



**Региональный форум работников
системы общего образования
«Повышение качества образования:
эффективные управленческие и
педагогические практики»**

Секция учителей физики

23.09.2026



Региональный форум работников системы общего образования
«Повышение качества образования:
эффективные управленческие и педагогические практики»



Секция учителей физики

Доклад

**«Моделирование физических процессов в АПК с
использованием цифровых лабораторий»**

Докладчик:

Миронова Ольга Алексеевна,

к.ф.-м.н., учитель физики ГБОУ СОШ №2 п.г.т. Усть-Кинельский

23.09.2026

«Цифровые двойники растений дают возможность точно определять дозу и время внесения удобрений, моделировать ход развития растений»



- Как создать простейший «цифровой двойник» грядки в школьной лаборатории?

Моделирование раздела «Механика» для задач АПК

Моделирование раздела "Механика" для задач агропромышленного комплекса (АПК) — это ключ к превращению абстрактных школьных знаний в понятный и востребованный инженерный инструмент.

Основная идея заключается в том, что **каждое механическое явление должно быть привязано к конкретной агротехнологической операции.**

Моделирование раздела «Механика» для задач АПК

1. Решение задач:

1. Вычислите силу тяжести, действующую на 15 стогов сена, которые размещены на прицепе определённой массы.
2. Как деформируется сцепка между прицепом и трактором или как деформируется сцепка плуга трактора, на которую действуют определённые силы. По заданным значениям коэффициента упругости металла и по заданному значению деформации можно определить силу упругости.
3. Вместе с учениками можно указать примеры, когда возникают те или иные силы трения. Например, сила трения покоя возникает в результате нахождения зерна на перерабатывающем предприятии. Сила трения качения возникает в результате взаимодействия колеса сельхозтехники с поверхностью земли, а сила трения скольжения возникает в результате движения ремня по шкиву вала.

Моделирование раздела «Механика» для задач АПК

2. Моделирование сил в агротехнологических процессах

2.1. Сила трения: от теории к выбору шин

Агропроблема: Как выбрать шины для трактора, чтобы минимизировать пробуксовку и снизить уплотнение почвы?

Физическая модель:

- Исследование зависимости силы трения скольжения и качения от типа поверхности и материала
- Сравнение коэффициентов трения для разных "протекторов" (гладкая резина, рифленая, с "ёлочкой")

Моделирование с цифровой лабораторией:

Установка:

- Датчик силы
- Деревянный брусок с возможностью смены "протектора" (накладки из резины с разным рисунком)
- Наклонная плоскость или горизонтальная поверхность
- Емкость с песком/грунтом (модель поля)

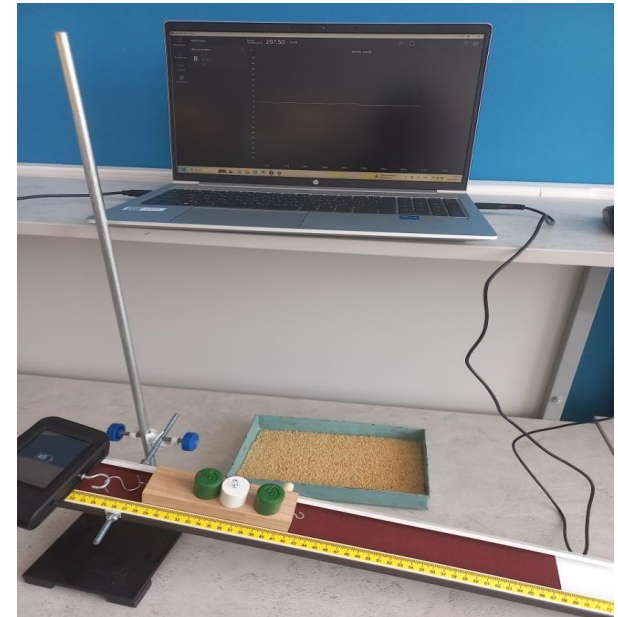
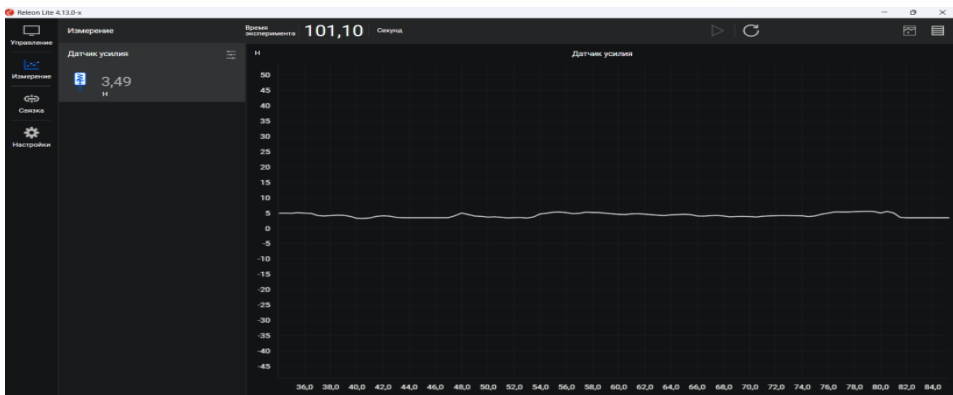
Моделирование раздела «Механика» для задач АПК

