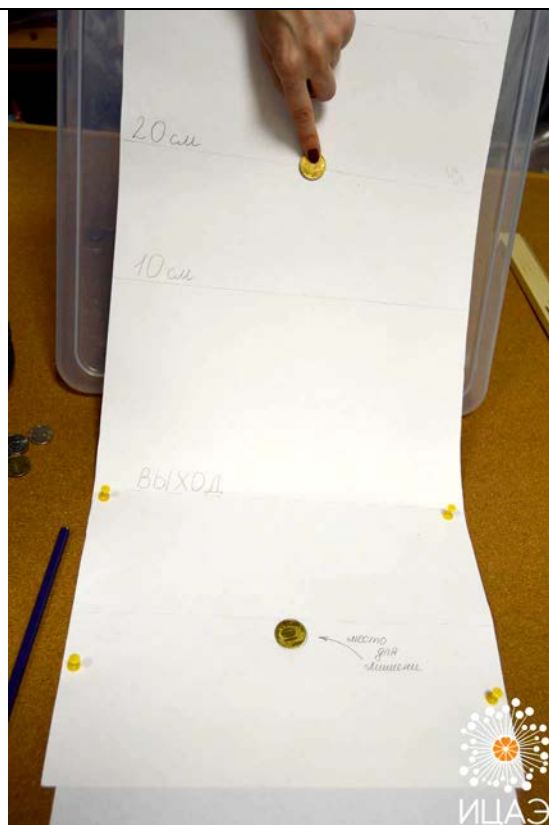


**Макет учебного занятия «Моделирование процесса столкновения ядер»
(10–11 класс, 45 минут)**

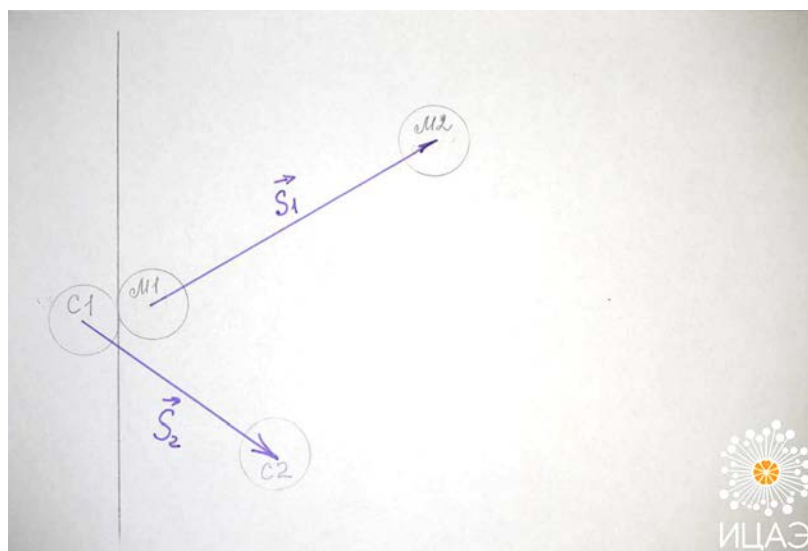
Моделирование процесса столкновения ядер		
Жанр встречи и время	Учебное занятие с элементами лабораторной работы; 45 минут	
Смысл	<p>Основная идея урока – показать, как знание фундаментальных законов физики позволяет определять характеристики частиц, образующихся при столкновении ядер.</p> <p>В ходе занятия его участникам предстоит провести аналогию между процессами ядерной физики и механическим процессом столкновения двух материальных тел, спроектировать установку для моделирования столкновения ядер равной массы, провести самостоятельное исследование движения взаимодействующих тел.</p>	
Возраст и количество участников	Учащиеся 10–11 классов; работа в группах численностью не более 5 человек	
Ресурсное обеспечение	<p>Оборудование и материалы для работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • штатив с муфтой и лапкой; • линейка 30 см; • ватман; • монеты; • скотч; • ножницы. 	
Этапы и время	Действия организатора (педагога)	Действия участников (школьников)
<i>Занятие 1</i>		
Этап 1: <i>мотивационный блок (5 минут)</i>	Основная цель: в ходе беседы представить общую информацию о том, как исследуют частицы при описании явлений атомной и ядерной физики. Для чего предназначены ускорители, какими они бывают.	Участвуют в обсуждении вопросов, возникающих в ходе беседы.
Этап 2: <i>постановка задачи (5 минут)</i>	Учащимся предлагается придумать конструкцию установки, которая бы «ускоряла» движение небольшого тела, т. е. могла бы по аналогии называться ускорителем. Школьникам, хорошо знающим законы физики, можно предложить на основе формул механики оценить энергию на выходе из «ускорителя», придаваемую телу в этой установке.	Работа в группах с элементами самостоятельного поиска. Из курса механики школьникам хорошо известно, что все тела падают с ускорением свободного падения на землю, однако такой «ускоритель» сложно использовать в эксперименте, поэтому возникает мысль об использовании наклонной

