



**А. Н. МАНСУРОВ,
Н. А. МАНСУРОВ**

ФИЗИКА, 10—11

ДЛЯ ШКОЛ
С ГУМАНИТАРНЫМ
ПРОФИЛЕМ ОБУЧЕНИЯ

КНИГА ДЛЯ УЧИТЕЛЯ

Введение

1. Концепция преподавания курса физики в классах с гуманитарным профилем обучения
2. Обязательный минимум содержания образования по физике для основной общеобразовательной школы
3. Физика (уровень А). Обязательный минимум содержания образования по физике для средней общеобразовательной школы с гуманитарным профилем обучения
4. Требования к уровню подготовки выпускников средней школы с гуманитарным профилем обучения
5. Базисная программа по физике для средней общеобразовательной школы с гуманитарным профилем обучения
6. Авторская программа по физике для средней общеобразовательной школы с гуманитарным профилем обучения
7. Перечень оборудования для средней общеобразовательной школы с гуманитарным профилем обучения

8. Календарный план по физике для X класса средней общеобразовательной школы с гуманитарным профилем обучения

9. Календарный план по физике для XI класса средней общеобразовательной школы с гуманитарным профилем обучения

10. Методика преподавания раздела «Механическая картина мира»

11. Методика преподавания раздела «Электродинамическая картина мира»

12. Методика преподавания раздела «Релятивистская картина мира»

13. Методика преподавания раздела «Квантово-статистическая картина мира»

14. Демонстрационный эксперимент по физике для классов с гуманитарным профилем обучения

Механика и молекулярная физика

1.1. Демонстрация прямолинейного равномерного движения тележки с капельницей

1.2. Демонстрация прямолинейного равноускоренного движения

1.3. Демонстрация криволинейного движения

1.4. Демонстрация криволинейного движения

1.5. Демонстрация колебательного движения

1.6. Демонстрация вращательного движения

1.7. Демонстрация системы отсчета

1.8. Демонстрация зависимости формы траектории от выбранной системы отсчета

1.9. Демонстрация постоянства отношения Δs к Δt при

малых Δt

1.10. Демонстрация постоянства ускорения свободного падения для тел разной массы

1.11. Демонстрация движения тела по инерции

1.12. Демонстрация движения тела по инерции в отсутствие взаимодействия

1.13. Демонстрация инертности тела

1.14. Демонстрация инертности тела

1.15. Демонстрация инертности тела

1.16. Демонстрация определения масс тел по характеру их взаимодействия

1.17. Демонстрация зависимости ускорения тел от масс при их взаимодействии

1.18. Демонстрация второго закона Ньютона

1.19. Демонстрация движения тел на нити, перекинутой через блок

1.20. Демонстрация равенства и противоположности направления сил действия и противодействия

1.21. Демонстрация одновременности падения шариков

1.22. Демонстрация векторного характера сложения сил

1.23. Демонстрация движения капель воды в поле тяжести Земли

1.24. Демонстрация зависимости дальности полета и высоты подъема тела от угла между направлением вектора начальной скорости и горизонталью

1.25. Демонстрация невесомости при свободном падении тела в поле тяжести Земли

1.26. Демонстрация силы трения покоя

1.27. Демонстрация силы вязкого трения

1.28. Демонстрация силы упругости при деформации

пружины

1.29. Демонстрация упругого столкновения шаров

1.30. Демонстрация движения сегнерова колеса

1.31. Демонстрация движения двойного конуса, «поднимающегося» на горку

1.32. Демонстрация подъема на некоторую высоту распрямляющейся упругодеформированной резиновой оболочки теннисного мяча

1.33. Демонстрация превращения потенциальной энергии тела в кинетическую энергию

1.34. Демонстрация зависимости смещения математического маятника от времени

1.35. Демонстрация зависимости амплитуды вынужденных колебаний от частоты вынуждающей силы

1.36. Демонстрация акустического резонанса

1.37. Демонстрация интерференции звука, звуковых биений

1.38. Демонстрация зависимости частоты биений от значения разности частот складываемых колебаний

1.39. Демонстрация физических свойств звуковых колебаний

1.40. Демонстрация распространения звука в воздухе

1.41. Демонстрация поперечных и продольных волн

1.42. Демонстрация изотермического процесса

1.43. Демонстрация притяжения двух свинцовых цилиндров с плоскими торцами

1.44. Демонстрация взаимодействия воздушных пузырьков на поверхности жидкости

1.45. Демонстрация механической модели броуновского движения

1.46. Демонстрация кипения воды при пониженном

давлении

1.47. Демонстрация деформации пластиковой бутылки с парами воды при охлаждении ее стенок

Оптика

2.1. Демонстрация явлений распространения, отражения, преломления света

2.2. Демонстрация отражения света от металлической поверхности или от границы раздела двух сред

2.3. Демонстрация явления полного внутреннего отражения света на границе стекло — воздух

2.4. Демонстрация колец Ньютона

2.5. Демонстрация колец Ньютона

2.6. Демонстрация зависимости радиуса колец Ньютона от длины волны света

2.7. Демонстрация интерференции света при отражении от тонкого покровного стекла

2.8. Демонстрация интерференции света, отраженного от мыльной пленки

2.9. Демонстрация интерференции света, проходящего через бипризму Френеля

2.10. Демонстрация интерференции света, прошедшего через бипризму Френеля

2.11. Демонстрация интерференции белого света, прошедшего через бипризму Френеля

2.12. Демонстрация дифракции Френеля

2.13. Демонстрация дифракции света на щели с переменной шириной

2.14. Демонстрация дифракции на тонкой проволоке луча лазера

2.15. Демонстрация дифракции света в опыте Юнга

- [2.16. Демонстрация дифракции света в опыте Юнга](#)
- [2.17. Демонстрация действия одномерной и двухмерной дифракционных решеток](#)
- [2.18. Демонстрация действия дифракционной решетки на пучок белого света, падающего на решетку](#)
- [2.19. Демонстрация прохождения света через два поляроида](#)
- [2.20. Демонстрация интерференции поляризованного света](#)
- [2.21. Демонстрация разложения белого света в спектр](#)
- [2.22. Демонстрация разложения призмой белого света в спектр и получение из спектра белого света](#)
- [2.23. Демонстрация зависимости показателя преломления стекла от длины волны света](#)

Электродинамика

- [3.1. Демонстрация электризации тел](#)
- [3.2. Демонстрация взаимодействия наэлектризованных тел](#)
- [3.3. Демонстрация электростатической индукции](#)
- [3.4. Демонстрация сохранения электрического заряда при электризации тел](#)
- [3.5. Демонстрация модели опыта Милликена по измерению заряда электрона](#)
- [3.6. Демонстрация расположения небольших диэлектрических частиц в электрическом поле](#)
- [3.7. Демонстрация ориентации магнитной стрелки в поле постоянного магнита](#)
- [3.8. Демонстрация расположения множества магнитных стрелок в поле постоянного магнита](#)
- [3.9. Демонстрация ориентирующего действия магнитного поля на рамку с током](#)
- [3.10. Демонстрация действия силы Ампера на проводник с током в магнитном поле](#)

- [3.11. Демонстрация смещения пятна на экране электронно-лучевой трубки](#)
- [3.12. Демонстрация отклонения электронного пучка в магнитном поле](#)
- [3.13. Демонстрация расположения железных опилок в магнитном поле прямого тока, рамки с током, соленоида](#)
- [3.14. Демонстрация взаимодействия проводников с током](#)
- [3.15. Демонстрация опытов Фарадея](#)
- [3.16. Демонстрация опытов Фарадея](#)
- [3.17. Демонстрация явления электромагнитной индукции при перемещении проводника относительно магнита](#)
- [3.18. Демонстрация явления электромагнитной индукции при перемещении проводника относительно магнита](#)
- [3.19. Демонстрация вращения U-образного магнита вслед за вращающимся проводящим диском](#)
- [3.20. Демонстрация взаимодействия индукционного тока с магнитом](#)
- [3.21. Демонстрация магнитного поля тока смещения](#)
- [3.22. Демонстрация запаздывания времени загорания лампы накаливания](#)
- [3.23. Демонстрация осциллограмм свободных колебаний в колебательном контуре](#)
- [3.24. Демонстрация осциллограмм вынужденных колебаний](#)
- [3.25. Демонстрация возрастания интенсивности свечения лампы накаливания](#)
- [3.26. Демонстрация спирали Роже как автоколебательной системы](#)
- [3.27. Демонстрация фазовых соотношений в цепи переменного тока](#)
- [3.28. Демонстрация распространения, поглощения, отражения, преломления, поперечности электромагнитных](#)

ВОЛН

3.29. Демонстрация интерференции электромагнитных волн с длиной волны 3 см

3.30. Демонстрация действия детекторного приемника

3.31. Демонстрация модуляции амплитуды колебаний

3.32. Демонстрация процесса детектирования радиосигнала

3.33. Демонстрация модуляции, распространения, детектирования радиосигналов

Квантовая физика

4.1. Демонстрация сплошного спектра излучения лампы накаливания

4.2. Демонстрация спектра излучения газов

4.3. Демонстрация сплошного спектра лампы накаливания и линейчатого спектра газового разряда

4.4. Демонстрация инфракрасного и ультрафиолетового излучений

4.5. Демонстрация изменения отрицательного заряда проводника под действием света

4.6. Демонстрация действия вакуумного фотоэлемента

4.7. Демонстрация изменения силы тока в цепи при освещении фоторезистора

4.8. Демонстрация свойств лазерного излучения

4.9. Демонстрация оптического канала связи

4.10. Демонстрация фигур Лиссажу с помощью лазерного осциллографа

4.11. Демонстрация треков частиц в камере Вильсона

4.12. Демонстрация свечения люминофоров под действием ультрафиолетового излучения

4.13. Демонстрация действия счетчика Гейгера

Методическая литература для учителя
по демонстрационному эксперименту

15. Список рекомендуемой литературы для
выполнения учащимися реферативных работ

Заключение

ВВЕДЕНИЕ

Учебник для X—XI классов с гуманитарным профилем обучения предназначен для изучения физики с целью формирования физической картины мира с использованием научного метода познания окружающего мира.

Под физической картиной мира понимается целостный образ окружающего мира, осознаваемый человеком в виде совокупности определенных, наиболее существенных признаков — атрибутов, образующих базис физических знаний.

Формирование физической картины мира как части естественно-научной картины мира достигается при условии, что изучение физики как учебного предмета является прежде всего средством, обеспечивающим развитие познавательных способностей личности, расширение ее интеллектуальных возможностей, ознакомление с той частью человеческой культуры, которая во многом определяет лицо современной цивилизации.

Научный метод, лежащий в основе физики и других естественных наук, продемонстрировал за последние три столетия столь высокую эффективность в создании новых знаний и развитии технологий, что ознакомление с его основами стало необходимым признаком образованности современного человека.

Физика, используя научный метод, позволяет построить непротиворечивую и достаточно ясную картину окружающего мира, привлекая при этом сравнительно небольшое число основных понятий, моделей, законов, структурных элементов и фундаментальных взаимодействий.

Изучение физической картины мира в историческом развитии с использованием большого числа демонстрационных опытов, формирующих образные представления о физических явлениях, применение проблемного стиля изложения учебного материала позволяют преодолеть отрицательную реакцию учащихся на школьную физику, вызванную несоответствием мотивации школьников содержанию физики как учебного предмета.

Учебник содержит четыре раздела, в которых изучаются следующие картины мира: механическая, электродинамическая, релятивистская, квантово-статистическая. Каждая из перечисленных картин мира соответствует определенному этапу исторического развития физики и других естественных и гуманитарных наук.

Ознакомление с различными физическими картинами мира происходит в одном и том же базисе, атрибутами которого являются: человек и его методы исследования мира; «элементы» мира; физические взаимодействия; физические законы и теории; физические системы; физические процессы и явления; мир, преобразованный человеком; картины мира.

Изучение учебного материала четырех разделов курса предполагает усвоение учащимися основных физических понятий и моделей, физических законов и явлений при условии ознакомления с широким набором физических демонстрационных экспериментов и выполнения самостоятельных реферативных работ, тематика которых определяется самими учащимися под руководством учителя.

Пособие содержит методические материалы, необходимые для организации преподавания курса физики в старших классах гуманитарного профиля.

1. КОНЦЕПЦИЯ ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА ФИЗИКИ В КЛАССАХ С ГУМАНИТАРНЫМ ПРОФИЛЕМ ОБУЧЕНИЯ

Обучение физике в школе происходит в два этапа: на первом, в основной школе, обеспечивается изучение основ физики; на втором, в средней школе, физика изучается в зависимости от профиля обучения. На этом этапе обучения в разных школах изучают или базовый курс физики, или курс физики для классов с гуманитарным профилем обучения, или курс физики для классов с физико-математическим либо естественным профилем образования. Структура и организация образования по физике определяются федеральными органами и самим образовательным учреждением. Базисный учебный план предусматривает изучение физики в VII—IX классах по следующей схеме:

1. VII—IX (2—2—2)/(68—68—68).
2. VII—IX (2—2—3)/(68—68—102).
3. VII—IX (2—3)/(68—102).

Здесь в первых скобках указано число часов в неделю, а во вторых — общее число часов, отводимых на изучение физики в соответствующих классах.

Распределение часов на изучение физики в старших классах выглядит следующим образом:

1. X—XI (4—4)/(136—136) — базовое образование.
2. X—XI (2—2)/(68—68) — образование для классов гуманитарного профиля.
3. X—XI (6—6)/(204—204) — образование для классов физико-математического профиля.

Образование по физике в основной школе (VII—IX классы) должно представлять законченный курс с учетом того, что в дальнейшем учащийся может и не изучать физику как учебный предмет.

Целями образования являются формирование и развитие личности средствами обучения, воспитания, коррекции; обеспечение самоопределения личности, создание условий для ее самореализации; развитие гражданского общества; укрепление и совершенствование правового государства.

Образование осуществляется на основе принципов:

— гуманистического характера образования; приоритета общечеловеческих ценностей, жизни и здоровья человека; свободного развития личности; воспитания гражданственности и любви к Родине;

— единства федерального культурного и образовательного пространства;

— общедоступности образования, адаптивности системы образования к уровню и особенностям развития и подготовленности обучающихся, воспитанников;

— светского характера образования;

— свободы и плюрализма в образовании;

— демократичности и автономности образовательных учреждений.

Каждый из принципов выражает в обобщенной форме руководящую идею или эвристический критерий для организации системы образования.

В соответствии с Законом содержание образования обеспечивает:

— формирование у обучающегося адекватной современному уровню знаний и уровню образовательной программы (ступени обучения) картины мира;

— адекватный мировому уровень общей и мировой культуры общества;

— интеграцию личности в системы мировой и национальной культуры;

— формирование человека-гражданина, интегрированного в современное ему общество и нацеленного на совершенствование этого общества;

— воспроизводство и развитие кадрового потенциала страны.

При реализации программ основного и среднего образования по физике можно выделить следующие цели:

— усвоение основ физики как фундаментальной науки, ознакомление с научным методом познания природы;

— формирование физического образа окружающего мира, физической картины мира;

— изучение физики как прикладной науки, способствующей преобразованию окружающего мира на основе законов природы.

Каждая из целей обучения физике достигается в процессе учебной деятельности, результатом которой, в частности, является усвоение учащимися определенного объема знаний. Физические знания, представляющие собой совокупность физических сведений об окружающем мире, структурированных определенным образом, рассматриваются как совокупность элементов научной или учебной информации. Для их обозначения используются слова или сочетания слов, принятые в учебной или научной литературе, например второй закон Ньютона, эффект Доплера, звук, электризация, опыт Эрстеда и т. д.

Структурированные различными способами одни и те же элементы физической информации будут являться разными представлениями физических знаний или разными знаниями. Выбор классификационных признаков можно связать с целями обучения. Очевидно, что каждой цели обучения соответствует свой набор признаков.

В дальнейшем совокупность элементов, подлежащих усвоению, будем называть *программой обучения*, отдельные блоки, входящие в программу, — *разделами программы*, совокупность классификационных признаков — *базисом программы*, классификационные признаки — *атрибутами базиса*.

Базисы, атрибуты которых определяются целями обучения, будем называть *целевыми*. Как известно, для изучения закономерностей окружающего мира применяется научный метод. Знания, полученные с помощью научного метода, имеют такую структуру, которую можно выразить с помощью своего базиса. Очевидно, что знания, представленные в любом из целевых базисов, можно дать в виде базиса научного метода и наоборот. Таким образом, имеет смысл говорить о четырех базисах представления физической информации, три из которых соответствуют целям обучения, а один — научному методу.

Для определенности каждый базис обозначим цифрой, заключенной в скобки:

- (1) — базис физики как фундаментальной науки;
- (2) — базис физической картины мира;
- (3) — базис физики как прикладной науки;
- (4) — базис научного метода исследования.

Базис (1) будем рассматривать как совокупность следующих атрибутов:

- (1/1) — механика;
- (1/2) — электродинамика;
- (1/3) — оптика;
- (1/4) — специальная теория относительности;
- (1/5) — квантовая физика;
- (1/6) — молекулярная физика;
- (1/7) — термодинамика.

Обозначения атрибутов базиса понятны из текста. Базис (2) реализуется другими атрибутами:

- (2/1) — человек и его методы исследования мира;
- (2/2) — «элементы» мира;
- (2/3) — физические взаимодействия;
- (2/4) — физические законы и теории;
- (2/5) — физические системы;

(2/6) — физические процессы и явления;

(2/7) — мир, преобразованный человеком; картины мира.

Атрибуты базиса (3) отражают специфику взаимодействия человека с окружающей средой в процессе его практической производственной деятельности и получения новых знаний. Базис (3) выражается следующими атрибутами:

(3/1) — вещество;

(3/2) — поле;

(3/3) — пространство и время;

(3/4) — энергия, импульс;

(3/5) — информация, энтропия;

(3/6) — методы преобразования вещества, поля, энергии и информации;

(3/7) — практические устройства, приборы, технологии.

Базис (4) будем рассматривать как совокупность следующих атрибутов:

(4/1) — физические явления, эффекты, эксперименты;

(4/2) — понятия, физические величины, фундаментальные постоянные;

(4/3) — принципы, теории, законы;

(4/4) — модели;

(4/5) — методы исследования;

(4/6) — теоремы, задачи;

(4/7) — приборы, применения, технологии.

Любая программа может быть представлена в любом из четырех базисов. Примем следующую процедуру разложения содержания программ по атрибутам того или иного базиса. Элемент программы или название ее раздела будем считать относящимся к определенному атрибуту данного базиса только в том случае, если его нельзя отнести по названию к другому атрибуту этого же базиса, т. е. принадлежность элементов программы к тому или иному базису определяется целостностью его представления одним из атрибутов этого базиса.

Преимущественной целью обучения физике в средней общеобразовательной школе с гуманитарным профилем обучения является формирование у учащихся физической картины мира. Физическая картина мира формируется в результате структурирования научной информации об окружающей среде по атрибутам второго базиса.

Физическая картина мира позволяет человеку выполнять ориентировочную и продуктивную деятельность в определенных социально-исторических условиях.

Формирование физической картины мира в старших классах средней школы с гуманитарным профилем обучения осуществляется на базе физических знаний, полученных в основной школе. Требования к обязательному минимуму содержания основного общего образования, представленные в первом базисе, устанавливают инвариант содержания всех программ по физике для основной школы (Приказ министра Минобразования от 19.05.98, № 1236)¹.

¹ Нормативные документы, определяющие содержание курса физики, его программу, требования к учащимся основной и средней общеобразовательной школы подготовлены авторским коллективом в составе: Ю. И. Дик, В. А. Коровин, А. Н. Мансуров, В. А. Орлов, Г. Г. Никифоров, И. И. Нурминский, В. Г. Разумовский, В. Ф. Шилов.

2. ОБЯЗАТЕЛЬНЫЙ МИНИМУМ СОДЕРЖАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ ОСНОВНОЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ

VII—IX КЛАССЫ (2 ч в неделю, всего 204 ч) ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДЫ

Предмет физики. Экспериментальный и теоретический методы изучения природы. Измерение физических величин. Погрешность измерения. Построение графика по результатам эксперимента. Использование результатов эксперимента для построения физических теорий и предсказания значений величины, характеризующей изучаемое явление.

МЕХАНИКА

Механическое движение. Относительность движения. Система отсчета. Материальная точка. Траектория. Скорость. Ускорение.

Свободное падение. Движение по окружности. Механические колебания. Амплитуда, период, частота колебаний. Механические волны. Длина волны. Звук.

Взаимодействие тел. Инерция. Масса. Импульс. Первый закон Ньютона. Инерциальная система отсчета. Сила. Второй закон Ньютона. Силы в природе: сила тяготения, сила трения, сила упругости. Закон всемирного тяготения. Искусственные спутники Земли. Третий закон Ньютона. Закон сохранения импульса. Ракеты.

Работа. Мощность. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии. Простые механизмы. КПД механизмов.

Давление. Атмосферное давление. Закон Паскаля.

Измерение расстояний, промежутков времени, силы, объема, массы, атмосферного давления.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА

Дискретное строение вещества. Непрерывное и хаотичное движение частиц вещества. Диффузия. Модели газа, жидкости и твердого тела. Плотность. Взаимодействие частиц вещества.

Внутренняя энергия. Температура. Теплопередача. Необратимость процесса теплопередачи. Связь температуры вещества с хаотическим движением его частиц. Количество теплоты. Удельная теплоемкость. Закон сохранения энергии в тепловых процессах.

Испарение и конденсация. Влажность воздуха. Кипение жидкости. Плавление и кристаллизация. Преобразования энергии при изменениях агрегатного состояния вещества.

Измерение давления газа, влажности воздуха, температуры, плотности вещества.

Тепловые двигатели. Преобразования энергии в тепловых двигателях.

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Электризация тел. Электрический заряд. Взаимодействие зарядов. Два вида электрического заряда. Закон сохранения электрического заряда. Электрическое поле. Действие электрического поля на электрические заряды.

Постоянный электрический ток. Носители свободных электрических зарядов в металлах, жидкостях и газах. Сила тока. Напряжение. Сопротивление. Закон Ома для участка электрической цепи. Закон Джоуля — Ленца.

Взаимодействие магнитов. Магнитное поле. Взаимодействие проводников с током. Действие магнитного поля на электрические заряды. Электродвигатель.

Электромагнитная индукция. Электродвигатели.

Взаимосвязь электрического и магнитного полей. Электромагнитные волны. Скорость распространения электромагнитных волн. Свет — электромагнитная волна. Прямолинейное распространение, отражение и преломление света. Луч. Закон отражения света. Плоское зеркало. Линза. Оптические приборы.

Измерение силы тока, напряжения, сопротивления проводника, фокусного расстояния собирающей линзы.

АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Радиоактивность. Альфа-, бета- и гамма-излучения. Методы наблюдения и регистрации частиц в ядерной физике.

Опыты по рассеянию альфа-частиц. Планетарная модель атома.

Атомное ядро. Протонно-нейтронная модель ядра. Заряд ядра. Массовое число ядра.

Ядерные реакции. Деление и синтез ядер. Сохранение заряда и массового числа при ядерных реакциях.

Энергия связи частиц в ядре. Выделение энергии при делении и синтезе ядер. Использование ядерной энергии. Дозиметрия.

Содержание образования по физике в средней школе с гуманитарным профилем обучения строится с учетом полученных знаний и выбранной целью обучения. Обязательный минимум содержания образования по физике определяется в этом случае приказом № 56 министра образования от 30.06.99.

3. ФИЗИКА (УРОВЕНЬ А). ОБЯЗАТЕЛЬНЫЙ МИНИМУМ СОДЕРЖАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ СРЕДНЕЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ С ГУМАНИТАРНЫМ ПРОФИЛЕМ ОБУЧЕНИЯ

Х—ХІ КЛАССЫ (2 ч в неделю, всего 136 ч) МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ И НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА

Функции и взаимосвязь эксперимента и теории в процессе познания природы. Моделирование явлений и объектов природы. Научные гипотезы. Роль математики в физике. Физические законы и причины существования границ их применимости. Принцип соответствия. Физическая картина мира.

МЕХАНИКА

Механическое движение и его относительность. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея. Законы Ньютона и принцип причинности в механике. Закон всемирного тяготения и принцип дальнего действия. Законы сохранения энергии и импульса. Реактивное движение. Колебательные и волновые механические процессы. Звук. Механическая картина мира и ее ограниченность.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА

Тепловое движение. Тепловое равновесие. Внутренняя энергия. Температура как мера средней энергии теплового движения частиц вещества. опыты Штерна. Уравнение состояния идеального газа. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики.

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Электрическое взаимодействие. Электрический заряд. Элементарный электрический заряд. опыты Кулона, Эрстеда, Ампера, Фарадея. Принцип близкодействия. Электрическое и магнитное поля. Идеи теории Максвелла. Электромагнитные волны. Скорость электромагнитных волн. Интерференция и дифракция света. Давление света и опыты Лебедева. Волновая модель света. Электромагнитная картина мира и ее ограниченность.

ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Постулаты специальной теории относительности (СТО). Пространство и время в СТО. Связь массы и энергии. Соотношение между классической механикой и специальной теорией относительности.

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Трудности волновой теории света. Гипотеза Планка. Фотоэффект. опыты Столетова. опыты Вавилова. Корпускулярная модель света. Гипотеза де Бройля и ее экспериментальное подтверждение. Постулаты Бора. Корпускулярно-волновой дуализм описания микрочастиц. Принцип неопределенности Гейзенберга. Вероятностный

характер причинно-следственных связей в микромире. Поглощение и испускание света. Люминесценция. Лазер.

Закон радиоактивного распада и его статистическое истолкование. Элементарные частицы. Фундаментальные взаимодействия в природе. Соотношения между классической и квантовой физикой. Квантово-статистическая картина мира.

4. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ПОДГОТОВКИ ВЫПУСКНИКОВ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ С ГУМАНИТАРНЫМ ПРОФИЛЕМ ОБУЧЕНИЯ

1. Понимать сущность метода научного познания окружающего мира.

Приводить примеры, показывающие, что:

- наблюдения и эксперимент являются основой для формирования гипотез и теорий;
- эксперимент позволяет проверить истинность теоретических выводов;
- физическая теория способна объяснять известные явления природы и научные факты;
- физическая теория позволяет предсказывать еще неизвестные явления, их особенности;
- при объяснении природных процессов (явлений) разрабатываются модели этих процессов;
- один и тот же природный объект или процесс можно описать (исследовать) на основе разных моделей;
- законы физики и физические теории имеют границы применимости.

2. Владеть основными понятиями и законами физики.

2.1. Формулировать основные физические законы.

2.2. Называть:

- основные структурные уровни строения вещества;
- фундаментальные взаимодействия в природе и их проявления;
- существенные признаки физических картин мира.

2.3. Приводить примеры:

- физических явлений и процессов;
- использования достижений физики для обеспечения прогресса цивилизации.

3. Воспринимать, перерабатывать и предъявлять учебную информацию в различных формах (словесной, образной, символической).

3.1. Излагать основную суть прочитанного физического текста.

3.2. **Выделять** в тексте учебника важнейшие категории научной информации (описание явления и опыта; постановка проблемы, выдвижение гипотезы; моделирование объектов и процессов; формулировка теоретического вывода и его интерпретация; экспериментальная проверка гипотезы или теоретического предсказания).

5. БАЗИСНАЯ ПРОГРАММА ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ СРЕДНЕЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ С ГУМАНИТАРНЫМ ПРОФИЛЕМ ОБУЧЕНИЯ

Х—ХІ КЛАССЫ

Целью курса физики для средней общеобразовательной школы с гуманитарным профилем обучения является формирование у учащихся физической картины мира. Под физической картиной мира мы понимаем целостный образ окружающего мира, осознаваемый человеком в виде совокупности наиболее общих фундаментальных признаков, характеризующих отношения человека с природой. Физическая картина мира формируется в результате структурирования научной информации об окружающей среде по следующим признакам:

- человек и его методы исследования мира;
- «элементы» мира;
- физические взаимодействия;
- физические законы и теории;
- физические системы;
- физические процессы и явления;
- мир, преобразованный человеком; картины мира.

Физическая картина мира позволяет человеку выполнять ориентировочную и продуктивную деятельность в определенных социально-исторических условиях.

В программе рассматривается развитие физической картины мира за время развития физики. Особое внимание обращается на изменение наших представлений об окружающем мире, на формирование физических идей, составляющих неотъемлемую часть человеческой культуры.

Х КЛАСС (2 ч в неделю, всего 68 ч) ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДЫ (2 ч)

Научный метод познания окружающего мира. Физика — наука о простейших и фундаментальных свойствах природы. Физическая картина мира.

МЕХАНИКА (32 ч)

Механическое движение и его относительность. Системы отсчета. Пространство и время в классической механике. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея. Законы Ньютона и принцип причинности в механике. Концепция дальнего действия. Успехи механики в описании движения земных и небесных тел. Определение массы Земли и Солнца. Первая космическая скорость. Реактивное

движение. Тяготение и невесомость. Колебательные и волновые механические процессы. Звук. Влияние механики на развитие науки и производственной деятельности человека. Основные постулаты специальной теории относительности. Пространство и время в теории относительности. Связь массы и энергии. Соотношение между классической механикой и теорией относительности. Механическая картина мира и ее ограниченность.

ДЕМОНСТРАЦИИ

1. Моделирование системы отсчета.
2. Зависимость характера движения от выбранной системы отсчета.
3. Виды механического движения.
4. Движение тела по инерции.
5. Инертность тел.
6. Зависимость ускорения тел при их взаимодействии от инертности тел.
7. Вес тела при ускоренном подъеме и падении.
8. Невесомость.
9. Движение тела, брошенного горизонтально.
10. Реактивное движение.
11. Зависимость ускорения тела от его массы и силы, действующей на тело.
12. Равенство и противоположность направления сил действия и противодействия.
13. Сохранение импульса.
14. Сохранение энергии.
15. Зависимость колебаний маятника от времени.
16. Свободные колебания.
17. Вынужденные колебания.
18. Образование и распространение волн.
19. Источники звука.
20. Распространение звука в воздушной среде.

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА (34 ч)

Электрическое взаимодействие. Электрический заряд. Опыты Милликена и Иоффе. Элементарный электрический заряд. Опыты Кулона, Эрстеда, Ампера, Фарадея.

Концепция близкодействия. Электрическое и магнитное поля. Идеи теории Максвелла. Успехи электродинамики в объяснении и предсказании природных явлений. Электромагнитные волны. Скорость электромагнитных волн. Волновая модель света. Давление света и опыты Лебедева. Интерференция, дифракция и поляризация света. Спектр электромагнитных излучений. Влияние электродинамики на развитие науки и производства. Радиосвязь. Телевидение. Радиолокация. Электромагнитная картина мира и ее ограниченность.

ДЕМОНСТРАЦИИ

1. Взаимодействие заряженных тел.
2. Сохранение электрического заряда.
3. Делимость электрического заряда.
4. Электрическое поле заряженных тел.
5. Взаимодействие проводников с токами.
6. Опыт Эрстеда.
7. Действие магнитного поля на проводник с током.
8. Магнитное поле прямого тока, катушки с током.
9. Отклонение электронного пучка в магнитном поле.
10. Электромагнитная индукция.
11. Магнитное поле тока смещения.
12. Излучение и прием электромагнитных волн.
13. Интерференция и дифракция электромагнитных волн.
14. Поляризация электромагнитных волн.
15. Радиосвязь.
16. Интерференция света.
17. Дифракция света.
18. Поляризация света.
19. Разложение света в спектр.
20. Невидимые излучения в спектре нагретых тел.

XI КЛАСС (2 ч в неделю, всего 68 ч)
КВАНТОВАЯ ФИЗИКА (40 ч)

Трудности волновой теории света. Гипотеза Планка. Фотоэффект. Опыты Вавилова. Корпускулярная модель света. Гипотеза де Бройля и ее экспериментальное подтверждение. Трудности планетарной модели атома. Постулаты Бора. Квантово-механическая модель атома. Корпускулярно-волновой дуализм описания микрочастиц. Принцип неопределенности Гейзенберга. Вероятностный характер причинно-следственных связей в микромире. Поглощение и испускание света. Люминесценция. Спектральный анализ. Лазер. Закон радиоактивного распада и его статистическое истолкование. Модели ядра. Объяснение α -, β -, γ -распадов. Элементарные частицы. Фундаментальные взаимодействия. Связь микро- и макромира. Квантово-статистическая картина мира.

ДЕМОНСТРАЦИИ

1. Фотоэффект.
2. Законы внешнего фотоэффекта.
3. Линейчатый спектр.
4. Люминесценция.
5. Изменение сопротивления фоторезистора под действием света.
6. Камера Вильсона.
7. Счетчик частиц.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА (20 ч)

Тепловое движение. Тепловое равновесие. Внутренняя энергия. Температура как мера средней энергии теплового движения. Опыты Штерна и Перрена. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики (статистическое истолкование). Гипотеза о «тепловой смерти Вселенной» и ее критика. Успехи молекулярной физики в объяснении природных процессов и свойств вещества. Броуновское движение. Расчет массы и размеров частиц вещества. Уравнение состояния идеального газа. Фазовые переходы.

ДЕМОНСТРАЦИИ

1. Модель теплового движения.
2. Изменение внутренней энергии тел при совершении работы и при теплопередаче.
3. Модель броуновского движения.
4. Диффузия.
5. Постоянство температуры кипения жидкостей.
6. Кипение воды при пониженном давлении.
7. Кристаллы.

8. Плавление и отвердевание кристаллических тел.

9. Газовые законы.

10. Модель опыта Штерна.

МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ (2 ч)

Функции эксперимента и теории в процессе познания природы. Физические законы и причины существования границ их применимости. Моделирование явлений и объектов природы в процессе их научного познания. Научные гипотезы. Роль математики в физике. Принцип соответствия. Принцип дополнительности. Физическая картина мира.

6. АВТОРСКАЯ ПРОГРАММА ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ СРЕДНЕЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ С ГУМАНИТАРНЫМ ПРОФИЛЕМ ОБУЧЕНИЯ

Х—ХІ КЛАССЫ

Х КЛАСС (2 ч в неделю, всего 68 ч)

ВВЕДЕНИЕ (2 ч)

Научный метод познания окружающего мира. Физика — наука о простейших и фундаментальных свойствах природы. Физическая картина мира.

МЕХАНИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА (32 ч)

Механическое движение. Относительность механического движения. Система отсчета. Пространство и время в механике. Материальная точка. Взаимодействие в механике. Законы Ньютона. Принцип относительности. Симметрия в механике. Законы сохранения. Причинность в механике. Успехи механики в описании движения земных и небесных тел. Невесомость. Реактивное движение. Силы в природе. Механические колебания и волны. Звук. Успехи механики в описании микромира. Механическая картина мира.

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА (34 ч)

Свет. Корпускулярная и волновая теории света. Луч света. Независимость световых лучей. Закон отражения. Закон преломления. Интерференция света. Дифракция света. Триумф волновой теории света. Теория Максвелла. Электромагнитная природа света. Электрическое взаимодействие. Электрический заряд. Закон Кулона. Свойства электрических зарядов. Закон сохранения электрических зарядов. Магнитное взаимодействие. Магнитное поле. Магнитоэлектрическая индукция. Ток смещения Максвелла. Опыты Фарадея. Явление электромагнитной индукции. Электромагнитное поле. Электромагнитные волны. Шкала электромагнитных волн. Электронная теория вещества. Использование электрической энергии. Радиосвязь и телевидение. Радиолокация. Электромагнитная картина мира.

ХІ КЛАСС (2 ч в неделю, всего 68 ч)

РЕЛЯТИВИСТСКАЯ КАРТИНА МИРА (20 ч)

Поиски мирового эфира. Скорость света. Постулаты специальной теории относительности. Пространство и время в теории относительности. Мир Минковского. Связь между энергией и импульсом в специальной теории относительности. Ядерная энергетика. Релятивистская картина мира.