2. Моделирование сил в агротехнологических процессах

2.1. Сила трения: от теории к выбору шин

Эксперимент (лаборатория Releon):

1. Измеряем силу трения скольжения для каждого типа "протектора"
2. Повторяем измерения на сухом и увлажненном песке
3. Строим графики зависимости силы трения от типа протектора и влажности



Агроинженерный вывод:

- Для работы на сухой почве оптимален протектор с продольными ребрами (меньше трение → экономия топлива)
- Для влажной почвы и грязи необходим протектор "ёлочка" (больше трение → нет пробуксовки)

Моделирование раздела «Механика» для задач АПК

3. Моделирование простых механизмов в агротехнике

3.1. Наклонная плоскость: погрузочные работы

Агропроблема: Как рассчитать длину пандуса для погрузки зерна в бункер?

Физическая модель:

- Движение тела по наклонной плоскости
- Баланс сил: $F_{\text{тяги}} + F_{\text{трения}} = m \cdot g \cdot \sin \alpha$

Моделирование:

Установка:

- Датчик силы
- Наклонная плоскость с изменяемым углом
- Тележка (модель зерновоза)
- Грузы



Моделирование раздела «Механика» для задач АПК

3. Моделирование простых механизмов в агротехнике

3.1. Наклонная плоскость: погрузочные работы

Эксперимент:

1. Измеряем силу, необходимую для равномерного подъема груза при разных углах наклона
2. Сравниваем с прямым подъемом груза без пандуса
3. Рассчитываем экономию силы

№	Угол наклона	Сила, Н
1	0°	0,2
2	10°	0,3
3	15°	0,4
4	25°	0,5
5	30°	0,6
6	Вертикально поднимаем	1

Агроинженерный вывод:

- Чем меньше угол наклона (чем длиннее пандус), тем меньше требуемая сила
- Оптимальный угол для погрузки сыпучих материалов — 15-20° (обеспечивает безопасность и эффективность)

Моделирование раздела «Механика» для задач АПК

4. Моделирование давления на почву

4.1. Влияние площади опоры на уплотнение почвы

Агропроблема: Какой вред наносит тяжелая техника, и как его минимизировать?

Физическая модель:

- Давление: $P = F/S$
- Зависимость глубины колеи от давления

Моделирование:

Установка:

- Датчик давления
- Разные "колеса" (грузы с разной площадью опоры)
- Емкость с почвой (песок, земля)



