключение.
7. Используемые ресурсы.

Введение. Главный вопрос проекта.

В такой важной науке как архитектура используются различные законы физики. Важнейшими из них являются закон Всемирного тяготения и закон Гука. Оба закона тесно связаны с силой – одной из фундаментальных физических величин. Любая форма вещества неизбежно подвергается действию физических процессов. Я решил исследовать применение вышеупомянутых законов физики в архитектуре.

Актуальность проекта.

Я выбрал эту тему, потому что мне стало интересно, как возводились архитектурные сооружения, какие технологии строительства использовались и как физика связана с архитектурой.

Архитектурный памятник — это научный документ, исторический источник.

Актуальность моей исследовательской работы заключается в том, что она является практической проверкой взаимосвязи физики и архитектуры, в которой используются знания, полученные в школе.

Гипотеза: Я предполагаю, что:

1. Действие законов физики в архитектуре могут изменяться в зависимости от различных внешних факторов.
2. В зависимости от погодных условий влияние сил сказывается по-разному.

Цель работы.

Доказать тесную связь архитектуры с физическими законами.

Исследовать зависимости сил тяжести и упругости в архитектуре.

Задачи:

1. Найти из различных источников, что такое сила упругости и сила тяжести. Определить степень влияния этих сил на состояние архитектурного сооружения.

2. Выяснить, в каких случаях проблемы устойчивости и прочности проявляются в конкретных архитектурных сооружениях

Методы и приёмы

: 1. Поиск и анализ информации о существующих в мире высотных зданиях небоскребах для изучения физических характеристик; 2. Анализ физических характеристик применяемых на практике небоскребов: демпфер высотного здания, упругий каркас небоскреба, сила давления на грунт и распределение нагрузки на плиту фундамента, выработка потребляемой энергии самим небоскребом;

1. История создания памятника Петру I как задача о равновесии

200 лет скачет он над Невою, 200 лет им не перестают восхищаться, воспевают в стихах и прозе, запечатлевают на гравюрах и картинах. Во дворе мастерской строители возвели помост, имитирующий пьедестал. Лучшие берейторы на лучших скакунах взлетали на этот помост. Сотни раз они повторяли эти взлеты, пока, наконец, скульптор не понял, что удержать вздыбленную лошадь на двух опорах ему не удастся. Решение очевидно: для усиления устойчивости фигуры необходимо увеличить площадь ее основания, то есть создать еще одну точку опоры. Таково мнение наших учеников.

А вот решение скульптора: под задними копытами коня появляется третья точка опоры – змея, символизирующая поверженных врагов России.

3. Рассмотрение проблемы в общем виде: как обеспечить равновесие предмета

Давайте построим вертикальные конструкции со смещенными относительно друг друга коробками на максимально возможную высоту, и так, чтобы они не падали. Какое условие надо выполнить при строительстве, чтобы конструкция была высокой и не падала? Давайте ответим на этот вопрос.

1. Тело (конструкция, сооружение) находится в положении устойчивого равновесия, если линия действия силы тяжести никогда не выходит за пределы площади опоры – значит, следует увеличить площадь опоры.

2. Вероятность выхода вертикальной линии за границы площади опоры снижается, если центр тяжести расположен низко над площадью опоры, т. е. соблюдается принцип минимума потенциальной энергии

(принцип неваляшки)- значит, следует понизить центр тяжести

Решение очевидно: для усиления устойчивости фигуры необходимо увеличить площадь ее основания, то есть создать еще одну точку опоры.

3. Загадка Пизанской башни

Самой знаменитой достопримечательностью города Пиза является его Башня. Известна она в первую очередь тем, что стоит не строго вертикально, а под наклоном от основной оси. Ведь если бы не этот изъян, то вряд ли бы многотысячные толпы туристов приезжали ежегодно, чтобы взглянуть на эту, ставшую мировой, «падающую» достопримечательность. Далеко не все знают, что «падающая» башня не отдельное сооружение, а часть архитектурного ансамбля. Кроме самой башни, являющейся на самом деле

