

Проекты,  
выполненные школьниками под  
руководством сотрудников физ. ф-та  
МГУ  
и учителей физики

работа со школьниками  
<welcome.ff@org.msu.ru>

# Закон Бернулли в действии: развитие технологий с простых примеров до СЛОЖНЫХ СИСТЕМ в авиации.

Научный руководитель:

к.ф.-м.н. Татаренкова Дарья Илларионовна,

Научный консультант:

Кулькин Максим Кириллович, учитель. школа № 1741.

Авторы проекта, учащиеся 10 «Б»:

Церегородцев Сергей Александрович,

Жариков Артём Дмитриевич,

# Эксперимент 1: Левитация шариков

Оборудование: Аэротруба(фен + сопло)

Шарики  $D=2$  см,  $m=2$  г;

$D=2$  см,  $M=8$  г;

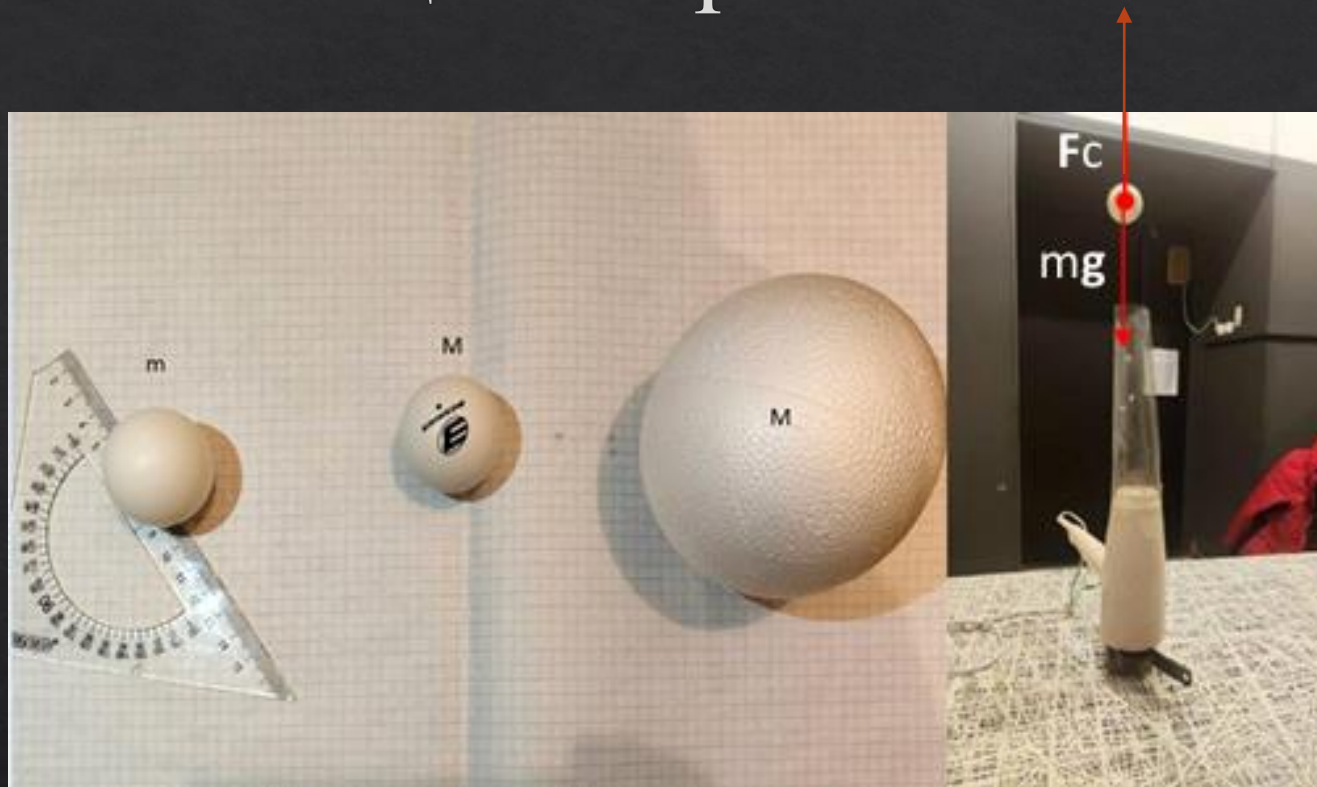
$D=8$  см,  $M=8$  г

Что наблюдали:

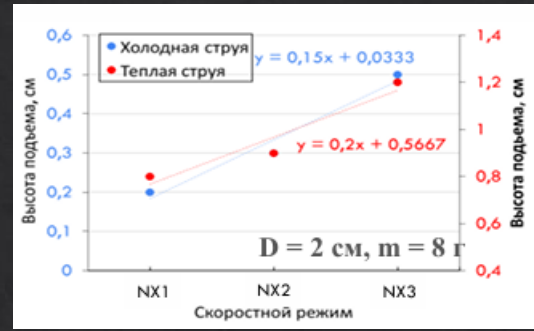
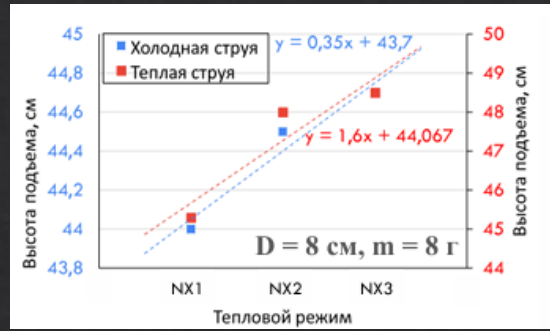
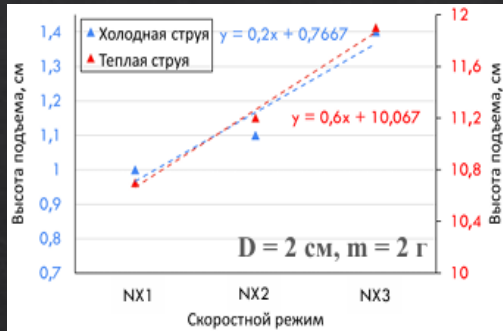
Шарик «висит» в потоке благодаря разности давлений: быстро движущийся воздух сверху создает низкое давление, а снизу — высокое (эффект Бернулли).