		<p>плоскости. Величина энергии определяется из закона сохранения энергии. Чтобы влияние трения было незначительно, следует взять большой угол наклона (порядка 70°).</p>
<p>Этап 3: изготовление и испытание действующей модели «ускорителя» (10 минут)</p>	<p>Используя предложенные материалы, каждая группа должна собрать установку в виде наклонной плоскости. Рекомендации см. в Приложении. Провести испытания с ускоряемым телом. Нанести метки, позволяющие в дальнейшем пользоваться данной установкой (рекомендуется нанести линии высот, т. к. величина энергии частицы, приобретаемой в условном ускорителе, пропорциональна высоте, с которой начинается спуск частицы). Моделировать частицы будем, используя монеты. Тем учащимся, которые быстро справились с заданием, можно предложить посмотреть зависимость тормозного пути снаряда от его первоначальной массы.</p>	<p>Изготовление модели ускорителя в группах.</p>
<p>Этап 4: «Как сделать явным невидимое?» — информация о том, как физики фиксируют движение частиц (5 минут)</p>	<p>Учитель рассказывает о том, как увидеть след частицы в камере Вильсона. Данная информация является попутной для предлагаемой работы, а потому не требует глубокого объяснения физической сущности явлений.</p>	<p>Участвуют в обсуждении вопросов, возникающих в ходе беседы.</p>
<p>Этап 5: эксперимент по столкновению «ядер» (10 минут)</p>	<p>Учащимся предлагается провести эксперимент по столкновению.</p>	<p>Работа в группах с элементами самостоятельного поиска. Примерные ответы: в данном опыте мы наблюдаем действия законов сохранения импульса и превращения энергии. Геометрическая сумма векторов будет численно примерно равна «длине свободного пробега», т. е. расстоянию,</p>

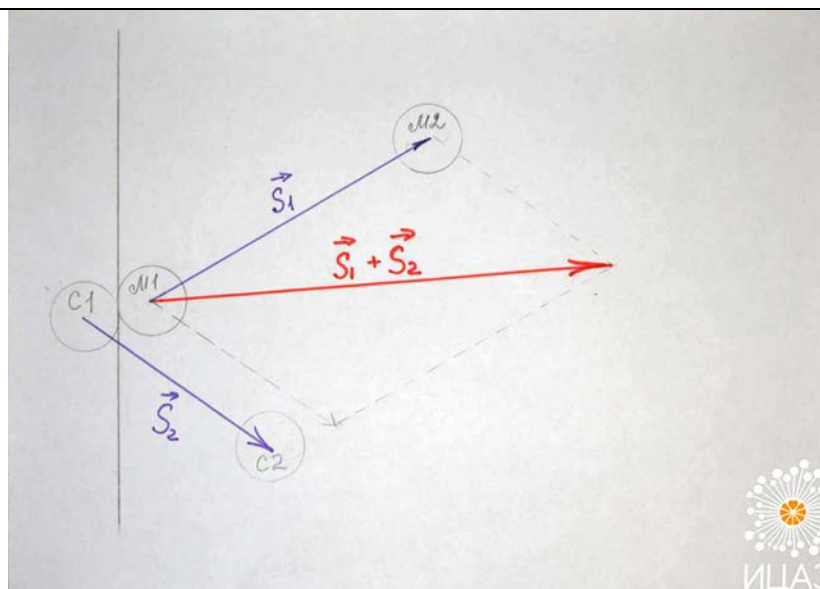


которое прошла бы монета-снаряд без соударения, и по направлению совпадать с направлением движения монеты до соударения.

