

ФИЗИКА В АРХИТЕКТУРЕ

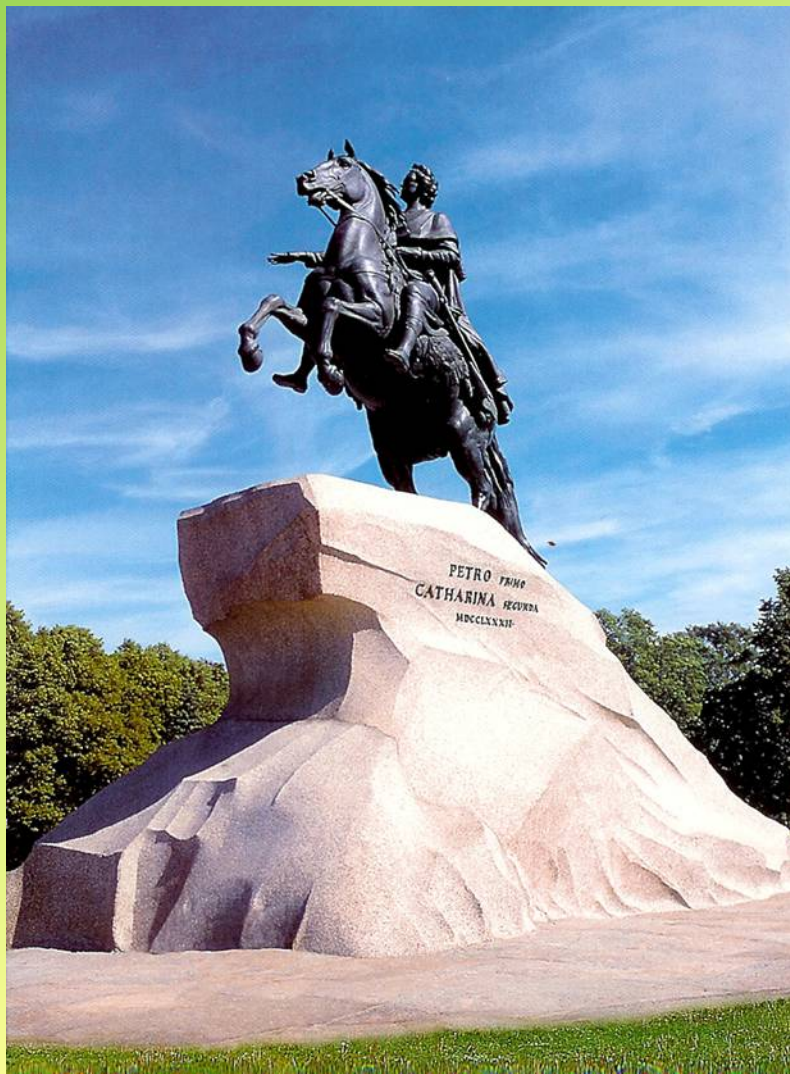
Над проектом работали: Веселовский Слава
Руководитель: учитель физики Деньга Л.С.

Цель:

1. Показать значение законов физики в архитектуре
2. Рассмотреть роль понятий «устойчивость», «прочность» и «жесткость конструкций» при создании сложных конструкций
3. Применить знания, полученные при изучении данной темы, в объяснении окружающих явлений

Содержание

1. История создания памятника Петру I как задача о равновесии
2. Рассмотрение проблемы в общем виде: как обеспечить равновесие предмета?
3. Загадка Пизанской башни
4. Падающие башни мира
5. Требования к конструктивным элементам зданий и сооружений



200 лет скачет он над
Невою, 200 лет им не
перестают восхищаться,
воспевают в стихах и
прозе, запечатлевают на
гравюрах и картинах.

Ужасен он в окрестной мгле!

Какая дума на челе!

Какая сила в нем сокрыта!

А в сем коне какой огонь!