Баланс сил:

$$mg = F_c$$
$$F_c = C_x \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}$$
$$v = \sqrt{\frac{8mg}{C_x \pi D^2 \rho}}$$
$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$
$$\rho = \frac{P\mu}{RT}$$



# Процесс эксперимента



Влияние температуры и скорости потока на высоту подъема шариков

| m, кг | D, м | v, м/с |
|-------|------|--------|
| 0,002 | 0,02 | 14,4   |
| 0,008 | 0,02 | 28,9   |
| 0,008 | 0,08 | 7,2    |

Расчетная скорость течения в положении левитации для холодной струи в режиме наименьшей скорости

Влияние температуры:

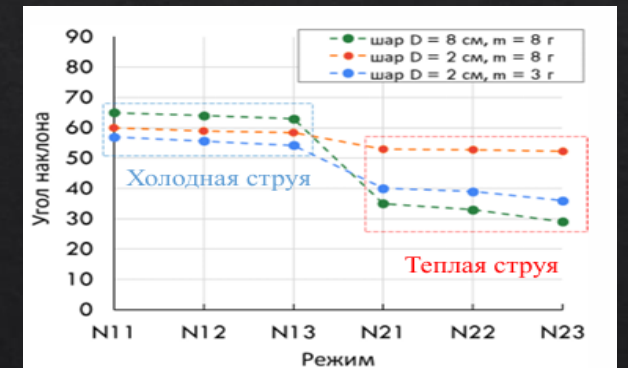
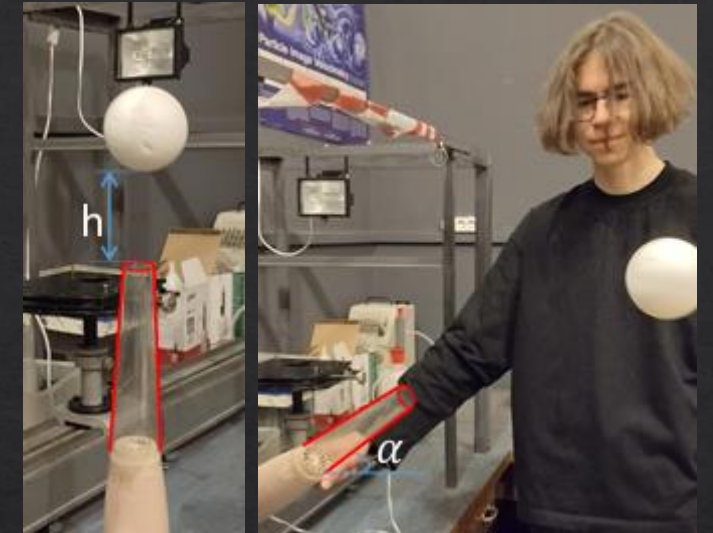
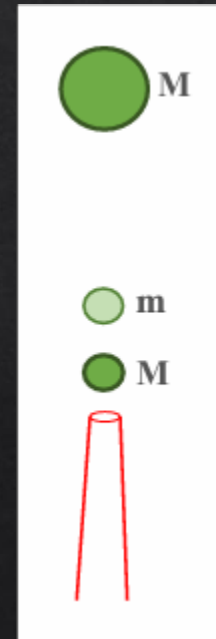
Нагрев уменьшает плотность воздуха ( $\rho$ ), снижая  $F_c$ . Одновременно повышается кинематическая вязкость воздуха, что может изменить характер потока (ламинарный/турбулентный) и коэффициент сопротивления  $C_d$ . Эти изменения сильнее влияют на баланс сил, чем прямое увеличение скорости, особенно для шариков с разной плотностью и размерами.

## Параметры потока

•Скорость на выходе из сопла уменьшалась с высотой (29 м/с на 0.2 см, 7 м/с на 44 см). Температура оказала большее влияние на высоту подъема, чем скорость.

Скорость потока:

Быстрое падение скорости с высотой (от 29 м/с до 7 м/с) связано с рассеиванием энергии потока и турбулентностью. Шарик стабилизируются на высоте, где  $F_a = F_g$ .



Влияние скорости и температуры струи на максимальный угол наклона струи, когда шарик не падает

# Выводы из эксперимента №1

## Основные результаты и выводы:

Установлены количественные зависимости параметров левитации от различных факторов

Определены оптимальные параметры для аэродинамических профилей Разработана методика демонстрации аэродинамических явлений

## Размер и масса шариков:

Шарик 8 см/8 г имеет меньшую плотность, чем 2 см/8 г, поэтому требует меньшей силы для левитации. Большая площадь поверхности (8 см) увеличивает  $F_a$ , компенсируя массу. Тяжелый шарик (2 см/8 г) требует более высокой скорости потока для левитации, что ограничивает его высоту подъема

# Эксперимент 2: Аэродинамика крыла

Изучались аэродинамические характеристики модели крыла в потоке воздуха с разными скоростями (3 режима) и температурами (2 режима).

Оборудование: аэротруба(фен + сопло) модели крыльев

Основные параметры:

Угол атаки—угол между хордой крыла и направлением потока.

Угол отклонения нити—индикатор баланса между подъемной силой  $F_y$  и силой

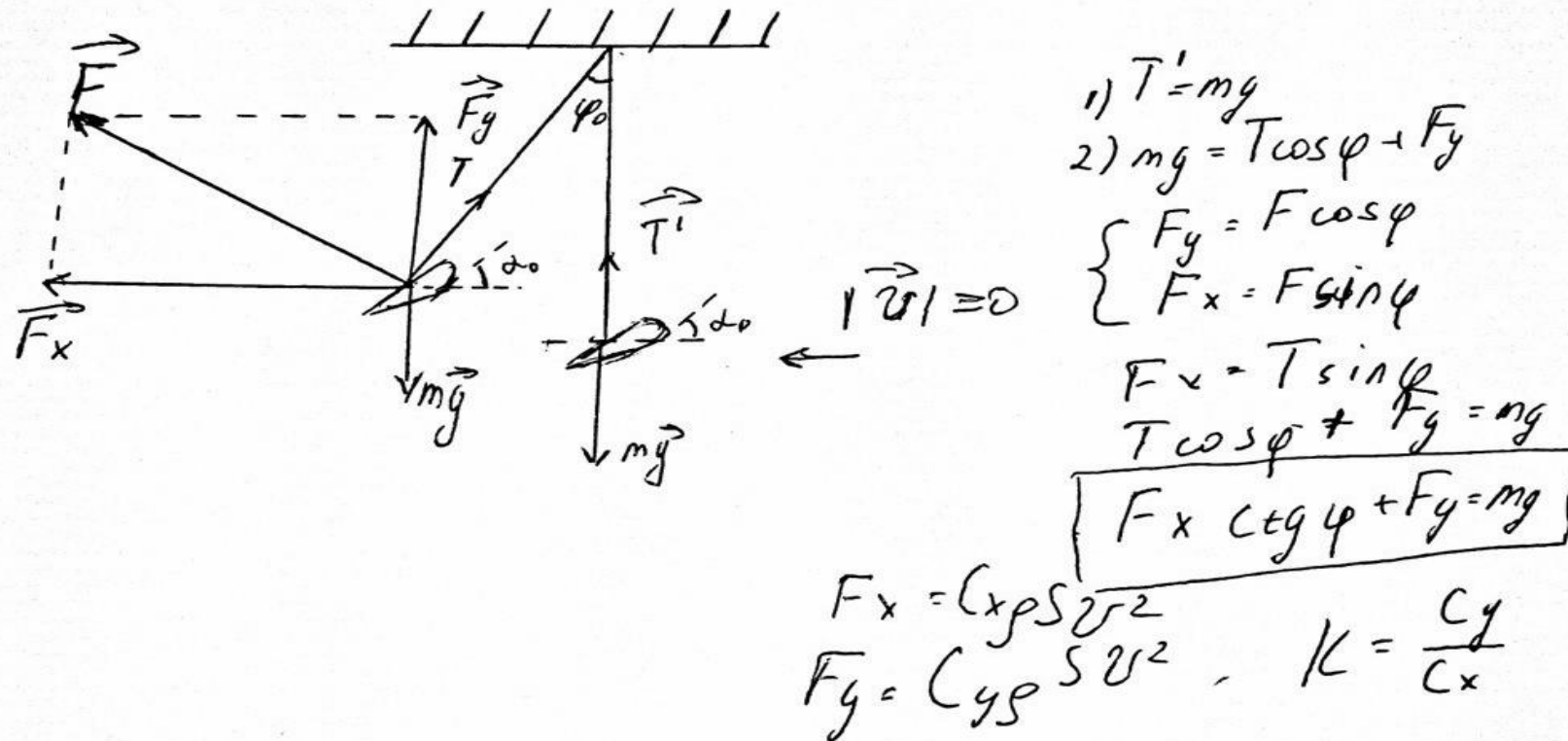
Сопротивления  $F_x$ .