КВАНТОВО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА (46 ч)

Излучение абсолютного черного тела. Открытие квантов света. Фотоэффект. Квантовая теория фотоэффекта. Рентгеновское излучение. Двойственность представлений о свете. Корпускулярно-волновой дуализм. Катодные лучи. Волновые свойства электрона. Открытие радиоактивности. Опыты Резерфорда. Строение атома. Постулаты Бора. Модель атома Бора. Квантово-механическое описание состояния микрочастиц. Соотношения неопределенностей. Свет и атом. Люминесценция. Принцип действия

лазера. Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева. Природа химической связи. Молекулы. Строение вещества. Газы, жидкости, твердые тела. Макросистемы. Статистический и термодинамический методы их описания. Энтропия. Порядок и беспорядок в макросистеме. Развитие идей атеизма. Ядерная физика. Строение ядер. Превращения ядер. Элементарные частицы. Фундаментальные взаимодействия. Фундаментальные частицы. Современная физическая картина мира.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ (2 ч)

Естественно-научная картина мира. Роль науки в современном мире.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СРЕДНЕЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ С ГУМАНИТАРНЫМ ПРОФИЛЕМ ОБУЧЕНИЯ

МЕХАНИКА

1. Прибор для изучения законов механики на воздушной подушке.
2. Держатель со спиральной пружиной.
3. Пистолет баллистический двухсторонний.
4. Прибор для демонстрации невесомости тел.
5. Прибор для демонстрации взаимодействия тел и удара шаров.
6. Прибор «Воздушный стол».
7. Спидометр демонстрационный.
8. Тележка легкоподвижная (пара).
9. Генератор инфранизких частот.
10. Комплект «Колебания».
11. Машина волновая.
12. Микрофон электродинамический.
13. Прибор для записи колебательного движения.
14. Усилитель низкой частоты.
15. Частотомер демонстрационный.
16. Прибор для демонстрации волновых явлений в проекции.

Видеофильмы

1. Движение и силы.
2. Законы сохранения в механике.
3. Механические колебания и волны.
4. Движение тела по окружности.
5. Законы Ньютона.

6. Невесомость.
7. Опыт Кавендиша.
8. Искусственные спутники Земли.
9. Силы в природе.
10. Физические основы космических полетов.
11. Фаза. Сдвиг фаз.
12. Опыты Галилея.
13. Механическая картина мира и ее ограниченность.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА

1. Прибор для изучения газовых законов.
2. Термометр электронный цифровой.
3. Сосуд пористый.
4. Микроманометр.
5. Теплоприемник.

Видеофильмы

1. Давление газа.
2. Опыт Штерна.
3. Опыт Перрена.
4. Тепловые двигатели и их применение.
5. Законы термодинамики.
6. Идеальный газ.
7. Парниковый эффект.
8. Строение вещества.
9. Второй закон термодинамики и его статистическое истолкование.

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

1. Батарея конденсаторов.

2. Батарея солнечная.
3. Выпрямитель универсальный.
4. Генератор электростатический.
5. Индикатор магнитного поля.
6. Комплект приборов для демонстрации свойств электромагнитных волн.
7. Конденсатор переменной емкости.
8. Катушка для демонстрации магнитного поля тока.
9. Машина магнитоэлектрическая.
10. Преобразователь высоковольтный.
11. Прибор для демонстрации взаимодействия параллельных токов.
12. Прибор для демонстрации свойств электронных пучков.
13. Рамка для демонстрации движения проводника с током в магнитном поле.
14. Лазер газовый с принадлежностями.
15. Комплект для демонстрации радиопередачи и радиоприема.

Видеофильмы

1. Опыты Кулона.
2. Опыты Эрстеда.
3. Опыты Ампера.
4. Опыты Фарадея.
5. Опыты Герца.
6. Опыты Лебедева.
7. Волновые свойства света.
8. Распространение радиоволн.
9. Свойства и применение электромагнитных излучений.
10. Вихревые электрические и магнитные поля. Электромагнитные колебания.
11. Электромагнитная картина мира и ее ограниченность.

ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Видеofilьмы

1. Относительность механического движения.
2. Элементы теории относительности.
3. Ускорители элементарных частиц.

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

1. Комплект по фотоэффекту.
2. Камера для наблюдения следов α -частиц.
3. Счетчик Гейгера.
4. Осветитель ультрафиолетовый.
5. Экран люминесцирующий.
6. Набор дифракционных решеток.
7. Фильтр инфракрасный.
8. Фильтр ультрафиолетовый.
9. Люксметр демонстрационный.
10. Дозиметр.

Видеofilьмы

1. Излучение черного тела. Гипотеза Планка.
2. Опыты Столетова по фотоэффекту.
3. Опыты Вавилова.
4. Гипотеза Луи де Бройля и ее экспериментальное подтверждение.
5. Опыты Резерфорда.
6. Природа линейчатых спектров.
7. Радиоактивность.
8. Термоядерные реакции.
9. Элементарные частицы.

10. Квантово-статистическая картина мира.

11. Методы научного познания и физическая картина мира.

8. КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ X КЛАССА СРЕДНЕЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ С ГУМАНИТАРНЫМ ПРОФИЛЕМ ОБУЧЕНИЯ

МЕХАНИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

Сентябрь

Введение

Механическое движение

Относительность механического движения

Описание механического движения

Пространство и время в механике

Октябрь

Взаимодействие в механике

Законы Ньютона

Принцип относительности

Симметрия в механике

Законы сохранения

Причинность в механике

Контрольная работа 1

Ноябрь

Успехи механики в описании движения земных и небесных тел

Реактивное движение

Невесомость

Силы в природе

Декабрь

Механические колебания и волны

Звук

Успехи механики в описании микромира

Механическая картина мира

Контрольная работа 2

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

Январь

Свет. Корпускулярная и волновая теории света

Закон отражения света

Закон преломления света

Февраль

Интерференция света

Дифракция света

Триумф волновой теории света

Теория Максвелла

Контрольная работа 3

Март

Электрическое взаимодействие

Закон Кулона. Электрическое поле

Свойства электрических зарядов.

Закон сохранения электрического заряда

Магнитное взаимодействие

Магнитное поле

Апрель

Магнитоэлектрическая индукция

Ток смещения Максвелла

Опыты Фарадея

Явление электромагнитной индукции

Электромагнитное поле

Электромагнитные волны

Шкала электромагнитных волн

Май

Электронная теория вещества

Использование электрической энергии

Радиосвязь и телевидение

Радиолокация

Электродинамическая картина мира

Контрольная работа 4

9. КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ XI КЛАССА СРЕДНЕЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ С ГУМАНИТАРНЫМ ПРОФИЛЕМ ОБУЧЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ. СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА. РЕЛЯТИВИСТСКАЯ КАРТИНА МИРА

Сентябрь

Поиски мирового эфира. Скорость света

Постулаты специальной теории относительности

Пространство и время в СТО

Октябрь

Четырехмерное пространство — время. Мир Минковского

Связь между энергией и импульсом в СТО. Релятивистская картина мира

Контрольная работа 1

КВАНТОВО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

Ноябрь

Излучение абсолютно черного тела

Открытие квантов света

Фотоэлектрический эффект

Квантовая теория фотоэффекта

Декабрь

Рентгеновское излучение

Опыты Вавилова

Двойственность представлений о свете

Корпускулярно-волновой дуализм

Контрольная работа 2

Январь

Катодные лучи. Открытие электрона

Волновые свойства электрона

Открытие радиоактивности

Опыты Резерфорда. Строение атома

Февраль

Постулаты Бора. Модель атома Бора

Квантово-механическое описание состояния микрочастиц. Соотношения неопределенностей

Свет и атом. Люминесценция

Принцип действия лазера

Март

Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева

Природа химической связи. Молекулы

Строение вещества. Газы, жидкости, твердые тела

Макросистемы. Статистический и термодинамический методы их описания

Энтропия. Порядок и беспорядок в макросистеме

Контрольная работа 3

Апрель

Развитие идей атомизма. Ядерная физика

Строение ядер. Превращения ядер

Элементарные частицы

Фундаментальные взаимодействия

Фундаментальные частицы

Май

Современная физическая картина мира

Контрольная работа 4

10. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ РАЗДЕЛА «МЕХАНИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА»

Формирование механической картины мира, как и любой другой картины, происходит в базисе физических знаний, атрибуты которых перечислены во введении к пособию.

Ознакомление с содержанием механической картины мира начинается с рассмотрения хорошо известного учащимся явления механического движения. С помощью демонстраций 1.1—1.6 показываются простейшие виды движения: прямолинейное, криволинейное, движение по окружности, колебательное. Демонстрация 1.21 иллюстрирует принцип независимости движений, который постулируется как результат обобщения множества экспериментов. При обсуждении результатов наблюдений за особенностью механического движения дается его определение: механическим движением называется явление изменения положения одного тела относительно другого за время наблюдения. Тем самым подчеркивается относительность движения и необходимость экспериментального определения положения одного тела относительно другого за время наблюдения.

Сделать это удастся с помощью системы отсчета. Система отсчета, включающая тело отсчета, систему координат и часы, является одним из основных понятий механики. Из демонстрации 1.8 следует, что характер движения существенно зависит от выбранной системы отсчета. Для удобства описания движения следует выбирать такую систему отсчета, в которой движение можно было бы описать наиболее просто с точки зрения наблюдателя. Для этого необходимо научиться определять положение тела относительно тела отсчета в некоторый момент времени. Положение тела определяется в декартовой системе координат с помощью линейки, а время — с помощью часов — устройства с периодически повторяющимся состоянием (демонстрация 1.7). Как результат эксперимента принимается необходимость знания трех величин для определения положения одного тела относительно другого. Этот экспериментальный факт позволяет ввести для задания положения тела радиус-вектор, направленный отрезок, проведенный из начала координат. Координаты конца радиус-вектора определяются тремя числами, характеризующими положение исследуемого тела. Само тело, если его размеры при описании движения можно не учитывать, принимается за материальную точку. Вслед за понятием радиус-вектора вводится понятие перемещения Δr , как векторной физической величины, равной изменению радиус-вектора за время Δt . Для описания движения вводятся понятия средней скорости и мгновенной скорости движения. Понятие мгновенной скорости вводится на основании того экспериментального факта, что средняя скорость не меняется при уменьшении промежутка времени Δt , начиная с некоторого значения. Это утверждение иллюстрируется демонстрацией 1.9. Такой же прием применяется при введении понятия мгновенного ускорения, т. е. сначала вводится понятие среднего ускорения, а затем рассматривается то значение среднего ускорения, к которому стремится отношение при уменьшении промежутка времени измерения. Эта величина и принимается за мгновенное ускорение.

Экспериментальное изучение перемещения тела со временем относительно других тел позволяет ввести понятия пространства и времени, которые являются фундаментальными понятиями в физике. Введение этих понятий основано на том обстоятельстве, что при описании движения материальных тел положения этих тел мысленно отделяют от самих тел, сохраняя однако за ними те свойства, которые характеризуют движение самих тел. Положение тел при этом заменяют их геометрическими двойниками-векторами,

обладающими определенными свойствами, отражающими свойства перемещений реальных тел. Одно из этих свойств — линейность — позволяет выразить любое перемещение через конечное число независимых друг от друга перемещений. Опыт показывает, что в окружающем нас мире число независимых перемещений равно трем. Именно это обстоятельство позволяет говорить о трехмерности реального мира. Другое свойство — метрическое, выражаемое теоремой Пифагора, — также является следствием эксперимента. Оно позволяет связать длину перемещения с проекциями перемещения на оси координат. Совокупность векторов, обладающих линейными и метрическими свойствами, образует евклидово пространство. Если линейные и метрические свойства пространства не зависят от положения начала координат в выбранной системе отсчета, то пространство называется однородным; если эти свойства не зависят от поворота осей координат, то пространство называется изотропным. Время тоже обладает линейными свойствами. Ясно, что при выборе системы отсчета предпочтительной является такая система отсчета, где пространство однородно и изотропно, а время однородно.

Следующим фундаментальным понятием, обсуждаемым в учебнике, является понятие «взаимодействие в механике». Взаимодействие в механике — это взаимное влияние друг на друга по крайней мере двух тел, результатом которого является изменение скорости взаимодействующих тел. Наблюдения показывают, что изменение скорости происходит не сразу и зависит не только от характера взаимодействия, но и от свойств тел. Явление изменения скорости тела при взаимодействии за конечное время называется инертностью (демонстрации 1.13—1.15). Для количественной характеристики инертности тел вводится понятие инертной массы, или просто массы, тела. Принимается, что тело, которое приобретает при взаимодействии меньшее ускорение, более инертно или имеет большую массу (демонстрация 1.16). Материальная точка отличается от геометрической только наличием массы. Произведение массы тела на его скорость называется импульсом тела. Если изменение состояния тела зависит от массы тела, то само взаимодействие, по мысли Ньютона, описывается векторной величиной (демонстрация 1.22), являющейся функцией взаимного расстояния между взаимодействующими телами и их относительной скоростью в некоторый момент времени. Эта физическая величина называется силой.

Усвоение понятий радиус-вектора, перемещения, скорости, ускорения, массы, импульса, силы достаточно для изучения законов Ньютона, являющихся основой динамики. В пособии три закона Ньютона рассматриваются как результат обобщения огромного числа физических экспериментов.

Первый закон Ньютона дается в трех редакциях. Формулировка Ньютона гласит: «Тело находится в состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку на тело не действуют другие тела». Другая формулировка, отражающая свойства пространства и времени, выглядит следующим образом: «Если тело, не взаимодействующее с другими телами, покоится или движется равномерно и прямолинейно в некоторой системе отсчета, то эту систему отсчета можно считать однородной и изотропной». Используя понятие импульса, первый закон Ньютона можно сформулировать более лаконично: «В отсутствие взаимодействия импульс тела не меняется».

По существу первый закон Ньютона указывает экспериментальный путь определения такой системы отсчета, в которой линейные и метрические свойства пространства и линейные свойства времени не зависят от выбора начала отсчета координат и времени и от направления осей координат. Такая система отсчета в физике называется инерциальной. Здесь необходимо подчеркнуть, что установление инерциальности выбранной системы отсчета зависит от точности проводимого эксперимента, поэтому

одна и та же система может быть инерциальной или неинерциальной в зависимости от точности проводимых физических опытов.

Первый закон Ньютона окончательно развеял существовавшее столетиями заблуждение о том, что движение возможно только при наличии взаимодействия между телами. Эта аристотелевская точка зрения заменяется в механике Галилея — Ньютона другой, согласно которой и в отсутствие взаимодействия тело может двигаться с постоянной скоростью. Такое движение называется движением по инерции (демонстрации 1.11, 1.12).

Второй закон Ньютона утверждает, что при взаимодействии в инерциальной системе отсчета тело изменяет свой импульс. Изменение импульса со временем равно силе, действующей на тело (демонстрация 1.18).

Сила в механике, как уже отмечалось выше, зависит только от взаимного расстояния взаимодействующих тел и от их относительных скоростей в тот момент времени, для которого определяется ускорение. Пожалуй, это утверждение является одним из основных для понимания всей динамики. Оно ниоткуда не следует, и его нужно рассматривать как гипотезу, справедливость которой подтверждается экспериментом. Это обстоятельство приводит к тому, что для определения положения и скорости тела в любой момент времени необходимо и достаточно знания начального положения тела и его начальной скорости при известном выражении для силы. Поэтому говорят, что состояние тела в механике определяется лишь двумя динамическими величинами: радиус-вектором и скоростью. Ясно, что второй закон Ньютона будет справедлив только в том случае, когда радиус-вектор и скорость можно одновременно определять в процессе эксперимента. Оказалось, что для микрочастиц это сделать не удастся, поэтому для их описания второй закон Ньютона не применим.

Третий закон Ньютона утверждает, что при взаимодействии тел сила действия всегда равна и противоположно направлена силе противодействия (демонстрация 1.20).

При обсуждении третьего закона Ньютона следует обратить внимание на два обстоятельства. Первое: силы в третьем законе всегда описывают взаимодействие тел, они приложены к разным телам и поэтому никогда не могут уравновесить друг друга. Очень полезно при обсуждении этого закона рассмотреть различные случаи реального взаимодействия тел с определением действующих между ними сил действия и противодействия.

Второе: третий закон Ньютона в неявной форме утверждает, что взаимодействие между телами передается мгновенно от одного тела к другому, т. е. механика Ньютона придерживается идеи дальнего действия. Отсюда следует, что для описания процессов, происходящих со скоростями, при которых нельзя пренебрегать конечным временем передачи взаимодействия между телами, использовать механику Ньютона невозможно. В настоящее время известно, что взаимодействия между телами передаются с максимальной скоростью, равной скорости света. При скоростях движения, сравнимых со скоростью света, для описания движения механика Ньютона заменяется механикой специальной теории относительности.

После изучения законов Ньютона обсуждаются важнейшие мировоззренческие концепции современной физики на материале механики: относительность, причинность, симметрия. Содержание принципа относительности заключается в том, что не существует выделенной инерциальной системы отсчета, все инерциальные системы отсчета

равноправны с точки зрения наблюдателя, проводящего в них эксперименты. Это означает, что при одинаковых начальных условиях и действующих силах, при механических измерениях наблюдатель в каждой системе получит одинаковый результат. Другими словами, никакими механическими опытами внутри инерциальной системы отсчета нельзя установить ее движение относительно другой инерциальной системы отсчета.

Принцип относительности, обобщая результаты многочисленных экспериментов, устанавливает физическую эквивалентность всех инерциальных систем отсчета. Так как свойства пространства и времени не изменяются в зависимости от равномерного и прямолинейного движения одной инерциальной системы отсчета относительно другой, то описание механического движения не зависит от выбора инерциальной системы, они полностью эквивалентны друг другу.

Принцип причинности в механике утверждает, что положение и скорость материальной точки в любой момент времени причинно обусловлены ее положением и скоростью в начальный момент времени. Это положение основано на втором законе Ньютона, согласно которому ускорение тела в некоторый момент времени определяется зависимостью от положения тела и его скорости в этот же момент времени. Зная ускорение, мы можем определить скорость в последующий момент времени, а по скорости можно определить и новое положение тела. Тогда, воспользовавшись снова вторым законом Ньютона, можно определить ускорение в последующий момент времени и т. д. Таким образом, решая уравнение движения, выраженное вторым законом Ньютона, можно определить положение и скорость тела в любой момент времени в процессе его движения.

Именно поэтому второй закон Ньютона называют динамическим, а однозначную зависимость характера движения от начальных условий при заданной силе — механическим детерминизмом или механической причинностью.

Симметрией тела по отношению к некоторому преобразованию называется явление сохранения определенных свойств тела при совершении с ним этого преобразования.

В механике мы сталкиваемся с симметрией пространства и времени. Например, однородность пространства является не чем иным, как сохранением линейных и метрических свойств пространства при изменении положения начала координат системы отсчета, изотропность пространства — сохранением его свойств при повороте осей координат, однородность времени — сохранением линейных свойств при изменении начала отсчета времени.

Оказалось, что каждый вид симметрии связан с сохранением вполне определенной физической величины, зависящей от механического состояния тел.

Так, однородность времени означает сохранение механической энергии, т. е. суммы кинетической и потенциальной энергии тела, однородность пространства — сохранение импульса тела (демонстрации 1.28, 1.31). Что касается изотропности пространства, то этому типу симметрии соответствует сохранение момента импульса — физической величины, которая в школьном курсе физики не изучается.

Принцип симметрии, утверждающий, что каждому типу симметрии соответствует своя сохраняющаяся величина, стал одним из ведущих эвристических принципов в физике, т. е.

таким приемом физического мышления, который позволяет устанавливать новые физические закономерности в природе.

Изучение методов описания механического движения и динамических законов Ньютона заканчивается выполнением контрольной работы 1. Содержание контрольных работ для классов с гуманитарным профилем обучения имеет свою специфику. В них не содержится расчетных задач. Задания этих работ содержат вопросы, соответствующие требованиям к учащимся гуманитарных классов.

После изучения законов Ньютона и основных принципов механики рассматриваются прикладные вопросы механики, демонстрирующие ее эффективность при описании и преобразовании окружающего мира. К таким вопросам относятся: описание движения земных и небесных тел, реактивное движение, невесомость, силы в природе, механические колебания и волны, звук, поведение разреженного, идеального газа.

В соответствующих параграфах изучается закон всемирного тяготения Ньютона, рассматриваются силы тяготения, трения, упругости, уравнения реактивного движения, уравнение гармонических колебаний и гармонической волны, основное уравнение МКТ для идеального газа и его уравнение состояния. Изучение этого достаточно сложного для усвоения учебного материала должно проводиться с использованием необходимого числа демонстраций 1.32—1.46 и обязательным проговариванием вслух каждым учащимся основных положений теоретического материала во время урока и ответов на вопросы в конце каждого параграфа.

Заключительный параграф в этом разделе посвящен рассмотрению механической картины мира, сформированной благодаря успехам механики при описании окружающего мира. С точки зрения механики задачей научного описания окружающего мира является представление всех тел в виде совокупности отдельных взаимодействующих друг с другом частиц — материальных точек, определение характера взаимодействия между ними в виде законов для сил взаимодействия и установление начальных условий. Окружающий мир с точки зрения механики выглядит достаточно унылым, в нем господствует механический детерминизм. Будущее мира однозначно определено его прошлым. К счастью, дальнейшее развитие науки показало, что область применимости механики ограничена. Однако успехи механики в описании природных явлений были так велики, что механический детерминизм на протяжении нескольких столетий стал примером для построения научного описания других явлений, по своей природе далеких от механики. Знания, полученные человеком в результате применения научного метода к описанию окружающего мира при изучении простейших механических движений, можно представить в обобщенном виде как механическую картину мира, отдельными фрагментами которой являются:

«элементы» мира: материальные точки, пространство и время;

физические взаимодействия: тяготение, трение, деформация;

физические законы: законы Ньютона, законы сохранения, закон всемирного тяготения, закон Гука, закон Кулона — Амонтона, основной закон кинетической теории газов, закон Бойля — Мариотта;

физические системы: вещество, Солнечная система, замкнутая система;

механические процессы: механическое движение, движение планет вокруг Солнца, механические колебания, распространение механических волн;

мир, созданный человеком: механический детерминизм, мир механизмов и машин.

После изучения этой темы учащимися выполняется контрольная работа 2.

11. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ РАЗДЕЛА «ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА»

Основная задача этого раздела — формирование у учащихся представлений о поле как еще об одном виде физических объектов, существующих в окружающем мире. В отличие от частиц, участвующих в механическом движении и характеризующихся своим положением в пространстве и скоростью движения, поле не локализовано в какой-то определенной области и распространяется всегда с одной и той же скоростью в любой системе отсчета. Необычность физических свойств поля приводит к необходимости создания специфических способов описания его свойств, изучения законов его поведения и взаимодействия с веществом. Наиболее хорошо известным видом физического поля является свет, с изучения свойств которого и начинается ознакомление учащихся с полями.

Изучение света начинается с выяснения его природы, обсуждения двух гипотез: корпускулярной и волновой, высказанных Ньютоном и Гюйгенсом по поводу природы света и явившихся следствием их механистических представлений. Аргументами, подтверждающими или опровергающими эти гипотезы, служат результаты экспериментов, эмпирические законы, такие, например, как отражение и преломление света (демонстрации 2.1, 2.2), измерение скорости света. Объяснение явлений преломления света с корпускулярной и волновой точек зрения позволяет найти тот аргумент в защиту определенной позиции на природу света, который может быть проверен экспериментально. Оказалось, что скорость света в более плотной среде меньше скорости света в вакууме, что соответствует волновой теории света.

Волновые свойства света получают дальнейшее подкрепление при рассмотрении таких физических явлений, как интерференция, дифракция, поляризация света (демонстрации 2.4—2.20). Изучение интерференции проводится при наблюдении колец Ньютона (демонстрации 2.4, 2.5), дифракции — прохождении лазерного света через одиночную щель и двойную щель (опыт Юнга, демонстрации 2.15, 2.16), поляризации — прохождении света через скрещенные поляроиды (демонстрация 2.19). Для повышения наглядности оптических экспериментов желательна применение видеопроекторных средств, позволяющих наблюдать результаты демонстраций на больших экранах при нормальной освещенности класса (демонстрации 2.10, 2.16, 2.20). В конце изучения этого раздела учащиеся выполняют контрольную работу 3.

Экспериментальное подтверждение волновой природы света естественным образом ставит вопрос о происхождении этих волн. Ответ на этот вопрос был найден в разделе физики, на первый взгляд весьма далекой от оптики, — в электродинамике.

Изучение электродинамики начинается с ознакомления с явлением электрического взаимодействия (демонстрации 3.1, 3.2). Для описания этого взаимодействия вводится понятие электрического заряда и обсуждаются его свойства на основе известных экспериментальных фактов. Важнейшим свойством электрического заряда является его сохранение в замкнутых системах. Сохранение заряда относится к фундаментальным законам природы. После изучения экспериментального закона Кулона вводятся понятие электрического поля и такие его характеристики, как напряженность электрического поля и линии напряженности электрического поля (демонстрация 3.4).

Представления о поле затем развиваются при рассмотрении магнитного взаимодействия (демонстрации 3.5—3.8), для описания которого вводятся понятия вектора магнитной индукции и линий магнитной индукции, позволяющих наглядно изображать пространственную структуру магнитных полей (демонстрации 3.5, 3.6, 3.10).

После рассмотрения статических электрических и магнитных полей изучаются электродинамические явления (демонстрации 3.13, 3.19). В отличие от сложившегося порядка изложения этого раздела школьной физики, соответствующего исторической последовательности физических открытий, в пособии сначала изучается явление возникновения магнитного поля при изменении электрического поля со временем, которое можно назвать магнитоэлектрической индукцией, а затем явление электромагнитной индукции, открытой Фарадеем.

Изучение магнитоэлектрической индукции предваряется демонстрацией и обсуждением опыта (демонстрация 3.19), с помощью которого доступными для школьного кабинета средствами можно показать появление магнитного поля при изменении электрического поля.

Это позволяет ввести понятие тока смещения, представляющего изменение со временем электрического поля, при котором в пространстве появляется магнитное поле, подобное магнитному полю около проводника с током.

Опыты Фарадея показали, что не только переменное электрическое поле вызывает появление магнитного поля, но и переменное магнитное поле вызывает появление электрического поля. В этом состоит открытие электромагнитной индукции, сделанное Фарадеем в 1831 г. Явления магнитоэлектрической и электромагнитной индукции составляют основу электродинамики. Анализ уравнений, описывающих в совокупности электромагнитные явления, позволил Максвеллу прийти к заключению о возможности существования электромагнитного поля независимо от вещества в виде электромагнитных волн. Теоретическое предсказание Максвелла экспериментально подтвердил немецкий физик Г. Герц в 1888 г. В дальнейшем было установлено, что электромагнитные волны, так же как и вещество, могут переносить энергию, обладают импульсом и моментом импульса. Совокупность электромагнитных волн различных частот образует шкалу электромагнитных волн. В зависимости от особенностей получения и обнаружения электромагнитных волн шкала делится на различные диапазоны. Свет на этой шкале занимает узкий участок между длинами волн, равными 0,4 мкм и 0,8 мкм (демонстрация 2.21).

После изучения особенностей свойств электромагнитных волн различных диапазонов рассматривается строение вещества с точки зрения электронной теории, основой которой является взаимодействие частиц, обладающих электрическим зарядом.

После теоретических работ Дж. Максвелла и экспериментальных исследований Г. Герца стало ясно, что в природе, кроме вещества, существует электромагнитное поле, способное взаимодействовать с веществом и обладающее, как и вещество, энергией и импульсом. Было показано, что электромагнитное поле может существовать в пространстве и времени независимо от вещества, распространяясь в виде волн. Оказалось, что скорость распространения этих волн равна скорости света. Это дало основание утверждать, что свет представляет собой электромагнитные волны с определенной частотой колебаний.

Уравнения Максвелла в сжатой форме описали свойства электромагнитного поля и его взаимодействие с веществом. Было установлено, что электромагнитное поле является совокупностью электрического и магнитного полей, способных существовать независимо от вещества. Была открыта новая характеристика вещества (электрический заряд), характеризующая взаимодействие вещества с электромагнитным полем.

Теория Максвелла объединила громадное число электрических, магнитных, оптических явлений, казавшихся совершенно непохожими друг на друга, ничего не имеющих общего друг с другом, в единую область электромагнитных явлений. Описание этих явлений с помощью теории Максвелла происходило в принципе так же, как и описание механического движения в механике Ньютона. По заданным начальным и граничным условиям для поля при определенных значениях зарядов и токов в пространстве в начальный момент времени определялось состояние поля в любой последующий момент времени и в любой точке пространства.

При описании взаимодействия между зарядами и токами учитывалась конечная скорость распространения взаимодействия, равная скорости света. Окружающий мир стал казаться еще более упорядоченным и открытым для понимания человеком.

В этом мнении убеждали и те открытия, которые привели к созданию промышленных технологий по использованию энергии электромагнитного поля, новых средств беспроводной связи (демонстрации 3.28—3.31).

В результате изучения этого раздела должны быть сформированы основные представления электродинамической картины мира:

«элементы» мира: заряды, электромагнитное поле, электрическое и магнитное поля;

физические взаимодействия: электрическое, магнитное, электромагнитное;

физические законы: закон Кулона, закон сохранения электрического заряда, закон Фарадея, теория Максвелла;

физические системы: система электрических зарядов, проводников с током, заряженных частиц в веществе;

электродинамические процессы и явления: отражение, преломление, распространение, интерференция, дифракция, поляризация света, электризация, электрическое взаимодействие, магнитное взаимодействие, электромагнитные колебания, электромагнитные волны;

мир, созданный человеком: электродвигатель, электрогенератор, радио, телевидение, радиолокатор, дифракционная решетка.

После изучения этой темы учащимися выполняется контрольная работа 4.

12. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ РАЗДЕЛА «РЕЛЯТИВИСТСКАЯ КАРТИНА МИРА»

Основная задача при изучении этого раздела — формирование у учащихся представлений о свойствах пространства и времени окружающего нас мира, основанных на взаимодействии реальных физических объектов.

Если в механике свойства пространства и времени были связаны только с особенностями движения тел, то после открытия электромагнитного поля стало ясно, что представления о пространстве и времени должны быть пересмотрены с учетом свойств поля.

Согласно теории Максвелла, электромагнитные волны должны распространяться в особой светонесущей среде — мировом эфире.

Обнаружение электромагнитных волн поставило перед физиками вопрос об изучении свойств мирового эфира. Экспериментальные исследования аберрации света, увлечение света движущейся водой в опытах Физо, опыты Майкельсона привели к весьма противоречивой ситуации в вопросе о существовании мирового эфира. Явление аберрации света подтверждало, что движущиеся тела не увлекают эфир, опыты Физо говорили о частичном увлечении эфира, исследования Майкельсона свидетельствовали о полном увлечении эфира движущимися телами. Различные подходы к решению проблемы в рамках классической физики не смогли разрешить сложившиеся противоречия при объяснении увлечения эфира различными движущимися астрономическими и физическими телами.

В 1905 г. А. Эйнштейн выдвинул два постулата, которые, как оказалось впоследствии, смогли полностью объяснить кажущиеся противоречия опытов по определению степени увлечения эфира. Эти постулаты легли в основу так называемой специальной теории относительности (СТО), объяснившей особенности описания движения тел при скоростях, сравнимых со скоростью света.

Первый постулат СТО являлся естественным обобщением принципа относительности Галилея в механике и формулировался следующим образом: никакими физическими экспериментами, в том числе и оптическими, нельзя установить факт равномерного и прямолинейного движения системы отсчета, находясь внутри этой системы. Этот постулат получил название принципа относительности Эйнштейна. Первый постулат отрицал существование некоторой выделенной системы отсчета и, следовательно, мирового эфира.

Второй постулат СТО полагал одинаковой скорость света во всех системах отсчета. В формулировке Эйнштейна второй постулат СТО выглядел следующим образом: скорость света постоянна во всех системах отсчета и не зависит от скорости источника или приемника света. Это означало, что для распространения электромагнитных волн не нужно было предполагать существования какой-либо среды. Электромагнитное поле распространялось в пространстве со временем само по себе, не нуждаясь для этого в какой-то дополнительной среде. Такая точка зрения укрепляет наши представления об электромагнитном поле как еще об одном участнике реальных событий в окружающем нас мире наряду с веществом. Вместе с тем признание за полем подобной

самостоятельности требует существенного пересмотра наших представлений о свойствах пространства и времени, которые при рассмотрении свойств движущихся тел.

Постоянство скорости света во всех инерциальных системах отсчета позволяет экспериментально определить процедуру синхронизации часов в различных системах отсчета, что при рассмотрении только механических явлений сделать было невозможно. Из определения одновременности событий в разных системах отсчета с помощью светового сигнала сразу следует ее относительность. Относительность одновременности событий является следствием постоянства скорости света в разных системах отсчета и выбранного способа синхронизации часов.

Относительность одновременности в СТО приводит к необходимости для описания физического состояния материальной точки, кроме пространственных координат, ввести временную координату, измеряемую часами, связанными с этой материальной точкой. Если координаты начала координат принять за нуль, то координаты произвольной точки будут связаны друг с другом, по определению процедуры синхронизации часов, простым соотношением $x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2$, где x, y, z — пространственные координаты материальной точки; t — временная координата этой точки, равная времени распространения света из начала координат до рассматриваемой точки. Аналогичное соотношение между пространственными и временной координатами можно записать для любой материальной точки в выбранной системе координат. Это соотношение можно переписать следующим образом, перенеся произведение $c^2 t^2$ в левую часть равенства: $x^2 + y^2 + z^2 + (\sqrt{c^2 t^2})^2 = 0$. Если выражение в скобках обозначить через τ^2 , то мы получим следующее выражение: $x^2 + y^2 + z^2 + \tau^2 = 0$, формально похожее на выражение для квадрата длины вектора в четырехмерном пространстве. Как и в привычном для нас чувственно воспринимаемом трехмерном пространстве, квадрат вектора в четырехмерном пространстве можно рассматривать как результат скалярного произведения вектора самого на себя. Для вычисления значения скалярного произведения необходимо, кроме самого определения скалярного произведения, задать скалярные произведения единичных векторов, характеризующих метрические свойства пространства. В трехмерном геометрическом пространстве попарные произведения единичных векторов равны нулю, если векторы относятся к разным осям координат, или единице, если они одинаковы. Пространство с такими свойствами мы называли в классической механике евклидовым. В нашем случае четырехмерного пространства произведение единичного вектора, характеризующего временную ось координат, самого на себя равно минус единице. Пространство с такими свойствами называется псевдоевклидовым.

В таком пространстве любое физическое событие можно характеризовать точкой с четырьмя координатами и каждой такой точке можно сопоставить вектор, соединяющий эту точку с началом координат. Впервые изображение физических событий с помощью векторов в четырехмерном псевдоевклидовом пространстве предложил немецкий физик Г. Минковский в 1908 г. Длина четырехмерного вектора в СТО называется интервалом и обозначается буквой s . При переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую длина интервала остается постоянной. Это свойство интервалов следует из постулатов СТО. Интервал, таким образом, аналогичен длине отрезка в геометрии Евклида. Значение интервала, подобно длине отрезка, не меняется при различных преобразованиях системы координат. Существование интервала, инвариантного к преобразованию инерциальных систем координат, обусловлено прежде всего свойствами электромагнитного поля, постоянством скорости света в разных системах отсчета. Значение интервала зависит как от пространственных, так и от временной координат события. Это позволяет рассматривать множество всевозможных значений координат и моментов времени, умноженных на скорость света и на мнимую единицу, как четырехмерное пространство

точек или пространство векторов, в котором заданы интервалы, т. е. своеобразные расстояния между парами физических событий. Особенностью этих расстояний является их постоянство при переходе из одной системы координат в другую.