колокольной или же кампанеллой (от итальянского слова *campanella*, что значит колокольчик), в него входят Пизанский собор (*Duomo di Santa Maria Assunta*), Баптистерий (*Battistero di San Giovanni*), кладбище Кампо-Санто (*Campo Santo*) и площадь чудес (*Piazza dei Miracoli*) на которой это все расположено. Колокольная расположена недалеко от северо-восточного угла собора. А весь ансамбль считается мировым шедевром итальянской архитектуры средних веков, оказавшим большое влияние на развитие культуры в Италии. Падаёт Пизанская Башня уже на протяжении восьми столетий. Из-за этого сами итальянцы и называют ее «затянувшимся чудом». Отклонение увеличивается с каждым годом на один миллиметр. А всего здание отклонилось от оси более чем на пять метров, что не так уж и мало. Но, ни смотря ни на что, кампанелла пережила даже землетрясение и сегодня открыта для посещения. С момента постройки Пизанская Башня стала практически символом города. Ее строительство было начато в августе 1173 года, посреди зеленого луга на окраине Пизы вместе с городским собором и крестильней. Вместе с перерывами продолжительность работ составила около двух столетий. Окончательно колокольная была готова в 1370 году. Кто был автором первоначального проекта достоверно неизвестно. Однако исторические хроники предполагают, что это мог быть Бонанно Пизано (*Bonanno Pisano*). Сегодня определить была ли кривизна постройки задумана изначально или образовалась в результате проседания почвы впоследствии уже невозможно. Хотя второй вариант выглядит более правдоподобным. Скорее всего, изначально проект уже был в чем-то ошибочен. А башня изначально планировалась как вертикальная. Однако практически сразу после постройки первого этажа с колоннадой высотой 11 метров, строение начало крениться в южную сторону. И сначала это были всего лишь четыре сантиметра. После этого строительные работы были приостановлены и возобновились лишь спустя 100 лет. В 1275 году, когда крен Пизанской башни составлял уже 50 сантиметров, ситуацию попытались исправить. Для этого при возведении последующих этажей закладывалось превышение высоты на 10 сантиметров со стороны крена. К сожалению это не сильно помогло, и возведение колокольни пришлось прекратить досрочно, сократив ее на четыре этажа от первоначального проекта. Архитектурные особенности Романо-пизанский стиль Пизанской башни. поражает всех своим изяществом и красотой. Высота ее восьми ярусов после окончания строительства составила 58 метров 36 сантиметров. В самой высокой части высота равна 56 метров 70 сантиметров, а в самой низкой – 55 метров 90 сантиметров. Диаметр основания колокольни, имеющей цилиндрическую форму, составляет 15 метров 54 сантиметра. Толщина внешних стен у основания составляет 4 метра 90 сантиметров, а у вершины – 2 метра 48 сантиметров. Ее отклонение от вертикальной оси на уровне основания составляет 4 метра, а на уровне вершины – 5 метров 30 сантиметров. На верхний уровень кампанеллы возносят 294 ступени. А уж оттуда туристам, одолевшим восхождение, открывается красивый вид на Поле Чудес и ближайшие окрестности. Вся башня выполнена из камня и декорирована цветным

мрамором (светло-серого и белого цветов). У ее входа расположены барельефы, на которых изображены мифические фигуры животных. Верх люнета украшен статуей Мадонны с младенцем, выполненной Андреа Гварди (Andrea Guardi). Первый ярус окаймлен глухими арками с пятнадцатью полуколоннами и украшен кессонами, внутри которых можно увидеть розетки идентичные украшениям на баптистерии и соборе. Шесть последующих этажей окружены декоративными романскими аркадами. Их изящество напоминает византийскую архитектуру. Венчает здание звонница, прорезанная арками для семи колоколов. Их вес колеблется от 300 килограмм до 3,5 тонн. Кроме того у каждого из них свое имя и тон. Последующие присоединились к нему уже в 16-17 веках. Кстати все они находятся в рабочем состоянии и до сих пор радуют туристов своим звоном. Колокола Самый первый был отлит в середине 13 века. Его нота соль-бемоль, а имя Паскверечча (Pasqueressia). Второй Терца (Terza) с нотой си-диез появился в 1473 году. Маленький Веспруччо (Vespruccio) с нотой ми выплавили в 1501 году. Крочифиссо (Crocifisso) с нотой до-диез сделал мастер Винченцо Посенти (Vincenzo Posenti), а в 1818 году он был переплавлен Гуаланди да Прато. Даль Поцо (Dal Pozzo) – нота соль изготовили в 1606 году. Во время бомбардировки Второй Мировой войны он был разрушен. После войны его отреставрировали и отправили в музей. А на его месте в 2004 году появилась точная копия. Ассунта (Assunta) с нотой си — самый большой из семи колоколов, появился благодаря Джованни Пьетро Орланди. Последним звонницу пополнил Сан Раньери (нота ре-диез). Причем его неоднократно подвергали переплавке. В последний раз это было в 1735 году. Так как собор, к которому относится Пизанская колокольная, является действующим, то перед каждой мессой, а также в полдень все желающие могут услышать перезвон этих колоколов. Интересно, что в средние века колокола звонили не одновременно, а каждый в свой специально установленный литургический час.