А.С.Пушкин

Скульптор памятника Петру I
– Этьен Морис Фальконе

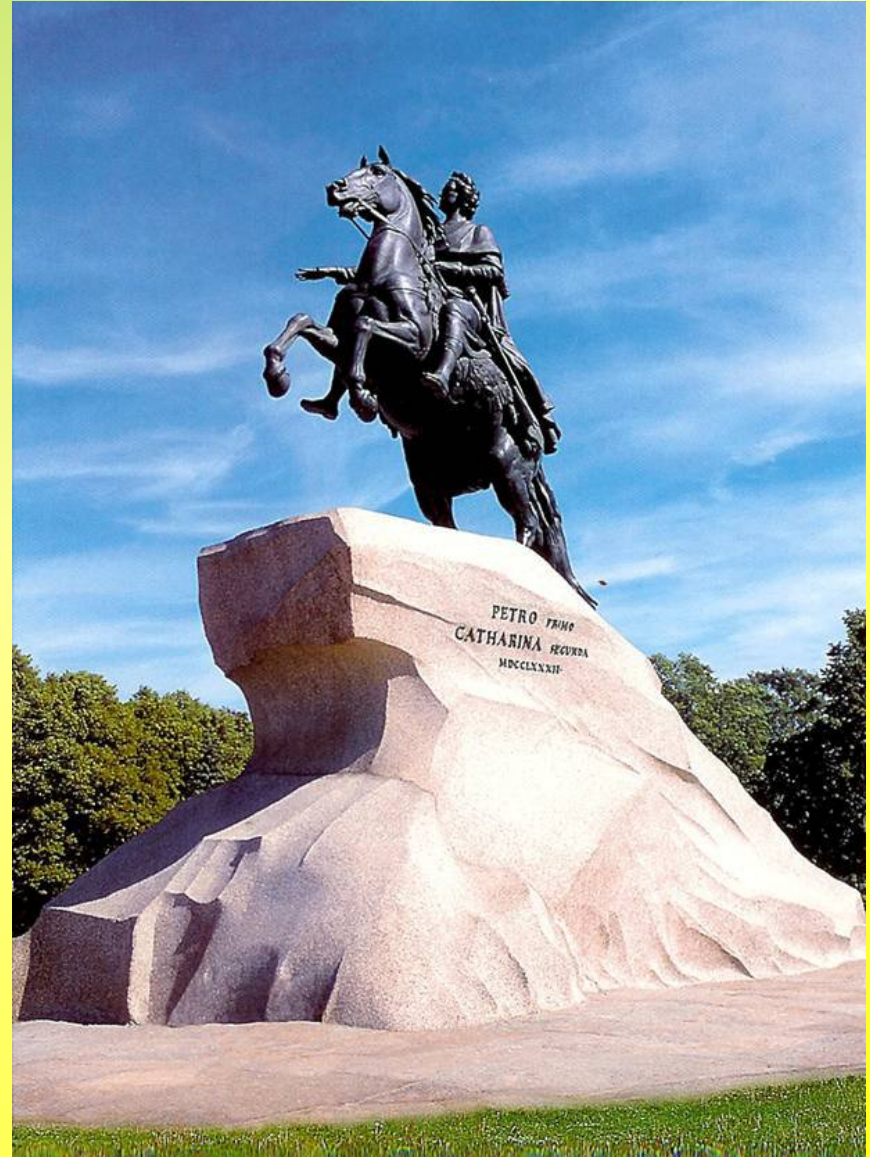
История создания памятника

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.

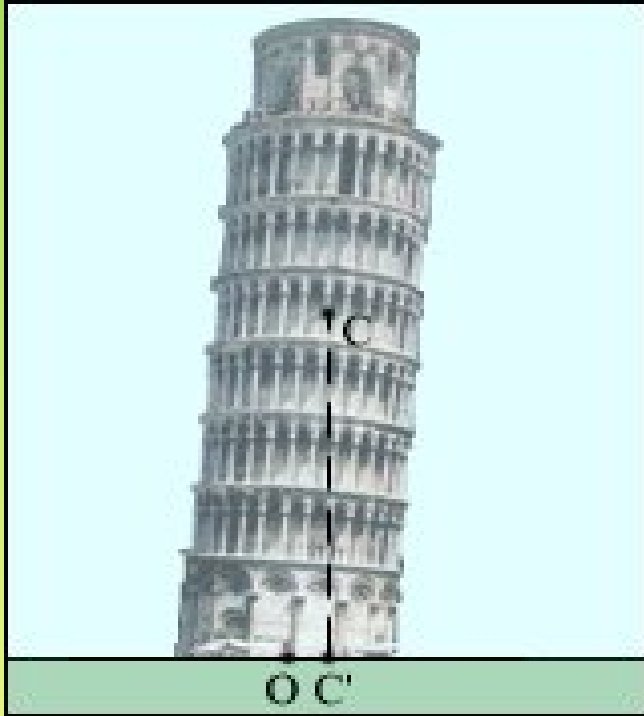
Как повысить устойчивость равновесия?