В механике материальных точек, механике Галилея — Ньютона, неизменными величинами при переходе из одной системы отсчета в другую являлись длины отрезков и промежутки времени. В СТО длина отрезка и промежутки времени не будут сохраняться при переходе из одной системы отсчета в другую, так как эти величины входят составными частями в интервал, который остается неизменным, хотя его отдельные части, пространственная и временная, будут изменяться.

Преобразования пространственных и временной координат при этом подчиняются преобразованиям Лоренца, которые при скоростях движения, намного меньших скорости света, переходят в преобразования Галилея. Преобразования Лоренца не изучаются в школьном курсе из-за их сложности, но при обсуждении вопросов преобразования координат при переходе от одной системы координат к другой можно об этом упомянуть и даже записать их математическое выражение, не требуя его вывода или заучивания. Оказывается, не только интервал сохраняет свою величину при переходе из одной системы отсчета в другую. Существуют и другие инварианты таких преобразований. Один из них — это определенная комбинация энергии и импульса электромагнитного поля или частицы, по структуре подобная интервалу, если вместо координаты взять импульс p , а вместо τ подставить полную энергию E , деленную на скорость света c . Эта величина тоже оказывается инвариантом преобразования, равным произведению квадрата массы тела на квадрат скорости света, взятому со знаком «минус» ($\sqrt{m^2 c^2}$), т. е. $p^2 - E^2/c^2 = -m^2 c^2$.

Существование инвариантной величины, подобной интервалу, составляющими которой являются энергия и проекции импульса, наводит на мысль о возможности описания поведения электромагнитного поля или частиц в такой системе координат, в которой эти величины служат осями координат своеобразного четырехмерного пространства энергии — импульса. Введение четырехмерных миров пространства — времени и энергии — импульса позволяет описать физические состояния электромагнитного поля и частиц вещества одинаковым образом, используя четырехмерные векторы и длины этих векторов, сохраняющие свое значение при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую. Возможность такого описания наводит на мысль о физическом единстве этих сущностей окружающего нас мира, проявляющих себя в физических явлениях столь непохожим друг на друга образом.

Работы А. Эйнштейна и Г. Минковского в 1905—1908 гг. полностью изменили представления людей об окружающем мире. Пожалуй, самым поразительным в специальной теории относительности был новый, свежий взгляд на привычные окружающие нас события. Стало ясно, что для распространения света не нужна особая светоносная среда — эфир; свет, как и любые другие электромагнитные волны, может распространяться в свободном от вещества или какой-то другой субстанции пространстве. Скорость света одинакова в любой инерциальной системе отсчета и не зависит от скорости приемника или источника света. Скорость света в вакууме является максимально возможной скоростью движения материальных объектов, и этот экспериментальный факт изменил представления классической физики о свойствах пространства и времени. Если раньше, исходя из особенностей движения материальных тел, пространство и время воспринимались как независимые друг от друга характеристики физических процессов, то с открытием электромагнитных волн с их необычными свойствами появилась возможность объединить пространство и время в одно

пространство — время. В конце изучения этого раздела учащиеся выполняют контрольную работу.

13. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ РАЗДЕЛА «КВАНТОВО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА»

Основная задача при изучении этого раздела — ознакомление со свойствами квантовых объектов, которыми, в частности, являются микрочастицы и электромагнитное поле. Характерной особенностью в поведении квантовых объектов является двойственность в проявлении их свойств в физических взаимодействиях. В одних экспериментах они проявляют корпускулярные свойства, в других — волновые, что с точки зрения классических представлений является невозможным. На самом деле отмеченное противоречие — результат наших заблуждений, основанных на одностороннем подходе к описанию свойств физических явлений. Если предположить, что корпускулярные и волновые свойства есть не противоречащие, а дополняющие свойства объектов, то трудности в описании поведения этих объектов становятся легкопреодолимыми. Идея дополнительности, сформулированная в виде принципа дополнительности датским физиком Н. Бором, является одной из ведущих этого раздела.

Другая идея — это признание вероятностного характера поведения микрообъектов, отказ от механического детерминизма при описании квантовых объектов.

Наконец, третья идея раздела — это идея атомизма, восходящая к мыслителям Древней Греции, получившая свое развитие благодаря интенсивному развитию современной атомной, ядерной физики и физики высоких энергий.

Реализация этих идей начинается с изучения корпускулярных свойств света на примере изучения таких явлений, как излучение абсолютно черного тела, фотоэффект, рентгеновское излучение, флуктуации светового потока. Обращается внимание учащихся на то, что для описания одних явлений, таких, как интерференция, дифракция, поляризация света, используется волновая модель света; для описания других явлений, таких, как тепловое излучение, фотоэффект, рентгеновское излучение, изменение со временем интенсивности слабых световых потоков, используется квантовая, корпускулярная модель света.

Выражения для энергии и импульса фотонов, связывающие их значения с частотой и длиной волны, устанавливают своеобразную связь между этими моделями.

Так, энергия фотона однозначно связана с его частотой формулой Планка $\varepsilon = h\nu$, а импульс выражается через длину волны формулой, следующей из специальной теории относительности: $p = h/\lambda$. Используя эти соотношения, выражение для плоской монохроматической электромагнитной волны $E = E_0 \cos(\omega t \sqrt{kx})$ можно записать в виде $E = E_0 \cos 2\pi(\varepsilon t \sqrt{px})/h$.

Необычность использования различных моделей для интерпретации результатов эксперимента в их кажущейся противоречивости. Действительно, наблюдая за поведением физических объектов в окружающей нас природе, мы привыкли считать корпускулярные и волновые свойства взаимно исключаящими признаками объектов. Наш повседневный опыт показывает, что частица не может быть волной, а волна не может быть частицей.

Однако эксперименты со светом показывают, что такая позиция не соответствует экспериментальным фактам. Один и тот же физический объект, в данном случае свет, может в зависимости от реальной ситуации проявлять или волновые, или корпускулярные

свойства. Причем эти свойства выступают не как исключаящие друг друга характеристики объекта, а, наоборот, как признаки объекта, дополняющие друг друга. Сам же изучаемый объект не является ни волной, ни частицей (демонстрации 4.1, 4.8).

С этих позиций свет следует считать квантовым электромагнитным процессом, проявляющим волновые или корпускулярные свойства в зависимости от экспериментальной ситуации.

Ситуация, сложившаяся в физике при описании свойств света, получила название корпускулярно-волнового дуализма. Из сказанного выше ясно, что противоречивость поведения света есть следствие наших ограниченных возможностей описания природных явлений. Преодоление этих трудностей приводит к качественно новому уровню понимания сущности процессов в окружающем нас мире, к выработке нового стиля мышления.

Главными отличительными признаками этого мышления являются дополнительность противоположных свойств физических объектов и вероятностный характер физических законов.

Новые идеи нашли подтверждение и при исследовании свойств микрочастиц, в частности электронов.

В 1924 г. французский физик Луи де Бройль предположил, что все частицы вещества, подобно свету, обладают волновыми свойствами. Связь между волновыми и корпускулярными свойствами частиц такая же, как и между соответствующими свойствами света. Энергия частицы E равна энергии кванта волнового поля с частотой ν , т. е. $E = h\nu$, где h — постоянная Планка, а импульс частицы $p = hk$, где k — волновое число. Так же как и при рассмотрении фотонов, поведение частиц описывалось с помощью волнового поля, интенсивность которого определяла вероятность того, что частица может быть обнаружена в определенной области пространства. Гипотеза де Бройля основывалась на сходстве уравнений, описывающих поведение лучей света и частиц вещества, и носила исключительно теоретический характер. Для ее подтверждения или опровержения требовались экспериментальные факты.

Первое опытное подтверждение гипотезы де Бройля было получено в 1927 г. в опытах американских исследователей Девиссона и Джермера, изучавших рассеяние электронов на монокристалле никеля.

Электроны вели себя так, будто они были волнами. По результатам эксперимента удалось установить, что длина волны электронов в точности соответствовала предположению де Бройля.

Эксперименты по дифракции электронов и других микрочастиц вещества с очевидностью убеждают в том, что вещество, так же как и электромагнитное поле, обладает волновыми свойствами. Это обстоятельство вынуждает изменить сложившиеся представления об окружающем физическом мире.

Модель корпускулы, частицы, с помощью которой в классической физике описывали движение макроскопических тел, подразумевает локализацию этих тел в пространстве, при этом координаты частицы и ее скорость могут быть определены одновременно в любой момент времени. Однако эксперименты по дифракции электронов разрушают эти

представления, так как невозможно представить электрон проходящим через две щели сразу, как это следует из результатов таких экспериментов.

Переход на язык классического волнового описания поведения электрона также мало что дает, так как электрон во всех экспериментах регистрируется всегда целиком, и все попытки определить, через какую щель в опыте по дифракции все-таки проходит электрон, оканчиваются неудачей.

Единственный выход из создавшегося положения — отказ от классических моделей волны или частицы при описании свойств микрообъектов. С точки зрения такого подхода электрон, так же, впрочем, как и фотон или какой-то другой микрообъект, не является ни волной, ни частицей. Микрообъекты представляют квантовые образования, поведение которых можно описать с помощью волновой функции. Интенсивность волновой функции пропорциональна вероятности найти частицу в определенной области пространства в определенный момент времени.

Вероятностный подход к описанию поведения микрообъектов открывает путь для изучения микромира. Изучение микромира идет по двум структурным линиям. Одна линия позволяет проследить структурные уровни от атома к макротелам: атом — молекула — вещество — макротела; другая — от атома к фундаментальным частицам: атом — ядро — элементарные частицы — фундаментальные частицы. Итогом такого рассмотрения является так называемая стандартная модель, в основе которой лежат представления о том, что основой окружающего мира являются фундаментальные частицы, участвующие в фундаментальных взаимодействиях. Фундаментальных взаимодействий всего четыре: гравитационное, слабое, электромагнитное и сильное. Фундаментальные частицы делятся на частицы — участники взаимодействий и частицы — переносчики взаимодействий.

К участникам взаимодействий относятся три поколения лептонов и кварков. Все они являются частицами с полуцелым спином, т. е. фермионами. Каждому лептону соответствует свой антилептон; каждый кварк соответствующего аромата может находиться в трех состояниях, отличающихся своим цветом. Каждому из восемнадцати разноцветных и разноароматных кварков соответствует антикварк. Таким образом, группа участников взаимодействий включает 48 различных частиц, которые и образуют фундаментальные частицы — строительные «элементы» природы.

Взаимодействия между этими частицами осуществляются другими частицами — переносчиками взаимодействий. Все переносчики взаимодействий — частицы с целочисленным спином, т. е. относятся к бозонам.

Гравитационное взаимодействие обеспечивается за счет обмена гравитона — частицы, являющейся квантом гравитационного поля излучения. Гравитон пока еще не открыт, но физики с оптимизмом ожидают этого события в недалеком будущем.

Слабое взаимодействие происходит за счет обмена так называемых векторных бозонов: Z^0 , W^+ и W^- бозонов.

Электромагнитное взаимодействие переносится фотонами — квантами электромагнитного поля.

Сильное взаимодействие переносится глюонами, которые, подобно фотонам, представляют собой безмассовые частицы.

Из фундаментальных частиц можно «построить» весь Мир.

Современная физика позволила на экспериментальной основе подтвердить умозрительные построения древних греков о дискретном строении вещества.

В результате изучения этого раздела должны быть сформированы основные представления квантово-статистической картины мира:

«элементы» мира: частицы — участники взаимодействий, частицы — переносчики взаимодействий;

физические взаимодействия: фундаментальные взаимодействия — гравитационное, слабое, электромагнитное, сильное;

физические законы: корпускулярно-волновой дуализм, квантово-механическое описание состояний микрочастиц, соотношение неопределенностей, постулаты Бора, периодический закон Д. И. Менделеева, аксиомы термодинамики;

физические системы: элементарные частицы, ядра, атомы, молекулы, вещества, макротела;

квантовые процессы и явления: тепловое излучение, фотоэффект, рентгеновское излучение, катодные лучи, дифракция электронов, радиоактивность, люминесценция, тепловое равновесие;

мир, созданный человеком: тепловые двигатели, лазер, ядерные реакторы, люминесцентные лампы, твердотельные приборы.

На заключительном этапе изучения курса физики следует обратить внимание на три момента: методологическую роль физики, ее мировоззренческое значение и влияние физики как науки на культуру человечества.

Физика первая из естественных наук сформулировала ряд эвристических принципов, которые являются общими для любого научного исследования и в этом смысле могут считаться философскими принципами. К их числу можно отнести принцип причинности, принцип относительности, принцип сохранения, принцип инвариантности, принцип дополнительности, принцип соответствия, принцип неопределенности, принцип наименьшего действия, принцип симметрии и др.

Достижения физики существенно повлияли на культуру человечества, привели к созданию таких устройств и технологий, без которых трудно представить современный мир человека. Чтобы убедиться в уникальных возможностях науки, достаточно упомянуть современную энергетику, основанную на достижениях ядерной физики и электродинамики; технологию связи, основанную на достижениях теории электромагнитных волн и физики твердого тела; космическую технику, использующую всю мощь классической механики и современной вычислительной техники.

Наука, так же как и искусство, — важнейшая составляющая культуры человечества — не может применяться против человека, служить средством его угнетения или порабощения.

Во все времена наблюдались две тенденции в развитии науки. Одна характеризуется все большей специализацией и разделением наук на узкие области знаний. Другая, противоположная первой, стремится объединить знания разрозненных областей и создать единую научную картину мира. И то и другое направления в развитии науки привели к выдающимся результатам. Благодаря первой тенденции созданы уникальные методы исследования, разработаны устройства, которые не имеют аналогов в природе, многократно расширены возможности человека как в восприятии окружающего мира, так и в его воздействии на окружающий мир.

Благодаря другой тенденции у человека появляется возможность воспринимать природу как единое целое, увидеть свое место в окружающем мире. Носителями такого подхода были выдающиеся люди своей эпохи, обладавшие энциклопедическими познаниями. Отличительной чертой творчества этих людей является не только создание обобщающих картин окружающего мира, но и ярко выраженный гуманистический характер сформированного ими мировоззрения. Дело в том, что бурное развитие узкоспециализированных наук порой приводит к отдалению исследователя от объекта исследования. Этот процесс неизбежен, так как он позволяет человеку выделиться из окружающего его мира, осознать себя уникальным творением природы, но вместе с тем приводит к обособлению человека от природы, частью которой он является. Возникающее противопоставление человека и природы приводит к негативным явлениям: разрушению окружающей среды, внутреннего мира человека, возникновению и распространению неизлечимых болезней, стихийным бедствиям антропогенного происхождения, экологическим катастрофам.

Отторжению человека от природы в результате развития науки противостоит сама наука благодаря развитию общих междисциплинарных подходов с гуманитарным содержанием. Результатом такого процесса является появление как новых интегративных направлений, таких, например, как экология, так и общих картин мира: физической, химической, биологической, культурной, технической, естественно-научной, социально-гуманитарной и др., что имеет большое значение в развитии духовной жизни человека, осознании им своего места в природе.

14. ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ КЛАССОВ С ГУМАНИТАРНЫМ ПРОФИЛЕМ ОБУЧЕНИЯ


Физика — экспериментальная наука, поэтому ее изучение всегда сопровождается учебными экспериментами. Основная форма учебного эксперимента при изучении физики в гуманитарных классах — это демонстрационный эксперимент. Каждый учитель физики знает, что демонстрационный эксперимент является важнейшей частью школьного урока. Требования к демонстрациям по физике хорошо известны: они должны быть наглядными, доступными для понимания школьниками, легко собираться и настраиваться, вызывать положительную эмоциональную реакцию у учащихся. У человека с гуманитарным складом мышления демонстрации должны играть роль физических образов, формирующих опорные представления об окружающем мире.

Демонстрации имеют свои особенности, без учета которых эксперимент может и не получиться, хотя все условия для него, казалось бы, были выполнены. Опытные учителя хорошо знают секреты демонстрационного эксперимента и, как правило, ведут свою тетрадь с описанием экспериментальных методических приемов. В этой же тетради записываются и особенности в постановке демонстраций, связанные с тем, что в физическом кабинете школы какие-то приборы есть, а какие-то, наоборот, отсутствуют, что-то сделано руками учителя или самих ребят. Предлагаемые описания демонстраций по курсу физики для гуманитарных классов составлены таким образом, что они позволяют каждому учителю самостоятельно их дополнять, видоизменять с учетом особенностей своего физического кабинета, вести учет приборов и оборудования, применяемых для постановки данной демонстрации.

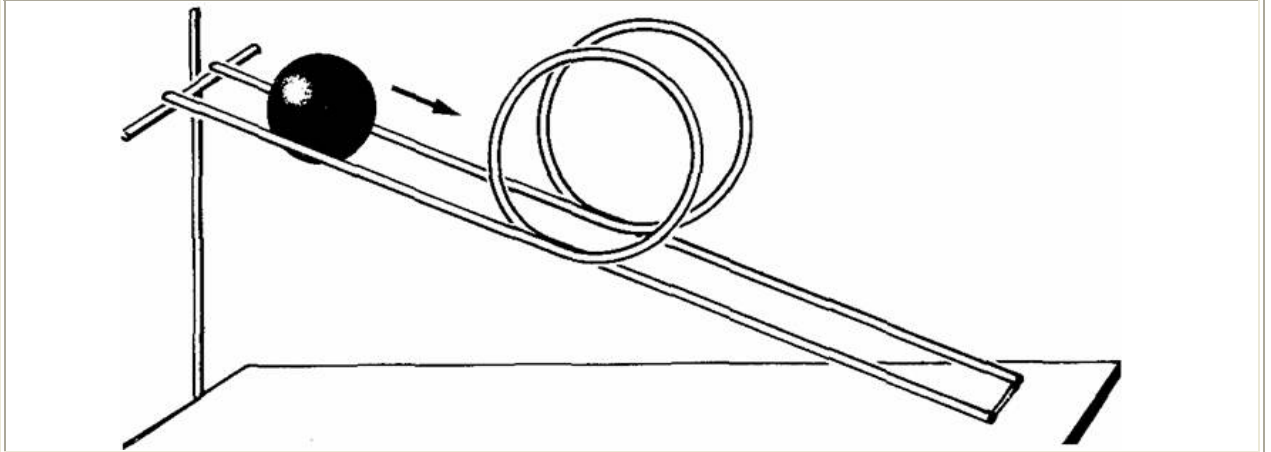
Каждое описание выполнено в стандартном формате, имеющем три фрагмента. В первом приводятся стандартные характеристики демонстрации: порядковый номер, классификация опыта по номенклатуре стандарта по физике в базе научного метода, состав демонстрационного оборудования с указателями его размещения в кабинете физики; во втором приводится схема демонстрации; в третьем — краткое описание демонстрации и свободное место для заметок учителя.

По вопросам обеспечения учебным оборудованием обращаться по адресу: 105484, Москва, п/я 6; телефон: (095) 369-66-24; факс: (095) 246-75-20, Федеративный комитет «Школа будущего».

КАТАЛОГ ФИЗИЧЕСКИХ ДЕМОНСТРАЦИЙ

1.1	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Равномерное движение
Демонстрация прямолинейного равномерного движения тележки с капельницей			
Тележка с капельницей, рельсовый путь для тележки, метроном, бумажная лента, измерительная линейка		Шкаф \perp Полка \perp Стеллаж \perp	
			
<p>Для демонстрации прямолинейного равномерного движения учитывается условие, при котором сумма сил, действующих на тело, равна нулю. В качестве движущегося тела используется тележка с капельницей. Тележка в процессе эксперимента перемещается по металлическим направляющим, установленным так, чтобы скатывающаяся сила уравнивалась силой трения, действующей на тележку. Рядом с металлическими направляющими укладывается бумажная лента со следами упавших капель. Для измерения расстояний между каплями применяется измерительная линейка, для измерения времени — метроном. Перед началом движения тележки капельница и метроном регулируются так, чтобы капли падали в такт с ударами метронома. Затем тележку толкают с некоторой начальной скоростью, наблюдая ее перемещение. После скатывания тележки измеряют расстояния между последовательными следами капель и убеждаются в постоянстве скорости движения тележки.</p>			
<i>Для заметок:</i>			
1.2	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Прямолинейное движение
Демонстрация прямолинейного равноускоренного движения			
Металлический шарик, металлические направляющие, штатив		Шкаф \perp Полка \perp Стеллаж \perp	
			
<p>Для демонстрации равноускоренного, прямолинейного движения наблюдают скатывание металлического шарика по прямым наклонным направляющим, установленным на демонстрационном столе. Изменение скорости шарика при скатывании устанавливают качественно по изменению частоты звука, сопровождающего движение шарика.</p>			
<i>Для заметок:</i>			
1.3	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Криволинейное движение
Демонстрация криволинейного движения			

Штатив, лапка, металлический шарик, металлические направляющие	Шкаф \perp
	Полка \perp
	Стеллаж \perp



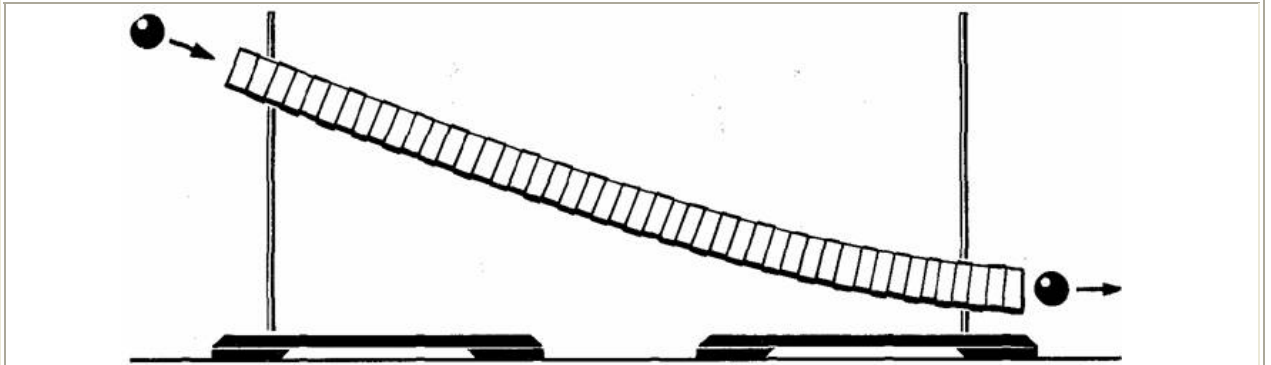
На штативе с помощью лапки укрепляют изогнутые металлические направляющие так, как показано на рисунке. Металлический шарик, двигаясь по направляющим, совершает криволинейное движение. Траектория движения зависит от формы направляющих.

Для заметок:

1.4	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Криволинейное движение
------------	-----------------	----------------	-------------------------------

Демонстрация криволинейного движения

Пластмассовая гофрированная трубка, металлический шарик, два универсальных штатива	Шкаф \perp
	Полка \perp
	Стеллаж \perp



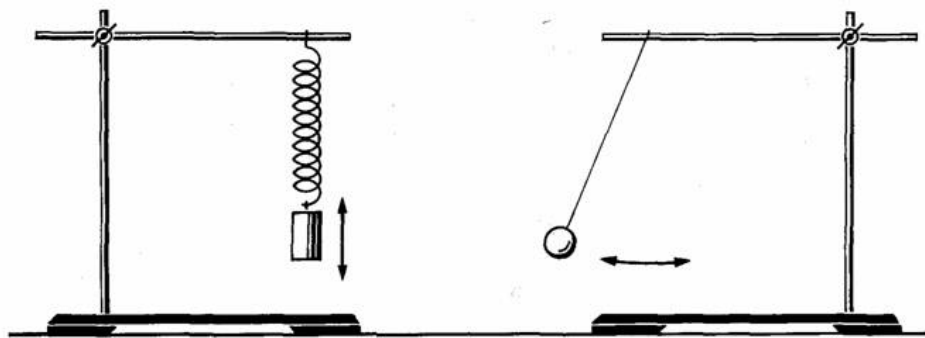
Пластмассовая гофрированная трубка изгибается произвольным образом и крепится на двух универсальных штативах. Шарик движется в трубке, повторяя ее изгибы. При движении внутри трубки шарик, соприкасаясь с ее гофрированной поверхностью, издает звук, частота которого зависит от скорости шарика. По изменению высоты тона звука можно судить об изменении скорости движения шарика.

Для заметок:

1.5	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Колебательное движение
------------	-----------------	----------------	-------------------------------

Демонстрация колебательного движения

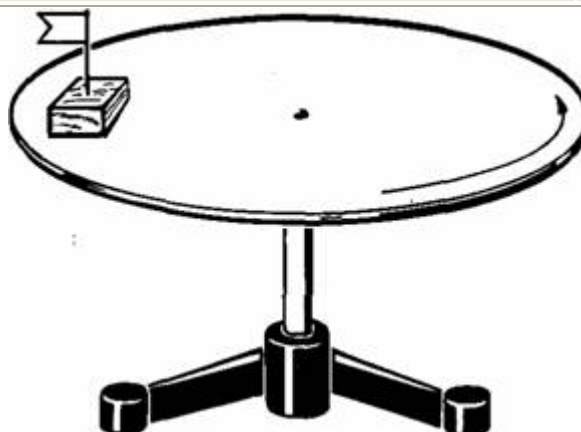
Штатив универсальный с держателями, лапка, груз массой 200—300 г, стальная пружина, стальной шарик	Шкаф \perp
	Полка \perp
	Стеллаж \perp



На штативах крепятся пружинный и математический (нитяной) маятники. Пружинный маятник — небольшое тело массой 200—300 г, прикрепленное к нижнему концу стальной пружины с диаметром витков 2—3 см и длиной 20—30 см. Математический маятник — это стальной шарик диаметром 2—3 см, подвешенный на тонкой нити длиной 40—50 см. При отклонении маятников от положения равновесия они совершают колебательные движения.

Для заметок:

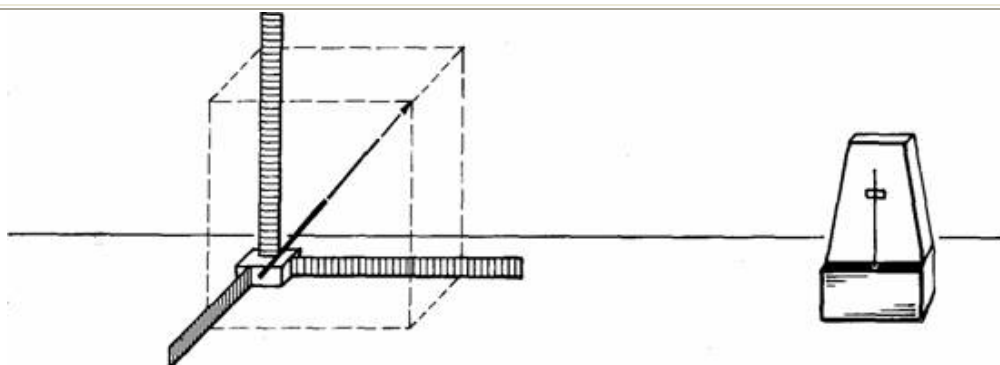
1.6	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Вращательное движение
Демонстрация вращательного движения			
Деревянный кубик, красный флажок на булавке, диск на оси вращения, штатив универсальный			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Деревянный кубик с флажком помещают на поверхности горизонтального диска центробежной машины. При вращении диска вокруг вертикальной оси кубик совершает вращательное движение. В зависимости от положения кубика на поверхности диска его линейная скорость будет различной.

Для заметок:

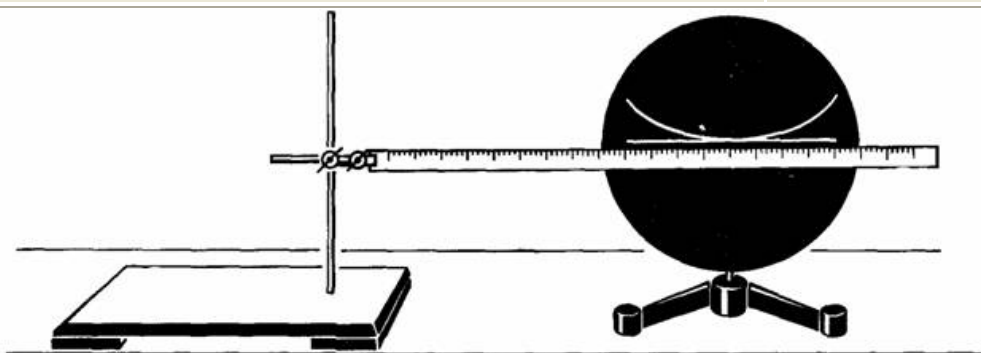
1.7	МЕХАНИКА	ПОНЯТИЕ	Система отсчета
Демонстрация системы отсчета			
Три линейки, держатель для линеек, метроном, телескопическая указка			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Система отсчета — это совокупность тела отсчета, системы координат и часов. На рисунке приведено расположение тела отсчета, трех взаимно перпендикулярных линеек и часов (метронома), образующих в совокупности систему отсчета. Телескопическая указка со стрелкой на конце моделирует вектор, задающий положение материальной точки в пространстве. Линейки изготавливаются самостоятельно, укрепляются в пазах деревянного кубика, моделирующего тело отсчета.

Для заметок:

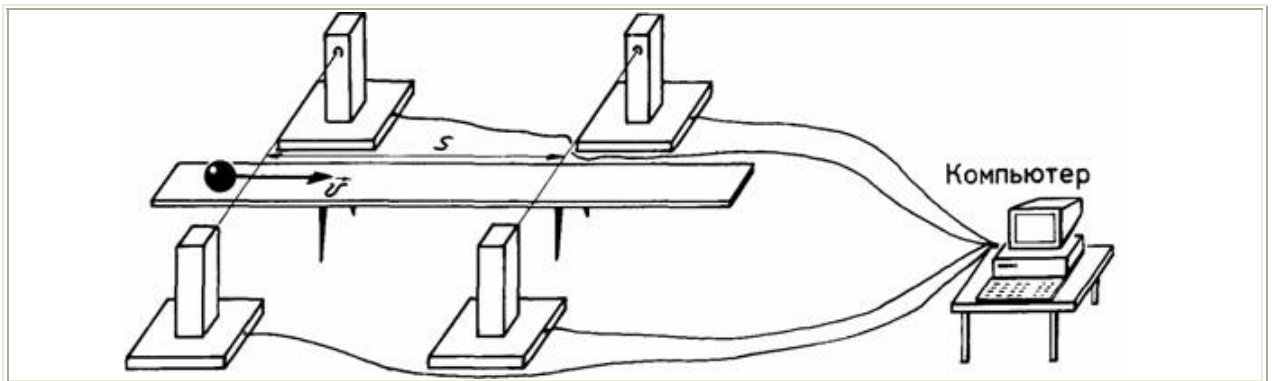
1.8	МЕХАНИКА	ПОНЯТИЕ	Относительность движения
Демонстрация зависимости формы траектории от выбранной системы отсчета			
Два штатива с держателями, лапка, деревянная линейка, диск на оси вращения, мел			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



На двух штативах с помощью держателей укрепляют диск диаметром 50—70 см и линейку длиной 90—100 см так, как показано на рисунке. Ось вращения диска закреплена в штативе в горизонтальном положении. При неподвижном диске проводят линию мелом вдоль линейки. На поверхности диска остается след в виде прямой линии, в чем нетрудно убедиться, повернув диск на некоторый угол. Траектория движения мела вдоль линейки также является прямой линией. Возвращают диск в исходное положение и снова проводят линию, перемещая мел вдоль линейки и одновременно поворачивая диск. На поверхности диска появляется кривая линия, на линейке остается по-прежнему прямая линия. Сравнивая формы траекторий движения мела по поверхности диска и линейки в первом и во втором случаях, можно сделать вывод о зависимости формы траектории от выбранной системы отсчета, т. е. об относительности движения.

Для заметок:

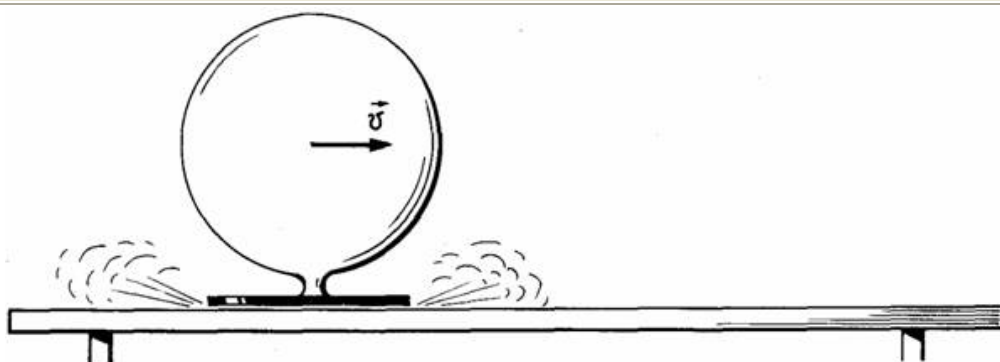
1.9	МЕХАНИКА	ПОНЯТИЕ	Мгновенная скорость
Демонстрация постоянства отношения Δs к Δt при малых Δt			
Оптические датчики положения тела, шарик, электронный секундомер или компьютер			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Измеряется средняя скорость тела (шарика) при различных расстояниях между датчиками. Демонстрируется, что при уменьшении расстояния между датчиками значение скорости стремится к постоянной величине, которая и принимается за мгновенную скорость движения тела.

Для заметок:

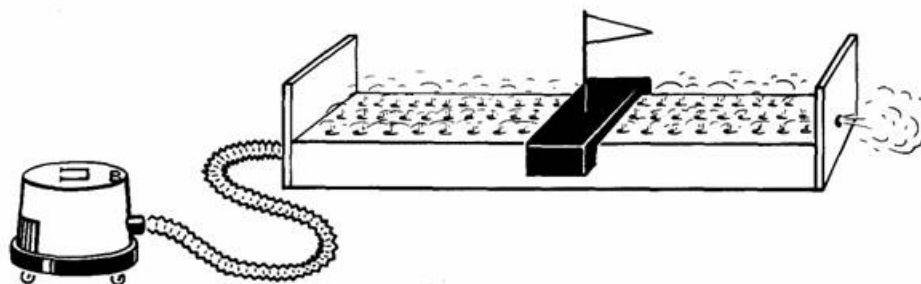
1.10	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Свободное падение тел
Демонстрация постоянства ускорения свободного падения для тел разной массы			
Трубка Ньютона, насос Камовского, набор тел с разными массами			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp
<p>Наблюдается движение трех различных тел при падении внутри толстостенной стеклянной трубки, снабженной вакуумным краном. В одном случае (а) движение происходит при атмосферном давлении воздуха в трубке, в другом (б) — при откаченном воздухе, т. е. при пониженном давлении, когда трение тел о воздух не мешает их движению. В результате проделанного опыта убеждаемся, что тела разной формы и разной массы при отсутствии сопротивления воздуха падают в поле тяжести Земли с одинаковым ускорением.</p>			
Для заметок:			
1.11	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Инерция
Демонстрация движения тела по инерции			
Воздушный шарик с дисковым наконечником			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Воздушный шарик с дисковым наконечником движется по гладкой поверхности стола практически без трения за счет создания между столом и поверхностью диска воздушной подушки. Если шарiku сообщить некоторую скорость вдоль гладкой поверхности стола, то шарик будет скользить равномерно и прямолинейно в системе координат, связанной со столом.