Моделирование раздела «Механика» для задач АПК

4. Моделирование давления на почву

4.1. Влияние площади опоры на уплотнение почвы

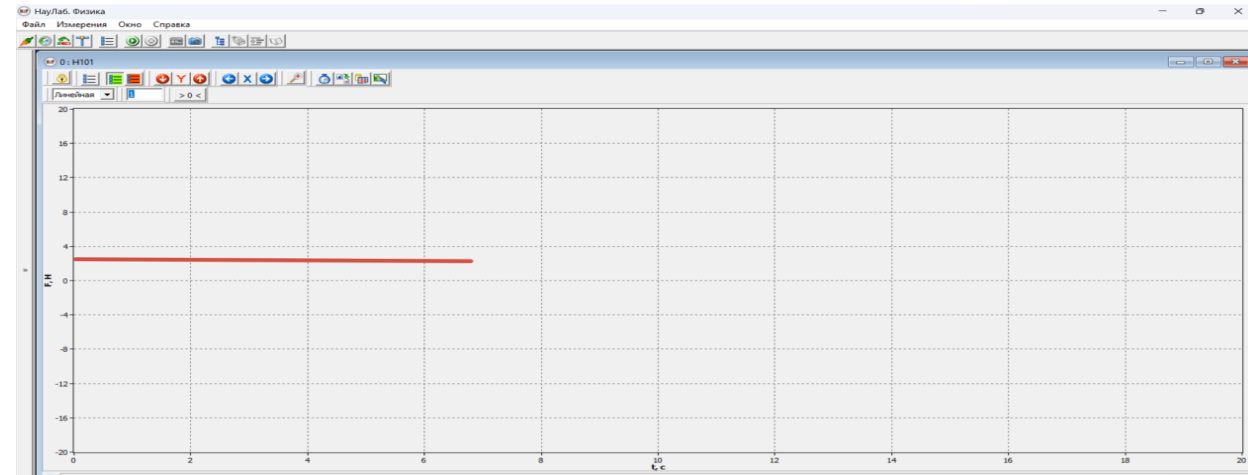
Эксперимент:

1. Ставим груз массой m на опору площадью S_1 , измеряем давление и глубину погружения
2. Повторяем с опорой площади $S_2 > S_1$
3. Сравниваем результаты



Агроинженерный вывод:

- Гусеничная техника создает давление на почву в 1.5-2 раза меньше, чем колесная
- Это сохраняет структуру почвы, обеспечивает водопроницаемость и сохранность урожая
- Снижение давления с 80 кПа до 40 кПа уменьшает уплотнение почвы на 30-40%



Моделирование раздела «Механика» для задач АПК

Сводная таблица: Механика → Агроинженерия

Раздел физики	Физическая модель	Агроинженерная задача	Датчики
Сила трения	Зависимость $F_{тр}$ от типа поверхности	Выбор протектора шин	Силы
Сила тяжести	Условия равновесия на наклонной плоскости	Безопасность техники на склонах	Силы, угла
Простые механизмы	Рычаг, наклонная плоскость	Расчет гидравлики, погрузочных пандусов	Силы
Работа, мощность	$A = F \cdot S$, $P = A/t$	Расчет энергозатрат на обработку поля	Силы, расстояния
Крутящий момент	$M = F \cdot r$	Сравнение дизельных и бензиновых двигателей	Силы
Давление	$P = F/S$	Влияние техники на почву	Давления
Колебания	$T = 2\pi\sqrt{m/k}$	Оптимизация подвески	Силы, ускорения

Моделирование раздела «Механика» для задач АПК

Моделирование раздела "Механика" для задач АПК позволяет достичь нескольких целей одновременно:

- **Образовательная:** Глубокое понимание физических законов через призму практических задач.
- **Профориентационная:** Формирование представления о профессиях агроинженера, механизатора, агронома-технолога.
- **Мотивационная:** Показ значимости физических знаний для реального сектора экономики.

Моделирование раздела «Молекулярная физика и термодинамика» для задач АПК

Основная идея: молекулярная физика объясняет, как управлять качеством продукции и энергоэффективностью производства.

Если механика отвечает на вопрос «как двигать», то термодинамика — «как сохранить и переработать». Законы идеального газа работают в системах вентиляции зернохранилищ, фазовые переходы — при сушке и заморозке, а влажность воздуха определяет условия хранения.

Моделирование раздела «Молекулярная физика и термодинамика» для задач АПК

1. Моделирование газовых законов в агросистемах

1.1. Вентиляция зернохранилищ: закон Бойля-Мариотта

Агропроблема: Как рассчитать систему активного вентилирования зерна, чтобы избежать самосогревания и порчи?