4. Падающие башни мира

Во всем мире около 300 падающих башен. Из них башня церкви в г.Зуурхузен (Германия) занимает первое место по углу наклона, далее- Пизанская башня, Болонская Гаризенда, Косая башня Невьянска на Урале. Правда, некоторые «призовики» были выпрямлены реставраторами, например минареты Улугбека В Самарканде.

«Падающие» башни есть в Пизе, Болонье, в Афганистане и др. местах.

В Болонье рядом высятся две знаменитые «падающие» башни из простого кирпича. Более высокая башня (высота 97 м, вершина отклонена на 1,23 м от вертикали), продолжает наклоняться и ныне. Вторая -достигает половины высоты своей соседки и наклонена ещё сильнее (её высота 49 м, отклонение от вертикали 2,4 м)

Падающие башни Болоньи не так широко известны, как Пизанская, но точно так же являются символом города, в котором находятся. Наиболее высокая, Азинелли, наклонена не так сильно, как её соседка, Гаризенда, зато она гораздо выше: высота башни Азинелли превышает 97 м. Это делает её наиболее высокой исторической постройкой Старой Болоньи и самой высокой «падающей» башней мира.

Угол наклона башни Азинелли от вертикальной оси составляет $1,3^\circ$. Казалось бы, не так много, но при высоте конструкции это приводит к отклонению верхней части башни на 2 с лишним метра. Тем не менее Азинелли способна выстоять и в таком положении, а вот её соседке, Гаризенде, повезло меньше: отклонение той превышало изначально 3 м, и это серьёзно угрожало и самой постройке, и окружающим. Гаризенду укорачивали трижды, и теперь её высота составляет только 48 м. Зато именно она, а не более высокая «сестрица», упомянута в «Божественной комедии» Данте. Строить башни в принципе было модным среди итальянской знати в Средние века. Башни служили жилыми помещениями и укрепленными цитаделями, а также демонстрировали величие и утверждали власть своего хозяина. В одной только Болонье сегодня можно увидеть около 20 башен, при том что изначально, в 13 веке, их насчитывалось порядка полутора сотен.

Конструкция башен была более-менее одинакова. В каждой был фундамент, усиленный вколотыми в землю столбами, присыпанными камнем. Основание делали из больших каменных блоков, а стены становились чем выше, тем тоньше. Обычно стен было две: более толстая внутренняя и тонкая внешняя, а промежуток между ними засыпали щебнем. В 18 веке Джованни Гульельмо изучал гравитацию, бросая предметы именно с башни Азинелли.

С возведением «падающих» башен, конечно, связано множество легенд, в том числе и та, что обещает влюблённому юноше руку красавицы только после постройки самой высокой башни в городе. Однако историческая правда скорее в том, что технологии строительства в те времена оставляли желать лучшего. Для того, чтобы возвести башню типичной конструкции высотой около 60 м, требовалось от 3 до 10 лет работы. Согласно расплывчатым данным, Азинелли одноимённое семейство начало строить на рубеже 12 и 13 веков. Несколькими столетиями спустя башней завладел город, и здесь была устроена тюрьма. Башни-соседки соединили своеобразным мостиком из дерева, но он сгорел во время городского пожара. Во время Второй мировой войны башня Азинелли использовалась как наблюдательный пост, а впоследствии и как телевышка. Сегодня на башню Азинелли можно подняться по винтовой лестнице, которая насчитывает почти 500 ступеней. Гаризенда для осмотра изнутри закрыта. Другие башни Болоньи, на которые стоит обратить внимание, — это Аззогильди, она же Альтабелла (61 м), Прендипарте, она же Короната (60 м), Скаппи (39 м), Угуццони (32 м), Гильдозаньи и Галуцци.