Режимы струи:

Режим 1: холодная, медленная струя.

Режим 2: горячая, быстрая струя.

# Схема эксперимента с крылом с указанием действующих сил



# Практическое применение

## Образовательный процесс:

1. Разработанные эксперименты могут быть использованы на уроках физики
2. Установка позволяет наглядно демонстрировать законы аэродинамики

## Техническое творчество:

1. Полученные данные полезны при конструировании моделей самолетов
2. Могут быть использованы в кружках авиамоделирования

## Научные исследования:

1. Методика может быть применена для изучения более сложных аэродинамических систем
2. Возможна модернизация установки для новых экспериментов

Кафедра физической электроники физического факультета  
МГУ имени М.В. Ломоносова  
Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города  
Москвы "Школа № 1498 "Московская Международная Школа"

# Электрические ракетные двигатели (ЭРД). Применение ионных двигателей (ИД) для решения глобальных задач человечества.

Работу выполнили ученики 10 «Б» класса:

Гамов Артём

Кузнецов Никита

Научные руководители проекта:

д.ф.-м.н. Кралькина Елена Александровна

асп. Дудин Василий Сергеевич

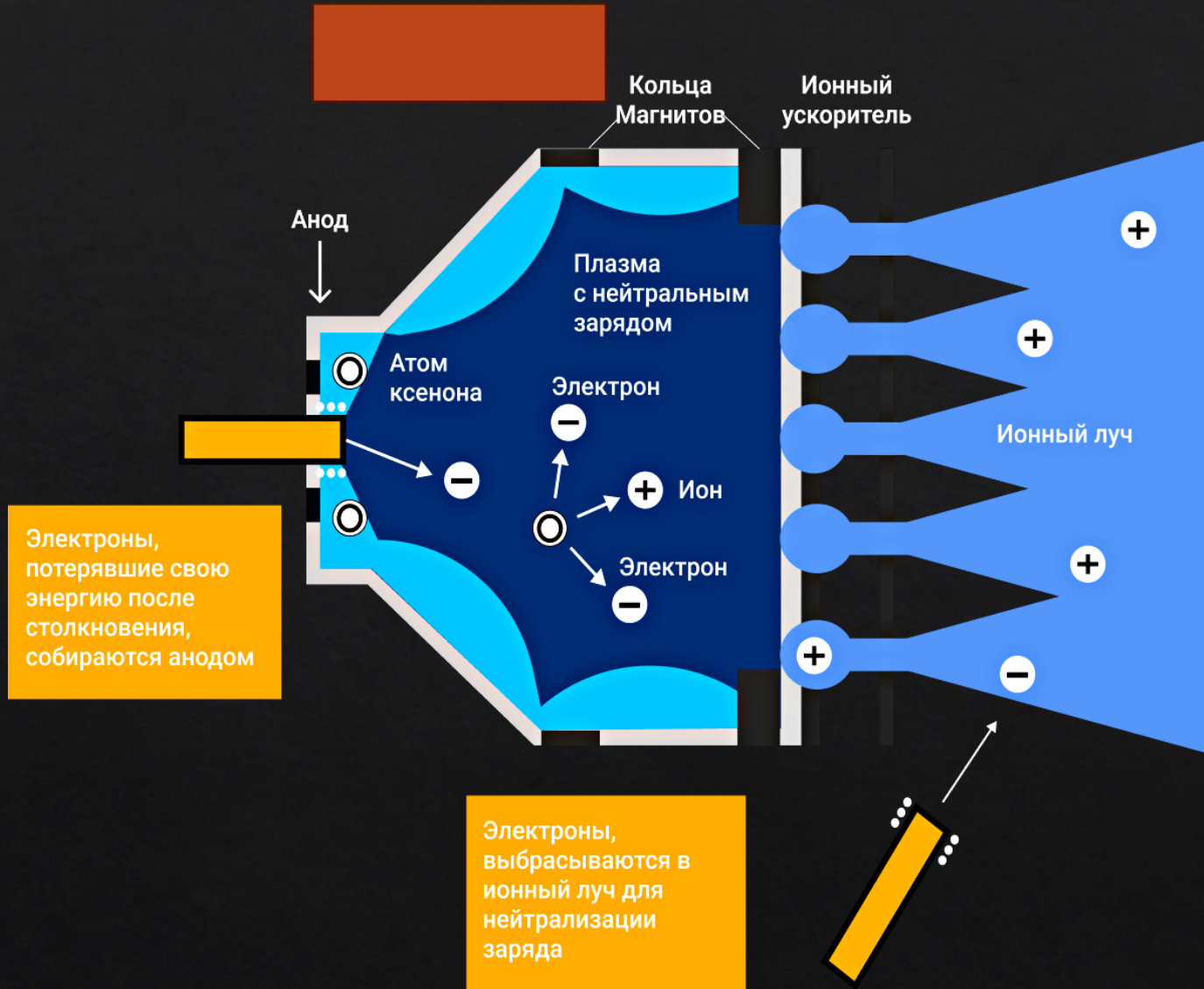
Куратор проекта в школе:

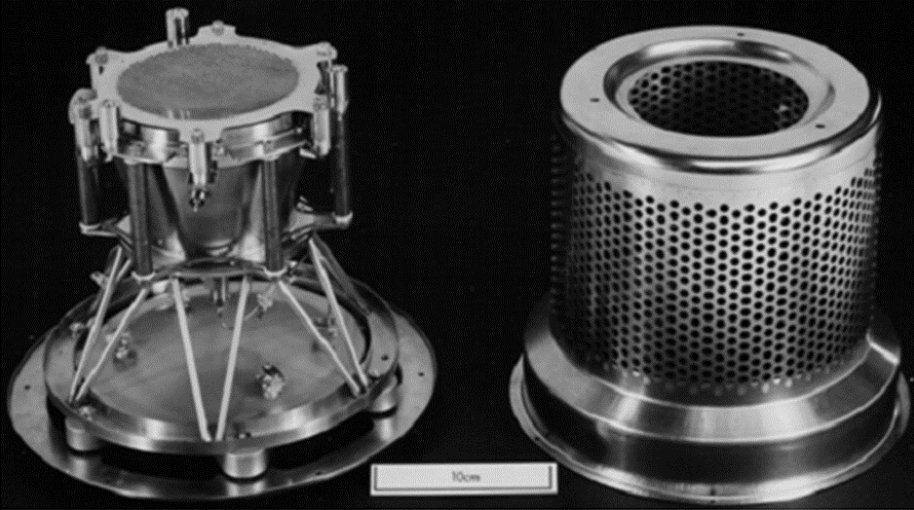
Москв

Кулешова Татьяна Геннадьевна

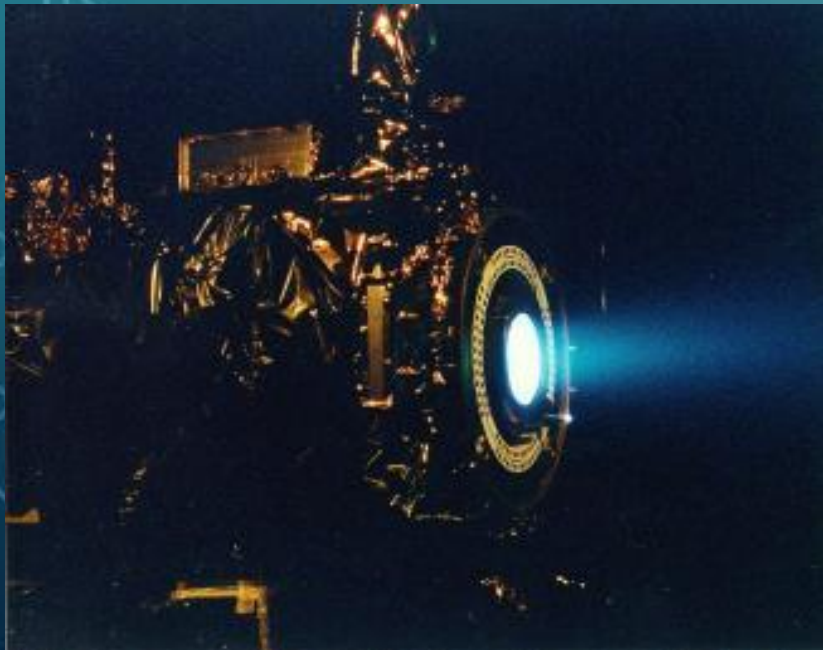
# Устройство ИД

ИД работает на газовом разряде, благодаря которому генерируется плазма. Магнитное поле увеличивает время жизни электрона в разряде. Плазма возникает в результате ионизации атомов ускоренными электронами в газовом разряде. Электроны поступают в поток ионов для нейтрализации заряда.





Английский ионный двигатель  
«Т4»



Ионный двигатель NSTAR

## Цель проекта:

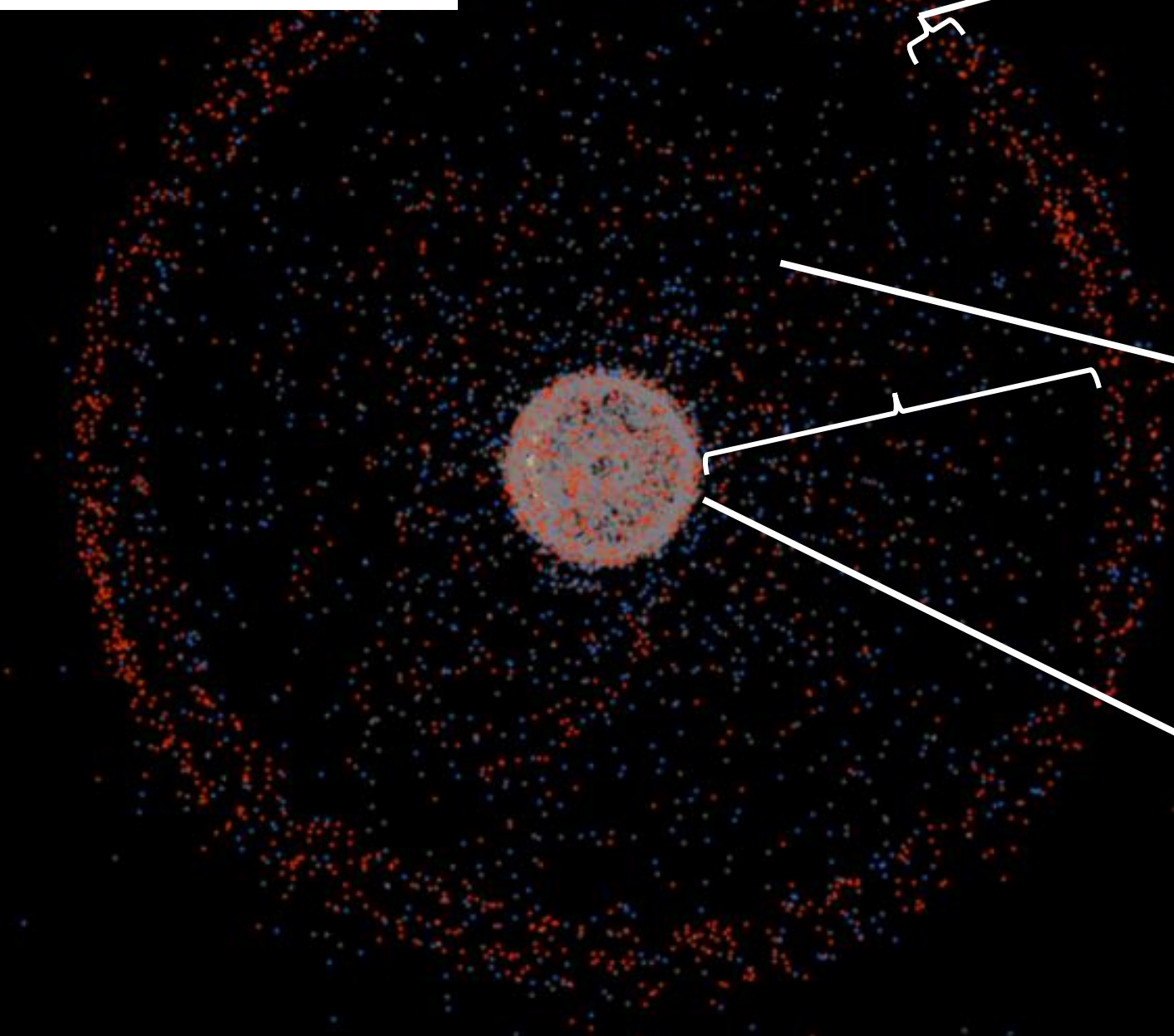
Изучить физические принципы работы ИД, принять участие в разработке прототипа ИД для полётов на сверхнизких орбитах.

## Задачи проекта:

1. Изучить необходимость использования ИД.
2. Изучить принцип работы и особенности ИД, который работает на разряде постоянного тока.
3. Изучить области применения и преимущества ИД перед другими ракетными двигателями.
4. Измерить зависимость ионного тока от мощности, вкладываемой в разряд.
5. По измеренным значениям тока рассчитать достигаемую тягу и сравнить её с силой сопротивления остаточной атмосферы.