Физическая модель:

- Изотермический процесс ($T = \text{const}$): $P \cdot V = \text{const}$;
- Связь объема и давления воздуха в пористой среде зерновой массы.

Моделирование с цифровой лабораторией:

Установка:

- Датчик давления
- Герметичный сосуд с зерном (модель бункера)
- Компрессор или шприц для изменения объема
- Датчик температуры



Моделирование раздела «Молекулярная физика и термодинамика» для задач АПК

1. Моделирование газовых законов в агросистемах

1.1. Вентиляция зернохранилищ: закон Бойля-Мариотта

Эксперимент:

1. Создаем модель зернового бункера (сосуд с зерном)
2. Изменяем объем воздуха в межзерновом пространстве
3. Фиксируем изменение давления с помощью датчика
4. Строим изотерму (P-V график) в реальном времени

Агроинженерный вывод:

- Оптимальный расход воздуха на 1 тонну зерна: 10-15 м³/ч
- Слишком высокое давление → переуплотнение зерна, неравномерная продувка
- Слишком низкое → недостаточное охлаждение, риск самосогревания

Моделирование раздела «Молекулярная физика и термодинамика» для задач АПК

1.2. Управление микроклиматом в теплицах: закон Гей-Люссака

Агропроблема: Как изменение температуры влияет на влажность и содержание CO_2 в теплице?

Физическая модель:

- Изобарный процесс ($P = \text{const}$): $V/T = \text{const}$
- Связь температуры и объема воздуха, определяющая циркуляцию

Моделирование:

Установка:

- Датчик температуры
- Датчик влажности
- Датчик CO_2 (при наличии)
- Модель теплицы (прозрачный контейнер с вентиляцией)

Моделирование раздела «Молекулярная физика и термодинамика» для задач АПК

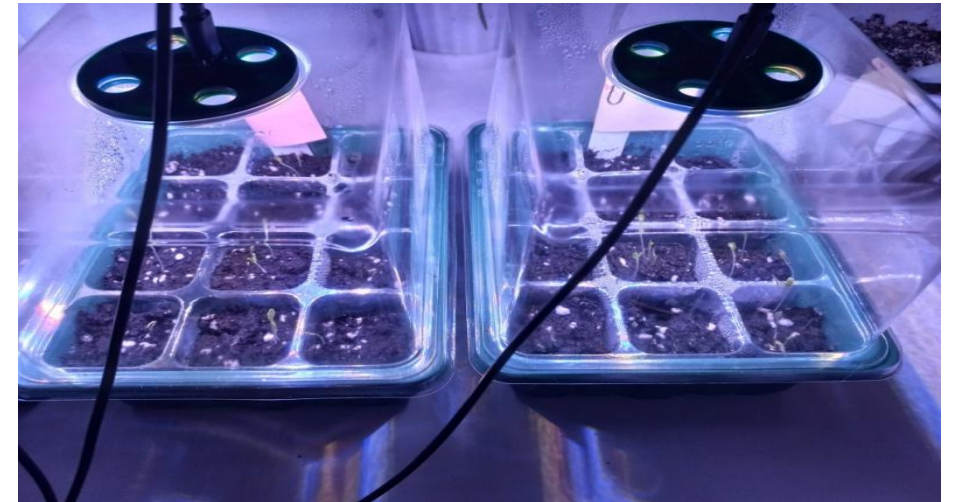
1.2. Управление микроклиматом в теплицах: закон Гей-Люссака

Эксперимент:

1. Нагреваем модель теплицы (имитация солнечного дня)
2. Регистрируем одновременное изменение T , влажности, CO_2
3. Открываем вентиляцию, наблюдаем нормализацию параметров

Агроинженерный вывод:

- При повышении температуры на 10°C объем воздуха увеличивается на $\sim 3,4\%$
- Это создает естественную тягу для вентиляции
- Автоматические системы проветривания должны учитывать этот эффект



Моделирование раздела «Молекулярная физика и термодинамика» для задач АПК

2. Моделирование фазовых переходов в агропроцессах

2.1. Сушка зерна: испарение и теплота парообразования

Агропроблема: Сколько энергии нужно затратить, чтобы высушить зерно с влажности 25% до 14%?