При этом на бумаге фиксируются начальные положения обеих частиц-монет (на рисунке ниже «С1» — начальное положение монеты-снаряда, «С2» — конечное положение монеты-снаряда, «М1» — начальное положение монеты-мишени, «М2» — конечное положение монеты мишени). Соединив центры «С1» и «С2», а также «М1» и «М2», школьники строят векторы перемещения.



Для обсуждения предлагается ответить на вопрос: какие законы физики объясняют такое движение частиц? Какой смысл будет иметь геометрическая сумма этих векторов?



После того как учащиеся проделали эксперимент и увидели, что при столкновении ядер выполняется закон сохранения импульса, т. е. длина пробега снаряда равна геометрической сумме векторов перемещения (длины пробега) мишени и снаряда после столкновения, можно предложить второй вариант проведения опыта: один экспериментатор проводит столкновение, помечая для себя, где остановилась мишень после столкновения, а потом предлагает команде по известному первоначальному местоположению мишени, положению снаряда после столкновения и известной высоте спуска (а значит, и известной длине свободного пробега) определить построением, куда переместилась мишень.


Подведение итогов (5 минут)

Совместная работа: обсуждение эффективности установки, её недостатков и возможностей усовершенствования.

Приложение

1. Информация для организации беседы в рамках мотивационного блока: просмотрите, пожалуйста, видео и на основе него проведите беседу с классом — <https://postnauka.ru/video/45954>

2. Рекомендации по сбору установки и её испытанию:

	<p>Наклонная плоскость (изготовленная из ватмана) должна быть достаточно крутой (около 70°), чтобы оправдать пренебрежение трением при движении по ней. Чтобы получить возможность с достаточной точностью определить начало горизонтального пробега, радиус кривизны в основании наклонной плоскости должен быть достаточно малым. Чтобы можно было использовать «снаряды» с заданной энергией, на наклонную плоскость следует нанести линии высот.</p> <p>Возможная ошибка, которая может повлиять на эксперимент, — если при закреплении наклонной плоскости она наклонена влево или вправо. Чтобы избежать этого, при нанесении линии высот измеряйте высоты, нанося отметки и с правого края, и с левого. Если линия, которая их соединяет, горизонтальна — «ускоритель» готов к работе.</p>
--	---

Для определения соотношения между энергией и длиной пробега будем спускать монеты (одной и той же массы) по наклонной плоскости гладкого картона с различных высот (своеобразный ускоритель для монет-снарядов). Найдём расстояния, проходимые ими при спуске с разных высот. Сделаем несколько спусков и усредним результат.

3. О камере Вильсона: «Это самый оригинальный и замечательный инструмент в истории науки» (Эрнест Резерфорд).

Вы думаете, увидеть невидимое невозможно? Сложно, но возможно... Ещё сложнее опознать в увиденном то, что, казалось бы, увидеть нельзя. История создания камеры Вильсона поучительна и увлекательна:

В 1895 г. Чарльз Вильсон, будучи аспирантом в Кембриджской лаборатории Дж.Дж. Томпсона, начинает цикл экспериментов, чтобы понять процессы образования облаков. Он придумывает аппарат в виде прозрачного цилиндра, дно у которого может перемещаться. Быстрое движение поршня вниз приводило к увеличению объёма камеры и падению давления и температуры в ней. При этом сквозь прозрачное окно цилиндра Вильсон наблюдал в камере сгущающийся туман. Явление это было уже хорошо известно: на мельчайших частичках пыли конденсировалась влага, ничего нового, всё как обычно... Почему Вильсон решил повторить этот опыт, наполнив свой аппарат максимально очищенным от пыли воздухом, — вот где загадка. Что-то подсказывала интуиция учёного? Или просто решил убедиться, что в «обеспыленном» воздухе конденсации не будет, да и закрыть этот вопрос?