● ● Объекты мусора  
● Спутники

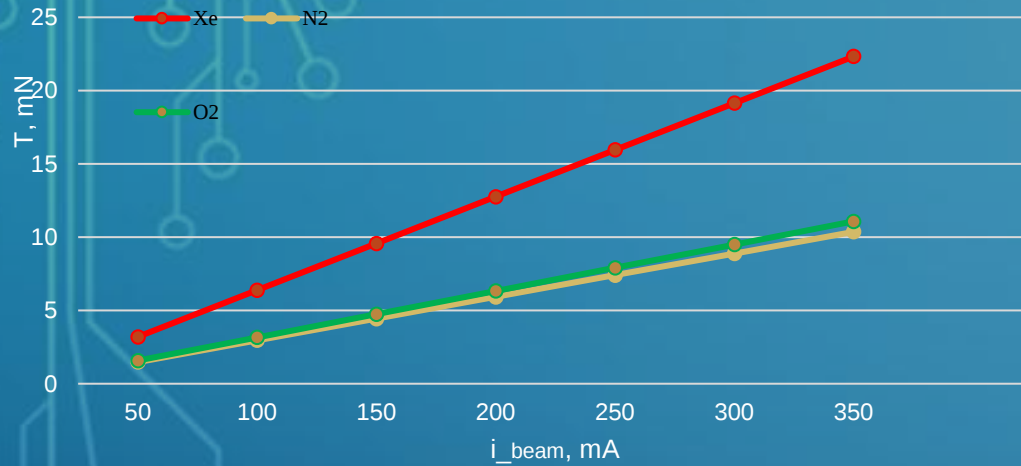
# Применение ИД



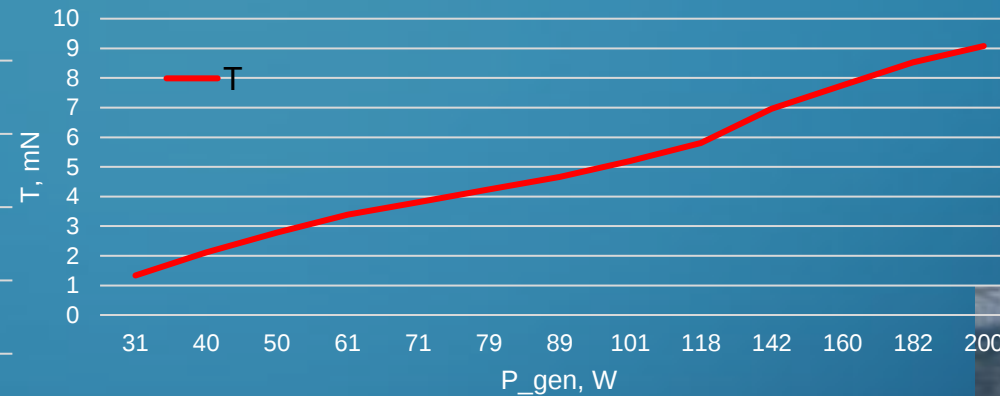
Слой спутников, находящихся на геостационарной орбите (35 756 км) и орбитах, которые находятся около неё. Спутники, находящиеся на средних высотах (2000-35756 км) и имеющие, в основном, эллиптическую орбиту. Спутники, находящиеся на низких орбитах (160-2000км), и МКС.

# Результаты эксперимента

Зависимость тяги от силы ионного тока



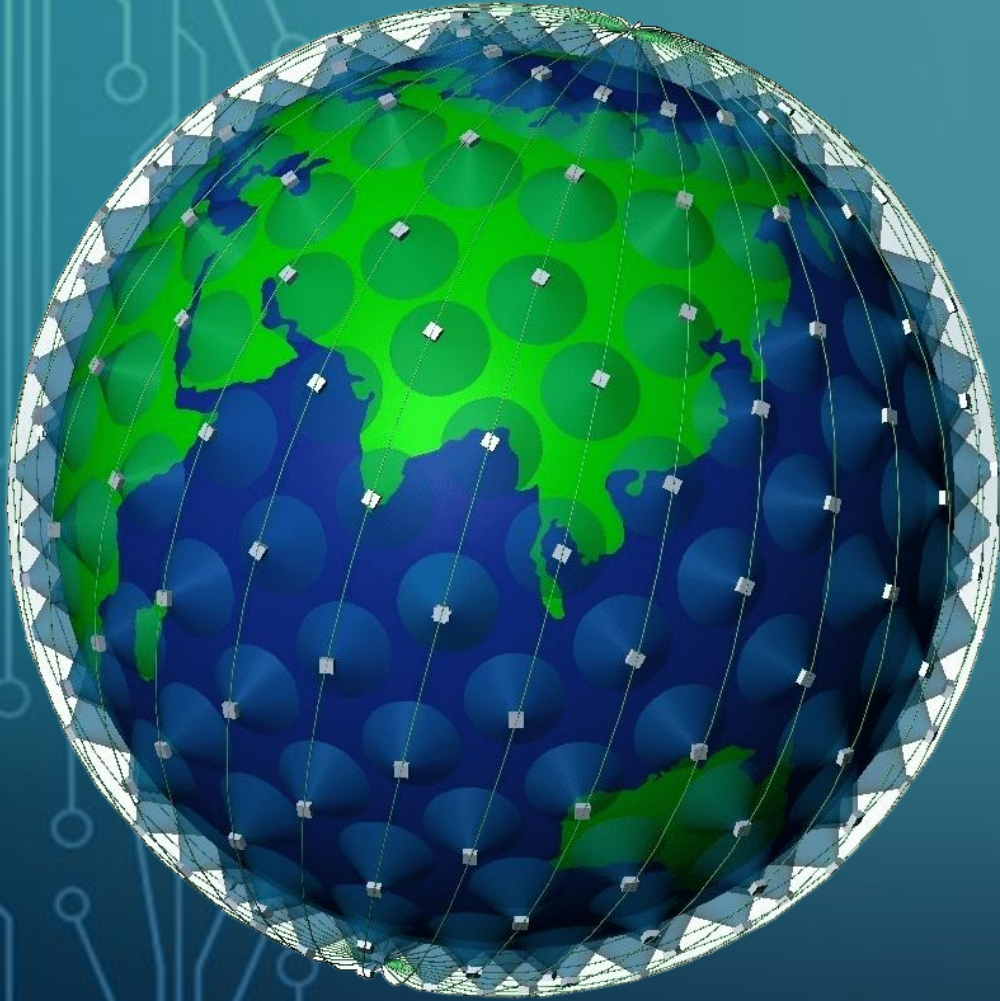
Зависимость мощности тяги (мН) от генератора (Вт)



- Мы измерили зависимость тока ионов, извлекаемого из прототипа двигателя, при работе на азоте и кислороде.
- Измеренные значения тока мы использовали для расчёта достигаемой тяги двигателя в зависимости от мощности, вкладываемой в разряд.
- Эти данные мы будем использовать для оценки возможности использования прототипа двигателя для полётов на сверхнизкой орбите высотой 200 км.



# Применение ЭРД для создания глобальной сверхбыстрой информационной сети будущего



Это сеть спутников на ультранизкой орбите (около 200 км). Она обеспечит быстроедействие сети и доступность выхода в неё по всей планете. (Проект сети находится в стадии разработки)

Примерное расположение  
спутников сети

# **Разработка сенсоров для диагностики вирусов методом гигантского комбинационного рассеяния**

**Руководители работы:**

кандидат физ.-мат. наук

**Осминкина Любовь Андреевна**

аспирант

**Собина Игорь Олегович**

**Выполнила**

Шульгина Алина Александровна

Ученица 10В класса ГБОУ

Школы №1552

2025 г.

# Идея проекта

- **Объект исследования:**

Сенсоры для диагностики вирусов, изготовленные на основе ГКР-активных подложек из кремния с наночастицами серебра.

- **Предмет исследования:**

Метод диагностики вирусов, реализуемый с использованием спектроскопии гигантского комбинационного рассеяния (ГКР) на примере вируса гриппа H1N1.

