



Урок 64. Форма и прочность

Листы ученика. Ответы и примечания учителю — в отдельной части.

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 64 из 64 · 45 минут · Модуль «Объединяем науки»

Уровень: Базовый исследовательский. 8 класс - работа с формулами и опорами; 9 класс - самостоятельная проверка условий и ограничений.

Вся программа курса

Из одинакового листа можно сделать плоскую полосу и профиль. Почему один бумажный мост держит больше груза, хотя материал тот же?

Проверяемый результат:

Сравнить бумажные конструкции по общему критерию отказа, обработать повторы и защитить вывод о роли формы без подмены прочности жёсткостью.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и проверяемое предположение

Из одной бумаги сделали три профиля: плоский П, гармошку Г и П-образный канал К. Полосы до складывания одинаковы: 200×100 мм; пролёт между опорами 120 мм. За 2 минуты выберите измеряемый результат, за 2 предложите одинаковый критерий остановки, за 1 объясните, почему просто «нагрузить до конца» - не протокол.

02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, расчёт и ограничения

Жёсткость характеризует сопротивление деформации при нагрузке; предельная несущая способность - нагрузку до установленного отказа. Форма сечения меняет распределение материала относительно изгиба и устойчивость, даже если материал и его масса одинаковы. В складчатом профиле возможны потеря устойчивости, смятие складки и разрыв; это разные причины отказа.

В этой серии условный критерий отказа - прогиб центра больше 10 мм или необратимое смятие. Шаг добавления массы 10 г. Если последняя выдержанная масса 80 г, а при 90 г критерий нарушен, результат - интервал порога (80; 90] г, а не точно 80 г. Расчёт нагрузки последней успешной ступени: $F=mg=0,080 \cdot 10=0,80$ Н. Это учебный критерий конструкции, не предел прочности материала в паскалях.

3 минуты - понятия; 3 - интервал и сила; 3 - одинаковая процедура. Межпредметная связь: складки, рёбра и трубчатые формы могут менять работу конструкции, но бумага не воспроизводит целиком кость или стебель.

Одинаковая исходная полоса 200 × 100 мм; пролёт 120 мм



Поперечные профили из одинаковых исходных полос: П - плоский; Г - гармошка с четырьмя панелями по 25 мм; К - канал со стенками по 25 мм и дном 50 мм. Продольный пролёт в испытании 120 мм; сечения показаны схематически.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Первая серия

Форма	Последняя успешная масса: повторы, г	Первая неуспешная, г
П	20; 20; 30	30; 30; 40
Г	80; 90; 80	90; 100; 90
К	100; 110; 100	110; 120; 110

Учебные данные; масса нагрузочной площадки уже включена. Для каждого повтора берут новую полосу. 2 минуты - выпишите контролируемые условия; 4 - найдите среднюю последнюю успешную массу; 3 - для каждого повтора К запишите интервал порога; 2 - защитите сравнение. Продукт: средние, интервалы и вывод с критерием. 9 класс дополнительно объясняет, почему нельзя повторять испытание на уже смятой полосе.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельный перенос

Форма при нагрузке 20 г	Прогиб в повторах, мм
П	6; 7; 8
Г	2; 3; 4
К	1; 2; 3

Это другая серия новых полос при одинаковой малой нагрузке; условный критерий отказа пока не достигнут. За 3 минуты найдите средние прогибы; за 2 ранжируйте жёсткость; за 3 решите, устанавливает ли эта таблица точную разрушающую нагрузку. Продукт: сравнение двух разных показателей. Для переноса на другой пролёт предложите новую серию, а не пересчёт «по памяти».

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Аргумент и обоснованный вывод

2 минуты - сопоставьте «складки улучшают сам материал» и «складки меняют работу конструкции»; 3 - приведите аргумент из двух таблиц и предложите биологическую аналогию с ограничением; 2 - запишите мини-защиту из трёх предложений: результат, доказательство, граница.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственное решение

Новый профиль Д дал последние успешные массы 60; 70; 80 г, первые неуспешные - 70; 80; 90 г. За 3 минуты найдите среднюю успешную массу, силу для неё, интервал порога второго повтора и одно постоянное условие; за 1 сверьте, за 1 исправьте. Каждый пункт - 1 балл.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Готовые серии испытаний и схема профилей, линейка, бумага. Для необязательной демонстрации учителя: одинаковые полосы 200×100 мм одной бумаги, две низкие опоры с пролётом 120 мм над подносом, мягкие пакетики известной массы до 150 г; нагрузка в середине через одинаковую лёгкую площадку, её масса включена в таблицу. Не применять стекло, тяжёлые гири, ножи и испытание частей тела. При невозможности обеспечить низкую безопасную установку использовать только данные. 8 класс получает критерий; 9 класс отделяет жёсткость от предельной нагрузки.