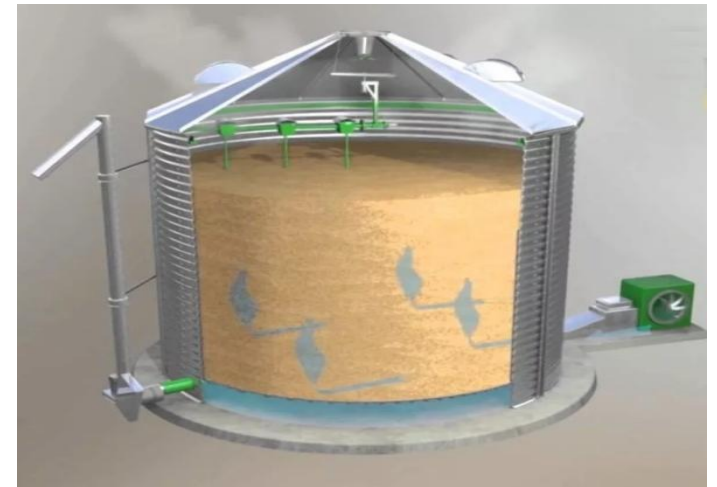
Физическая модель:

- Фазовый переход жидкость → пар
- Удельная теплота парообразования: $Q = m \cdot L$

Моделирование с цифровой лабораторией:

Установка:

- Датчик влажности (почвы/воздуха)
- Датчик температуры (контактный и бесконтактный)
- Образец увлажненного зерна
- Нагреватель с регулировкой мощности



Моделирование раздела «Молекулярная физика и термодинамика» для задач АПК

2. Моделирование фазовых переходов в агропроцессах

2.1. Сушка зерна: испарение и теплота парообразования

Эксперимент:

1. Помещаем влажное зерно в сушильную камеру
2. Непрерывно регистрируем:
 - массу образца (через датчик силы)
 - температуру зерна
 - влажность воздуха на выходе
3. Строим кривую сушки: влажность $\rightarrow$ время
4. Рассчитываем затраченную энергию



Агроинженерный вывод:

- Для испарения 1 кг воды требуется $\sim 2,26$ МДж ($\approx 0,63$ кВт·ч)
- Зная начальную и конечную влажность, можно рассчитать энергозатраты на всю партию
- Оптимальная температура сушки зерна: 40-60°C (выше $\rightarrow$ денатурация белка)

Моделирование раздела «Молекулярная физика и термодинамика» для задач АПК

Сводная таблица: Молекулярная физика → Агроинженерия

Раздел физики	Физическая модель	Агроинженерная задача	Датчики
Газовые законы	$P \cdot V = \text{const}, V/T = \text{const}$	Вентиляция зернохранилищ, теплиц	Давления, температуры
Фазовые переходы	$Q = m \cdot L$, кристаллизация	Сушка зерна, заморозка продуктов	Температуры, влажности, силы
Влажность	$\phi = p/p_n \cdot 100\%$, точка росы	Контроль условий хранения	Влажности, температуры
Теплопроводность	$Q = \lambda \cdot (\Delta T / \Delta x) \cdot S \cdot t$	Теплоизоляция помещений	Температуры (многоканальный)
Конвекция	Естественная/вынужденная	Обогрев теплиц, вентиляция	Температуры (по вертикали)
Тепловые машины	Цикл Отто, цикл Дизеля	Выбор двигателя для техники	Виртуальное моделирование

Моделирование раздела «Молекулярная физика и термодинамика» для задач АПК

Моделирование раздела "Молекулярная физика и термодинамика" для задач АПК позволяет получить:

- **Образовательный результат:** глубокое понимание тепловых процессов через призму реальных агротехнологий.
- **Профориентационный результат:** формирование представления о профессиях агронома-технолога, инженера по хранению, специалиста по энергоменеджменту.
- **Практический результат:** навыки расчета энергозатрат, оценки эффективности систем вентиляции и теплоизоляции.