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.
3. А теперь выскажите предположения:
Что надо сделать для того, чтобы удержать всадника в скачущем положении

- 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.



Загадка Пизанской башни



Несмотря на свой наклон, пизанская башня не падает, т.к. отвесная линия, проведенная из центра тяжести не выходит за пределы основания.

Рисунок: Падающая Пизанская башня. Точка C – центр масс, точка O – центр основания башни, CC' – вертикаль, проходящая через центр масс.

Пизанская падающая башня



Высота башни
54,5м. Вершина
башни отклонена от
вертикали на 4,5 м.
Равновесие
нарушится и башня
упадет, когда
отклонение её
вершины от
вертикали достигнет
14 м.

Падающие башни

Полагают, что 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).



<http://www.ptsgroup.ru/China/todo.htm>
Падающая пагода в Китае.



<http://www.lovelyplanet.ru/photo/310>
Падающие башни в Болонье.

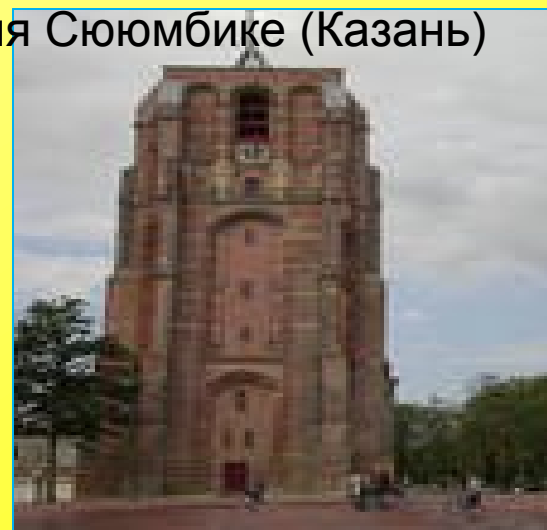


<http://www.supernovum.ru/forum/read>.
Башня Олдехове (Голландия)



<http://markiz.diary.ru/p62570896.htm>

Башня Сююмбике (Казань)



<http://we.ulsu.ru/party/kazan> Падающая башня (Италия)

На фото две башни.
Слева- башня церкви
в г. Зуурхузен в
Германии. Угол
отклонения от
вертикали 5,19
градуса. Справа-
пизанская башня.
Угол её отклонения
4.95 градуса.



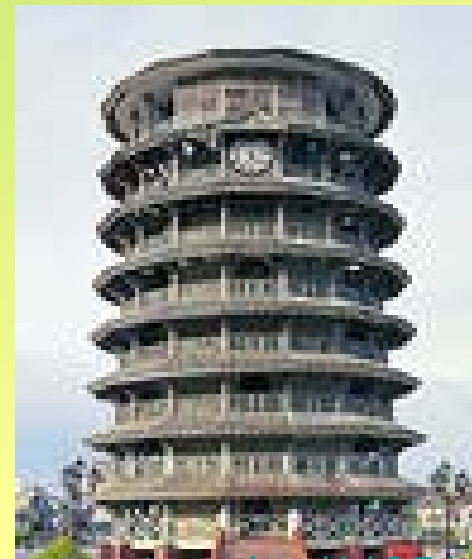
<http://rayden-nvl.livejournal.com/60922.html>



<http://chinalovesyou.ru/2009/06/yiwu>
 Баптистерий на площади
 чудес(Италия)



<http://www.yeete.ru/displayimage.php>
 Падающая башня (Китай)



<http://www.astravel.ru/11351.phtml>
 Падающая часовая башня
 (Малайзия)



<http://ural2.claw.ru/nevyansk/nevyansk.htm>

Требования к конструктивным элементам зданий

Архитектурные сооружения должны возводиться на века.