Для заметок:

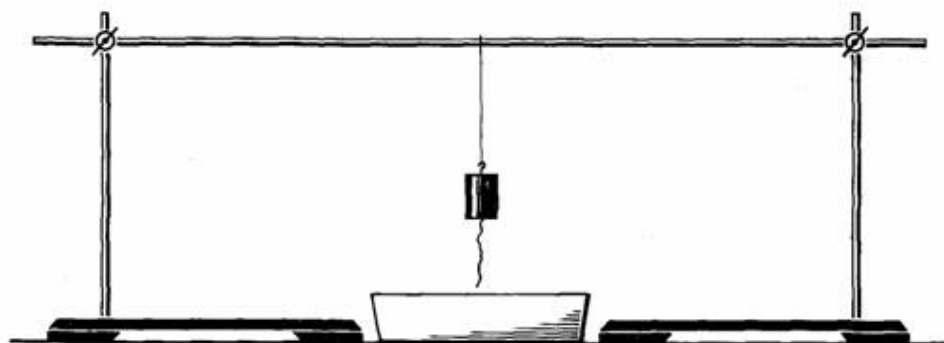
1.12	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Движение тела по инерции
Демонстрация движения тела по инерции в отсутствие взаимодействия			
Скамья, обеспечивающая движение тел на воздушной подушке, пылесос, платформа, способная перемещаться по скамье			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Воздух, выходящий через множество мелких отверстий прямоугольного металлического желоба, обеспечивает между поверхностью подвижной платформы и поверхностью желоба воздушную подушку. При этом трение между поверхностями резко уменьшается, и платформа от толчка руки демонстратора движется вдоль желоба между вертикальными ограничителями с постоянной скоростью.

Для заметок:

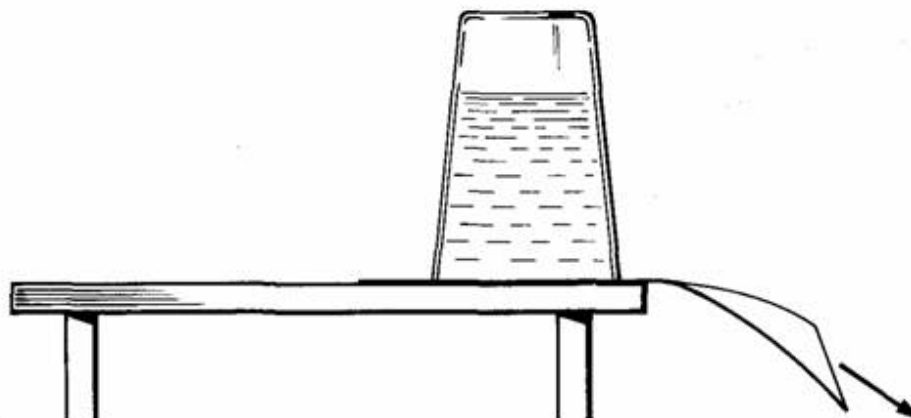
1.13	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Инертность тела
Демонстрация инертности тела			
Два универсальных штатива с держателями, две нити, поддон с песком, гири массой 1—2 кг			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Явление изменения скорости тела при взаимодействии с другим телом за конечный промежуток времени, т. е. инертность тела, можно продемонстрировать, подвесив на нити гирию массой 1—2 кг. Снизу к гире привязывают другую нить. Резко дергают за эту нить. Она обрывается, а гиря остается висеть. Снова привязывают другую нить и медленно тянут за нее. При этом обрывается первая нить, и гиря падает в поддон с песком.

Для заметок:

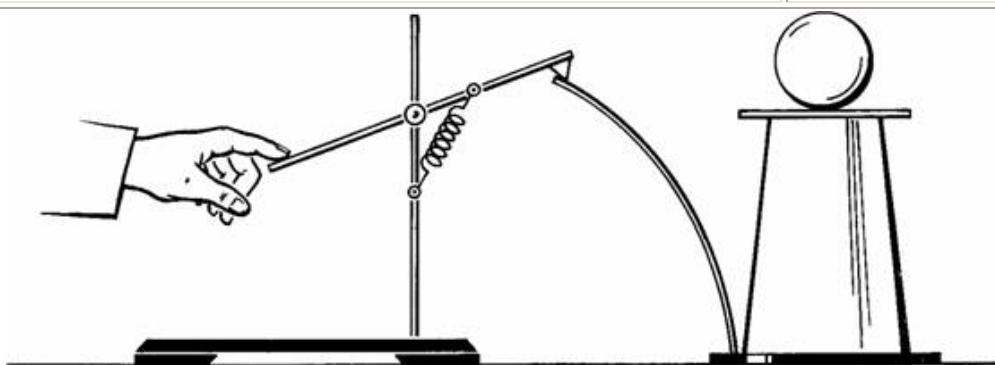
1.14	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Инертность тела
Демонстрация инертности тела			
Стакан с водой, лист бумаги			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Стакан с водой накрывают листом бумаги, переворачивают и ставят на стол. Бумагу резко выдергивают. Стакан с водой остается на месте. Для успеха эксперимента бумагу нужно брать медленно впитывающей воду, но вместе с тем она должна быть мягкой и гладкой.

Для заметок:

1.15	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Инертность тела
Демонстрация инертности тела			
Металлический шарик, картонка, подставка с пружиной и ограничителем			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Металлический шарик на картонке устанавливается на подставке, снабженной плоской пружиной. Картонку медленно перемещают рукой, шарик движется вместе с картонкой. Картонку с шариком возвращают на место, отводят пружину, затем отпускают. Она резко ударяет по картонке. От удара картонка вылетает из-под шарика, шарик остается на подставке.

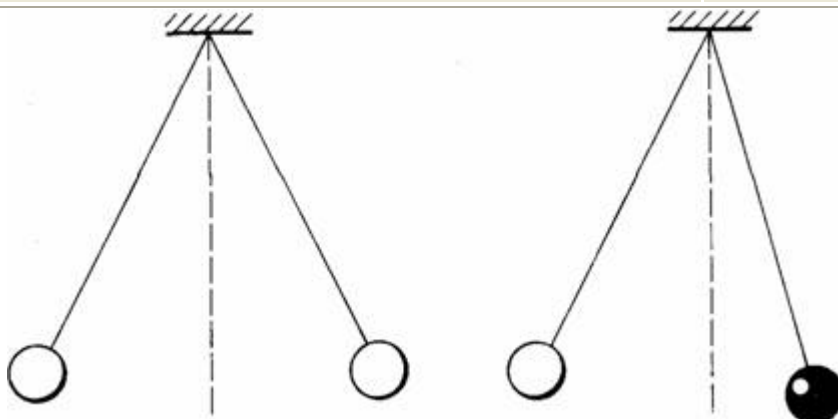
Для заметок:

1.16	МЕХАНИКА	ПОНЯТИЕ	Масса
Демонстрация определения масс тел по характеру их взаимодействия			
Два металлических или деревянных шарика одинакового диаметра; третий			Шкаф \perp

шарик такого же диаметра, но другой массы

Полка \perp

Стеллаж \perp



Шарики, подвешенные на нитях, приводят во взаимодействие, в результате чего они отскакивают друг от друга. Если шарики отскакивают на одинаковые углы, то они приобретают одинаковые ускорения. Шарики изменяют свой импульс за одинаковое время. По определению массы таких тел равны друг другу. Если шарики отскакивают на разные углы, то их ускорения разные. Шарик, отклоняющийся на меньший угол, имеет большую инертность; масса такого шарика больше. Отношение углов можно принять за меру отношения масс взаимодействующих тел при соударении.

Для заметок:

1.17

МЕХАНИКА

ПОНЯТИЕ

Масса

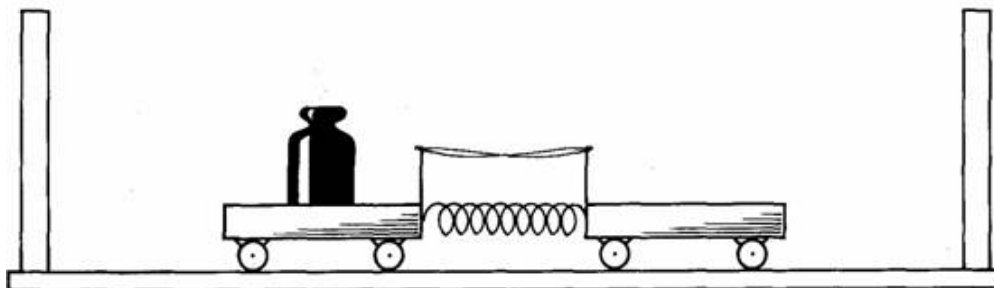
Демонстрация зависимости ускорения тел от масс при их взаимодействии

Две тележки, гиря, пружина, нить, два деревянных бруска

Шкаф \perp

Полка \perp

Стеллаж \perp



В начале эксперимента тележки, между которыми зажата пружина, связаны нитью. На одну из тележек помещают гирию массой 2 кг. Если нить пережечь, то тележки в результате взаимодействия приходят в движение, т. е. приобретают разные ускорения. Об этом можно судить по времени, через которое тележки сойдут деревянные бруски, установленные на пути тележек. Отношение ускорений принимают за обратное отношение масс взаимодействующих тел.

Для заметок:

1.18

МЕХАНИКА

ЗАКОН

Второй закон Ньютона

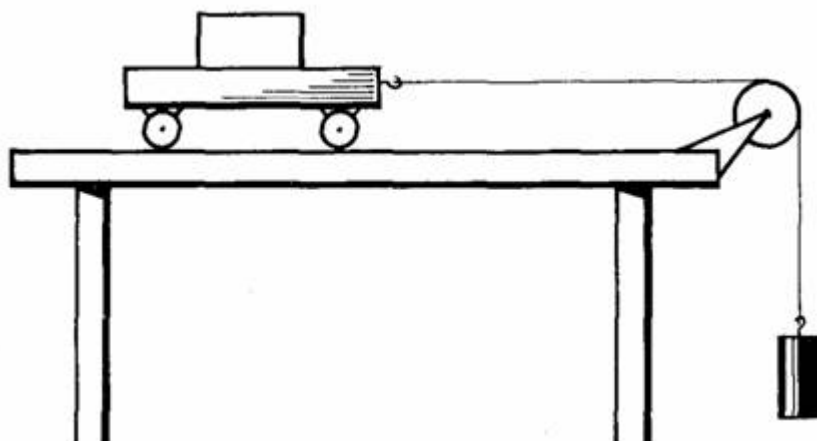
Демонстрация второго закона Ньютона

Блок, тележка, нить, грузы массой 100, 200, 300 г, набор гирь

Шкаф \perp

Полка \perp

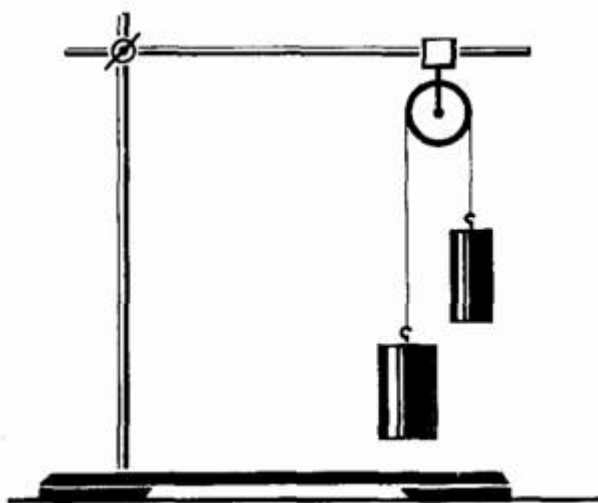
Стеллаж \perp



Ускорение тележки зависит от массы тележки с грузом и массы груза, подвешенного на нити. Груз, подвешенный на нити, определяет не только массу всей движущейся системы, но и силу, действующую на всю систему. Сначала демонстрируют зависимость ускорения от массы системы. Для этого при неизменной массе тела, подвешенного на нити, изменяют массу груза на тележке. Затем демонстрируют зависимость ускорения от силы, действующей на систему. Для этого переключают гири с тележки на груз, подвешенный на нити. Масса системы при этом не меняется, а сила изменяется пропорционально массе тела, ускоряющего систему.

Для заметок:

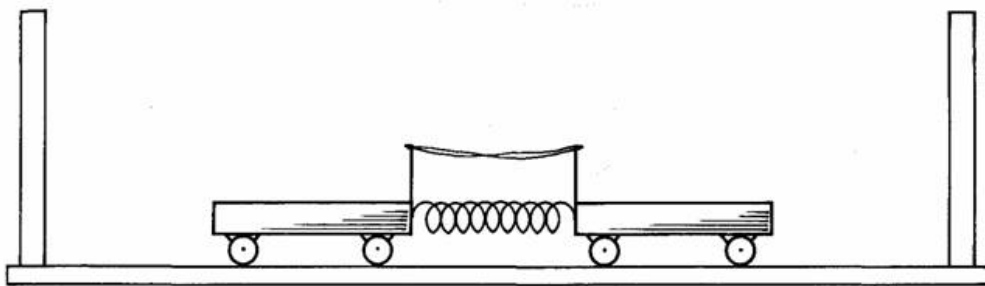
1.19	МЕХАНИКА	ЗАКОН	Второй закон Ньютона
<i>Демонстрация движения тел на нити, перекинутой через блок</i>			
Универсальный штатив, блок, грузы, нить			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Демонстрируется движение грузов, связанных нитью, перекинутой через блок. Ускорение системы тем больше, чем больше разница масс грузов, от которой зависит результирующая сила, действующая на систему.

Для заметок:

1.20	МЕХАНИКА	ЗАКОН	Третий закон Ньютона
<i>Демонстрация равенства и противоположности направления сил действия и противодействия</i>			
Две тележки, пружина, нить, два деревянных бруска			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



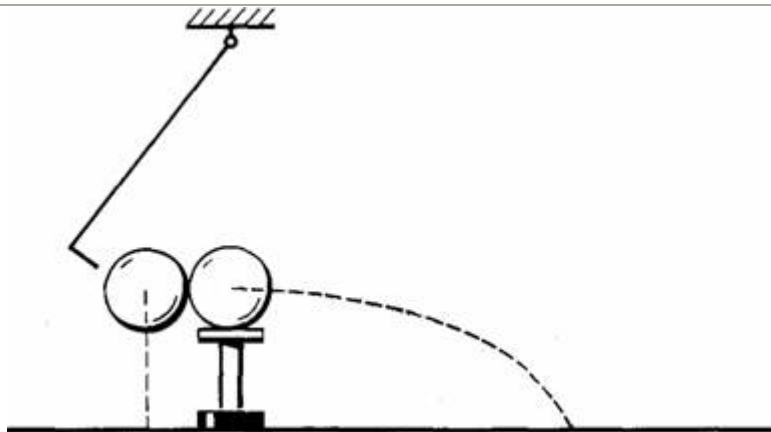
Тележки равной массы после пережигания нити разъезжаются на равные расстояния за одинаковое время. При этом наблюдается одновременное падение деревянных брусков, установленных на одинаковом расстоянии от тележек. Отсюда можно сделать вывод, что при взаимодействии тележки приобрели одинаковые ускорения, следовательно, силы, действующие на тележки, равны, но противоположны по направлению, что и демонстрирует содержание третьего закона Ньютона.

Для заметок:

1.21	МЕХАНИКА	ПРИНЦИП	Принцип независимости движений
-------------	-----------------	----------------	---------------------------------------

Демонстрация одновременности падения шариков

Прибор для демонстрации принципа независимости движений	Шкаф \perp
	Полка \perp
	Стеллаж \perp



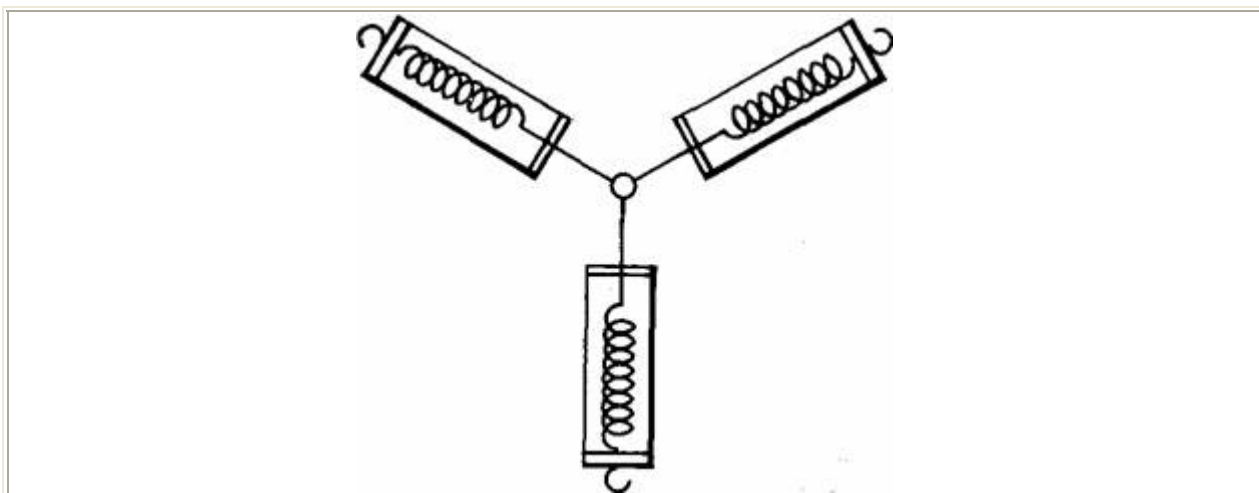
Левый шарик с отверстием вдоль радиуса, надетый на изогнутый конец стальной спицы, отводится вместе со спицей влево от вертикали на некоторый угол и отпускается. После соударения с другим шариком, установленным на подставке, он соскакивает со спицы и падает вертикально вниз. Второй шарик от удара движется по параболе. Оба шарика достигают поверхности пола одновременно, что иллюстрирует справедливость принципа независимости движений.

Для заметок:

1.22	МЕХАНИКА	ЗАДАЧА	Сложение сил
-------------	-----------------	---------------	---------------------

Демонстрация векторного характера сложения сил

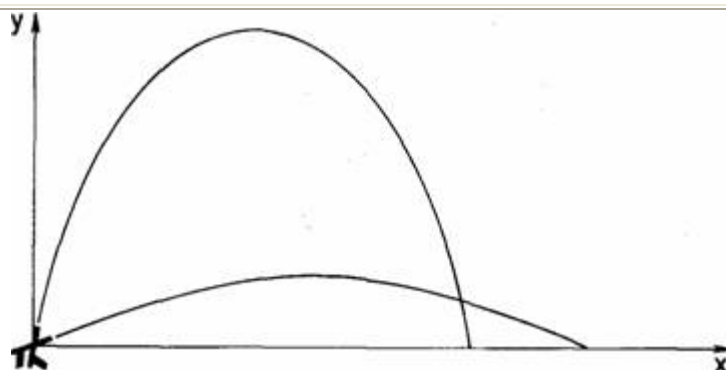
Три динамометра	Шкаф \perp
	Полка \perp
	Стеллаж \perp



С помощью трех динамометров, укрепленных на классной доске, демонстрируется векторный характер сложения сил.

Для заметок:

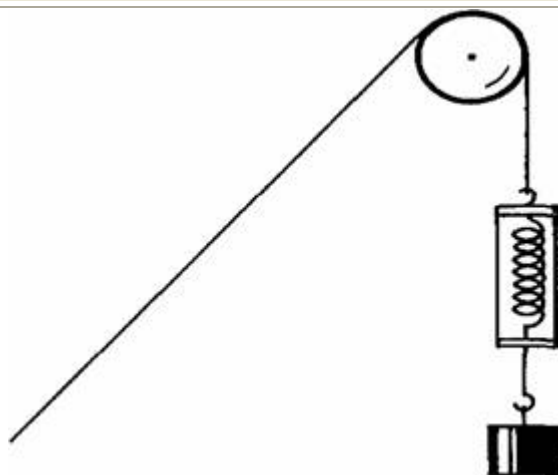
1.23	МЕХАНИКА	МЕТОД	Стробоскопический метод
Демонстрация движения капель воды в поле тяжести Земли			
Универсальный штатив, подъемный столик, стробоскоп, кристаллизатор, капельница			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp
Капли, падающие из капельницы, освещаются светом от стробоскопа. При определенной частоте мигания капли кажутся неподвижно висящими в воздухе на расстояниях от места падения, возрастающих пропорционально квадрату времени падения. (Наглядность эксперимента можно существенно повысить, применив метод видеопроекции для наблюдения падения капель. Для этого нужно наблюдение проводить с помощью видеокамеры, сигнал с выхода которой подается на телевизионный приемник или видеопроектор.)			
<i>Для заметок:</i>			
1.24	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Движение тела под действием силы тяжести Земли
Демонстрация зависимости дальности полета и высоты подъема тела от угла между направлением вектора начальной скорости и горизонталью			
Пружинный пистолет, стальной шарик, мел			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Пружинный пистолет крепится к классной доске так, чтобы шарик, вылетающий из него после нажатия курка, двигался на фоне доски. Отмечая максимальную высоту подъема и дальность полета шарика, строят траекторию движения шарика при разных значениях угла между направлением вектора начальной скорости шарика и горизонтальной прямой.

Для заметок:

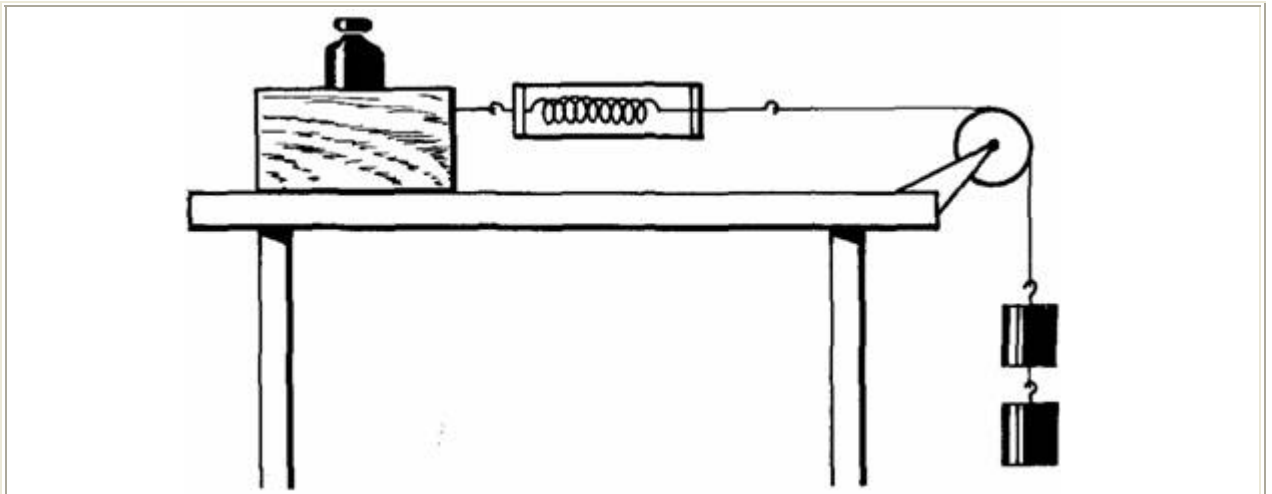
1.25	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Невесомость
Демонстрация невесомости при свободном падении тела в поле тяжести Земли			
Демонстрационный динамометр, груз массой 1 кг, блок, шнур			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



При свободном падении динамометра с грузом показания динамометра уменьшаются до нуля. Наблюдается явление невесомости.

Для заметок:

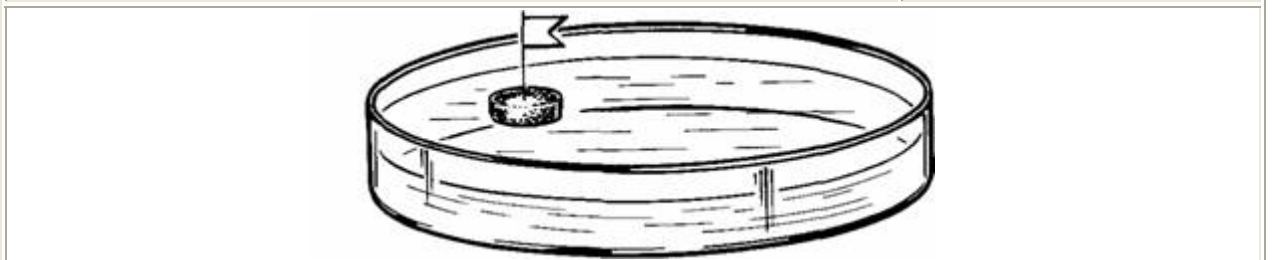
1.26	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Трение покоя
Демонстрация силы трения покоя			
Деревянный брусок с шероховатой и гладкой поверхностями, блок, нить, динамометр, грузы массой 100 г каждый, набор гирь: 50, 100, 200 г			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Сила трения покоя между бруском и поверхностью стола зависит от состояния трущихся поверхностей и силы нормального давления. Изменяя нагрузку на брусок и меняя трущиеся поверхности, поворачивая брусок на разные грани, демонстрируют существование и свойства силы трения покоя.

Для заметок:

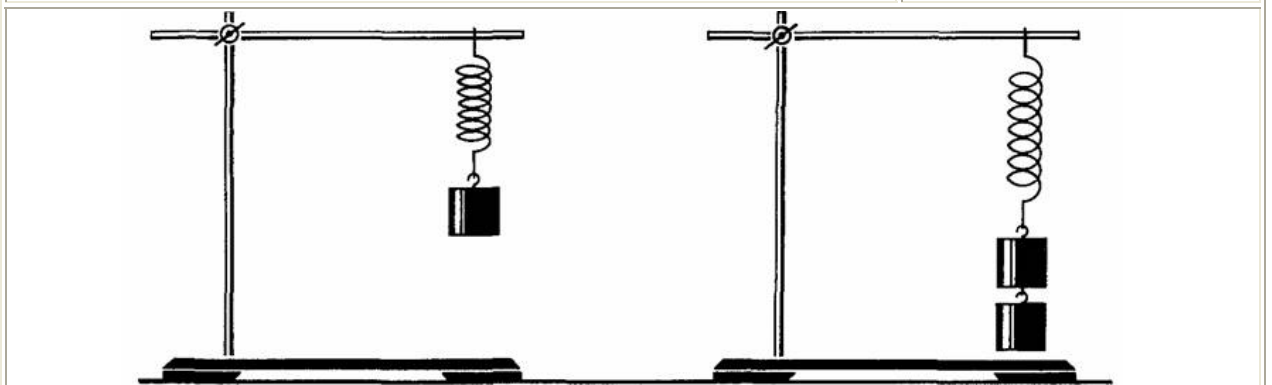
1.27	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Вязкое трение
Демонстрация силы вязкого трения			
Стеклянная или пластмассовая ванночка, пробка с флажком			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Качественно демонстрируется стремление силы вязкого трения к нулю при уменьшении относительной скорости движения взаимодействующих тел до нуля. Достаточно слегка подуть на пробку, чтобы привести ее в движение.

Для заметок:

1.28	МЕХАНИКА	ПОНЯТИЕ	Сила упругости
Демонстрация силы упругости при деформации пружины			
Стальная пружина, грузы массой 100, 200 г, универсальный штатив			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp

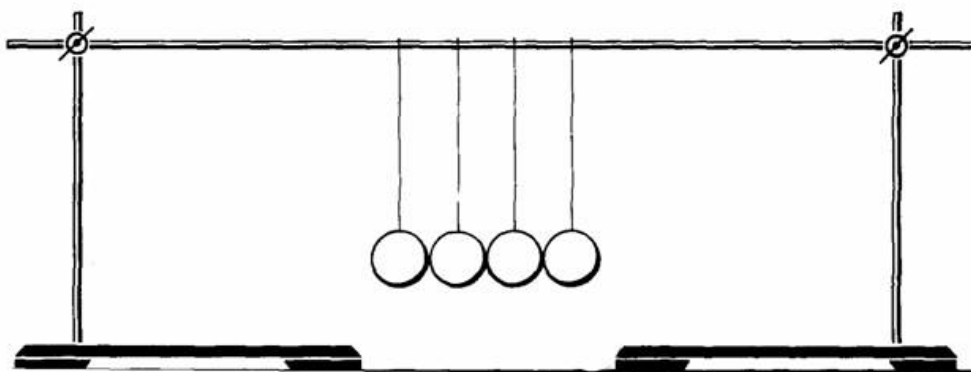


Стальную пружину закрепляют в лапке штатива. К другому концу пружины подвешивают груз массой 100 г.

Деформация пружины, ее растяжение приводят к появлению силы упругости, равной силе тяжести. Увеличение груза в 2 раза приводит к увеличению деформации в 2 раза и увеличению силы упругости также в 2 раза.

Для заметок:

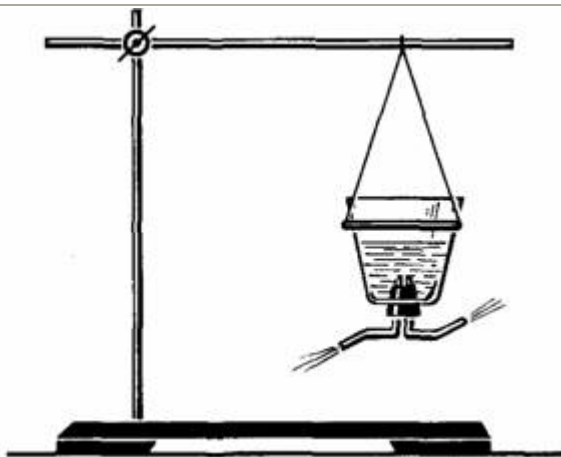
1.29	МЕХАНИКА	ЗАКОН	Закон сохранения импульса
Демонстрация упругого столкновения шаров			
Два универсальных штатива с держателями, четыре стальных или костяных шарика, шпагат			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Если один крайний шарик отвести на некоторый угол и отпустить, то другой крайний шарик отскочит на такой же угол; если отвести два крайних шарика и отпустить, то на такой же угол отскочат два других крайних шарика и т. д., что иллюстрирует сохранение импульса при взаимодействии шариков.

Для заметок:

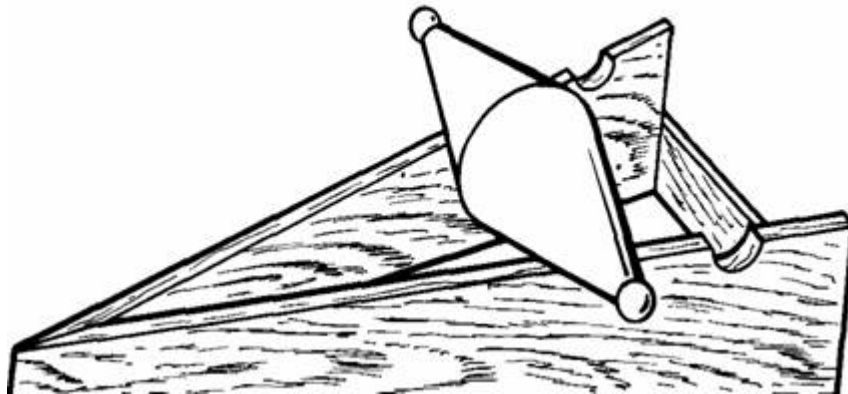
1.30	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Реактивное движение
Демонстрация движения сегнера колеса			
Колба, резиновая пробка, стеклянные трубки, универсальный штатив			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Вода, выливаясь из колбы через изогнутые трубки, вызывает вращение колбы за счет реактивной силы, действующей на стенки стеклянных трубок.

Для заметок:

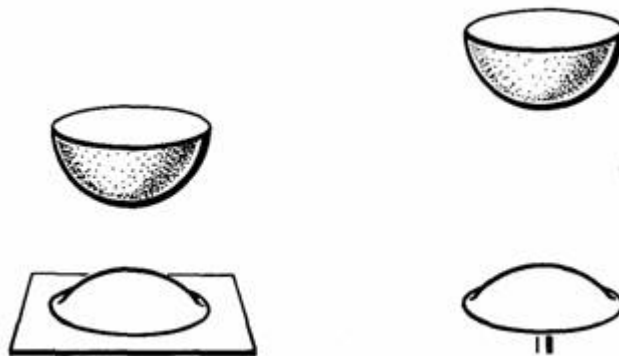
1.31	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Изменение потенциальной энергии тела
Демонстрация движения двойного конуса, «поднимающегося» на горку			
Двойной конус, направляющие рейки, расходящиеся под углом			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



При движении двойного конуса по расходящимся под углом направляющим кажется, что конус вкатывается на горку. На самом деле это не так: конус катится под горку, образованную как направляющими, так и боковыми поверхностями конуса. При этом центр тяжести конуса понижается.

Для заметок:

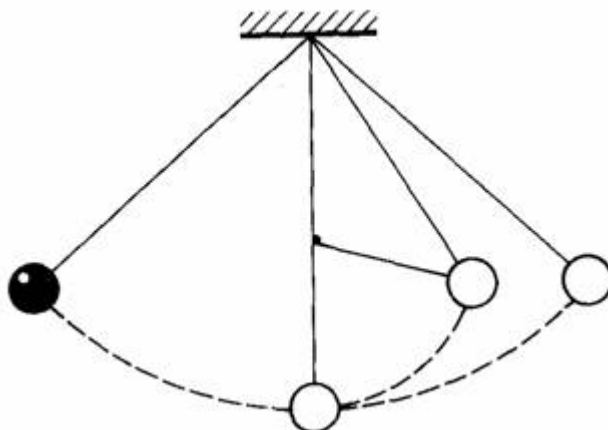
1.32	МЕХАНИКА	ЗАКОН	Закон сохранения полной механической энергии
Демонстрация подъема на некоторую высоту распрямляющейся упругодеформированной резиновой оболочки теннисного мяча			
Шаровой сегмент резиновой оболочки теннисного мяча, металлический цилиндрический стержень			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Вывернутый наизнанку шаровой сегмент резиновой оболочки теннисного мяча помещают на поверхность демонстрационного стола. Возвращаясь в исходное состояние, сегмент подскакивает на высоту более 1 м. Если сегмент положить на торец цилиндрического металлического стержня диаметром около 1 см, то после выпрямления он подскакивает значительно выше.

Для заметок:

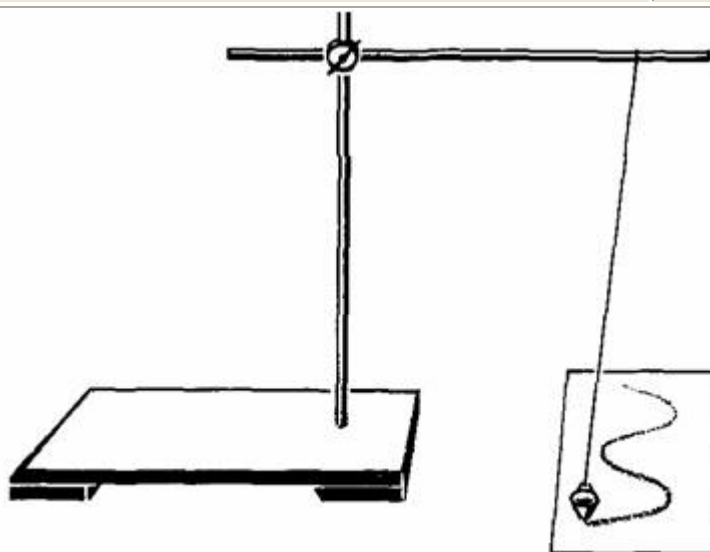
1.33	МЕХАНИКА	ЗАКОН	Закон сохранения энергии
Демонстрация превращения потенциальной энергии тела в кинетическую энергию			
Шарик на нити, указка			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Шарик на нити, прикрепленной к классной доске, отводится на некоторый угол и отпускается. Пройдя положение равновесия, шарик снова поднимается на прежнюю высоту. Если на пути нити поставить указку, то шарик будет подниматься на прежнюю высоту, двигаясь уже по другой траектории.