Моделирование раздела «Электродинамика» для задач АПК

Основная идея: электродинамика — это язык, на котором говорит современное сельское хозяйство. Электродвигатели приводят в движение технику, электротехнологии повышают урожайность и сохраняют продукцию, а системы автоматизации и стабилизации напряжения обеспечивают непрерывность производственных процессов. Знание электродинамики позволяет будущим агроинженерам:

- Рассчитывать и выбирать электроприводы для различного оборудования.
- Понимать принципы работы электротехнологических установок.
- Обеспечивать энергоэффективность и надежность электроснабжения.

Моделирование раздела «Электродинамика» для задач АПК

1. Моделирование электрических цепей и режимов работы оборудования

1.1. Исследование режимов работы электродвигателя

Агропроблема: Как правильно подобрать и эксплуатировать электродвигатель для зернодробилки, вентилятора или насосной станции?

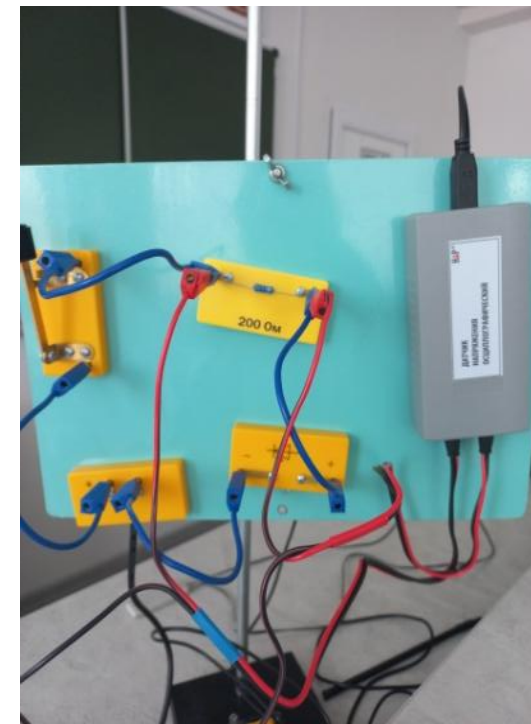
Физическая модель:

- Закон Ома для полной цепи
- Зависимость мощности от нагрузки
- Рабочие характеристики электродвигателя

Моделирование с цифровой лабораторией "Научные развлечения":

Установка:

- Модуль "Электричество" с набором сопротивлений
- Датчики тока и напряжения
- Модель электродвигателя постоянного тока
- Нагрузочное устройство (тормоз или вентилятор)



Моделирование раздела «Электродинамика» для задач АПК

1. Моделирование электрических цепей и режимов работы оборудования

1.1. Исследование режимов работы электродвигателя

Эксперимент:

1. Собираем цепь электродвигателя с возможностью изменения нагрузки
2. Измеряем ток, напряжение и мощность при холостом ходе
3. Постепенно увеличиваем нагрузку (имитация подачи зерна в дробилку)
4. Строим графики зависимости тока, мощности и КПД от нагрузки
5. Находим точку максимального КПД



Агроинженерный вывод:

- Электродвигатель имеет оптимальную рабочую зону (70-100% номинальной нагрузки)
- Работа с недогрузкой снижает КПД и увеличивает расход электроэнергии на единицу продукции
- Перегрузка приводит к перегреву и выходу из строя оборудования
- Частотное регулирование позволяет оптимизировать режимы работы.

Моделирование раздела «Электродинамика» для задач АПК

2. Моделирование электротехнологий в растениеводстве и животноводстве

2.1. Электросепарация семян

Агропроблема: Как отделить некондиционные семена от полноценных?