5. Эйфелева башня

Эйфелева башня — металлическая башня в центре Парижа, самая узнаваемая его архитектурная достопримечательность. Названа в честь главного конструктора Гюстава Эйфеля; сам Эйфель называл её просто «300-метровой башней» (*tour de 300 mètres*).

Башня, впоследствии ставшая символом Парижа, была построена в 1889 году и первоначально задумывалась как временное сооружение, служившее входной аркой парижской Всемирной выставки 1889 года.

Эйфелеву башню называют самой посещаемой платной достопримечательностью мира и самой фотографируемой. Например, в 2006 году на башне побывало 6 719 200 человек, а за всю её историю по 31 декабря 2007 — 236 445 812 человек. Изначальный проект Нугье и Кёшлена был слишком «сухим» в эстетическом плане и не отвечал требованиям, выдвигаемым к сооружениям Всемирной Парижской выставки, архитектура которых должна была быть более изысканной. Чтобы башня более отвечала вкусам требовательной парижской публики, архитектору Стефану Совёстру (фр.) было поручено поработать над её художественным обликом. Он предложил обшить цокольные опоры башни камнем, связать её опоры и площадку первого этажа с помощью величественных арок, которые стали бы одновременно главным входом на выставку, разместить на этажах башни просторные застеклённые залы, придать верхушке башни округлую форму и использовать разнообразные декоративные элементы для её украшения.

В январе 1887 г. Эйфель, государство и муниципалитет Парижа подписали договор, согласно которому Эйфелю предоставлялась в личное пользование эксплуатационная аренда башни сроком на 25 лет, а также предусматривалась выплата денежной субсидии в размере 1,5 млн золотых франков, составившую 25 % всех расходов на строительство башни. 31 декабря 1888 года с целью привлечения недостающих средств, создается акционерное общество с уставным фондом 5 млн франков. Половина этой суммы — средства, внесенные тремя банками, вторая половина — личные средства самого Эйфеля.

Итоговый бюджет строительства составил 7,8 млн франков. Башня окупилась за период работы выставки, а её последующая эксплуатация оказалась весьма доходным бизнесом. Строительные работы в течение двух лет, двух месяцев и пяти дней (с 28 января 1887 года по 31 марта 1889 года) выполняли 300 рабочих^[3]. Рекордным срокам возведения способствовали чертежи чрезвычайно высокого качества с указанием точных размеров 18 038 металлических деталей, для сборки которых использовали 2,5 млн заклёпок.

Чтобы закончить башню в назначенный срок, Эйфель применял, большей частью, заранее изготовленные части. Отверстия для заклёпок были

просверлены в намеченных местах уже заранее, и две трети от 2,5 млн заклёпок были заранее установлены. Ни одна из заготовленных балок не весила больше 3 тонн, что очень облегчало поднятие металлических частей на предусмотренные места. Вначале применялись высокие краны, а когда конструкция переросла их по высоте, работу подхватили специально сконструированные Эйфелем мобильные краны. Они двигались по рельсам, проложенным для будущих лифтов. Сложность состояла и в том, что подъемное устройство должно было двигаться вдоль мачт башни по изогнутой траектории с меняющимся радиусом кривизны. Первые лифты на башне приводились в действие гидравлическими насосами. Вплоть до нашего времени используются два исторических лифта фирмы «Fives-Lill», установленные в 1899 г. в восточной и западной опорах башни. С 1983 г. их функционирование обеспечивается электродвигателем, а гидравлические насосы сохранены и доступны для осмотра.

Второй и третий этаж башни связывал вертикальный лифт, созданный инженером Леоном Эду (фр. *Léon Édoux*; однокурсник Эйфеля по Центральной высшей технической школе). Этот лифт состоял из двух взаимоуравниваемых кабин.

6. Останкинская башня

Останкинская телебашня — телевизионная и радиовещательная башня, расположенная в Останкинском районе Москвы. Высота — 540,1 м, на момент постройки высочайшая в мире, а по состоянию на декабрь 2017 года — 10-е по высоте свободно стоящее сооружение после:

1. небоскрёба Бурдж-Халифа (Дубай),
2. Небесного дерева Токио,
3. Шанхайской башни (Шанхай),
4. Абрадж аль-Бейт (Мекка),
5. Международного финансового центра Пинань (Шэньчжэнь),
6. Lotte World Tower (Сеул),
7. телебашни Гуанчжоу,
8. телебашни Си-Эн Тауэр (Торонто)
9. Башни Свободы (Нью-Йорк).