Для заметок:

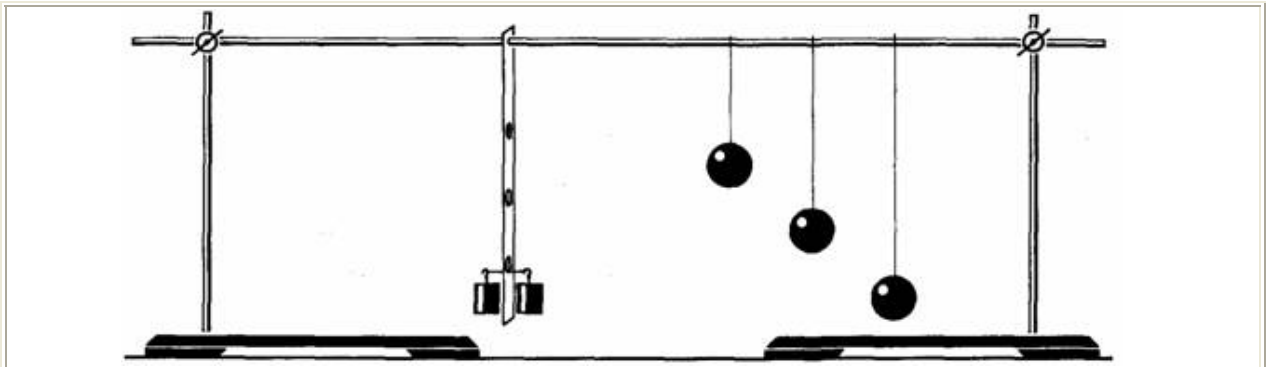
1.34	МЕХАНИКА	ЗАДАЧА	Запись механического колебания
Демонстрация зависимости смещения математического маятника от времени			
Универсальный штатив, математический маятник с воронкой, песок, лист бумаги			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Воронка с песком подвешивается на длинной нити к штативу и приводится в колебательное движение. Песок, высыпаясь из воронки, оставляет на движущемся листе бумаги след, характеризующий зависимость смещения маятника от положения равновесия от времени.

Для заметок:

1.35	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Резонанс
Демонстрация зависимости амплитуды вынужденных колебаний от частоты вынуждающей силы			
Два универсальных штатива, три шарика, две гири массой 1 кг каждая			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



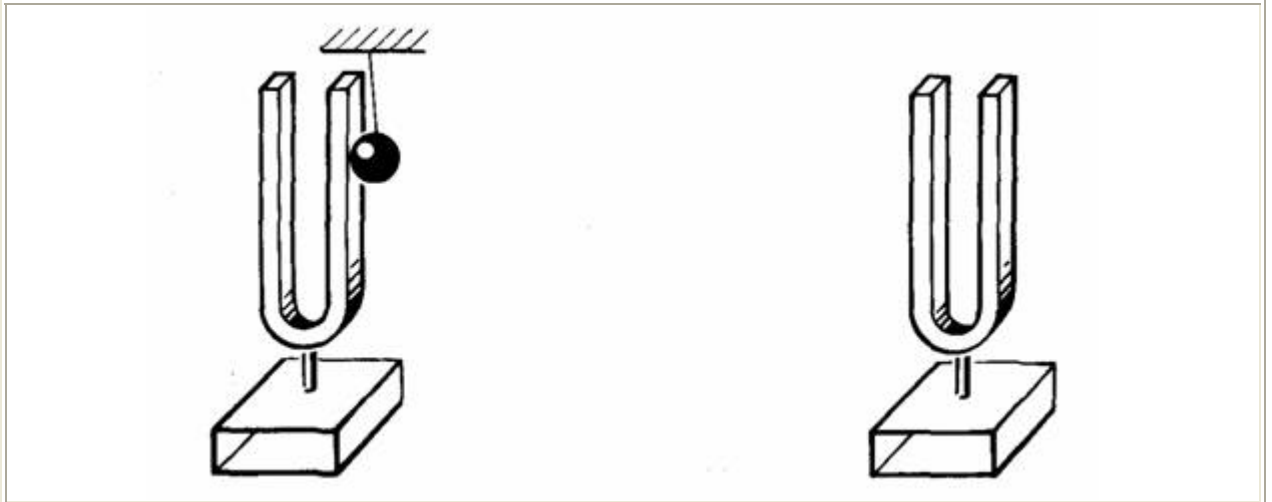
Массивный маятник раскачивает штатив, и в зависимости от его длины другие маятники раскачиваются с разными амплитудами. Хорошо видно, что резонанс наступает в том случае, когда длина массивного маятника совпадает с длиной легкого маятника.

Для заметок:

1.36	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Акустический резонанс
-------------	-----------------	----------------	------------------------------

Демонстрация акустического резонанса

Два камертона с одинаковыми частотами, установленные на ящиках — резонаторах, легкий пластмассовый или костяной шарик на шелковой нити	Шкаф \perp
	Полка \perp
	Стеллаж \perp



При возбуждении одного из камертонов другой, установленный рядом, начинает колебаться. Легкий шарик, подвешенный на нити около ветви камертона, приходит в колебательное движение, ударяясь о нее.

Для заметок:

1.37	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Интерференция звука. Биения
-------------	-----------------	----------------	------------------------------------

Демонстрация интерференции звука, звуковых биений

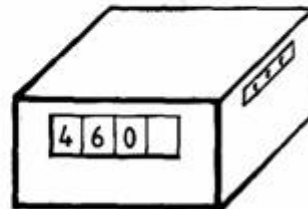
Два камертона с одинаковыми частотами, установленные на ящиках — резонаторах, грузик на ветви камертона	Шкаф \perp
	Полка \perp
	Стеллаж \perp



При одновременном возбуждении камертонов с близкими частотами наблюдатель слышит звук с изменяющейся со временем интенсивностью. Частота биений зависит от положения грузика на ветви одного из камертонов.

Для заметок:

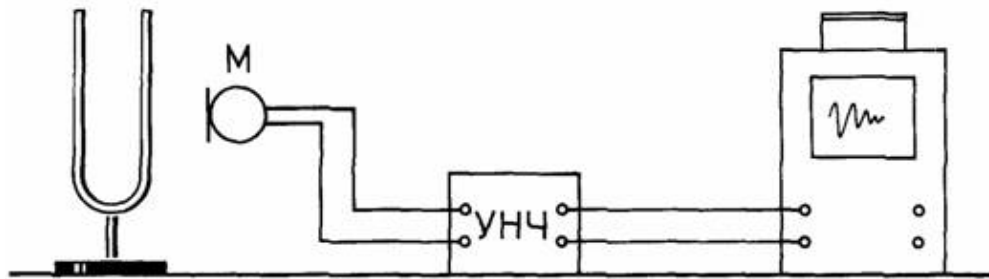
1.38	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Биения звуковых колебаний
Демонстрация зависимости частоты биений от значения разности частот складываемых колебаний			
Школьный звуковой генератор с цифровой индикацией частоты колебаний, камертон на ящике — резонаторе			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Для демонстрации звуковых биений применяется школьный звуковой генератор с цифровой индикацией частоты колебаний и встроенным громкоговорителем. Колебания от камертона с частотой 450 Гц и от громкоговорителя с частотой, близкой к частоте колебаний камертона, складываясь друг с другом, создают биения. Меняя частоту колебаний громкоговорителя, можно убедиться в изменении частоты биений. Цифровая индикация частоты генератора позволяет установить связь между частотой биений и разностью частот камертона и генератора.

Для заметок:

1.39	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Звук
Демонстрация физических свойств звуковых колебаний			
Камертон, микрофон, усилитель низкой частоты (УНЧ), электронный осциллограф			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



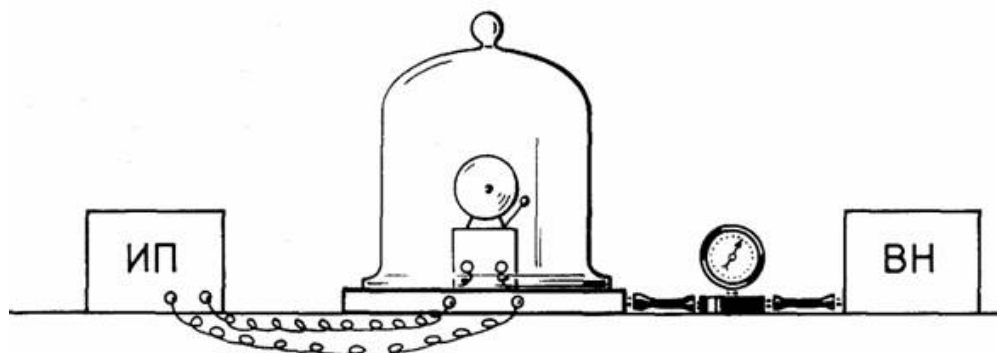
Звуковые волны от камертона возбуждают электрические колебания на выходе микрофона. Свойства этих колебаний после усиления демонстрируются с помощью электронного осциллографа. Если в качестве источника звука использовать голос человека, то можно продемонстрировать осциллограммы его звуковых колебаний и определить, как изменяются параметры осциллограммы в зависимости от громкости, частоты и тембра голоса.

Для заметок:

1.40	МЕХАНИКА	ЯВЛЕНИЕ	Звук
-------------	-----------------	----------------	-------------

Демонстрация распространения звука в воздухе

Вакуумный насос, вакуумная тарелка, электрический звонок, стеклянный колокол, источник питания	Шкаф \perp
	Полка \perp
	Стеллаж \perp



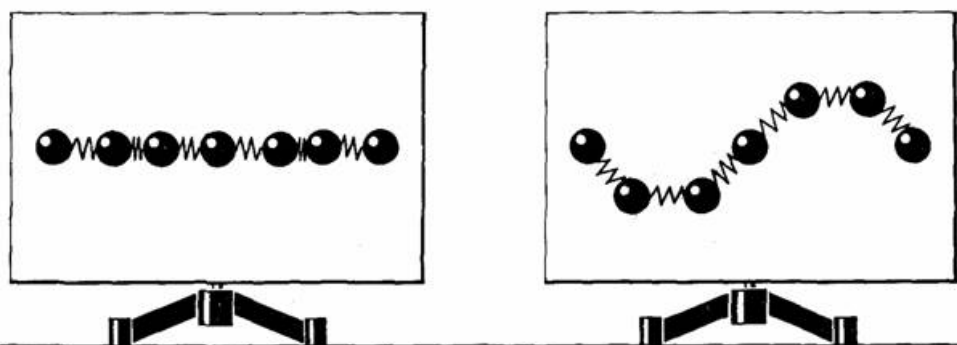
Электрический звонок помещают под колокол вакуумного насоса. Пока воздух из-под колокола не откачан, звук включенного электрического звонка слышен отчетливо. После откачки воздуха звук звонка почти не слышен. Если заполнить воздухом пространство под колоколом, то звук от звонка снова хорошо слышен.

Для заметок:

1.41	МЕХАНИКА	ПОНЯТИЕ	Поперечные и продольные волны
-------------	-----------------	----------------	--------------------------------------

Демонстрация поперечных и продольных волн

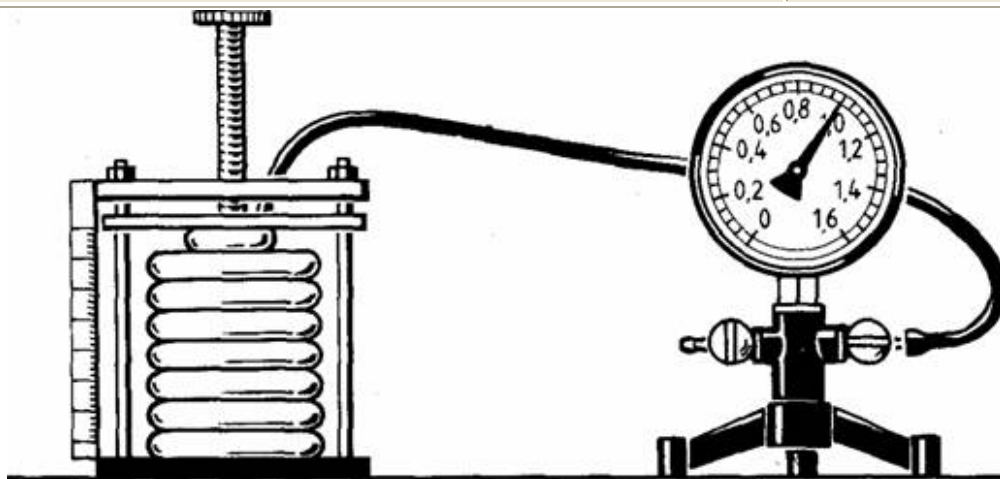
Волновая машина	Шкаф \perp
	Полка \perp
	Стеллаж \perp



С помощью волновой машины демонстрируют поперечные и продольные волны.

Для заметок:

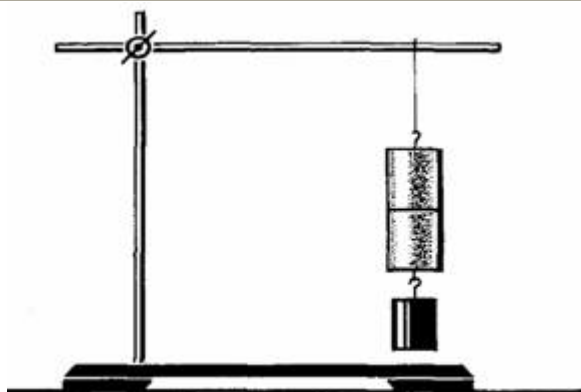
1.42	МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА	ЗАКОН	Закон Бойля — Мариотта
Демонстрация изотермического процесса			
Сильфон, манометр		Шкаф \perp	
		Полка \perp	
		Стеллаж \perp	



Изменяя объем воздуха в сильфоне при комнатной температуре, наблюдают с помощью манометра за изменением давления воздуха в сильфоне. В процессе эксперимента убеждаются в справедливости закона Бойля — Мариотта.

Для заметок:

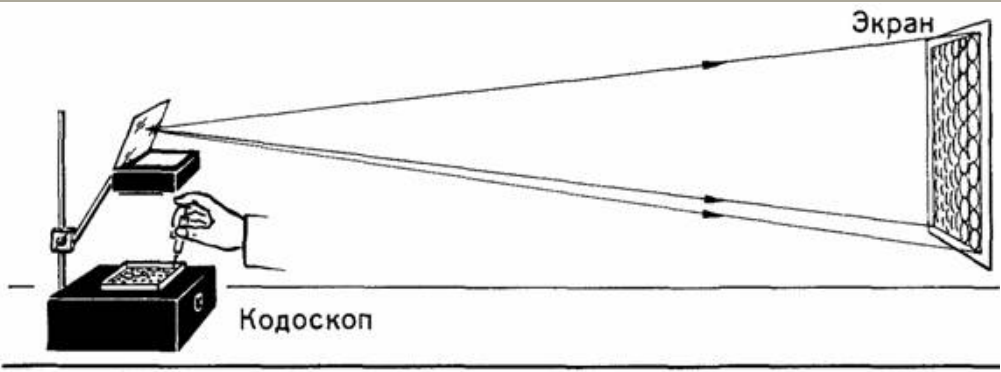
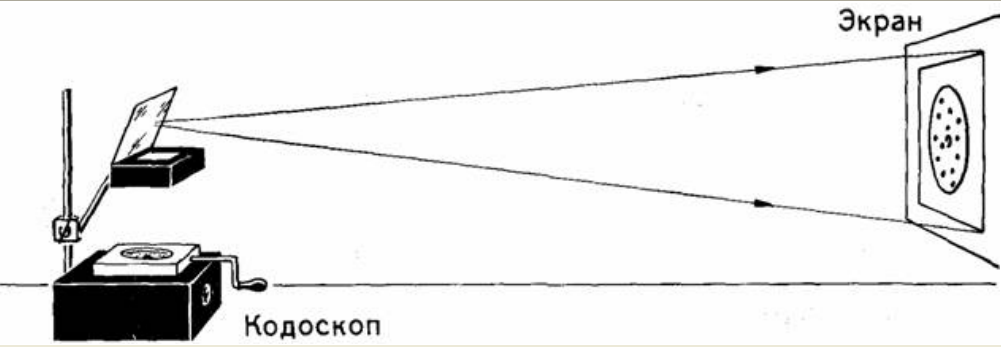
1.43	МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА	ЯВЛЕНИЕ	Межмолекулярное взаимодействие
Демонстрация притяжения двух свинцовых цилиндров с плоскими торцами			
Два свинцовых цилиндра с плоскими торцами, нож для заточки торцевых поверхностей, универсальный штатив, гиря массой 2—5 кг		Шкаф \perp	
		Полка \perp	
		Стеллаж \perp	

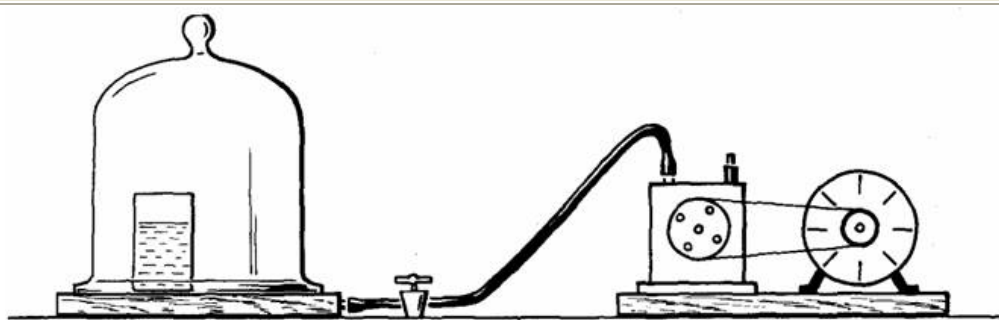


После зачистки торцевых поверхностей свинцовых цилиндров от окисной пленки их сильно прижимают друг к другу. Под действием сил молекулярного взаимодействия цилиндры так сцепляются друг с другом, что для их разделения необходимо приложить некоторую силу. Для демонстрации этого явления цилиндры в прижатом состоянии подвешивают к штативу и нагружают гирей массой 2—5 кг.

Для заметок:

1.44	МОЛЕКУЛЯРНАЯ	МОДЕЛЬ	Взаимодействие молекул
------	---------------------	---------------	-------------------------------

ФИЗИКА			
Демонстрация взаимодействия воздушных пузырьков на поверхности жидкости			
Медицинский шприц с иглой, мыльный раствор, стеклянная ванночка, кодоскоп		Шкаф \perp	
		Полка \perp	
		Стеллаж \perp	
			
<p>На поверхности мыльного раствора выдувают воздушные пузырьки одинакового радиуса. На поверхности жидкости они ведут себя подобно молекулам вещества: на больших расстояниях притягиваются, на малых отталкиваются. В проекции с помощью кодоскопа демонстрируют свойства совокупности «молекул».</p>			
Для заметок:			
1.45	МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА	МОДЕЛЬ	Броуновское движение
Демонстрация механической модели броуновского движения			
Модель броуновского движения, кодоскоп		Шкаф \perp	
		Полка \perp	
		Стеллаж \perp	
			
<p>Между двумя стеклянными перегородками находится около двух десятков металлических шариков, моделирующих молекулы вещества, и одна пластмассовая шайба-модель броуновской частицы, размеры которой в несколько раз превышают размеры шариков. С помощью оптической проекции демонстрируют беспорядочное движение броуновской частицы, происходящее из-за столкновений с более мелкими шариками-молекулами, совершающими беспорядочное движение под действием ударов механической пружины, приводимой в движение вращением рукоятки.</p>			
Для заметок:			
1.46	МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА	ЯВЛЕНИЕ	Зависимость температуры кипения от давления
Демонстрация кипения воды при пониженном давлении			
Насос Камовского с электроприводом, вакуумная тарелка, стакан с водой		Шкаф \perp	
		Полка \perp	
		Стеллаж \perp	



Стакан с водой помещается под колокол воздушного насоса. При откачке воздуха с помощью вакуумного насоса вода закипает при комнатной температуре.

Для заметок:

1.47	МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА	ЯВЛЕНИЕ	Изменение давления насыщенного пара
------	--------------------------------	----------------	--

Демонстрация деформации пластиковой бутылки с парами воды при охлаждении ее стенок

Пластиковая бутылка, горячая и холодная вода

Шкаф \perp

Полка \perp

Стеллаж \perp



Если пластиковую бутылку с парами горячей воды облить холодной водой, то она сплющивается под действием атмосферного давления, так как давление насыщенных паров изменяется с температурой значительно сильнее, чем давление газа.

Для заметок:

2.1	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Распространение, отражение, преломление света
------------	---------------	----------------	--

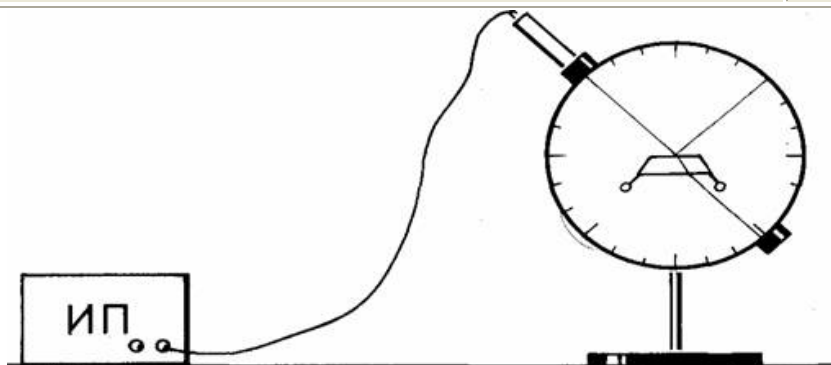
Демонстрация явлений распространения, отражения, преломления света

Гелий — неоновый лазер, цилиндрическая линза — расширитель лазерного пучка, оптическая шайба, набор оптических элементов

Шкаф \perp

Полка \perp

Стеллаж \perp



Гелий — неоновый лазер крепится к оптической шайбе в качестве источника света. Луч света проходит через цилиндрическую линзу, служащую для расширения светового луча. На пути луча с помощью зажимов крепятся оптические элементы: зеркало (плоское), плоскопараллельная пластина, призма для демонстрации оптических явлений.

Для заметок:

2.2	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Отражение света
------------	---------------	----------------	------------------------

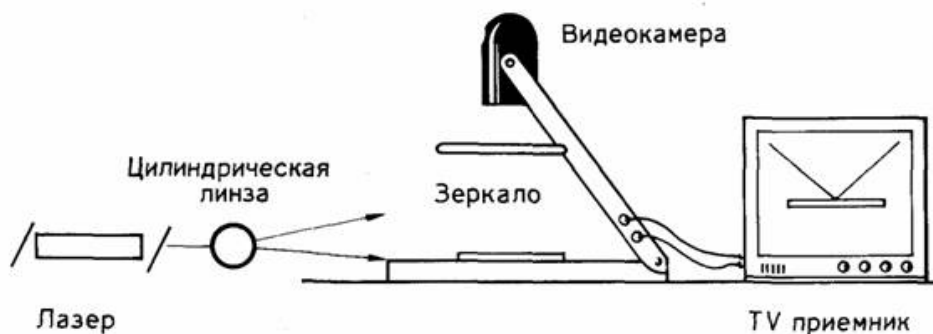
Демонстрация отражения света от металлической поверхности или от границы раздела двух сред

Видеокамера, лазер, телевизионный приемник, плоское зеркало с внешним покрытием, призма

Шкаф \perp

Полка \perp

Стеллаж \perp



Свет от лазера проходит через цилиндрическую линзу и падает на зеркало или стеклянную пластину (призму). Видеосигнал с выхода видеокамеры подается на телевизионный приемник, на экране которого наблюдается отражение света от металлической поверхности или от границы раздела сред воздух — стекло. Меняя угол падения, наблюдают за изменением угла отражения.

Для заметок:

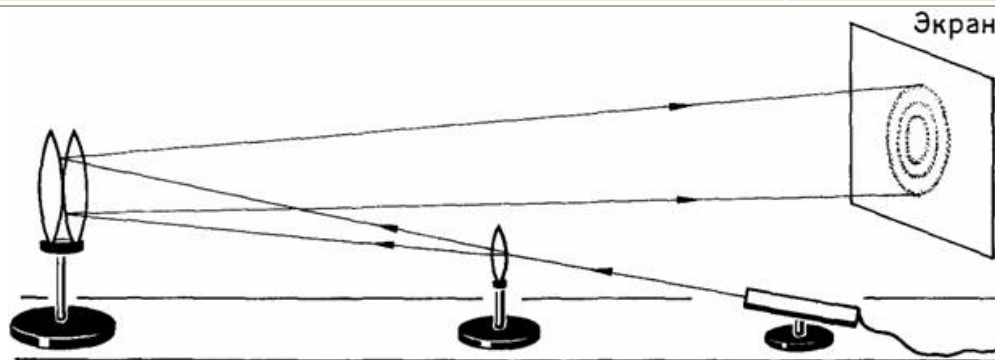
2.3	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Полное внутреннее отражение света
Демонстрация явления полного внутреннего отражения света на границе стекло — воздух			
Лазер, видеокамера, телевизионный приемник, цилиндрическая линза, стеклянная пластина в виде полуцилиндра			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Свет от лазера попадает на полуцилиндрическую стеклянную пластину. При определенном угле падения наблюдается только отраженный луч от границы раздела стекло — воздух. Это — явление полного внутреннего отражения.

Для заметок:

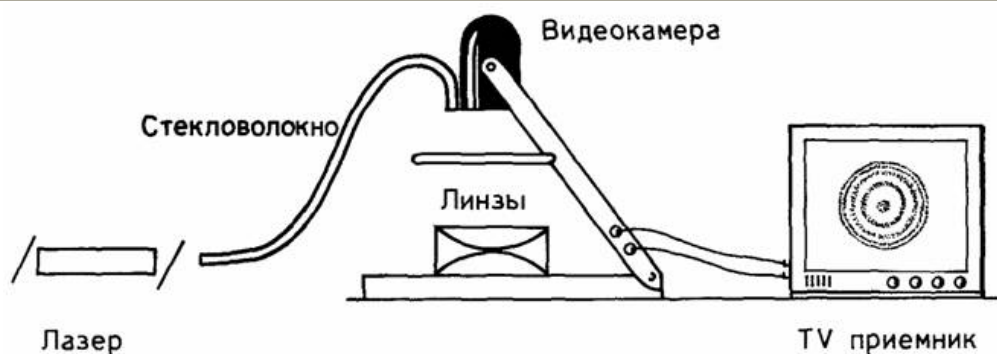
2.4	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Интерференция света
Демонстрация колец Ньютона			
Лазер, две конденсорные линзы, объектив от микроскопа 8*			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Кольца Ньютона наблюдаются в отраженном свете. Пучок света от лазера расширяется объективной линзой от микроскопа, отражается от двух конденсорных линз, прижатых друг к другу и скрепленных скотчем. На экране демонстрируется интерференционная картина колец Ньютона. При сжатии линз кольца стягиваются к центру картины или появляются из ее центра. Появление или исчезновение колец соответствует изменению расстояния между линзами на половину длины волны интерферирующего света.

Для заметок:

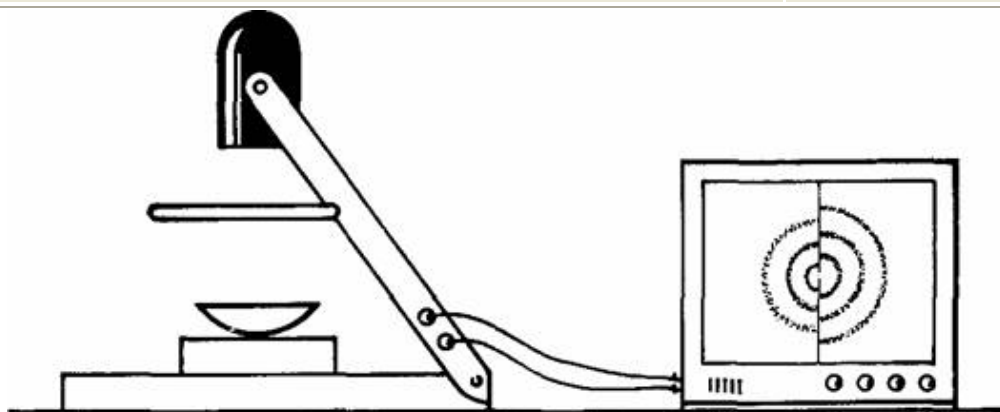
2.5	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Интерференция света
Демонстрация колец Ньютона			
Две линзы, стекловолокно длиной около 1 м и диаметром около 1 см, лазер, диапроектор, видеокамера, светофильтры (красный и синий), телевизионный приемник			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Свет от лазера или лампы накаливания через световод освещает две конденсорные линзы от диапроектора, скрепленные скотчем. Картина колец Ньютона проецируется видеокамерой на экран телевизора. Кольца цветные, если источник света — лампа накаливания, черно-красные, если источник света — лазер. Помещая на пути света красный и синий светофильтры, демонстрируют зависимость радиуса колец Ньютона от длины волны света и числа видимых колец от спектрального состава света. Если одновременно освещать линзы светом от лазера и синим светом от лампы, то видна система красно-синих колец, причем синие кольца располагаются внутри красных.

Для заметок:

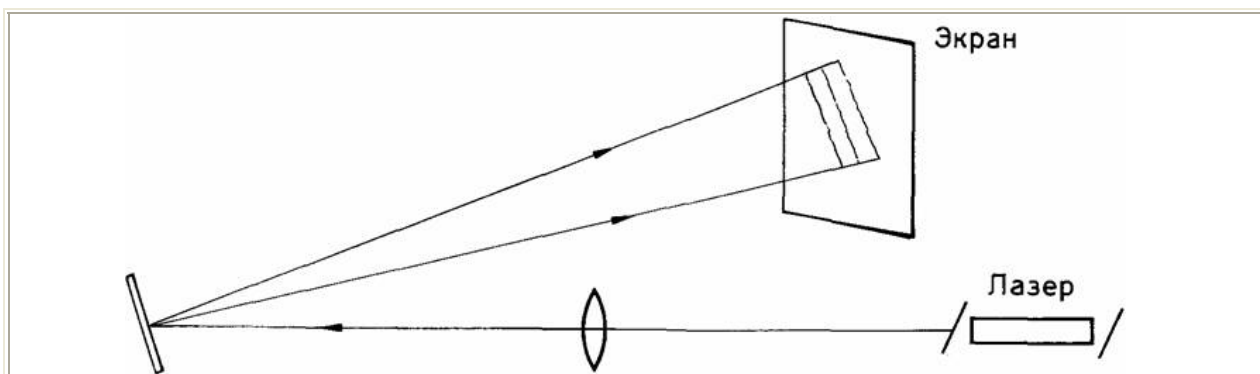
2.6	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Интерференция света
Демонстрация зависимости радиуса колец Ньютона от длины волны света			
Две линзы, светофильтры (красный и синий), видеокамера, телевизионный приемник			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Кольца Ньютона проецируются с помощью цветной видеокамеры на экран цветного телевизора через два цветных светофильтра. Отчетливо видно, что радиусы колец Ньютона зависят от длины волны или частоты световых волн, которые участвуют в создании картины интерференции.

Для заметок:

2.7	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Интерференция света
Демонстрация интерференции света при отражении от тонкого покровного стекла			
Лазер, покровное стекло, линза, экран			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Свет от лазера падает на тонкое покровное стекло. В отраженном свете видна отчетливая интерференционная картина, не локализованная в пространстве.

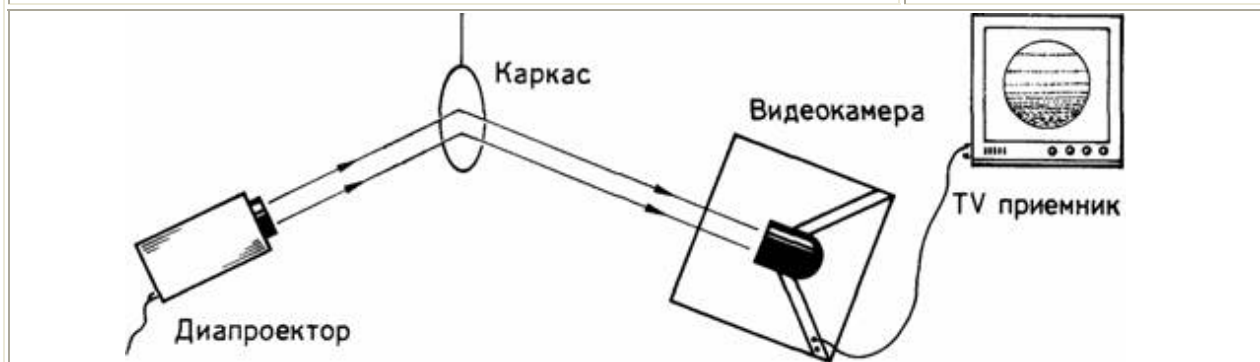
Для заметок:

2.8	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Интерференция света
------------	---------------	----------------	----------------------------

Демонстрация интерференции света, отраженного от мыльной пленки

Лазер, диапроектор, телевизионный приемник, видеокамера, проволочный каркас, покровное стекло

- Шкаф \perp
- Полка \perp
- Стеллаж \perp



Свет от диапроектора или лазера отражается от мыльной пленки или поверхности покровного стекла. С помощью видеокамеры и телевизора наблюдается интерференционная картина в отраженном свете в виде цветных или черно-красных интерференционных полос. Ширина полос и их окраска меняются со временем из-за изменения толщины стекающей с каркаса мыльной пленки. При отражении света от поверхности покровного стекла наблюдаются неподвижные полосы.

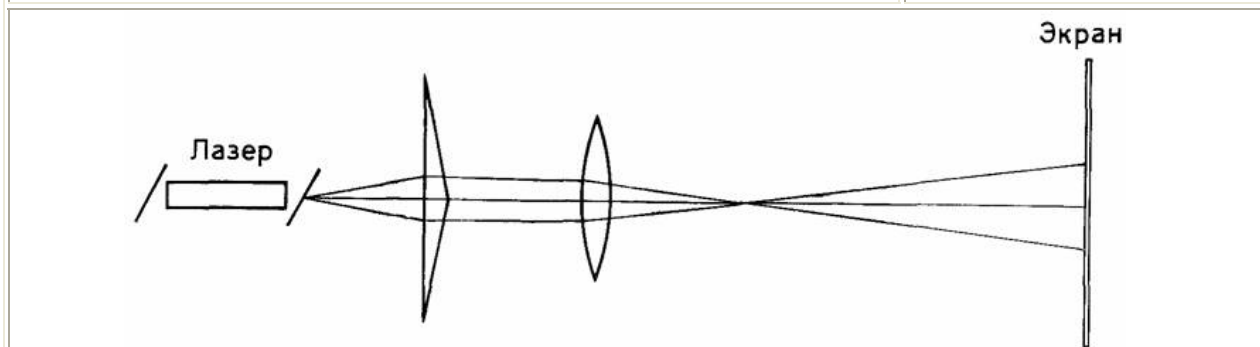
Для заметок:

2.9	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Интерференция света
------------	---------------	----------------	----------------------------

Демонстрация интерференции света, проходящего через бипризму Френеля

Бипризма Френеля, лазер, объектив 8*

- Шкаф \perp
- Полка \perp
- Стеллаж \perp

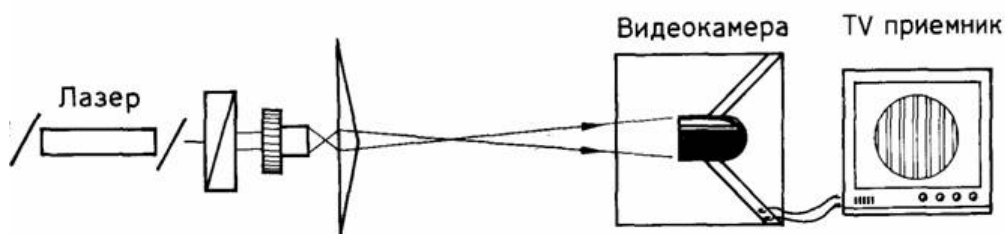


Свет от лазера проходит через бипризму и затем, пройдя объектив 8*, попадает на экран. В результате наложения двух когерентных волн на экране отчетливо видна картина интерференции в виде чередующихся

темных и красных интерференционных полос.