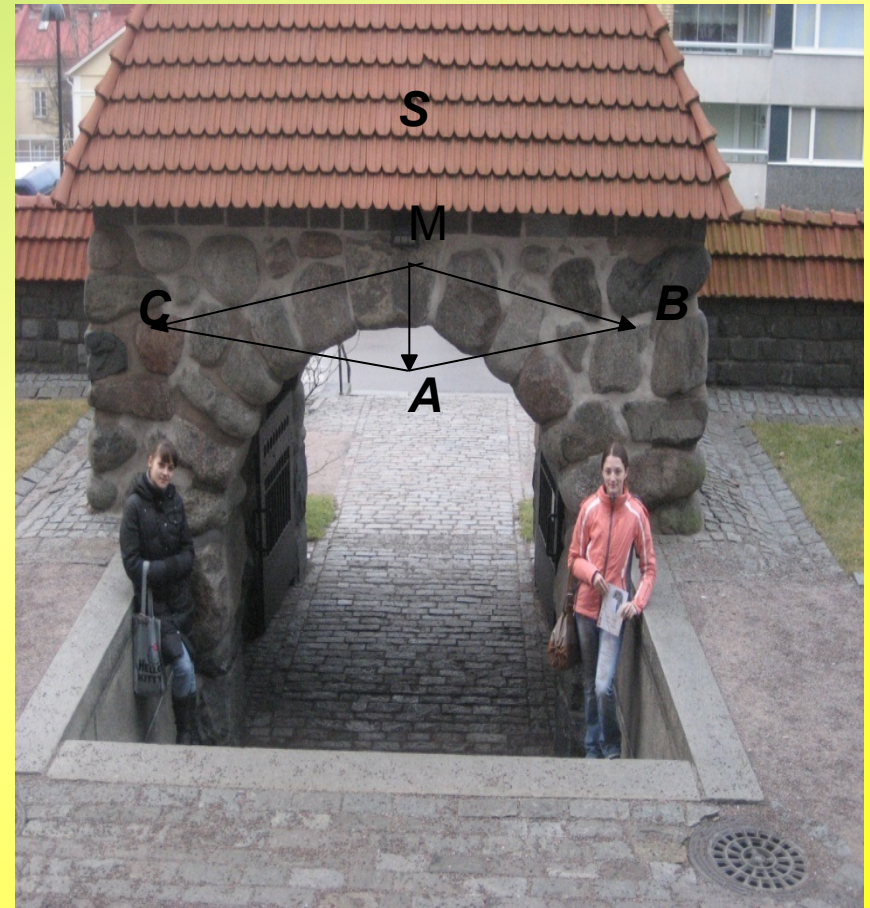
Конструктивные элементы (деревянные, каменные, стальные, бетонные и т.п.), воспринимающие основные нагрузки зданий и сооружений должны надёжно обеспечивать прочность, жёсткость и устойчивость зданий и сооружений.

Прочность

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.

Причина прочности яичной скорлупы и сводов

Груз S , опирающийся на клинообразный средний камень свода, давит вниз с силой A , но сдвинуться вниз камень не может; он только давит на соседние камни. Сила A разлагается по правилу параллелограмма на две силы C и B . Таким образом, сила, давящая снаружи, не может разрушить свод.



Д Е М О Н С Т Р А Ц И Я

П Р О Ч Н О С Т И

Возьмем обычный лист бумаги формата А4, скрутим его в трубку и склеим, сделаем так же еще с тремя листами, поставим их вертикально и положим на них как можно больше одинаковых книжек, чем больше книжек тем сильнее прогибаются листы и ломаются.