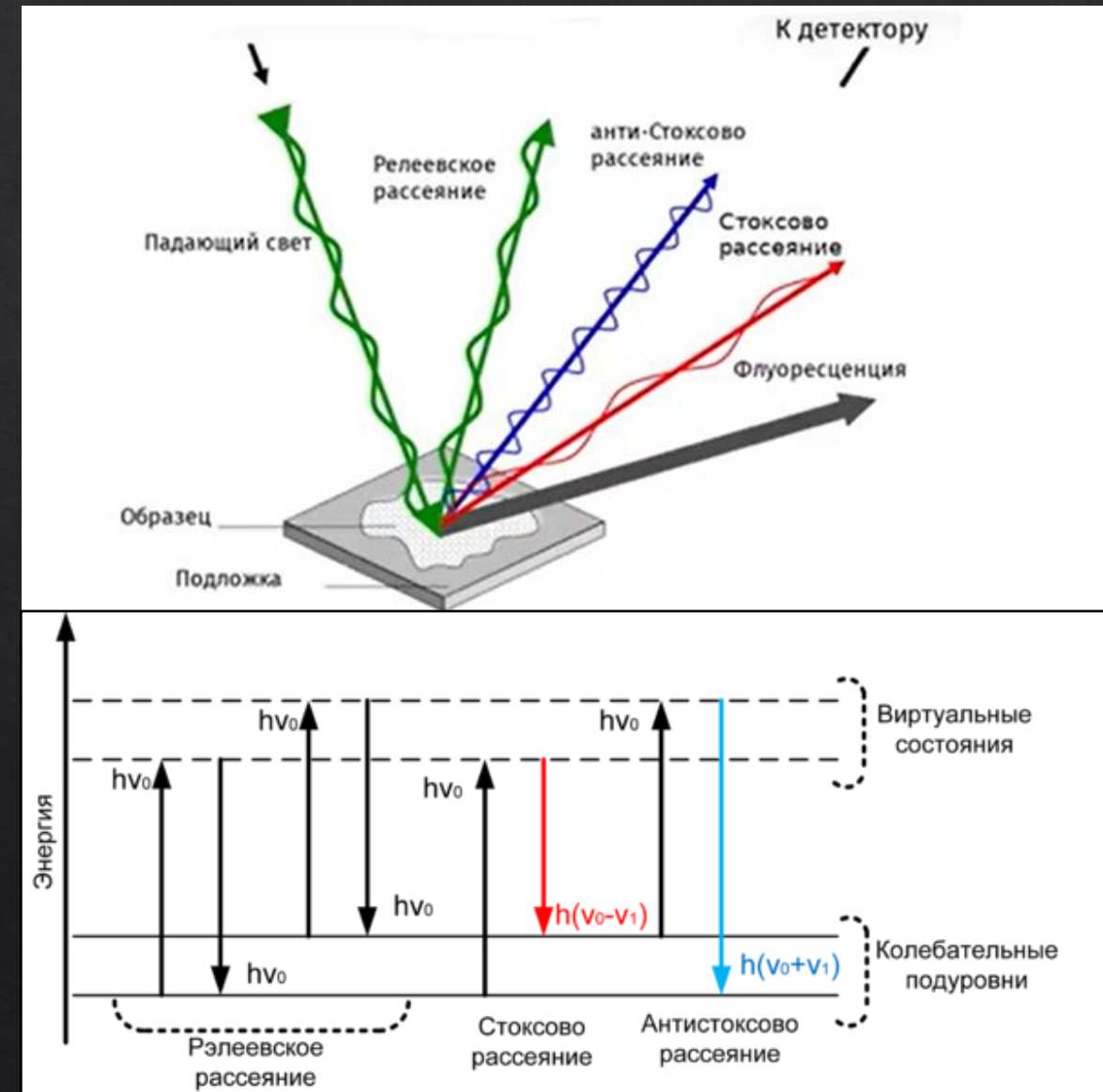
- **Цель работы:**

Разработка высокочувствительных оптических сенсоров для диагностики вирусов с применением спектроскопии гигантского комбинационного рассеяния (ГКР).

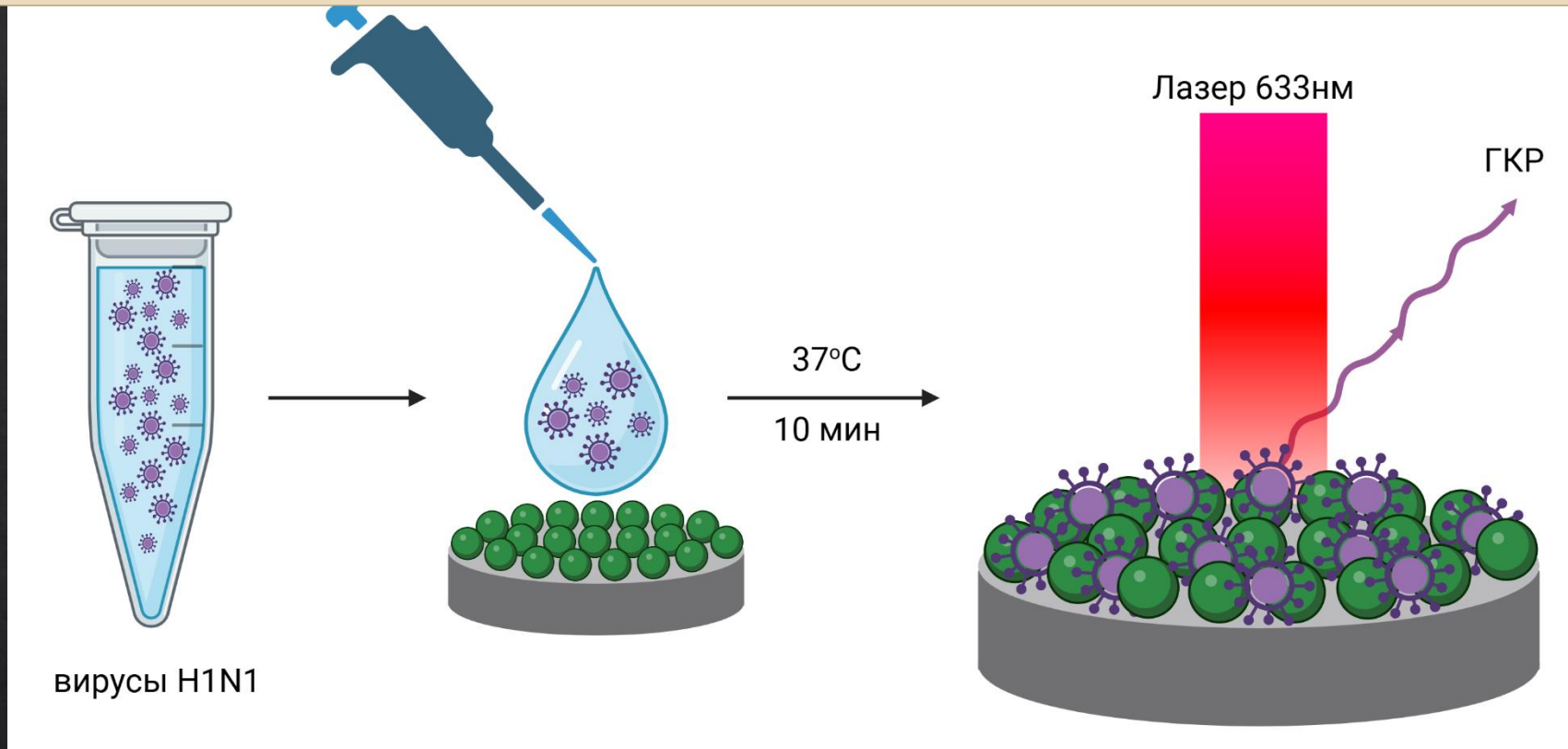
# Комбинационное рассеяние света

Изменение энергии рассеянного фотона это сдвиг частоты рассеянного света относительно падающего. Величина сдвига является уникальной для каждой молекулы, что и позволяет использовать спектры КР для идентификации химического состава вещества.