Для заметок:

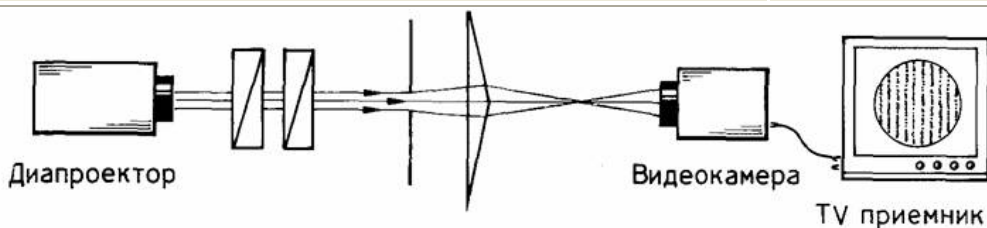
2.10	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Интерференция света
Демонстрация интерференции света, прошедшего через бипризму Френеля			
Бипризма Френеля, лазер, поляризационный фильтр, объектив от микроскопа с увеличением 8*, видеокамера, телевизионный приемник			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Свет от лазера проходит через поляризационный фильтр, объектив 8* и бипризму. Картина интерференции наблюдается с помощью видеокамеры на расстоянии 6—7 м. На экране телевизора отчетливо видны интерференционные полосы.

Для заметок:

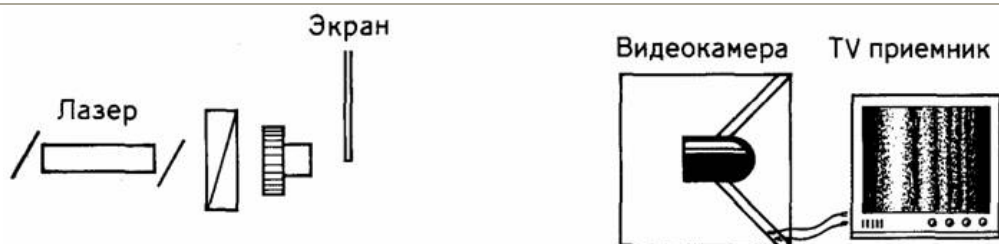
2.11	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Интерференция света
Демонстрация интерференции белого света, прошедшего через бипризму Френеля			
Диaproектор, две щели, бипризма Френеля, поляризационный фильтр, видеокамера, светофильтры (синий, красный), телевизионный приемник			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Свет от лампы накаливания диапроектора проходит через одну щель, установленную на месте диапозитива, и через поляризационный фильтр. Затем через другую щель, увеличивающую степень пространственной когерентности, падает на бипризму Френеля. В результате интерференции волн, прошедших через бипризму, с помощью видеокамеры на экране телевизора можно наблюдать эффектную картину цветных полос. Демонстрацию можно проводить без затемнения.

Для заметок:

2.12	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Дифракция света
Демонстрация дифракции Френеля			
Лазер, поляризационный фильтр, объектив от микроскопа с увеличением 8*, видеокамера, экран с круглым отверстием, тонкая проволока, металлическая пластинка, телевизионный приемник			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp

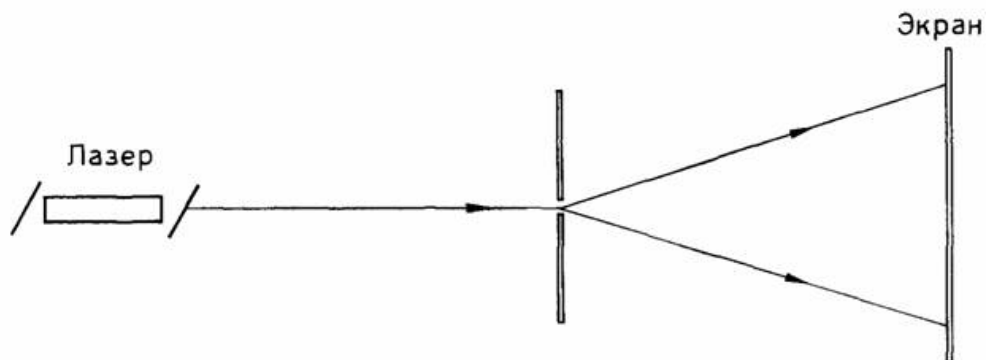


Свет от лазера проходит через поляризационный фильтр, объектив 8* и объект, на котором дифрагирует. С помощью видеокамеры и телевизора демонстрируется дифракция на краю экрана, на круглом отверстии,

на круглом экране, пятно Пуассона, на проволоке.

Для заметок:

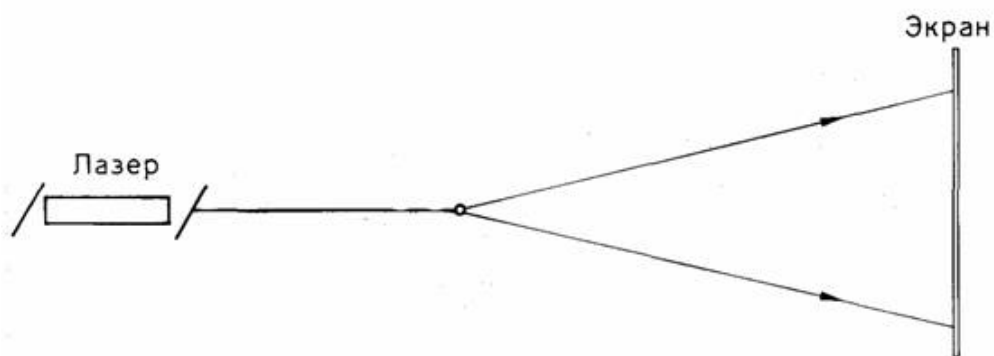
2.13	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Дифракция света
Демонстрация дифракции света на щели с переменной шириной			
Универсальный штатив, лазер, щель с изменяемой шириной			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Демонстрируется дифракция лазерного пучка, проходящего через щель, ширина которой может изменяться в процессе эксперимента.

Для заметок:

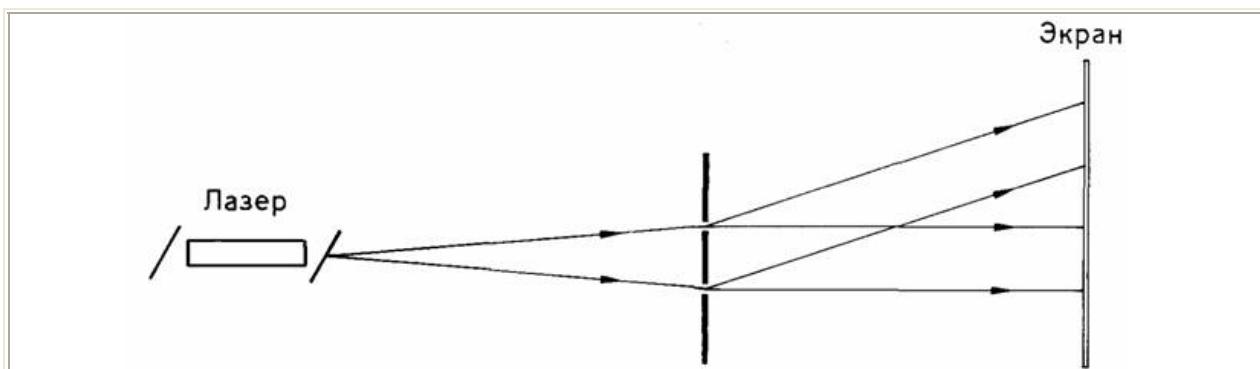
2.14	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Дифракция света
Демонстрация дифракции на тонкой проволоке луча лазера			
Лазер, тонкая проволока диаметром около 100 мкм, рамка для слайда, универсальный штатив, экран			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Свет от лазера дифрагирует на тонкой проволоке. На экране наблюдается дифракционная картина, аналогичная дифракционной картине на щели.

Для заметок:

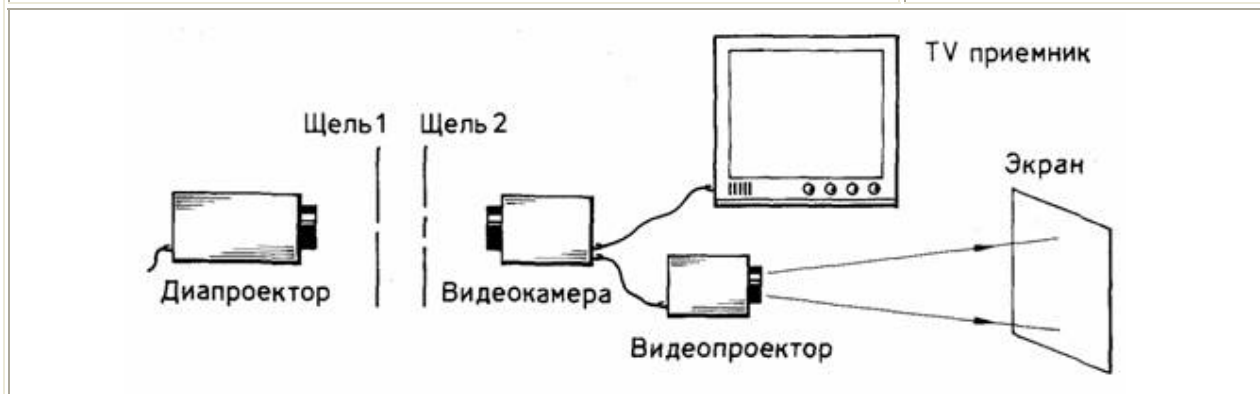
2.15	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Дифракция света
Демонстрация дифракции света в опыте Юнга			
Лазер, две щели, прорезанные бритвой на черном экране, рамка для слайда, экран			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Свет от лазера проходит через две щели, прорезанные бритвой на засвеченной и проявленной фотопластине или на плотной черной бумаге. На экране отчетливо видна дифракционная картина от двух щелей.

Для заметок:

2.16	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Дифракция света
Демонстрация дифракции света в опыте Юнга			
Диапроектор, щель, двойная щель, светофильтры (красный, желтый, зеленый), видеокамера, видеопроектор, телевизионный приемник			Шкаф \perp Полка \perp Стеллаж \perp



Свет от диапроектора проходит через щель, затем через двойную щель. Результат дифракции и интерференции света наблюдается через видеокамеру. Изображение дифракционной картины передается на экран телевизора и с помощью видеопроектора на экран, установленный около классной доски в аудитории. С помощью светофильтров изменяется монохроматичность света и наблюдается изменение числа полос в интерференционной картине.

Для заметок:

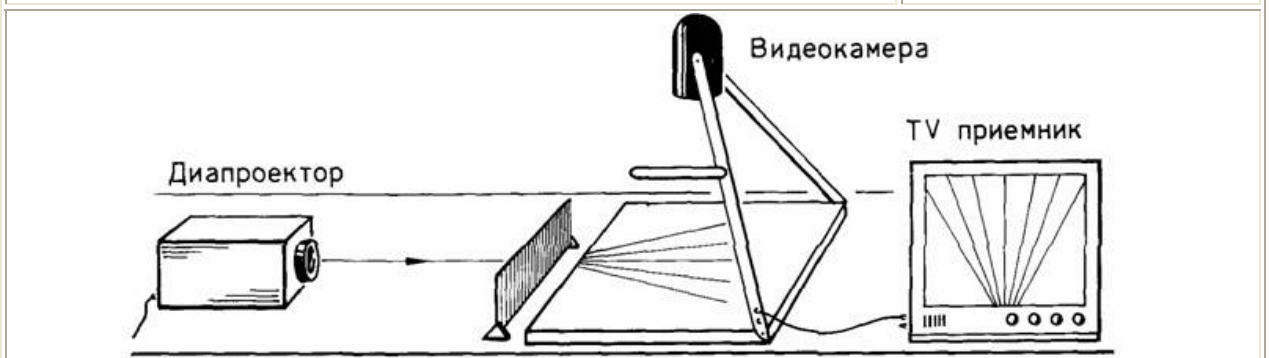
2.17	ОПТИКА	ПРИМЕНЕНИЕ	Дифракционная решетка
Демонстрация действия одномерной и двумерной дифракционных решеток			
Лазер, диапроектор, щель, собирающая линза, дифракционная решетка, сетка или ткань, экран			Шкаф \perp Полка \perp Стеллаж \perp



Свет от лазера или диапроектора проходит через одномерную или двумерную дифракционную решетку. Демонстрируется действие дифракционных решеток на проходящий через них монохроматический и белый свет.

Для заметок:

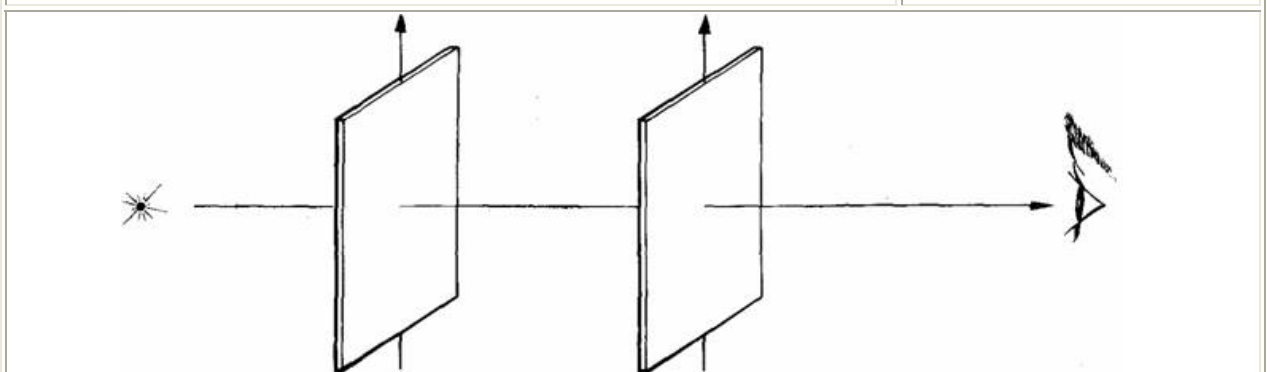
2.18	ОПТИКА	ПРИМЕНЕНИЕ	Дифракционная решетка
Демонстрация действия дифракционной решетки на пучок белого света, падающего на решетку			
Диaproектор, узкая щель, дифракционная решетка, видеокамера, телевизионный приемник			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Свет от диапроектора проходит через дифракционную решетку. На экране телевизора отчетливо видна дифракционная картина от света, прошедшего через решетку.

Для заметок:

2.19	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Поляризация света
Демонстрация прохождения света через два поляроида			
Диaproектор, два поляроида			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Наблюдается прохождение света через два поляроида. При вращении одного поляроида относительно другого интенсивность проходящего света периодически изменяется.

Для заметок:

2.20	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Интерференция поляризованного света
------	--------	---------	-------------------------------------

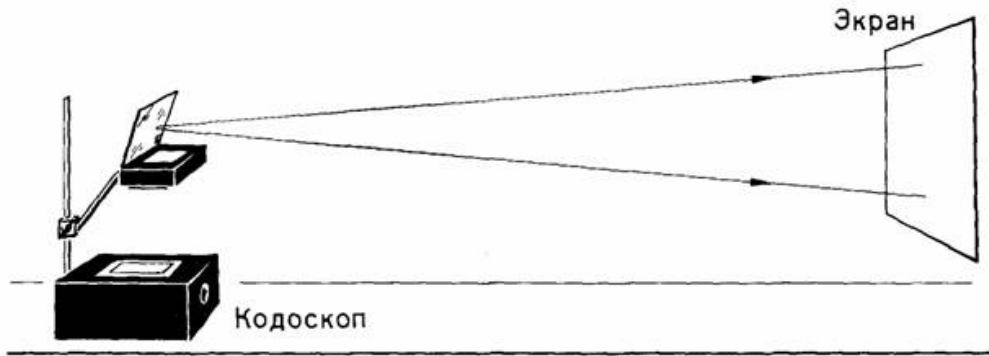
Демонстрация интерференции поляризованного света

Кодоскоп, два поляроида, пластмассовая пластина, экран

Шкаф \perp

Полка \perp

Стеллаж \perp



Между поляроидами помещается пластмассовая пластина. Наблюдается картина интерференции поляризованного света. При вращении верхнего поляроида на экране наблюдается изменение цветов интерференционной картины.

Для заметок:

2.21	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Дисперсия света
------	--------	---------	-----------------

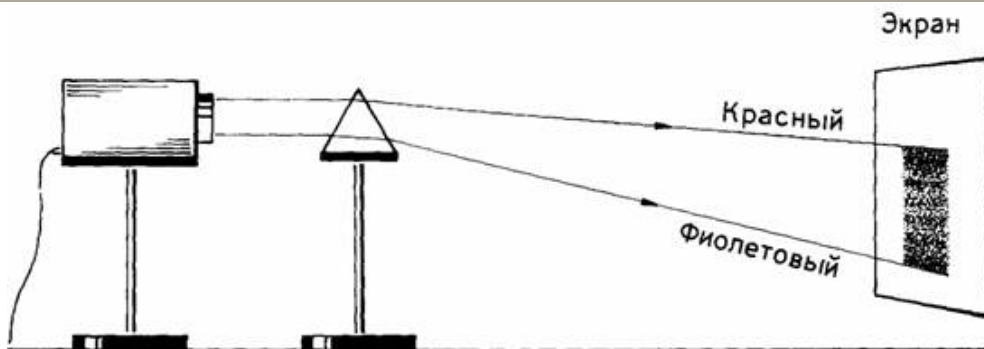
Демонстрация разложения белого света в спектр

Диапроектор, призма, щель, экран

Шкаф \perp

Полка \perp

Стеллаж \perp



Свет от диапроектора после щели проходит через призму, и на экране виден спектр белого света. Так как угол отклонения света, прошедшего через призму, $\varepsilon = \theta (n \sqrt{1})$, где θ — угол преломления призмы, а n — показатель преломления вещества, из которого сделана призма, и свет разной частоты отклоняется на разные углы, то ясно, что n зависит от частоты света. Из эксперимента видно, что чем больше частота света, тем больше n .

Для заметок:

2.22	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Дисперсия света
------	--------	---------	-----------------

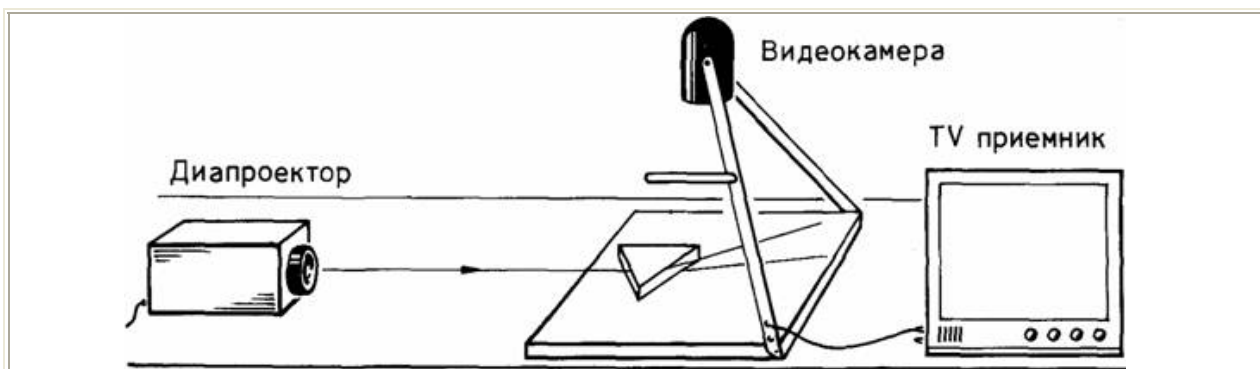
Демонстрация разложения призмой белого света в спектр и получение из спектра белого света

Диапроектор, щель, две призмы из флинта, видеокамера, телевизионный приемник

Шкаф \perp

Полка \perp

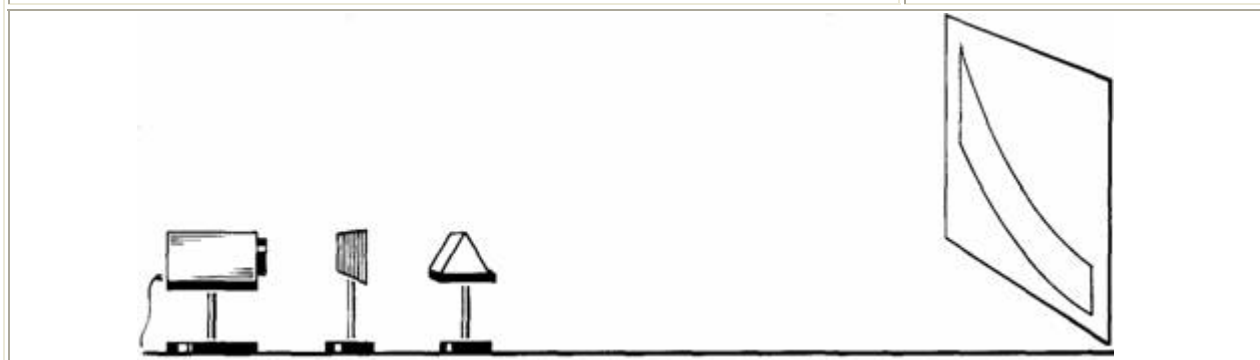
Стеллаж \perp



Свет от диапроектора проходит через призму и раскладывается в спектр. После прохождения другой призмы снова получается белый свет. Призмы устанавливаются на горизонтальном столике. Изображение с помощью видеокамеры проецируется на экран телевизора.

Для заметок:

2.23	ОПТИКА	ЯВЛЕНИЕ	Дисперсия света
Демонстрация зависимости показателя преломления стекла от длины волны света			
Диапроектор, щель, дифракционная решетка, призма прямого зрения, экран			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Свет от диапроектора проходит через щель, затем через дифракционную решетку и через призму, скрещенную с решеткой. Наблюдается спектр первого порядка. Отклонение по вертикали на экране различных спектральных составляющих света, прошедших через призму, скрещенную с решеткой, пропорционально зависимости показателя преломления призмы от длины волны света.

Для заметок:

3.1	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Электризация тел
------------	------------------------	----------------	-------------------------

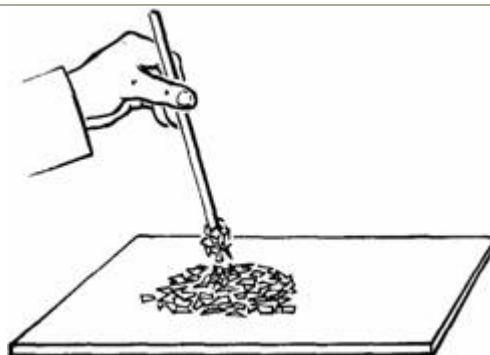
Демонстрация электризации тел

Стеклянная или пластмассовая палочка, шерсть, кожа, легкие цветные кусочки бумаги

Шкаф ⊥

Полка ⊥

Стеллаж ⊥



Стеклянная или пластмассовая палочка натирается куском кожи или шерстяной ткани, после чего подносится к легким кусочкам бумаги. После соприкосновения с палочкой некоторые кусочки бумаги притягиваются к палочке, некоторые отталкиваются от нее.

Для заметок:

3.2	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Электрическое взаимодействие тел
------------	------------------------	----------------	---

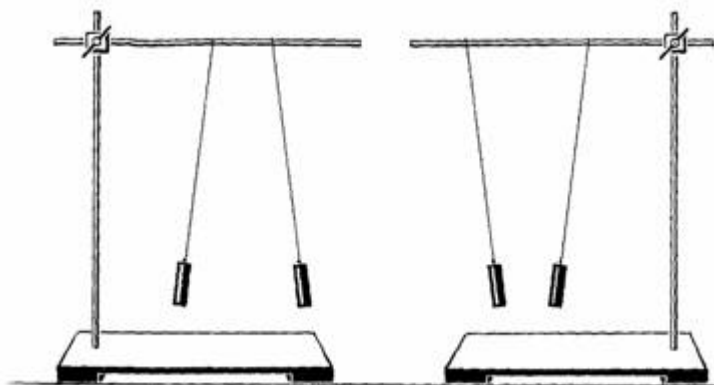
Демонстрация взаимодействия наэлектризованных тел

Две бумажные гильзы на длинных нитях, палочки для электризации, два штатива, стеклянная палочка

Шкаф ⊥

Полка ⊥

Стеллаж ⊥



Бумажные гильзы электризуются сначала стеклянной палочкой, натертой куском кожи. Наблюдается взаимное отталкивание наэлектризованных тел. Затем после снятия заряда с гильз одна из них электризуется эбонитовой палочкой, натертой куском меха, другая — стеклянной палочкой, натертой куском кожи. Наблюдается взаимное притяжение наэлектризованных тел. Таким образом можно продемонстрировать существование двух типов электрического взаимодействия, которое связывают с существованием в природе двух видов электрических зарядов: положительного и отрицательного.

Для заметок:

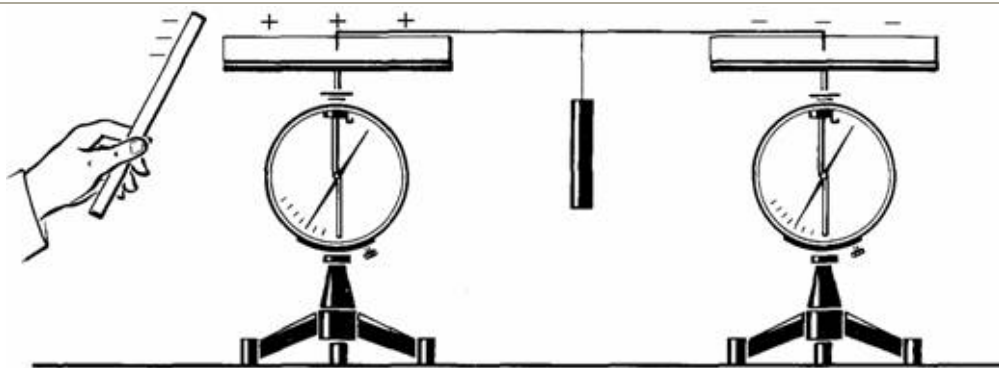
3.3	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Электризация тел через влияние
------------	------------------------	----------------	---------------------------------------

Демонстрация электростатической индукции

Два металлических цилиндра, два электрометра, металлический проводник, пластмассовая палочка, шерстяная ткань

Шкаф ⊥

Полка ⊥



К системе, изображенной на рисунке, подносят наэлектризованную палочку, не касаясь металлических цилиндров. Не убирая палочку, снимают проводник, соединяющий цилиндры. Затем убирают палочку. Электрометры показывают, что металлические цилиндры заряжены. Подносят палочку сначала к одному цилиндру, не касаясь его поверхности, затем к другому и по показаниям электрометров убеждаются, что цилиндры заряжены разноименными зарядами.

Для заметок:

3.4 ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

ЯВЛЕНИЕ

Сохранение электрического заряда

Демонстрация сохранения электрического заряда при электризации тел

Ведерко Фарадея, демонстрационный электрометр, два стеклянных диска, на один из которых наклеена кожа, две стеклянные палочки, склеенные с дисками

Шкаф \perp

Полка \perp

Стеллаж \perp



Два стеклянных диска, на один из которых наклеена кожа, электризуются трением внутри ведерка Фарадея, соединенного с демонстрационным электрометром. Поочередно вынимая из ведерка наэлектризованные диски, демонстрируют наличие электрического заряда на них, наблюдая за показаниями электрометра. В равенстве зарядов дисков убеждаются, помещая снова оба диска внутрь ведерка Фарадея и наблюдая нулевые показания электрометра.

Для заметок:

3.5 ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

МЕТОД

Измерение заряда электрона

Демонстрация модели опыта Милликена по измерению заряда электрона

Электрофорная машина, резиновая спринцовка, мыльный раствор, резиновая трубка с металлическим наконечником, металлический экран в виде сетки на изолирующей ручке

Шкаф \perp

Полка \perp

Стеллаж \perp

Через резиновую трубку с металлическим наконечником выдувается мыльный пузырь. За счет соединения металлического наконечника с одним из кондукторов электрофорной машины мыльный пузырь наэлектризован. Металлическая сетка и наконечник трубки соединяются с одним и тем же кондуктором машины, что обеспечивает одноименную электризацию экрана и мыльного пузыря. Как только пузырь оторвется от наконечника и начнет опускаться, к нему снизу подводится экран. Сила электрического взаимодействия уравнивает силу тяготения, что приводит к парению пузырька в воздухе.

Для заметок:

3.6	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ПОНЯТИЕ	Линии напряженности электрического поля
------------	------------------------	----------------	--

Демонстрация расположения небольших диэлектрических частиц в электрическом поле

Прибор для демонстрации электрического поля, электрофорная машина или источник высокого напряжения «Разряд-1», кодоскоп, касторовое масло, манная крупа	Шкаф \perp
	Полка \perp
	Стеллаж \perp

В прозрачную ванночку наливают тонкий слой касторового масла. Помещают в него электроды. Пространство между электродами на поверхности масла засыпают небольшими диэлектрическими частицами, например манной крупой. Подключают электроды к источнику высокого напряжения и наблюдают картину распределения частиц в электрическом поле. Расположение частиц соответствует линиям напряженности электрического поля, созданного в ванночке.

Для заметок:

3.7	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Действие постоянного магнита на магнитную стрелку
------------	------------------------	----------------	--

Демонстрация ориентации магнитной стрелки в поле постоянного магнита

Постоянный магнит, магнитная стрелка	Шкаф \perp
	Полка \perp

	Стеллаж \perp

Демонстрируется ориентирующее действие магнитного поля постоянного магнита на магнитную стрелку.

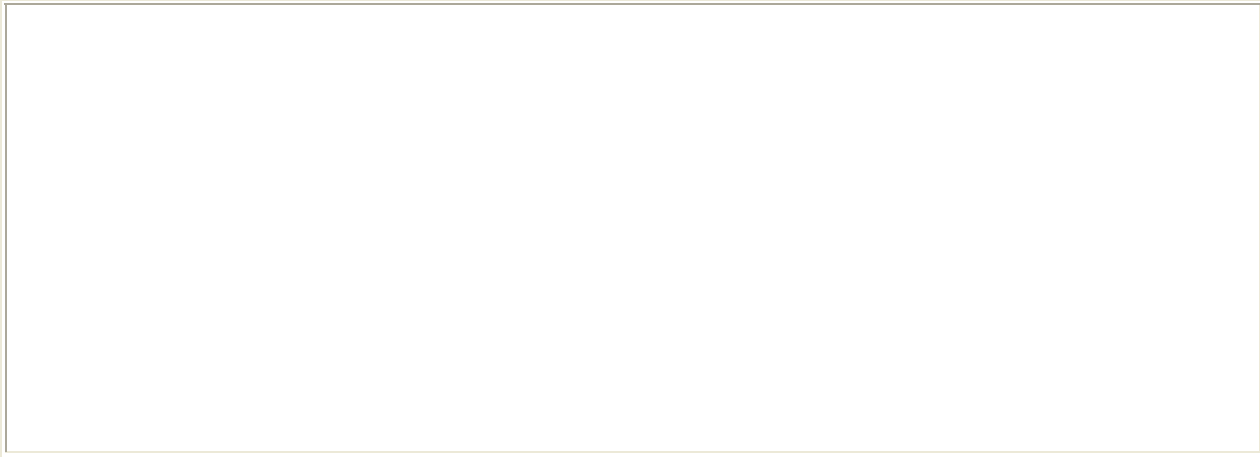
Для заметок:

3.8	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ПОНЯТИЕ	Линии магнитной индукции
Демонстрация расположения множества магнитных стрелок в поле постоянного магнита			
Постоянный U-образный магнит, 20 магнитных стрелок, помещенных между двумя стеклянными пластинами, кодоскоп			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp

На классной доске наблюдается проекция множества магнитных стрелок, помещенных в магнитное поле постоянного U-образного магнита. Проводятся линии, касательные к которым совпадают с направлениями магнитных стрелок в местах их расположения. Направление линий определяют от южного полюса магнитной стрелки к северному полюсу. Проведенные таким образом линии называют линиями индукции магнитного поля.

Для заметок:

3.9	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Действие магнитного поля на рамку с током
Демонстрация ориентирующего действия магнитного поля на рамку с током			
U-образный магнит, рамка с током, источник питания			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Демонстрируется поворот рамки с током в магнитном поле постоянного магнита.

Для заметок:

3.10	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ПОНЯТИЕ	Сила Ампера
<i>Демонстрация действия силы Ампера на проводник с током в магнитном поле</i>			
U-образный магнит, амперметр демонстрационный, линейный проводник, источник питания, универсальный штатив			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Демонстрируется отклонение проводника с током в поле постоянного магнита. Отклонение тем больше, чем больше сила тока в проводнике. При изменении направления тока направление силы Ампера изменяется на противоположное.

Для заметок:

3.11	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Отклонение электронного пучка в магнитном поле
Демонстрация смещения пятна на экране электронно-лучевой трубки			
Демонстрационная электронно-лучевая трубка, магнит			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp
<p>Демонстрируется смещение пятна на экране демонстрационной электронно-лучевой трубки под действием силы Лоренца при помещении трубки в магнитное поле. Наблюдают, как смещается электронный пучок при изменении положения магнита в пространстве относительно корпуса трубки. Для определения направления смещения пятна на экране электронно-лучевой трубки применяется правило левой руки.</p>			
<i>Для заметок:</i>			
3.12	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Отклонение электронного пучка в магнитном поле
Демонстрация отклонения электронного пучка в магнитном поле			
Прибор для демонстрации действия силы Лоренца, источник питания			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp
<p>В стеклянный шар вмонтирована электронная пушка, из него откачан газ. В шаре с помощью катушек Гельмгольца создается магнитное поле, действующее на пучок электронов, вылетающих из электронной пушки. Под действием силы Лоренца траектория электронов изменяется — об этом можно судить по искривлению светящегося следа, оставляемого пучком внутри колбы при возбуждении молекул газа, оставшегося в колбе.</p>			
<i>Для заметок:</i>			
3.13	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ПОНЯТИЕ	Линии магнитной индукции
Демонстрация расположения железных опилок в магнитном поле прямого тока, рамки с током, соленоида			
Прямой провод, рамка, соленоид, укрепленные на прозрачной основе, железные опилки, кодоскоп			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



При использовании метода оптической проекции наблюдается распределение железных опилок на прозрачной основе в магнитном поле прямого тока, рамки с током, соленоида. На примере демонстрируемых полей обсуждаются понятие линий магнитной индукции, особенности их распределения в пространстве.