Д Е М О Н С Т Р А Ц И Я

О П Ы Т ² П Р О Ч Н О С Т И

Возьмем гофрированный (сложенный «гармошкой») лист бумаги формата А4, скрутим его в трубку и склеим, сделаем так же еще с тремя листами, поставим их вертикально и положим на них как можно больше одинаковых книжек, этот опыт показывает, что такое строение наиболее устойчивое и может выдерживать большую нагрузку, чем в опыте 1.

Самое легкое сооружение

Первая в нашей стране телебашня (проект В.Г. Шухова). Особенностью конструкции является то, что все их элементы работают только на сжатие. Это обеспечивает прочность сооружения. Ажурность конструкции скрадывает вес башни. При такой высоте (148,3 м) это самое легкое сооружение.



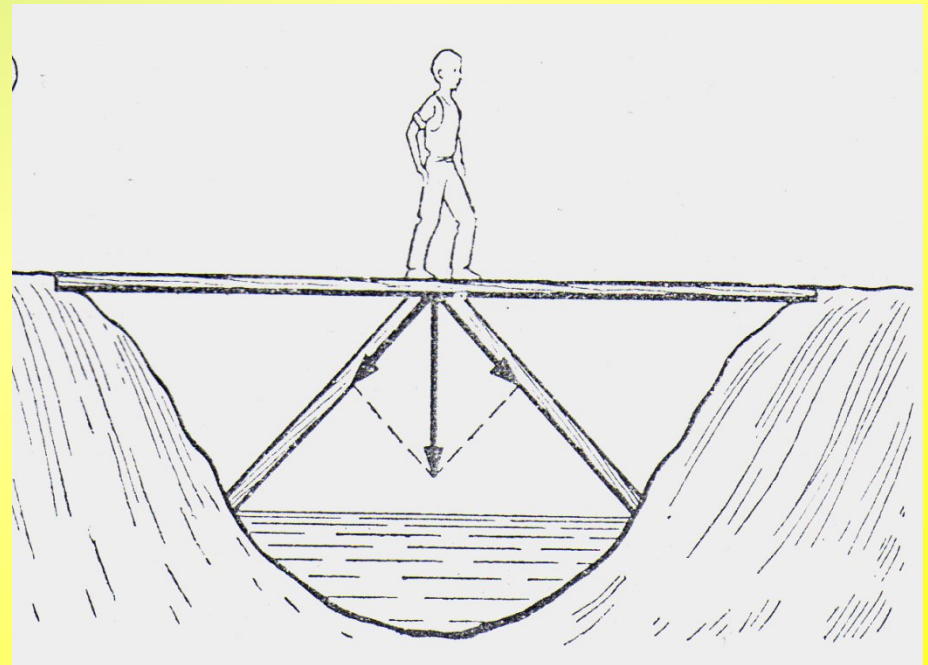
Проблема

Увеличение жёсткости изгибаемой балки и вертикальной колонны.

1. Если положить лист бумаги на две опоры, то он легко прогнётся даже под своей тяжестью.
2. Если изменить его форму, то можно значительно увеличить жёсткость такой конструкции.

Ответ

Жёсткость балки определяется профилем её сечения и материалом. Если лист бумаги сделать в виде короба или П - образной формы или профилю придать форму двутавровой балки, то жёсткость значительно возрастет. Деформацию изгиба уменьшают разного вида подпоры, подкосы.



Устойчивость

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.



Из наставления древним зодчим:

«На устройство подошвы и поддела ни трудов, ни иждивения жалеть не должно».

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 опоры. Отсутствие должного внимания к этим зависимостям могут подвести строителей. Например, Останкинская башня по первоначальному проекту должна была опираться на 4 «ноги».

Т е л е в и з и о н н а я

Прекрасной вертикальной башней взметнулась к небу эта башня высотой 533 м. У основания она опирается десятью железобетонными «ногами» в кольцевой фундамент, внешним диаметром 74м, заложенным в грунт на глубину 4,64м. Строительство такого фундамента, заключающего в себе 55000т бетона и стали, - достижение феноменальное.