Механизм ГКР основан на локализации и усилении электромагнитного поля вблизи поверхности металлических наноструктур.



# Схема эксперимента



1. Вирусы, поражающие птиц, штаммы H5N3 и NDV.
2. На Ag@Si чип наносилась капля объемом 20 мкл.
3. Подложку высушивали 10 минут 37°C.
4. Измерения спектров ГКР проводили с использованием конфокального Рамановского микроскопа-спектрометра Confotec MR350, лазер 633 нм, ширина пучка порядка 0,5 мкм в диаметре. Мощность лазера 30 мВт, время накопления сигнала 2с.

# Основные результаты и выводы

1. В ходе работы были успешно синтезированы подложки из кремния с наночастицами серебра на поверхности (Ag@Si).
2. Подложки Ag@Si продемонстрировали высокую ГКР-активность, что было подтверждено исследованиями сигналов молекулы R6G.
3. Были зарегистрированы спектры вирусов H5N3 и NDV на подложке Ag@Si, было произведено разделение вирусов на 2 группы методом главных компонент.
4. Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности разработанных подложек Ag@Si в качестве основы для сенсоров, предназначенных для детектирования вирусов.

**Исследование открывает перспективы для дальнейшего совершенствования разработанных сенсоров на основе ГКР-активных подложек Ag@Si для быстрой диагностики вирусных инфекций.**

# Фотостимулированные реакции радикалов в нанокристаллах диоксида титана

Выполнила:

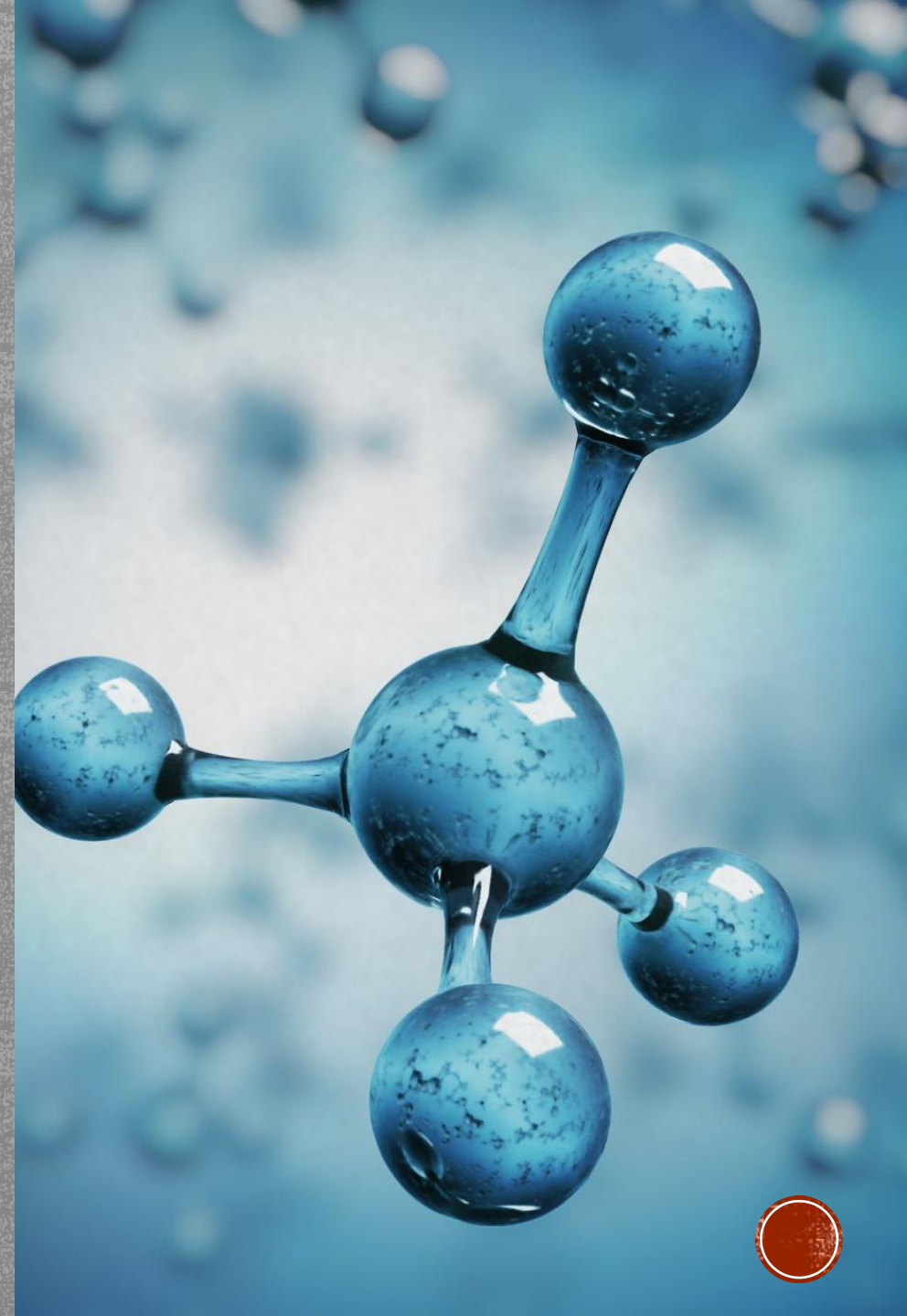
Ковалева М. Д., ученица 10-го класса,

Научный руководитель:

профессор Константинова Е. А.

# Введение

- Диоксид титана обладает развитой поверхностью с удельной площадью от десятков до сотен квадратных метров на грамм вещества.  $\text{TiO}_2$  активно используется для создания различных устройств, включая солнечные элементы, сенсоры, антибактериальные покрытия и фотокаталитические фильтры.
- Изучение физико-химических свойств радикалов и фотоиндуцированных реакций с их участием поможет модернизировать фотокаталитические системы очистки воздуха на основе  $\text{TiO}_2$ .