Физическая модель:

- Электризация тел при трении
- Движение заряженных частиц в электрическом поле

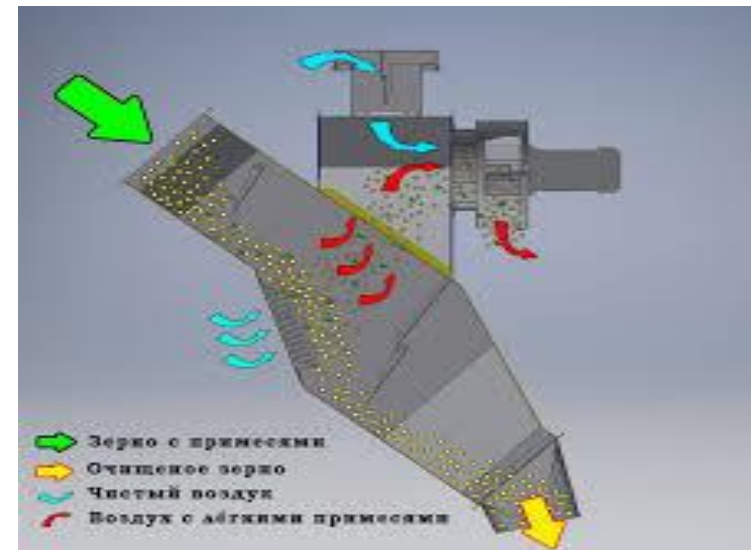
Моделирование:

Установка:

- Высоковольтный источник (статическое электричество)
- Система пластин-электродов
- Бункер для подачи семян

Эксперимент:

1. Создаем электрическое поле между пластинами
2. Пропускаем через поле смесь семян разного качества
3. Наблюдаем траектории движения разных фракций
4. Измеряем эффективность разделения



Агроинженерный вывод:

- Полноценные и некондиционные семена имеют разную диэлектрическую проницаемость
- В электрическом поле они отклоняются на разные расстояния
- Электросепарация позволяет повысить качество посевного материала.

Моделирование раздела «Электродинамика» для задач АПК

2. Моделирование электротехнологий в растениеводстве и животноводстве

2.2. Электрообогрев в животноводстве

Агропроблема: Как обеспечить оптимальный температурный режим для молодняка?

Физическая модель:

- Закон Джоуля-Ленца: $Q = I^2 \cdot R \cdot t$
- Удельное сопротивление проводников

Моделирование:

Установка:

- Нагревательный элемент (нихромовая проволока)
- Источник питания с регулировкой напряжения
- Датчики температуры (2-3 шт.)

Эксперимент:

1. Измеряем сопротивление нагревательного элемента
2. При разных напряжениях рассчитываем мощность: $P = U^2/R$
3. Строим зависимость температуры от подводимой мощности
4. Исследуем распределение температуры вдоль нагревателя

Агроинженерный вывод:

- Для обогрева поросят и цыплят необходима температура 30-35°C в зоне нахождения
- Мощность обогревателей рассчитывается исходя из объема помещения и теплопотерь
- Использование автоматических систем позволяет экономить до 30% электроэнергии.



Моделирование раздела «Электродинамика» для задач АПК

Сводная таблица: Электродинамика → Агроинженерия

Раздел физики	Физическая модель	Агроинженерная задача	Датчики
Постоянный ток	Закон Ома, мощность	Расчет электроприводов, выбор кабелей	Тока, напряжения
Переменный ток	$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$	Энергоэффективность оборудования	Тока, напряжения
Электромагнетизм	Электромагнитная индукция	Асинхронные двигатели, генераторы	Магнитного поля
Электрические разряды	Барьерный разряд	Активация воды, кавитация	рН, электропроводности
Электростатика	Заряд в электрическом поле	Сепарация семян, очистка воздуха	Напряженности поля
Автоматика	Обратные связи	Системы управления микроклиматом	Влажности, температуры, CO ₂
Электробезопасность	Ток через тело человека	Заземление, защитное отключение	Тока, напряжения

Моделирование раздела «Электродинамика» для задач АПК

Моделирование раздела "Электродинамика" для задач АПК позволяет:

- **Образовательный результат:** сформировать глубокое понимание электрических явлений через призму реальных агротехнологических задач
- **Профориентационный результат:** познакомить с профессиями инженера-электрика в АПК, специалиста по автоматизации, агроинженера-электротехнолога
- **Практический результат:** освоить навыки расчета электрических цепей, выбора оборудования, оценки энергоэффективности



***Спасибо
за внимание!***

**Миронова Ольга Алексеевна,
к.ф.-м.н., учитель физики ГБОУ СОШ №2
п.г.т. Усть-Кинельский**