Первое название — **«Общесоюзная радиотелевизионная передающая станция им. 50-летия Октября»**. Останкинская телебашня является высочайшим сооружением в Европе и России, а также полноправным членом Всемирной федерации высотных башен. На момент окончания строительства в зоне действия передатчиков проживало около 10 000 000 человек, башня охватывает территорию с населением свыше 15 000 000 человек. Телебашня принадлежит филиалу ФГУП «Российская телевизионная и радиовещательная сеть» — «Московскому региональному центру».

Московский телевизионный центр на улице Шаболовка был построен в 1936—1938 годах возле Шуховской башни, на которой была установлена передающая телевизионная антенна. 9 марта 1938 года в эфир вышла первая пробная передача, а в 1939 году телецентр начал регулярную работу. Сигнал с Шуховской башни обеспечивал уверенный приём телепрограмм почти на всей площади Москвы и Московской области, но в масштабах страны его мощность была недостаточной. В 1953 году Сергей Новаковский, Ф. Большаков и Н. Скачков обратились к председателю Всесоюзного радиокомитета Алексею Пузину с предложением построить в Москве «фабрику телевизионных программ» — многопрограммный телецентр с 15—20 студиями, передающей станцией и башней-антенной высотой 500 метров, которая обеспечила бы уверенный приём за пределами московского региона. Пузин дал проекту одобрение и представил его Никите Хрущёву, и 15 июля 1955 года Совет министров СССР издал постановление «О строительстве нового телепередающего центра». В январе 1956 года для строительства был выделен участок в районе Черёмушек, но изыскания показали непригодность почв для строительства массивного сооружения. После Черёмушек рассматривались участки около Берсеневской набережной, в районе Крапоткинской улицы и Калужской заставы, а подходящий был найден на территории Останкинского питомника Управления благоустройства города Москвы.

Был проведён всесоюзный конкурс на лучший проект телебашни, который выиграл киевский проектный институт, специализировавшийся на стальных конструкциях и предложивший ажурную металлическую башню наподобие башни Эйфеля в Париже. Заявка не вызвала энтузиазма у архитекторов, которым предстояло претворять проект в жизнь, а член конкурсной комиссии, специалист по железобетонным и металлическим конструкциям Николай Никитин выступил с неожиданным альтернативным предложением — выполнить башню из бетона. Подобный проект бетонной телебашни был успешно выполнен 2 годами ранее в Штутгарте, поэтому по мнению Никитина прислушались, и инженеру дали возможность подготовить собственную заявку. Предложенная им конструкция была основана на наработках Юрия Кондратюка, автора нереализованного проекта Крымской ветряной электростанции на горе Ай-Петри, помощником которого Никитин работал в 1930-х годах. Кондратюк задумал бетонную конструкцию ветроэлектростанции тонкой и полой, а её прочность должны были обеспечивать стальные канаты под напряжением. В проекте Никитина предотвращение деформации и разрушения бетонного каркаса из отдельных круглых блоков также обеспечивали 149 натянутых тросов. Никитин утверждал, что разработал проект за 1 ночь, а прообразом конусообразного основания башни стала привидевшаяся инженеру во сне перевёрнутая лилия — цветка с крепкими лепестками и толстым стеблем. Впрочем, Никитин стал не первым, кто предложил подобное решение: в 1932 году популярный в Советском Союзе итальянский инженер Пьер Луиджи

Нерви представил на один из конкурсов 300-метровую стройную башню, выроставшую из конусообразного основания и увенчанную металлической мачтой. Башня Никитина отличалась от проекта Нерви более длинным стволом и более широким основанием. Секрет Останкинской башни прост: она построена по принципу неваляшки: его вертикальное положение является положением устойчивого равновесия. В этом случае центр тяжести находится на самом низком уровне, потенциальная энергия принимает наименьшее значение $\frac{3}{4}$ всей массы башни на $\frac{1}{9}$ её высоты

7. Самое высокое место в мире

Тайбэй . — небоскрёб, расположенный в столице Тайваня — Тайбэе. Этажность небоскрёба составляет 101 этаж, высота — 509,2 м, вместе со шпилем. На нижних этажах находятся торговые центры, на верхних расположены офисы. Является восьмым по высоте в мире и пятым по высоте в Азии (самое высокое здание континента с 2003 по 2007 год).