Для заметок:

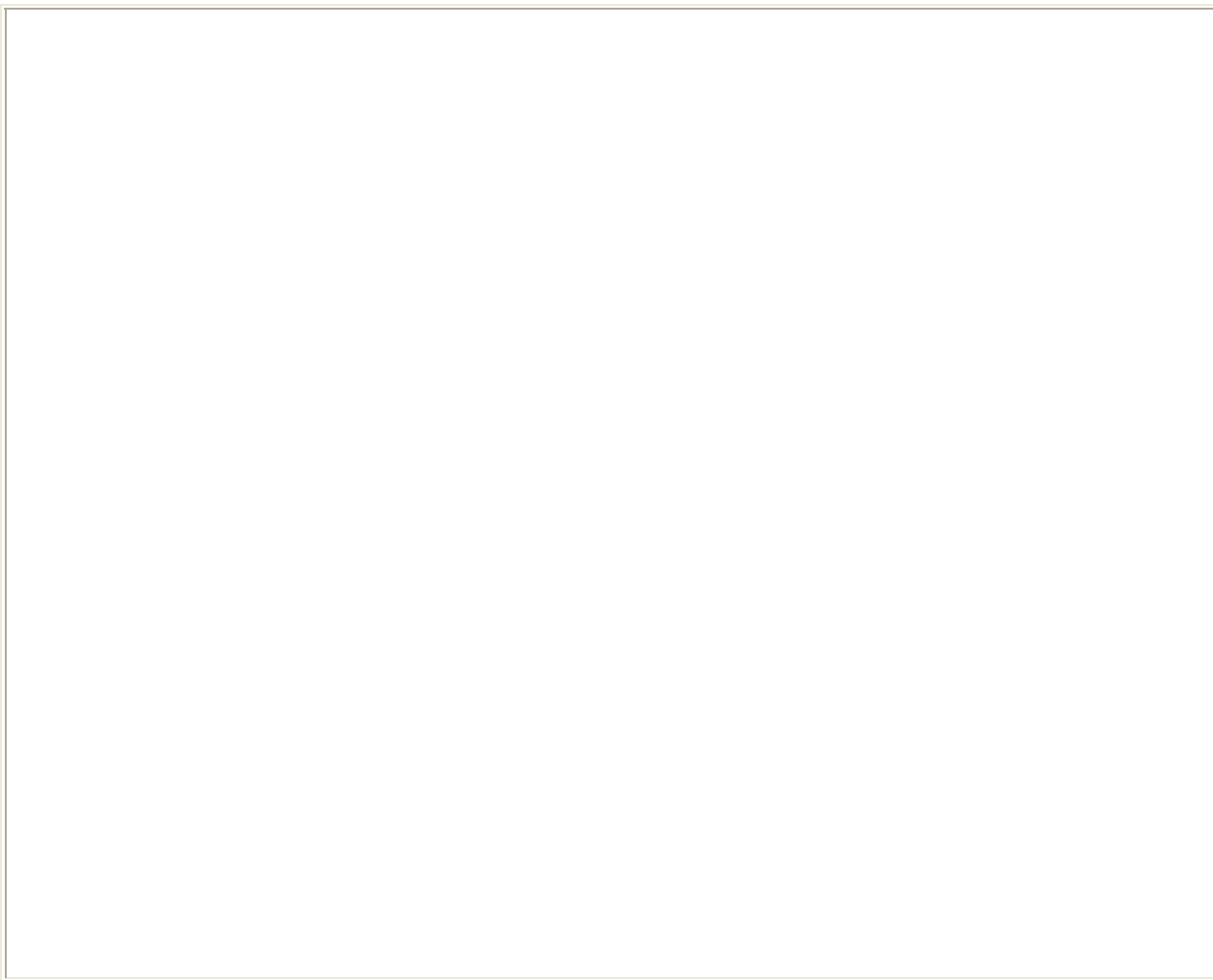
3.14	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Взаимодействие проводников с током
Демонстрация взаимодействия проводников с током			
Полоски алюминиевой фольги длиной 1 м, диапроектор, источник питания, универсальный штатив			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



При протекании тока по полоскам алюминиевой фольги они отталкиваются или притягиваются в зависимости от направления токов в проводниках. Полоски укрепляются на специальном держателе так, чтобы расстояние между проводниками было равно 1—2 см. При силе тока 2—4 А эффект взаимодействия наблюдается достаточно убедительно с применением метода оптической проекции.

Для заметок:

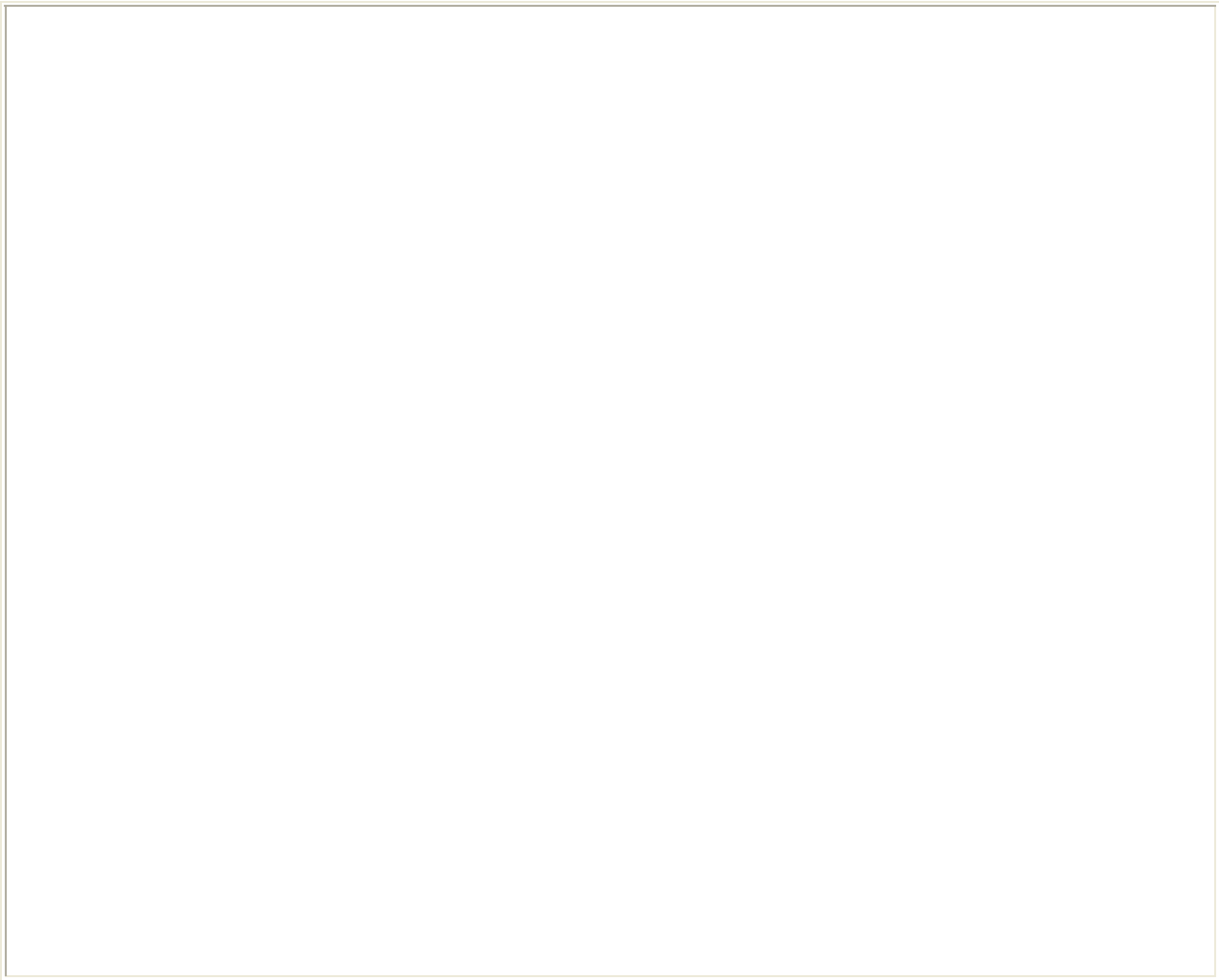
3.15	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Электромагнитная индукция
Демонстрация опытов Фарадея			
Постоянный магнит, две многовитковые катушки, гальванометр, железный сердечник, реостат, источник питания			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



В первом опыте индукционный ток наблюдается при перемещении магнита относительно катушки или катушки относительно магнита, во втором — при относительном перемещении катушки, в третьем — при изменении силы тока в электрической цепи катушки, подключенной к источнику питания.

Для заметок:

3.16	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Электромагнитная индукция
Демонстрация опытов Фарадея			
Две катушки, гальванометр, ключ, реостат, железный сердечник, источник питания			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Перемещая одну катушку с током относительно другой, подключенной к гальванометру, или изменяя силу тока в первой катушке, наблюдают за отклонением стрелки гальванометра.

Для заметок:

3.17 ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

ЯВЛЕНИЕ

Электромагнитная индукция

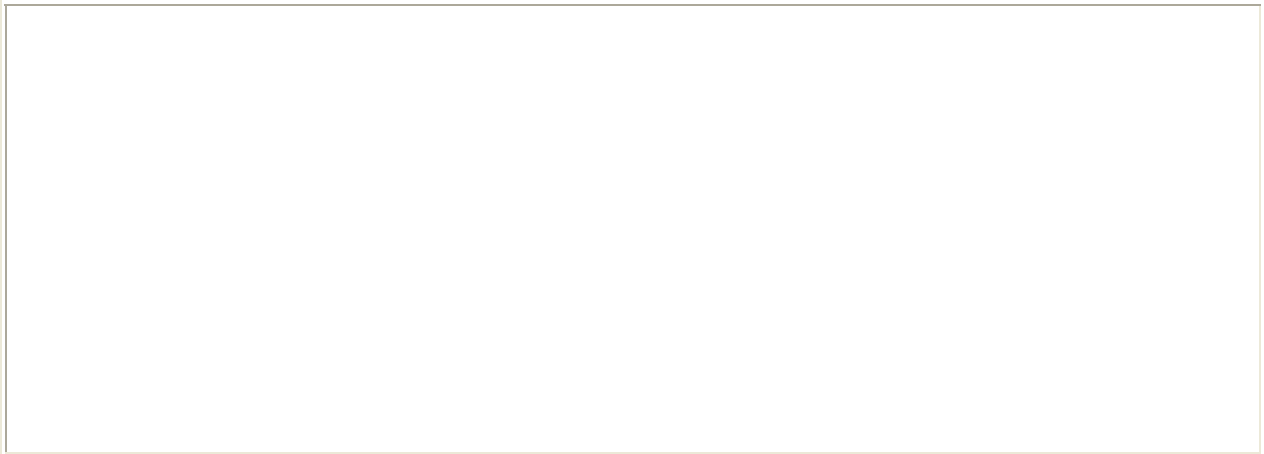
Демонстрация явления электромагнитной индукции при перемещении проводника относительно магнита

Магнит, гальванометр, проводник

Шкаф \perp

Полка \perp

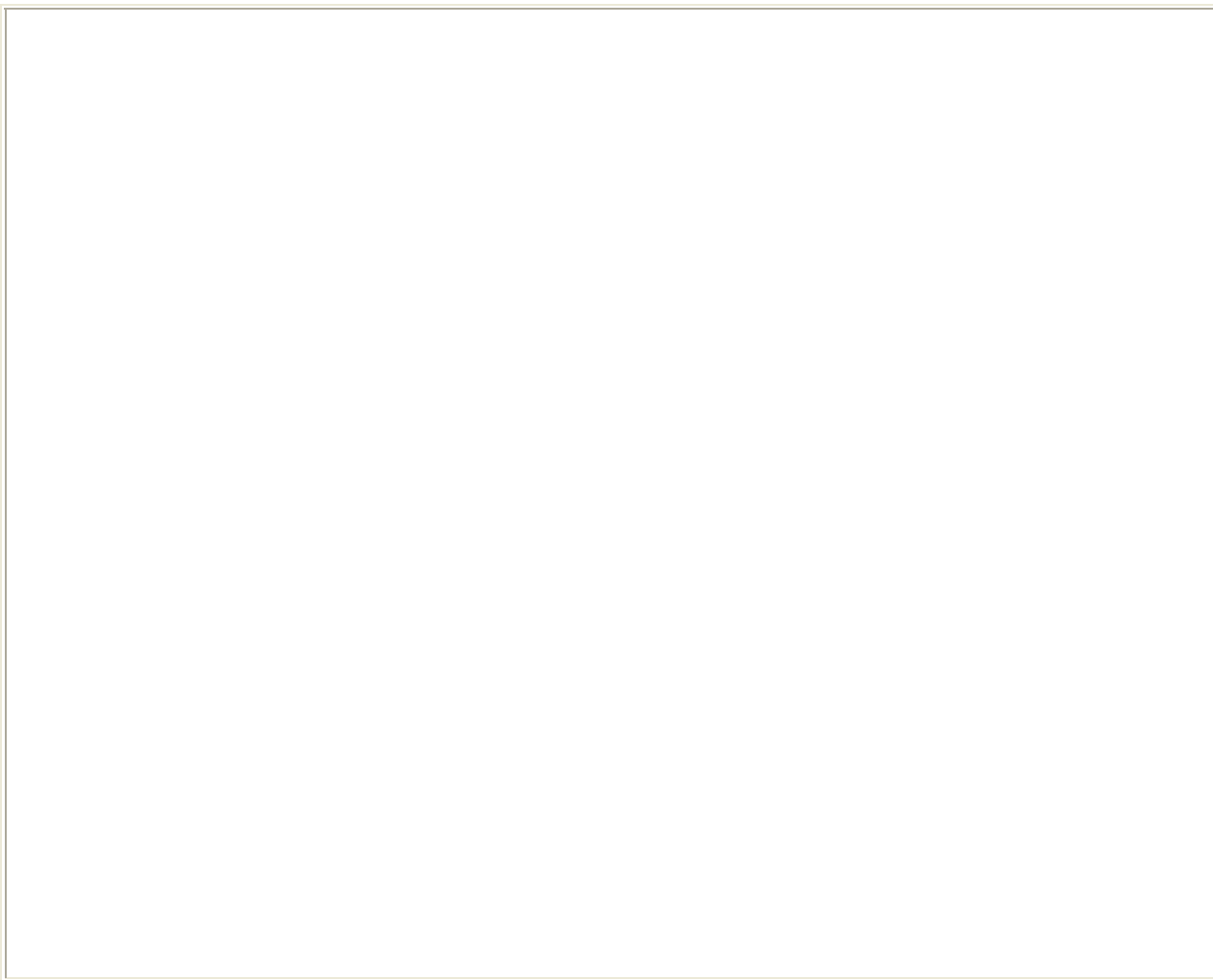
Стеллаж \perp



При перемещении проводника относительно постоянного магнита гальванометр регистрирует возникновение электрического тока в контуре с проводником.

Для заметок:

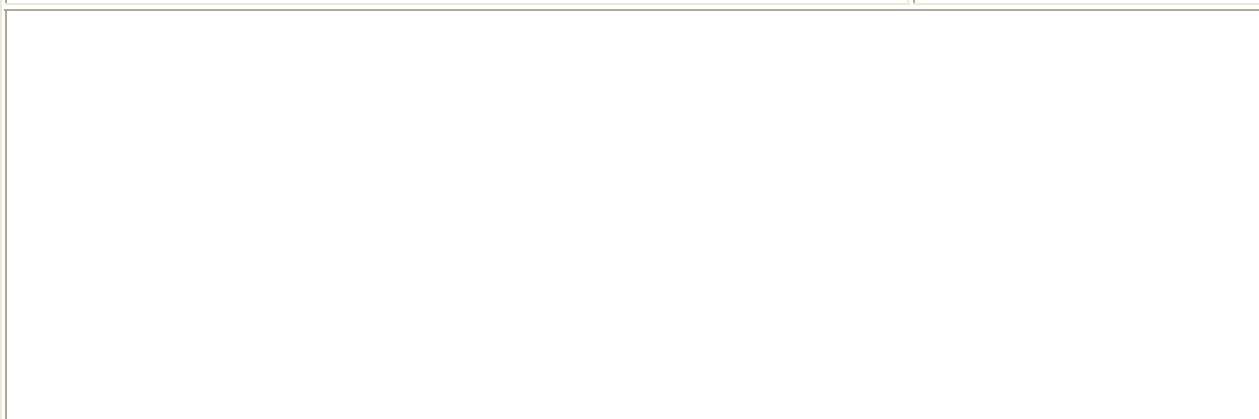
3.18	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Электромагнитная индукция
Демонстрация явления электромагнитной индукции при перемещении проводника относительно магнита			
U-образный магнит, демонстрационный гальванометр с оптической индикацией, металлические направляющие, два универсальных штатива			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp
<p>При перемещении металлического стержня по металлическим направляющим в магнитном поле постоянного магнита возникает ЭДС индукции. В цепи, образуемой металлическим стержнем, соединенным с гальванометром, возникает под действием ЭДС индукции электрический ток, регистрируемый чувствительным гальванометром.</p> <p><i>Для заметок:</i></p>			
3.19	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЗАКОН	Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца
Демонстрация вращения U-образного магнита вслед за вращающимся проводящим диском			
U-образный магнит, металлический диск из набора по механике, универсальный штатив, нить			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



U-образный магнит подвешивают на нити над металлическим диском, способным вращаться вокруг вертикальной оси. При вращении металлического диска магнит приходит во вращение в направлении, совпадающем с направлением движения диска, что демонстрирует справедливость правила Ленца.

Для заметок:

3.20	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЗАКОН	Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца
Демонстрация взаимодействия индукционного тока с магнитом			
Два алюминиевых кольца — одно сплошное, другое разрезанное, — укрепленные на коромысле, магнит			Шкаф ⊥
			Полка ⊥
			Стеллаж ⊥



Перемещение магнита относительно алюминиевого сплошного кольца вызывает поворот коромысла в сторону от магнита или к магниту в зависимости от направления движения магнита. Перемещение магнита относительно кольца с прорезью не приводит к движению коромысла.

Для заметок:

3.21	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Магнитоэлектрическая индукция
-------------	------------------------	----------------	--------------------------------------

Демонстрация магнитного поля тока смещения

Электрофорная машина, демонстрационная электронно-лучевая трубка, постоянный магнит, демонстрационный конденсатор, соединительные провода

Шкаф \perp

Полка \perp

Стеллаж \perp

Кондукторы электрофорной машины соединяют с пластинами демонстрационного конденсатора. При проскакивании электрической искры между кондукторами электрическое поле между обкладками конденсатора изменяется очень быстро, что вызывает значительный ток смещения. В пространстве около пластин конденсатора возникает магнитное поле. О появлении магнитного поля в результате изменения со временем электрического поля судят по отклонению изображения электронного пучка на экране электронно-лучевой трубки. Направление возникающего магнитного поля определяют по направлению отклонения электронного пучка под действием постоянного магнита.

Для заметок:

3.22	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Самоиндукция
-------------	------------------------	----------------	---------------------

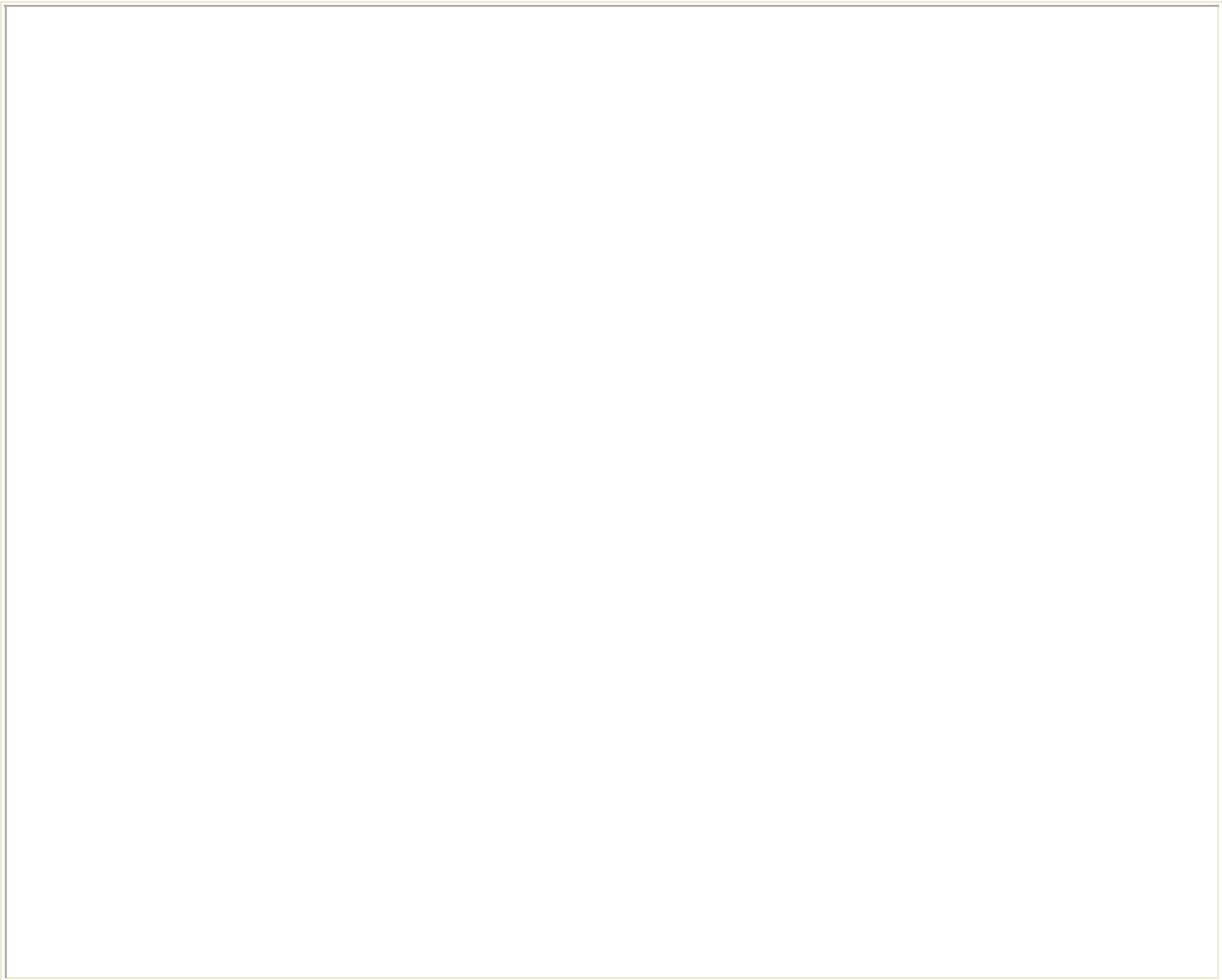
Демонстрация запаздывания времени загорания лампы накаливания

Две лампы накаливания, катушка индуктивности, резистор, ключ, источник питания

Шкаф \perp

Полка \perp

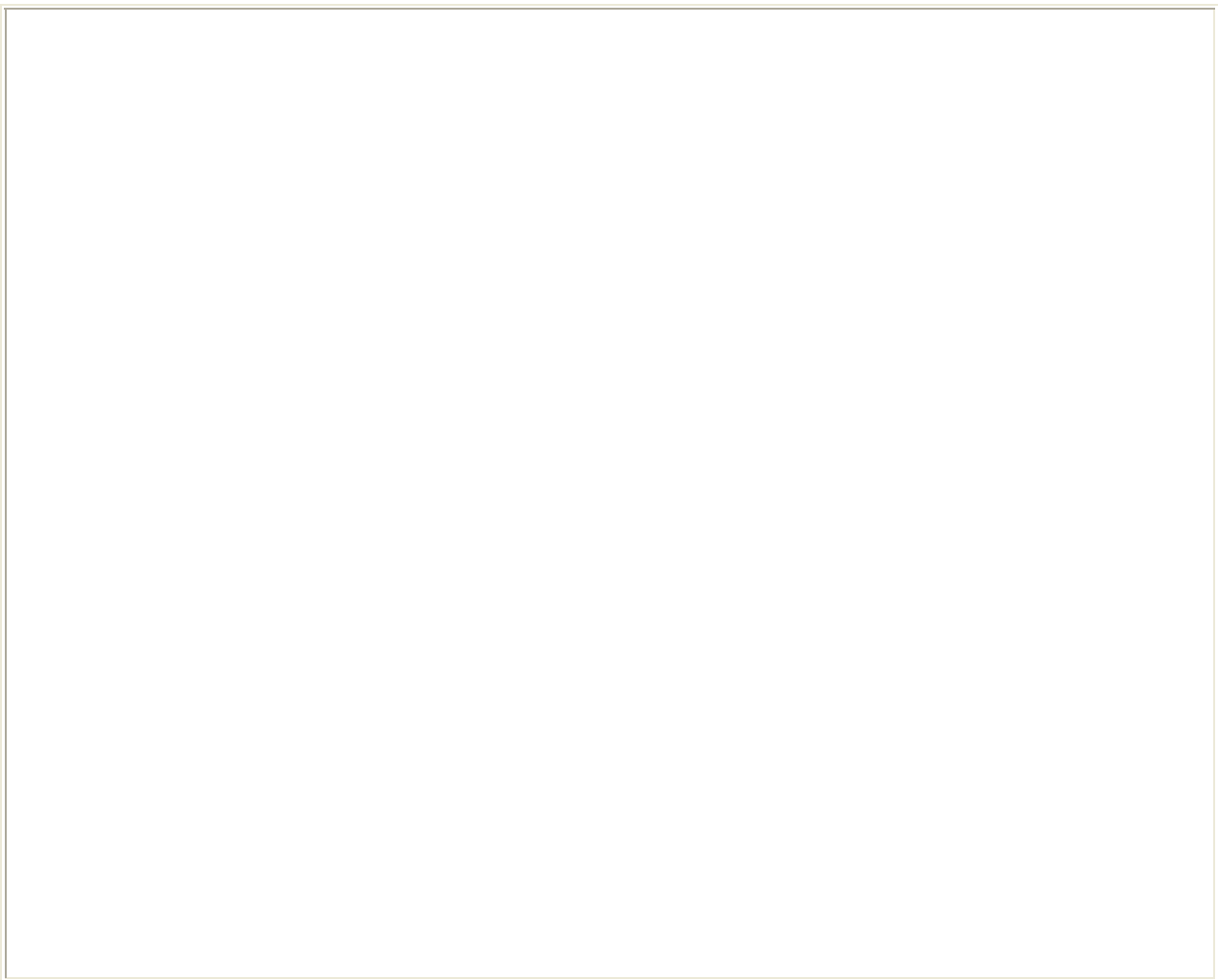
Стеллаж \perp



При замыкании ключа лампа в цепи с катушкой индуктивности загорается позже лампы в цепи с резистором из-за явления самоиндукции.

Для заметок:

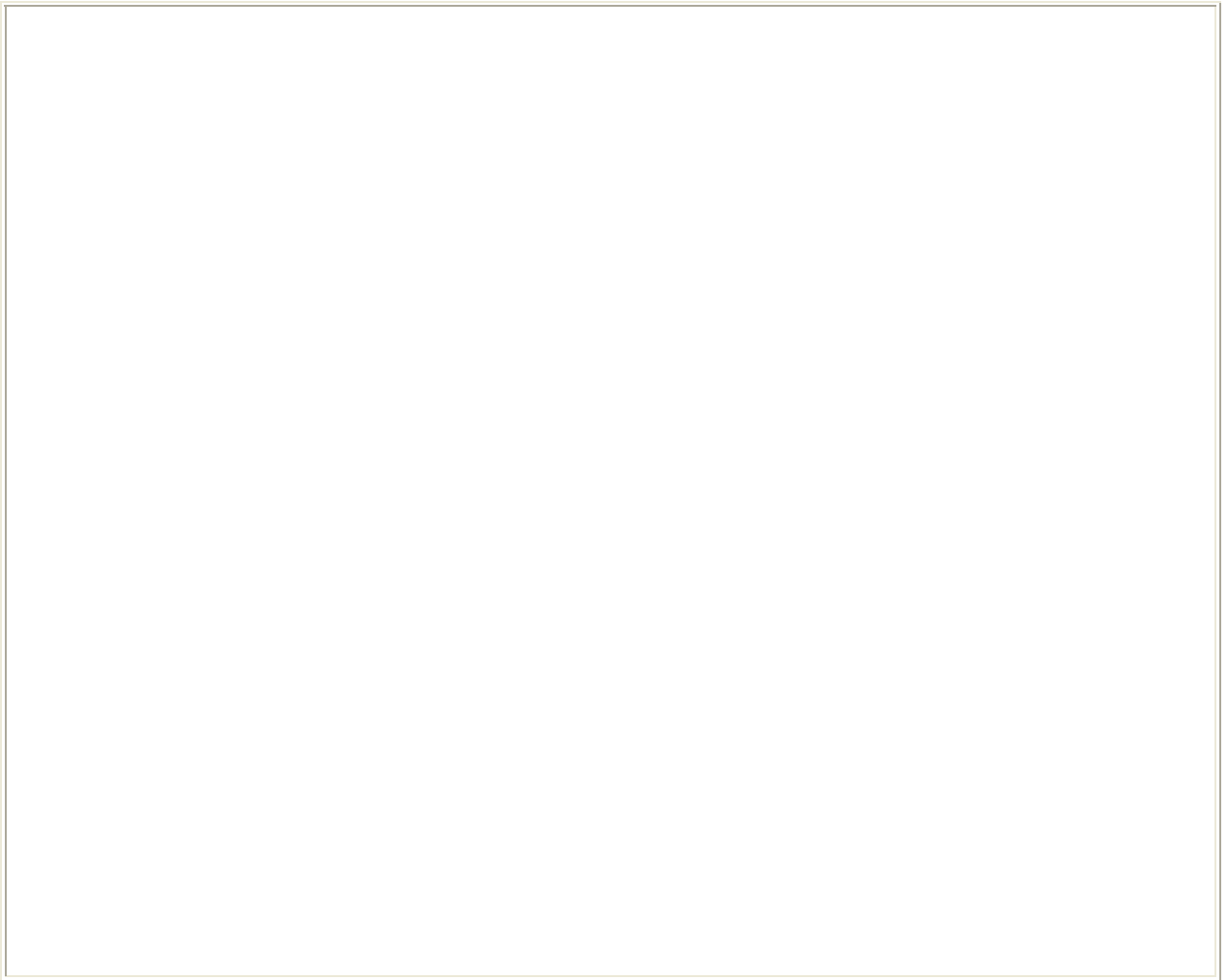
3.23	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Свободные колебания
Демонстрация осциллограмм свободных колебаний в колебательном контуре			
Колебательный контур, школьный электронный осциллограф, соединительные провода			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Пилообразное напряжение подается на колебательный контур. Напряжение с резистора в цепи с катушкой индуктивности подается на вход вертикального усилителя осциллографа. На экране осциллографа наблюдаются осциллограммы затухающих колебаний.

Для заметок:

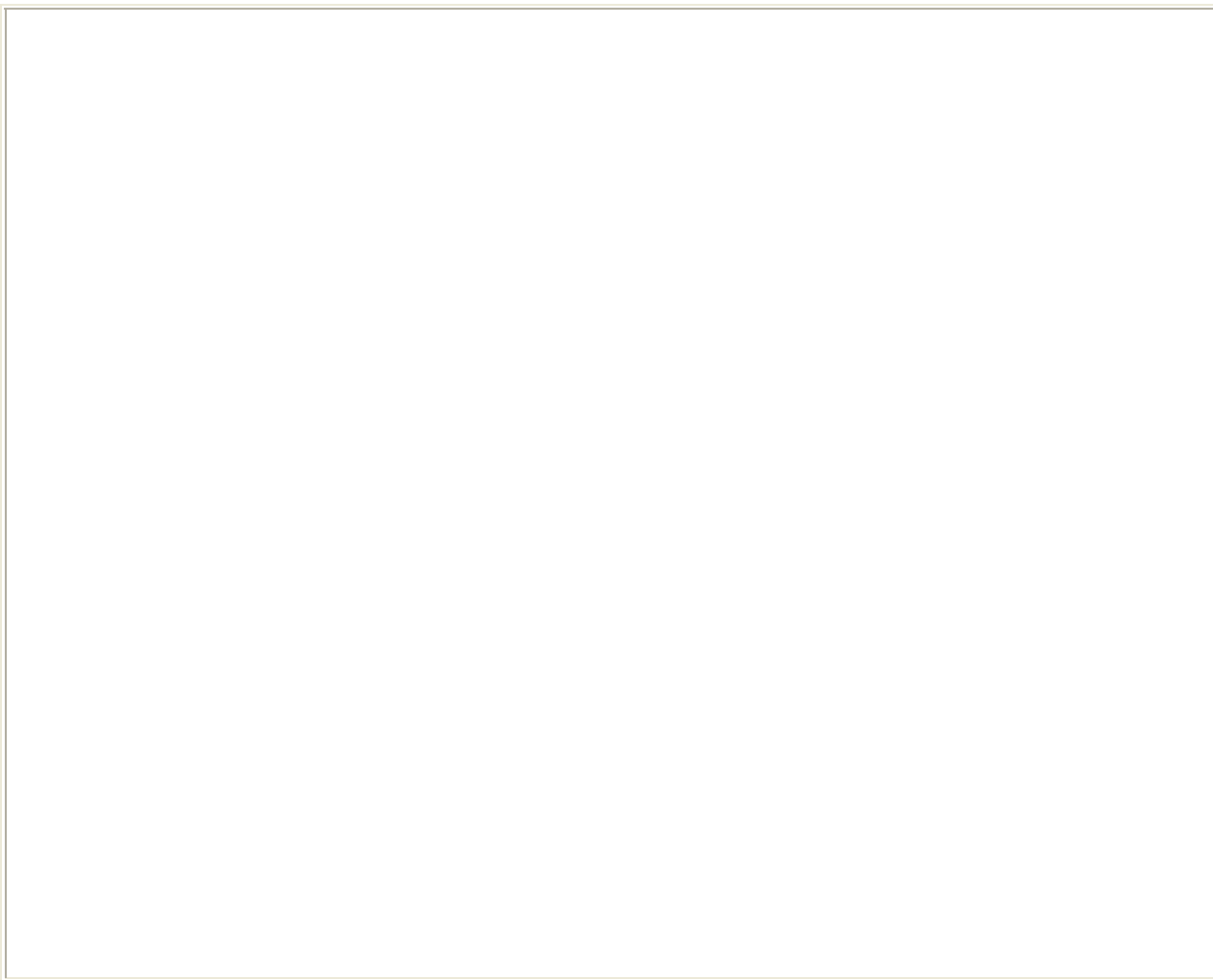
3.24	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Вынужденные колебания
Демонстрация осциллограмм вынужденных колебаний			
Реостат, школьный электронный осциллограф, соединительные провода			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



С помощью реостата подают напряжение с промышленной частотой на вертикальный вход осциллографа. Наблюдают осциллограмму вынужденных электрических колебаний на экране осциллографа.

Для заметок:

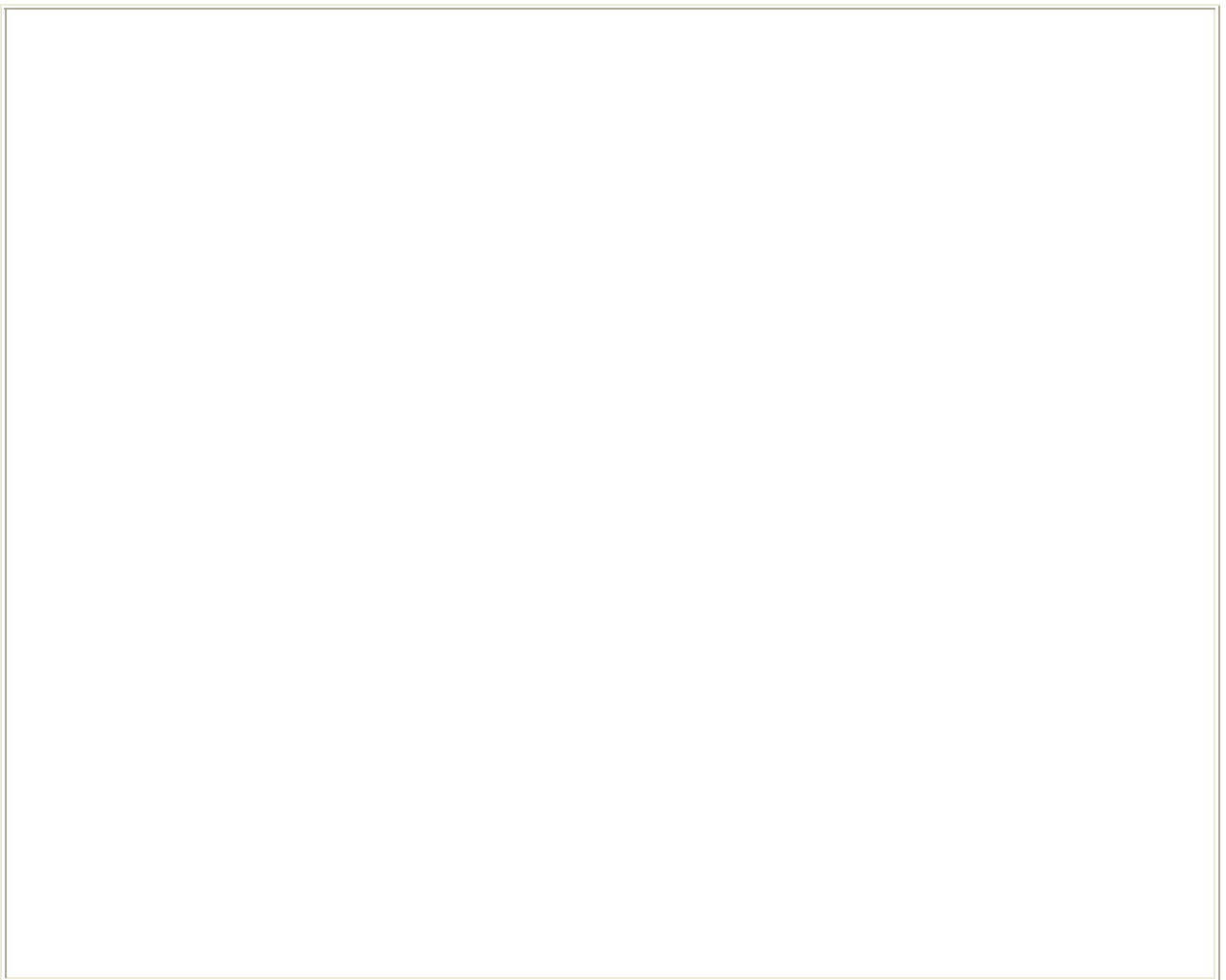
3.25	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Резонанс напряжений
Демонстрация возрастания интенсивности свечения лампы накаливания			
Батарея конденсаторов, катушка индуктивности с сердечником, лампа накаливания			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Катушку индуктивности, батарею конденсаторов, лампу накаливания соединяют последовательно и подключают к источнику переменного напряжения. При введении сердечника в катушку индуктивности лампа начинает гореть ярко, затем по мере перемещения сердечника слабее. Это объясняется увеличением силы тока в лампе при резонансе.