# Радикалы в диоксиде титана

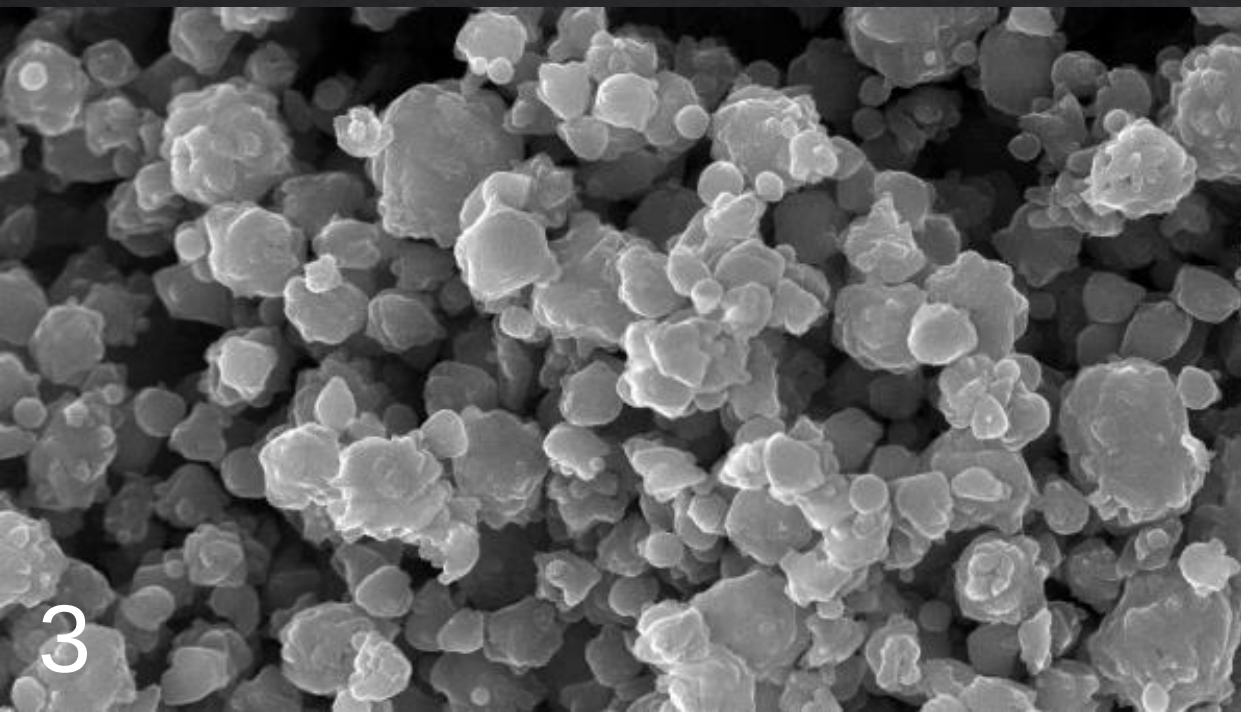
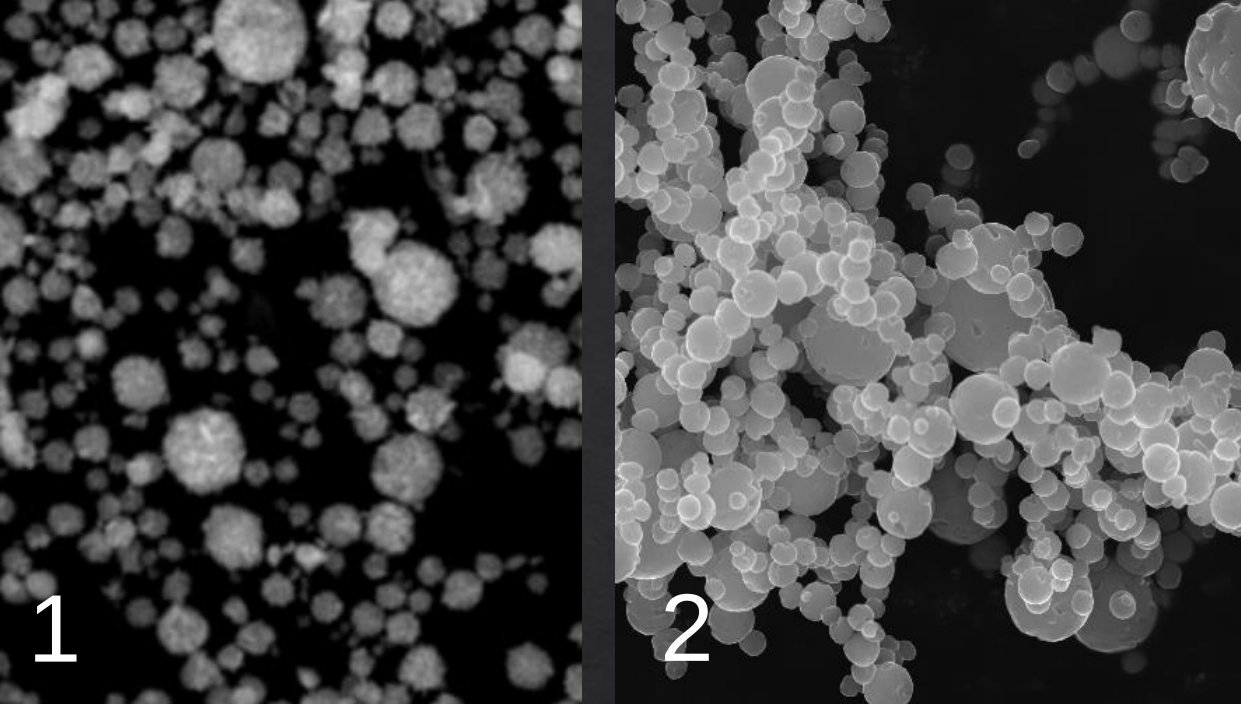
- Титан в  $\text{TiO}_2$  может существовать в форме различных ионов:  $\text{Ti}^{3+}$ ,  $\text{Ti}^{2+}$  и  $\text{Ti}^+$ . Появление «дефектных» парамагнитных центров с зарядом обусловлено тем, в структуре диоксида титана почти всегда присутствуют вакансии кислорода.  $\text{TiO}_2$  - гидрофильный оксид. В обычных условиях на его поверхности присутствует достаточное количество воды, диссоциация которой на  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^*$  (радикал) под действием света стимулирует протекание ряда реакций на поверхности.



- Образцы диоксида титана были синтезированы методом пиролиза аэрозолей. В качестве вещества (прекурсора), из которого получали  $\text{TiO}_2$ , использовался нитрат титанила.
- Были синтезированы 3 образца с различными температурами отжига - 400, 600 и 800 °C.
- Кристаллизация образцов происходит, начиная с 400 °C, поэтому эта температура была выбрана в качестве минимальной. Длительность отжига была подобрана экспериментально и составила 30 минут.



## Структура образцов, полученных методом пиролиза аэрозолей



- Микрофотографии образцов, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа (Физический факультет МГУ), представлены на рисунках.
- На рисунке номер 1 показаны микросферы образца TiO<sub>2</sub>, приготовленного при температуре 400 градусов. На втором - при температуре 600 градусов. На третьем - при 800 градусах. Масштаб изображения: 1см=1 мкм.
- Как следует из рисунка номер 3 с увеличением температуры отжига наблюдается спекание наночастиц в более крупные наноструктуры.



## Заключение

- Реализован контроль типа радикалов и их плотности. Установлено, что для получения максимальной концентрации  $O_2^-$  радикалов необходимо отжигать образцы при температуре 400 °С.
- В синтезированных фотокатализаторах достигается максимальная плотность кислородных радикалов уже при естественном освещении, что крайне важно для применения на практике - в фильтрах для очистки окружающей среды от токсичных примесей.