Но есть удивительные факты:

- Амплитуда колебаний вершины при сильном ветре достигает 3,5м!
- Для башни еще одним врагом помимо ветра стало Солнце: из-за одностороннего нагрева корпус башни перемещается у вершины на 2,25м. От колебания температуры башня, то «прибавляет в росте» 80 см, то становится короче.

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.



Ее можно сделать гораздо устойчивой, если нижние коробки засыпать песком. Теперь причиной устойчивости колонны является ее масса, и чтобы ее повалить, нужен большой опрокидывающий момент.

О п ы

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.



Секрет устойчивости Останкинской башни очень прост:

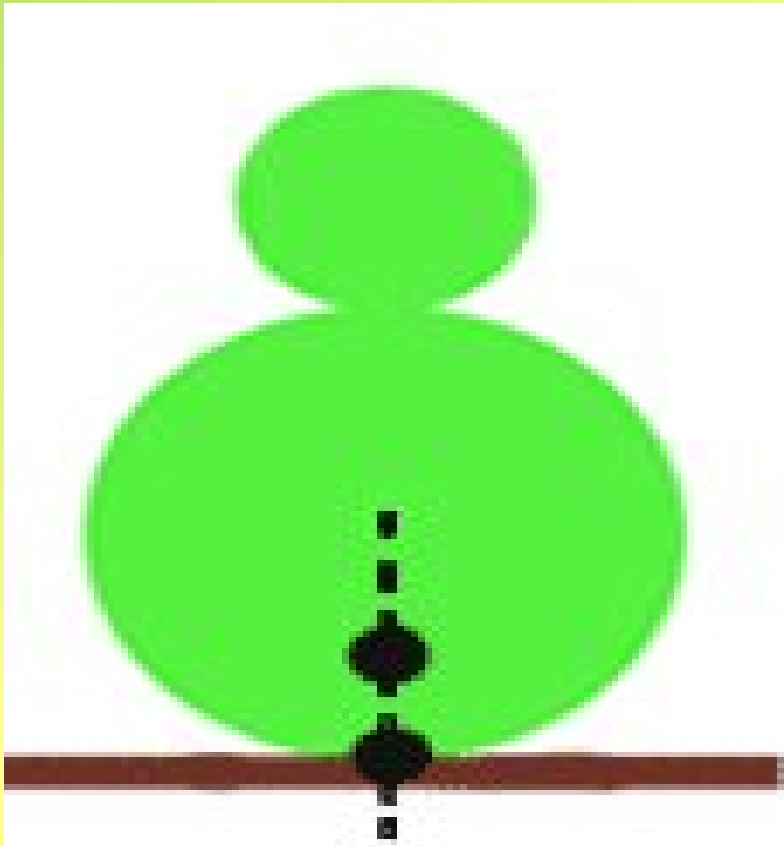
она построена по принципу неваляшки:
её вертикальное положение является
положением устойчивого равновесия. В
этом случае центр тяжести находится на
самом низком уровне, потенциальная
энергия принимает наименьшее
значение $\frac{3}{4}$ всей массы башни на $\frac{1}{9}$ её
высоты.

Игрушка-неваляшка не падает и устойчиво стоит на одной нижней точке сферы-основании



Принцип неваляшки

- У неваляшки внутреннее устройство со **смещенным вниз** центром тяжести.



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.

Заключение

В основе созданных человеком архитектурных композиций лежат результаты многосторонних исследований.

В данном проекте учащимися рассмотрены проблемы равновесия, устойчивости, прочности и жесткости конструкций.

Литература

1. Абышева Н.А. Авторская программа предпрофильного межпредметного курса «Физика и искусство» Газета «Физика» 1 сентября №2 2006г
2. Я.И. Перельман «Занимательная физика» Москва «Наука» 1982г.
3. И.Л. Юфанова «Занимательные вечера по физике в средней школе» Москва «Просвещение» 1990г.
- 4 И.Я. Ланина «Внеклассная работа по физике» Москва «Просвещение» 1977г.
5. М.И. Блудов «Беседы по физике» Москва «Просвещение» 1984г. Часть 1