Так или иначе, но опыт дал неожиданный результат: в чистом воздухе туман всё равно образуется. Почему? Что в этом случае может являться центрами конденсации? Вильсон делает гениальное предположение, что влага конденсируется на ионах — заряженных частицах, каким-то образом возникающих в воздухе. Чтобы проверить эту догадку, Вильсон берёт взаймы у профессора Томпсона одну из его драгоценных рентгеновских установок. Изучением ионизирующих свойств рентгеновских лучей в это время как раз и занимался Томпсон, ставший поэтому заинтересованным участником опытов своего аспиранта. Вот как он описывал творческие муки молодого Вильсона:

«Создание туманной камеры оказалось чрезвычайно трудоёмким процессом. Для неё потребовалось несколько очень сложных стеклянных деталей, которые Вильсон изготовил сам, освоив профессию стеклодува. Пол лаборатории был устлан осколками, колбы лопались вновь и вновь. Вильсон не расстраивался, начинал всё сначала, только приговаривал, пристраивая к аппарату очередную колбу: “Милая, милая, ты же потерпишь немного?”».

Прибор, который нам знаком как «камера Вильсона» и который на 40 лет станет самым важным инструментом в арсенале физики элементарных частиц, был изготовлен в 1910 г. Через год ему удаётся сделать первые фотографии туманных треков (следов) заряженных частиц, пролетавших через камеру. В 1959 г., в возрасте 90 лет, он не забыл эти события и описал их такими словами: «Я до сих пор хорошо помню моё восхищение от полученных результатов. Эти следы были великолепны. Они напоминали волоски или огоньки, возникающие то тут, то там... Это было потрясающе».

В 1927 г. ему присуждают Нобелевскую премию по физике «за метод визуального обнаружения траекторий электрически заряженных частиц с помощью конденсации пара». Заниматься дальнейшими усовершенствованиями своей камеры он не стал — проблемы электрофизики атмосферы его интересовали значительно больше.

Принципиально улучшить камеру Вильсона удалось Патрику Мейнард Стюарту, барону Блэккетту. В 1932 г., работая с молодым итальянским физиком Джузеппе Очиалини, он разработал изящную комбинацию камеры Вильсона и двух счётчиков Гейгера — Мюллера, один из которых помещался над камерой, а второй — под нею. Специальная электронная схема запускала камеру Вильсона в работу, только если оба счётчика срабатывали одновременно.

Благодаря изобретению Блэккетта, камеру Вильсона теперь можно было настраивать на фиксацию частиц, прилетающих с заданного направления. Более того, устанавливая порог срабатывания счётчиков Гейгера, оказалось возможным фильтровать наблюдаемые частицы по энергиям. Оба эти фактора привели к колоссальному прогрессу в области исследований космических лучей, астрофизики и физики элементарных частиц в целом. В 1948 г. Блэккетт был удостоен Нобелевской премии по физике «за усовершенствование метода камеры Вильсона и сделанные в связи с этим открытия в области ядерной физики и космической радиации».

Если в камере Вильсона треки заряженных частиц образовывались за счёт конденсации переохлаждённого пара на ионах, то в приборе, который изобрёл в 1953 г. и назвал «пузырьковой камерой» Дональд Артур Глейзер, следы частиц обнаруживались в перегретой жидкости при понижении давления. В этом случае возникал как бы «туман наоборот»: по ходу движения частицы в жидкости образовывались цепочки пузырьков, наполненных паром.

Пузырьковая камера Глейзера оказалась настолько удачным прибором, что с 60-х гг. она полностью вытесняет камеры Вильсона. И Нобелевская премия по физике 1960 г. досталась Дональду Глейзеру именно «за изобретение пузырьковой камеры». Эксперименты на ускорителях во всём мире начинают проводиться с использованием всё более крупных криогенных пузырьковых камер, которые превращаются в сложнейшие инженерные комплексы, нафаршированные электроникой. Один прибор — три нобелевских премии для тех, кто помог нам увидеть невидимое!

Использованы материалы статьи <http://www.computerra.ru/94191/kamera-vilsona-ili-tri-nobelevskie-premii-dobyityie-iz-tumana>