Минуты	Работа	Проверяемый продукт
0-5	Проблемная ситуация	Вопрос и проверяемое предположение
5-14	Понятия и разобранный пример	Пояснение величин и метода
14-25	Практика 1	Расчёт, схема или протокол по данным
25-33	Практика 2	Решение на новых условиях
33-40	Обсуждение	Аргумент, альтернатива и вывод
40-45	Индивидуальная проверка	Самостоятельный ответ и исправление

Все тексты, рисунки и данные включены. Без регистрации: распечатайте ученическую часть PDF или используйте доску. Ответы открывайте после самостоятельной попытки. Минуты включают чтение, записи и переходы. В конце соберите индивидуальную работу. 0-1 балл: разобрать пример повторно; 2-3: уточнить пропущенное звено; 4: объяснить ограничение модели. Это обратная связь, не обязательная школьная отметка.

Разбор практики 1 и критерии

Средние последние успешные массы: П 23,3 г; Г 83,3 г; К 103,3 г. Интервалы К: (100;110], (110;120], (100;110] г. В этой серии К выдерживал большую центральную нагрузку до данного критерия, чем П. Среднее не превращает шаг 10 г в высокоточный порог; повтор на повреждённой полосе изменил бы объект.

Ответ и объяснение практики 2

Средние прогибы П 7 мм, Г 3 мм, К 2 мм. При данной нагрузке К деформируется меньше: это аргумент о большей жёсткости в установке. Точный порог отказа из этих прогибов не следует. Изменение пролёта, направления профиля или способа приложения нагрузки требует нового испытания и может изменить результат.

Опора для обсуждения

Качественная защита: «В наших равных по исходной бумаге образцах К имел среднюю последнюю успешную массу 103,3 г против 23,3 г у П. При 20 г его средний прогиб 2 мм против 7 мм. Это роль формы в заданной установке, не универсальное доказательство прочности костей или всех трубчатых тел». Материал по составу не стал другим.

Ключ и критерии индивидуальной работы

Средняя масса 70 г=0,070 кг; сила 0,70 Н при $g=10$ м/с². Интервал второго повтора (70;80] г. Постоянное условие: бумага, исходные размеры, пролёт, нагрузочная площадка или критерий отказа. Четыре критерия по 1 баллу.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Деформация и прочность; формы в живой природе	Сравнивает форму и деформацию	Формулирует ограниченную аналогию
Занятие №12: прочность и форма тела	Анализирует серии безопасных бумажных конструкций	Защищает вывод с критерием и повторами

Опора - раздел «Объединяем науки» опубликованной программы на 64 часа. Это самостоятельный урок на 45 минут. Подробный сценарий, распределение времени и учебные числовые серии - методическая разработка. Предоставленные данные не выдаются за опыт, проведённый авторами или этим классом.

Исходная программа

Источники и права на изображения

OpenStax: упругость, напряжение и деформация

Источники проверены 15.10.2026. Числовые наборы и графики - учебные модели, не результаты проведённых авторами опытов. Оригинальные схемы подготовлены порталом «Школы России» для этого урока, не являются фотографиями. Ответы и примечания учителю в PDF выделены отдельно.

Иллюстрация: увеличенная копия для печати

Одинаковая исходная полоса 200 × 100 мм; пролёт 120 мм

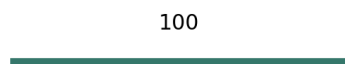
П: плоский

Г: гармошка

К: канал

4 панели по 25

25 + 50 + 25



Размеры панелей: мм



Размеры панелей: мм



Размеры панелей: мм

Поперечные профили из одинаковых исходных полос: П — плоский; Г — гармошка с четырьмя панелями по 25 мм; К — канал со стенками по 25 мм и дном 50 мм. Продольный пролёт в испытании 120 мм; сечения показаны схематически.