Строительство небоскрёба началось в 1999 году. Официальное открытие состоялось 17 ноября 2003 года, в эксплуатацию здание было введено 31 декабря 2003 года. Стоимость небоскрёба составила 1,7 млрд долларов.

В этом небоскрёбе находятся самые быстрые лифты в мире, поднимающиеся со скоростью 60,6 км/ч. С пятого этажа до обзорной площадки на 89-м можно доехать за 39 секунд. Здание из стекла, стали и алюминия поддерживают 380 бетонных опор, каждая из которых уходит в землю на 80 м. Опасность обрушения при урагане или землетрясении снижает огромный 660-тонный шар-маятник, помещённый между 87 и 91 этажами. По словам разработчиков, башня сможет выдержать землетрясение такой силы, какое бывает в этой местности раз в 2500 лет. Владельцем здания является Тайбэйская финансовая корпорация, оно управляется международным подразделением американской корпорации городских продаж со штаб-квартирой в Чикаго. Название, которое первоначально предполагалось для здания — Тайбэйский мировой финансовый центр — происходит от названия владельца.

Здание является одним из главных символов современного Тайбэя и всего Тайваня. Имеет 101 надземный и 5 подземных этажей. Его архитектурный стиль в духе постмодернизма сочетает современные традиции и древнюю китайскую архитектуру. Многоэтажный торговый комплекс в башне содержит сотни магазинов, ресторанов и клубов.

8. Требования к конструктивным элементам зданий и сооружений

Архитектурные сооружения должны возводиться на века.

Конструктивные элементы (деревянные, каменные, стальные, бетонные и т.п.), воспринимающие основные нагрузки зданий и сооружений должны надёжно обеспечивать прочность, жёсткость и устойчивость зданий и сооружений. Прочность - способность материала сопротивляться разрушению, а также необратимому изменению формы (пластической деформации) при действии внешних нагрузок. Прочность зависит не только от самого материала, но и от вида напряжённого состояния (растяжение, сжатие, изгиб и др. Повышение прочности материалов достигается термической и механической обработкой, введением легирующих добавок в сплавы, радиоактивным облучением, применением армированных и композиционных материалов. Чем выше архитектурное сооружение, тем строже требования к его устойчивости.

Причиной устойчивости Эйфелевой башни в Париже и многих других высотных сооружений является близкое к земле расположение центра масс сооружения. Фундамент – это в полном смысле слова основа здания. Расчёты фундаментов основаны прежде всего на учёте силы давления на грунт: при данной массе сооружения давление уменьшается с ростом площади опор

Результаты исследования

Опыт 1

Поставим один на другой 15 – 20 пустых спичечных коробков так, чтобы получить из них ровную прямую колонну. Она будет очень неустойчива: Малейшего толчка достаточно, чтобы колонна рассыпалась. Поставим один на другой 15 – 20 пустых спичечных коробков так, чтобы получить из них ровную прямую колонну. Она будет очень неустойчива: Малейшего толчка достаточно, чтобы колонна рассыпалась

Опыт 2

Составим колонну из тех же спичечных коробков, устанавливая их так, чтобы каждый верхний коробок был немного сдвинут относительно нижнего, на который он опирается. Создается такое впечатление, что колонна очень неустойчива и вот - вот упадет. Но оказывается, что она может простоять, не падая, столько же, если не больше времени, что и первая, прямая колонна. Во втором случае колонна из спичечных коробков будет расти в высоту до тех пор, пока ее центр тяжести не сместится так, что проведенная из него вертикальная прямая выйдет за пределы опоры.

Опыт 3

Игрушка-неваляшка не падает и устойчиво стоит на одной нижней точке сферы-основании. Поведение игрушки легко объяснимо: его вертикальное положение является положением устойчивого равновесия. В этом случае центр тяжести находится на самом низком уровне, потенциальная энергия принимает наименьшее значение. У неваляшки внутреннее устройство со смещенным вниз центром тяжести.

Заключение

В основе созданных человеком архитектурных композиций лежат результаты многосторонних исследований, в частности полностью

выполняются законы физики, а также выполняются свойства равновесия, устойчивости, прочности и жесткости

Список литературы и сайтов :

ru.wikipedia.org

Учебник по физике 10 класс {Г.Я.Мякишев}

multiurok.ru