Для заметок:

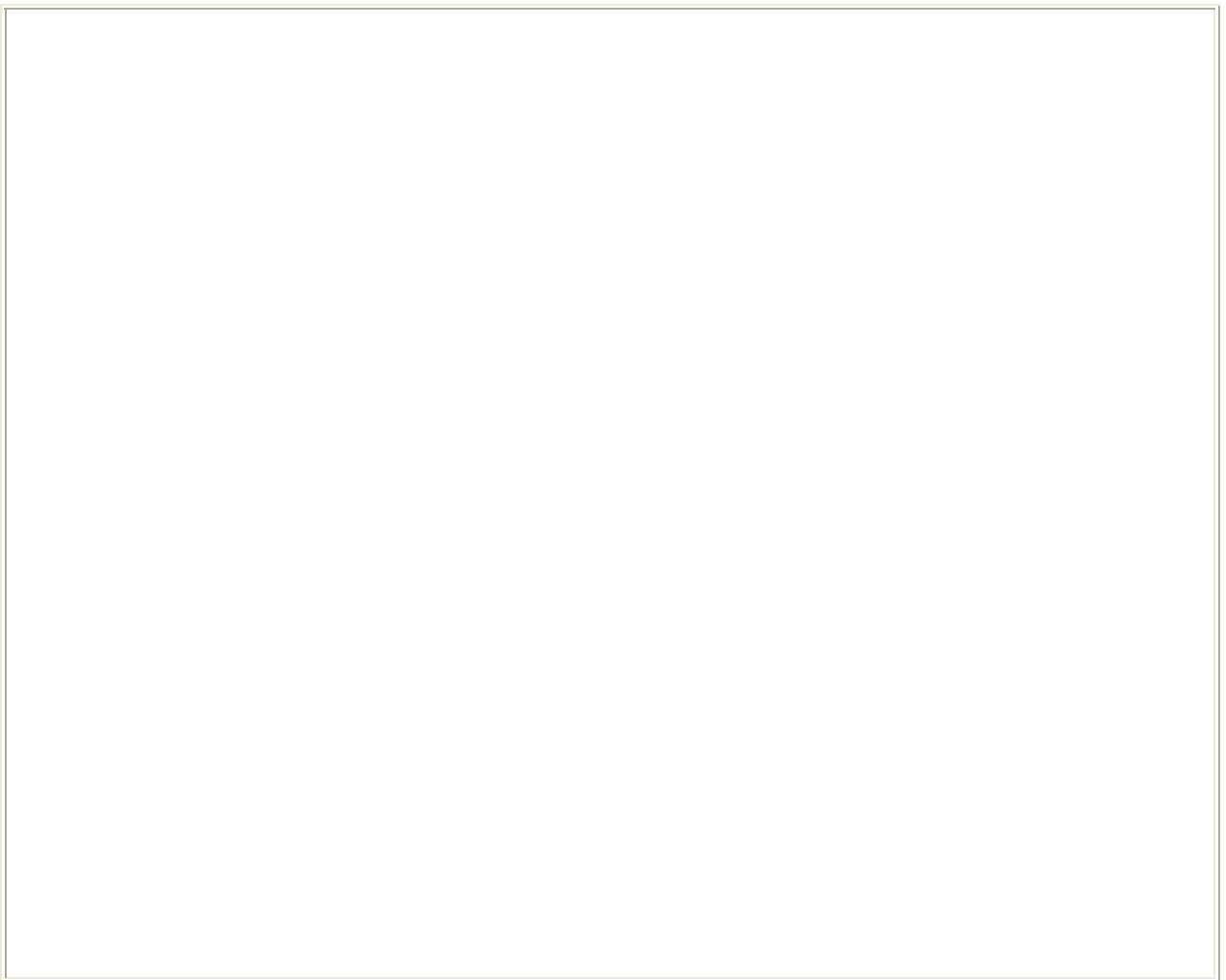
3.26	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Автоколебания
Демонстрация спирали Роже как автоколебательной системы			
Аккумулятор, спираль из медной проволоки, раствор электролита, универсальный штатив			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



При замыкании электрической цепи в спирали возникает электрический ток. Под действием силы Ампера витки спирали сжимаются. Контакт спирали с электролитом нарушается, ток в цепи прекращается. Под действием силы тяжести спираль растягивается, цепь замыкается и в системе возникают автоколебания.

Для заметок:

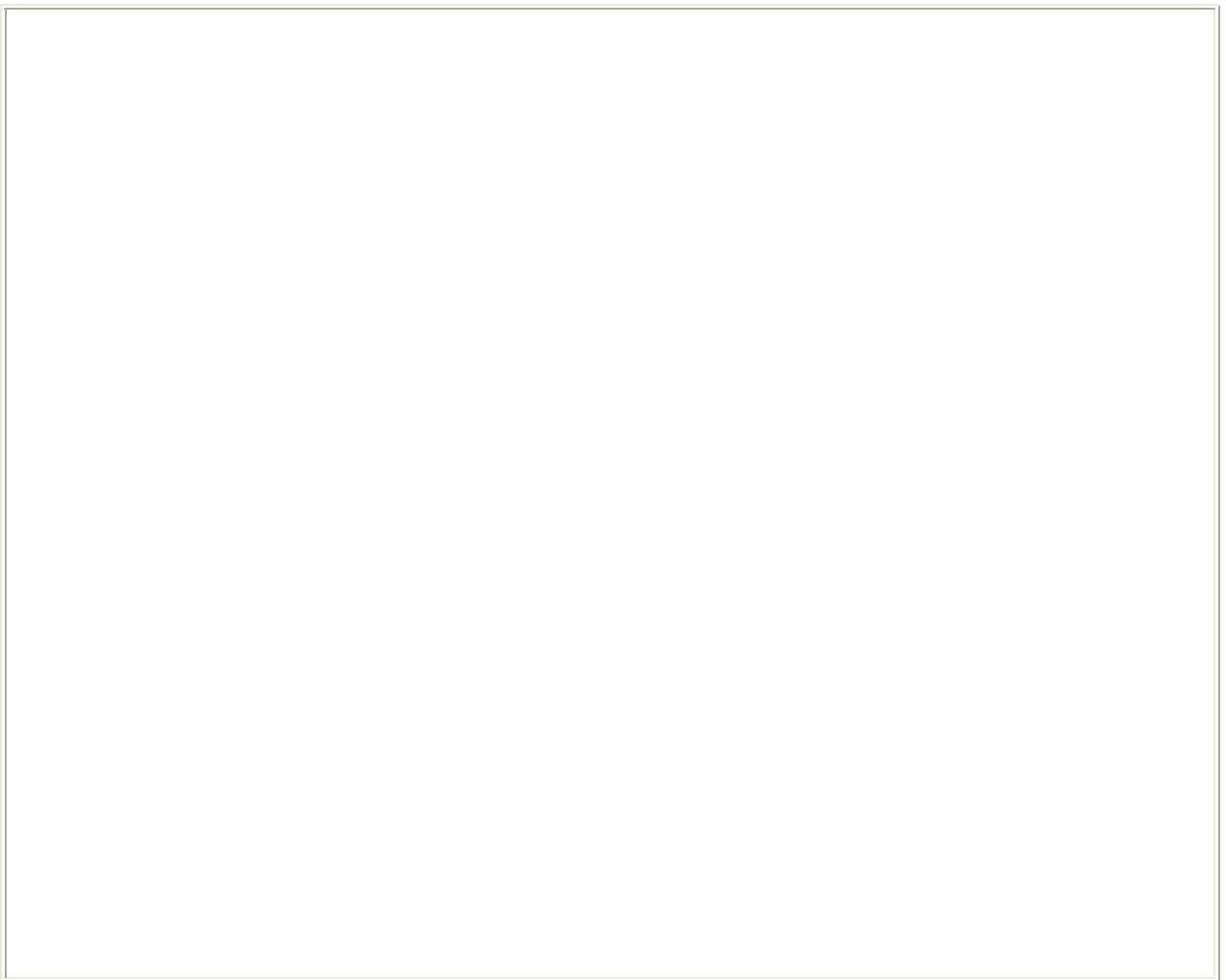
3.27	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЗАДАЧА	Соотношение между током и напряжением в цепи переменного тока
Демонстрация фазовых соотношений в цепи переменного тока			
Двухлучевой осциллограф, резистор, катушка индуктивности, конденсаторы, соединительные провода			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



С помощью двухлучевого осциллографа демонстрируют фазовые соотношения между током и напряжением в цепях переменного тока, содержащих R , C , L при их последовательном соединении. В последнем случае демонстрируют, что напряжения конденсатора и катушки индуктивности находятся в противофазе.

Для заметок:

3.28	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Свойства электромагнитных волн
Демонстрация распространения, поглощения, отражения, преломления, поперечности электромагнитных волн			
«Набор Шахмаева»: клистронный генератор СВЧ-колебаний, рупорные антенны, детекторная секция, волноводы; источник питания, усилитель низкой частоты, генератор звуковых колебаний, громкоговоритель, электронный осциллограф			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



С помощью «набора Шахмаева» демонстрируются основные свойства электромагнитных волн с длиной волны 3 см: распространение, поглощение, отражение, преломление, поперечность.

Для заметок:

3.29	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Интерференция электромагнитных волн
Демонстрация интерференции электромагнитных волн с длиной волны 3 см			
«Набор Шахмаева»: клистронный генератор СВЧ-колебаний, рупорные антенны, детекторная секция, волноводы; генератор звуковой частоты, усилитель низкой частоты, громкоговоритель, выпрямитель, металлический экран			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp

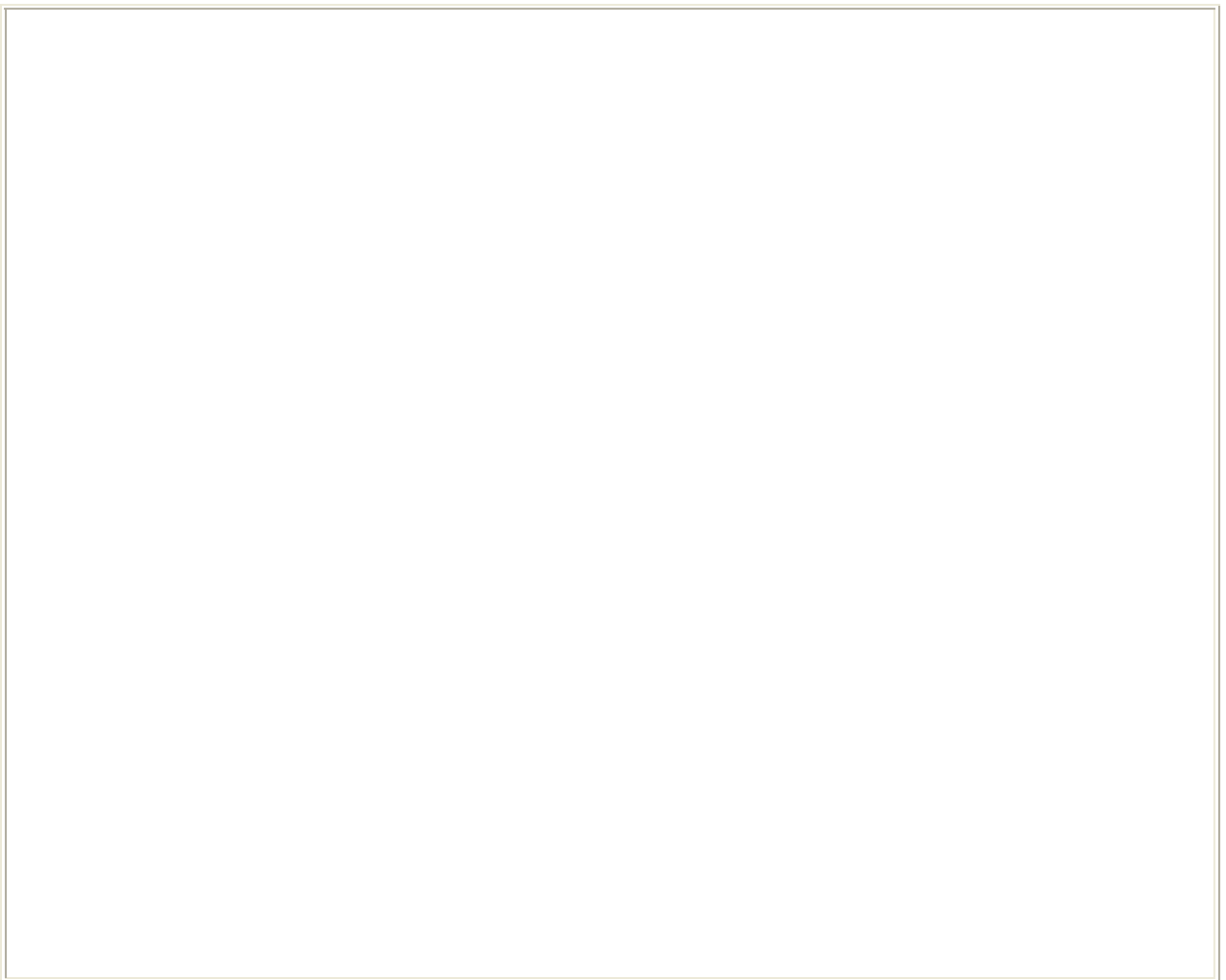


Демонстрируется изменение громкости звука при перемещении металлического экрана относительно рупорных антенн.

Для заметок:

3.30	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ПРИМЕНЕНИЕ	Радиосвязь
-------------	------------------------	-------------------	-------------------

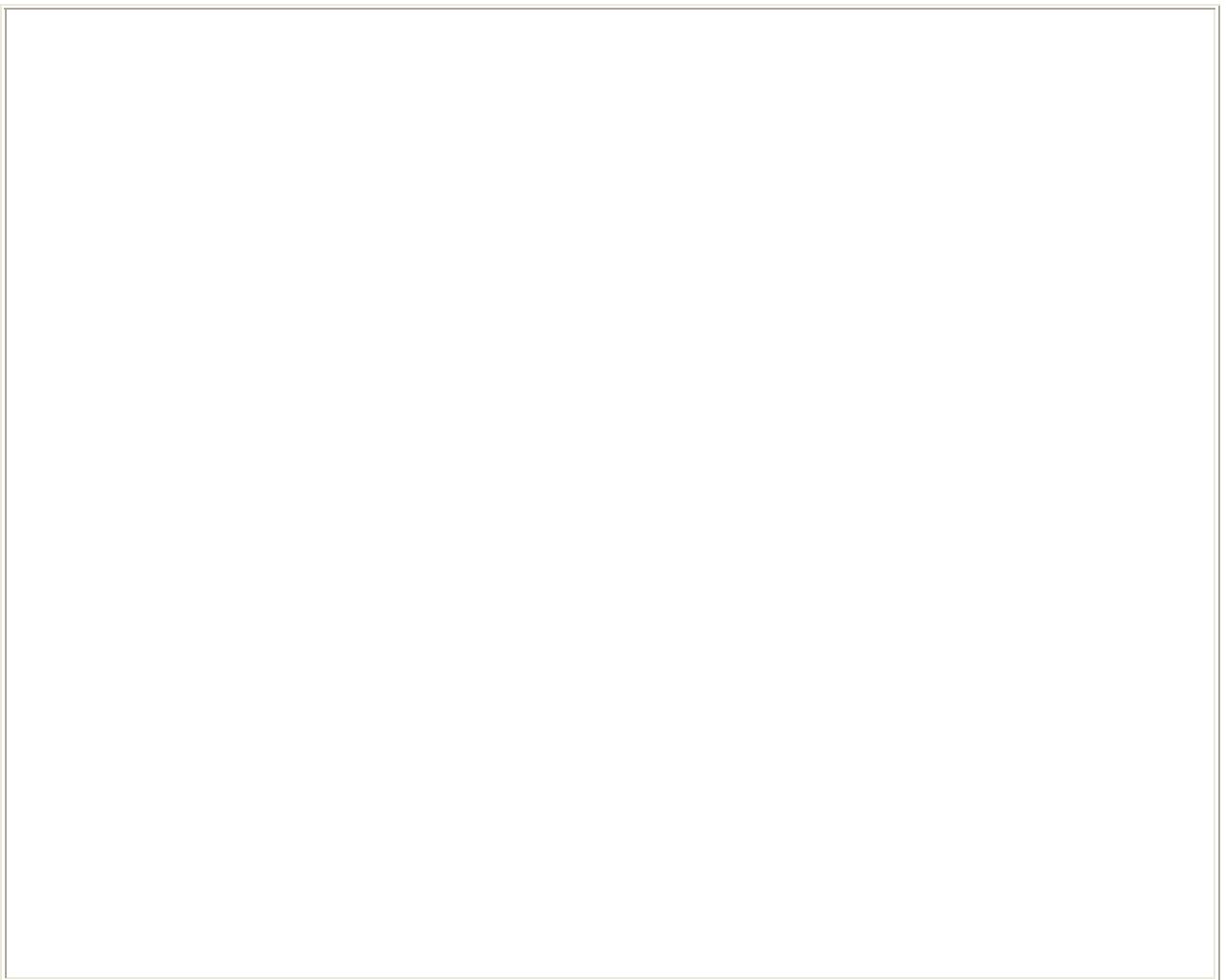
Демонстрация действия детекторного приемника			
Детекторный приемник, усилитель низкой частоты, соединительные провода			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp
<p>К выходу НЧ-фильтра детекторного приемника подключают УНЧ и затем громкоговоритель. На средних волнах удается настроить на радиовещательную станцию так, что радиопередача становится доступной для прослушивания в классе.</p>			
Для заметок:			
3.31	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ПРИМЕНЕНИЕ	Радиосвязь
Демонстрация модуляции амплитуды колебаний			
Генератор электромагнитных колебаний на транзисторе, трансформатор, осциллограф, генератор звуковой частоты, источник питания			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Напряжение транзисторного генератора модулируется низкочастотным сигналом с выхода звукового генератора. На экране осциллографа демонстрируется форма амплитудно-модулированных колебаний. В качестве трансформатора используется школьный повышающий трансформатор.

Для заметок:

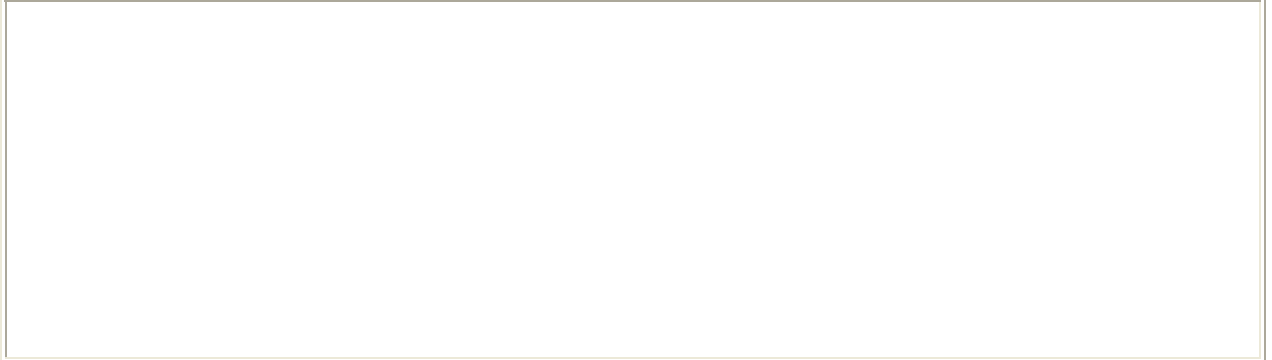
3.32	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ПРИМЕНЕНИЕ	Радиосвязь
Демонстрация процесса детектирования радиосигнала			
Детекторный радиоприемник, генератор электромагнитных колебаний, электронный осциллограф			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Радиосигнал подается на антенный вход детекторного приемника. С помощью осциллографа исследуется форма детектированного сигнала.

Для заметок:

3.33	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ПРИМЕНЕНИЕ	Радиосвязь
Демонстрация модуляции, распространения, детектирования радиосигналов			
«Набор Шахмаева»: клистронный генератор СВЧ-колебаний, рупорные антенны, детекторная секция, волноводы; источник питания, усилитель низкой частоты, генератор звуковых колебаний, громкоговоритель, электронный осциллограф			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp

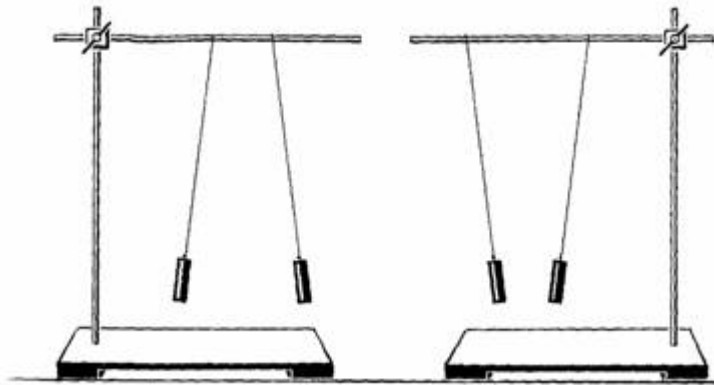


С помощью «набора Шахмаева» в режиме внешней модуляции клистронного генератора демонстрируются основные принципы радиосвязи.

Для заметок:

3.2	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Электрическое взаимодействие тел
Демонстрация взаимодействия наэлектризованных тел			

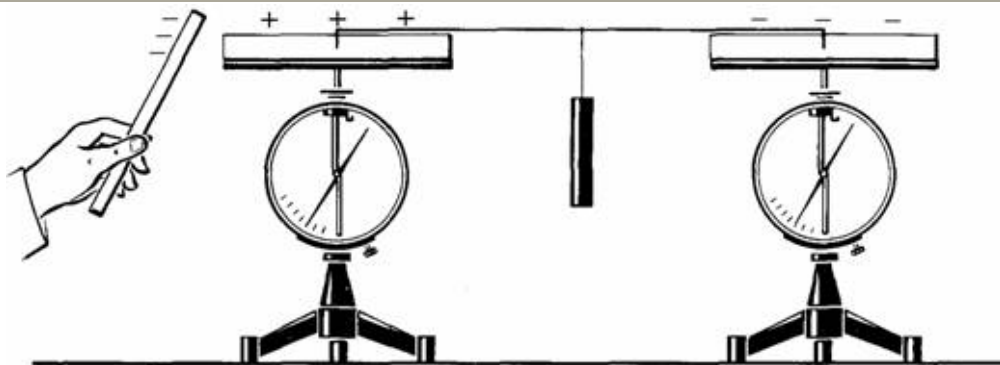
Две бумажные гильзы на длинных нитях, палочки для электризации, два штатива, стеклянная палочка	Шкаф \perp
	Полка \perp
	Стеллаж \perp



Бумажные гильзы электризуются сначала стеклянной палочкой, натертой куском кожи. Наблюдается взаимное отталкивание наэлектризованных тел. Затем после снятия заряда с гильз одна из них электризуется эбонитовой палочкой, натертой куском меха, другая — стеклянной палочкой, натертой куском кожи. Наблюдается взаимное притяжение наэлектризованных тел. Таким образом можно продемонстрировать существование двух типов электрического взаимодействия, которое связывают с существованием в природе двух видов электрических зарядов: положительного и отрицательного.

Для заметок:

3.3	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Электризация тел через влияние
<i>Демонстрация электростатической индукции</i>			
Два металлических цилиндра, два электрометра, металлический проводник, пластмассовая палочка, шерстяная ткань			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



К системе, изображенной на рисунке, подносят наэлектризованную палочку, не касаясь металлических цилиндров. Не убирая палочку, снимают проводник, соединяющий цилиндры. Затем убирают палочку. Электрометры показывают, что металлические цилиндры заряжены. Подносят палочку сначала к одному цилиндру, не касаясь его поверхности, затем к другому и по показаниям электрометров убеждаются, что цилиндры заряжены разноименными зарядами.

Для заметок:

3.4	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Сохранение электрического заряда
<i>Демонстрация сохранения электрического заряда при электризации тел</i>			
Ведерко Фарадея, демонстрационный электрометр, два стеклянных диска, на один из которых наклеена кожа, две стеклянные палочки, склеенные с дисками			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Два стеклянных диска, на один из которых наклеена кожа, электризуются трением внутри ведерка Фарадея, соединенного с демонстрационным электрометром. Поочередно вынимая из ведерка наэлектризованные диски, демонстрируют наличие электрического заряда на них, наблюдая за показаниями электрометра. В равенстве зарядов дисков убеждаются, помещая снова оба диска внутрь ведерка Фарадея и наблюдая нулевые показания электрометра.

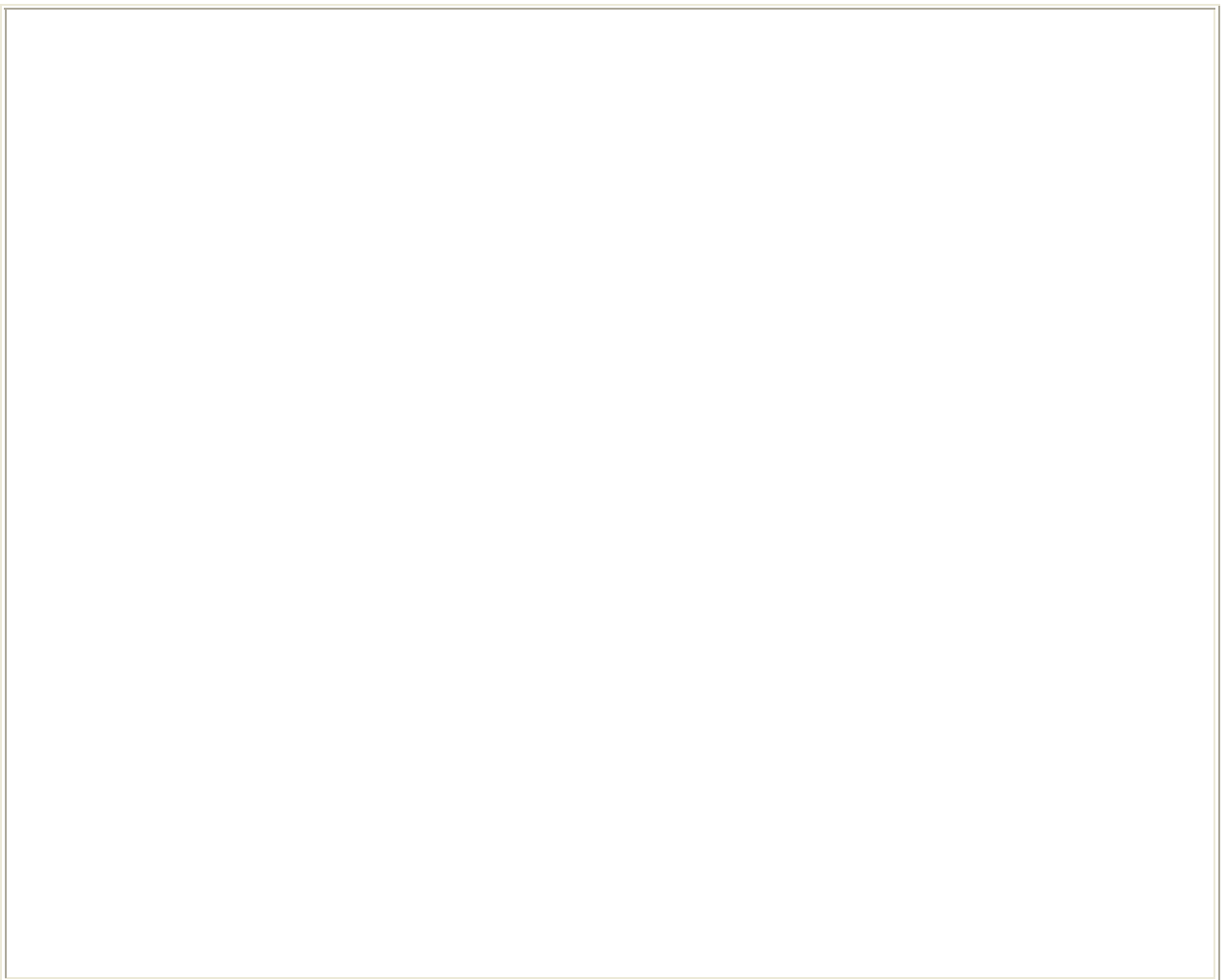
Для заметок:

3.5	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	МЕТОД	Измерение заряда электрона
Демонстрация модели опыта Милликена по измерению заряда электрона			
Электрофорная машина, резиновая спринцовка, мыльный раствор, резиновая трубка с металлическим наконечником, металлический экран в виде сетки на изолирующей ручке			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp

Через резиновую трубку с металлическим наконечником выдувается мыльный пузырь. За счет соединения металлического наконечника с одним из кондукторов электрофорной машины мыльный пузырь наэлектризован. Металлическая сетка и наконечник трубки соединяются с одним и тем же кондуктором машины, что обеспечивает одноименную электризацию экрана и мыльного пузыря. Как только пузырь оторвется от наконечника и начнет опускаться, к нему снизу подводится экран. Сила электрического взаимодействия уравнивает силу тяготения, что приводит к парению пузырька в воздухе.

Для заметок:

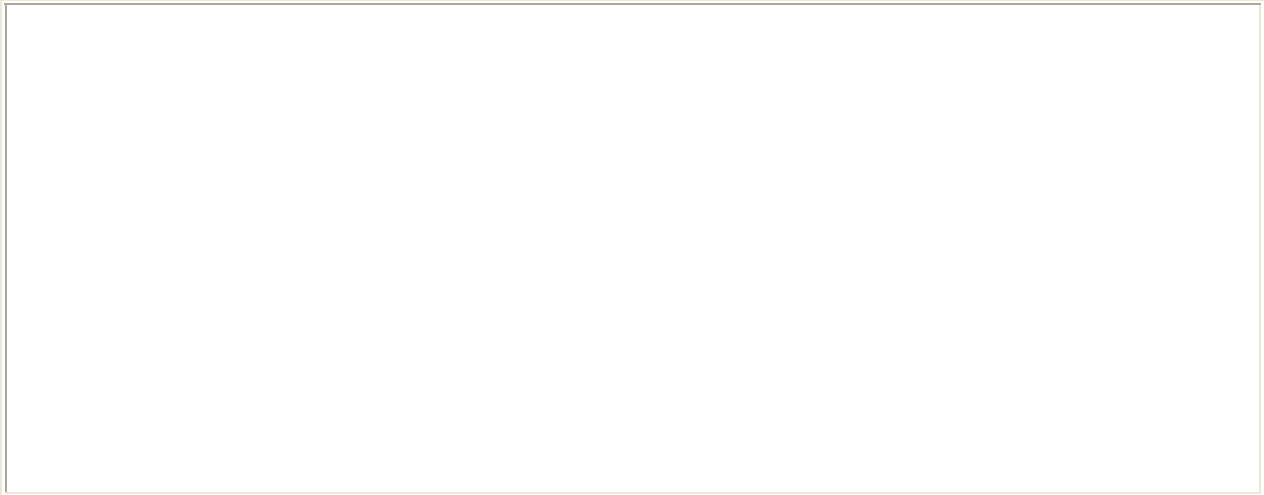
3.6	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ПОНЯТИЕ	Линии напряженности электрического поля
Демонстрация расположения небольших диэлектрических частиц в электрическом поле			
Прибор для демонстрации электрического поля, электрофорная машина или источник высокого напряжения «Разряд-1», кодоскоп, касторовое масло, манная крупа			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



В прозрачную ванночку наливают тонкий слой касторового масла. Помещают в него электроды. Пространство между электродами на поверхности масла засыпают небольшими диэлектрическими частицами, например манной крупой. Подключают электроды к источнику высокого напряжения и наблюдают картину распределения частиц в электрическом поле. Расположение частиц соответствует линиям напряженности электрического поля, созданного в ванночке.

Для заметок:

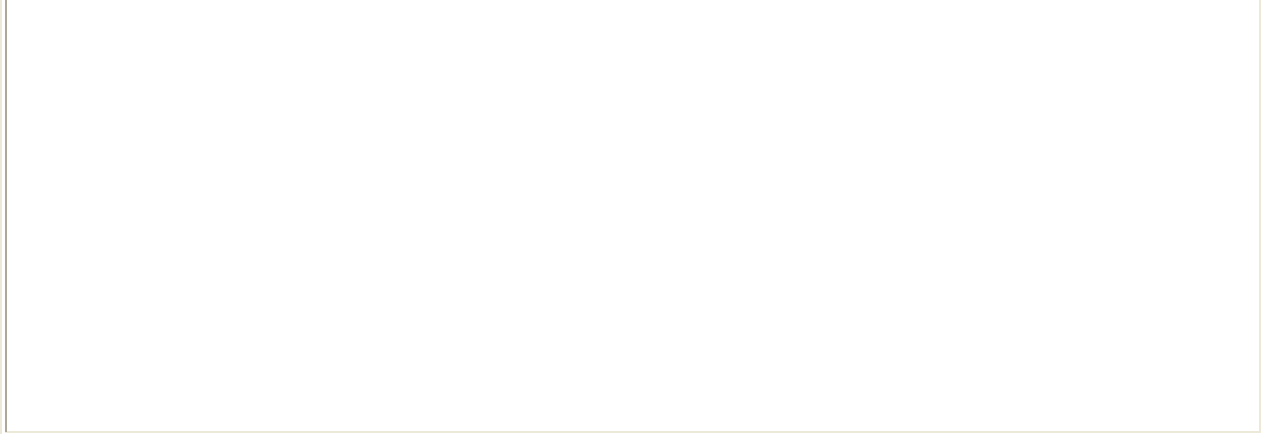
3.7	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Действие постоянного магнита на магнитную стрелку
Демонстрация ориентации магнитной стрелки в поле постоянного магнита			
Постоянный магнит, магнитная стрелка			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Демонстрируется ориентирующее действие магнитного поля постоянного магнита на магнитную стрелку.

Для заметок:

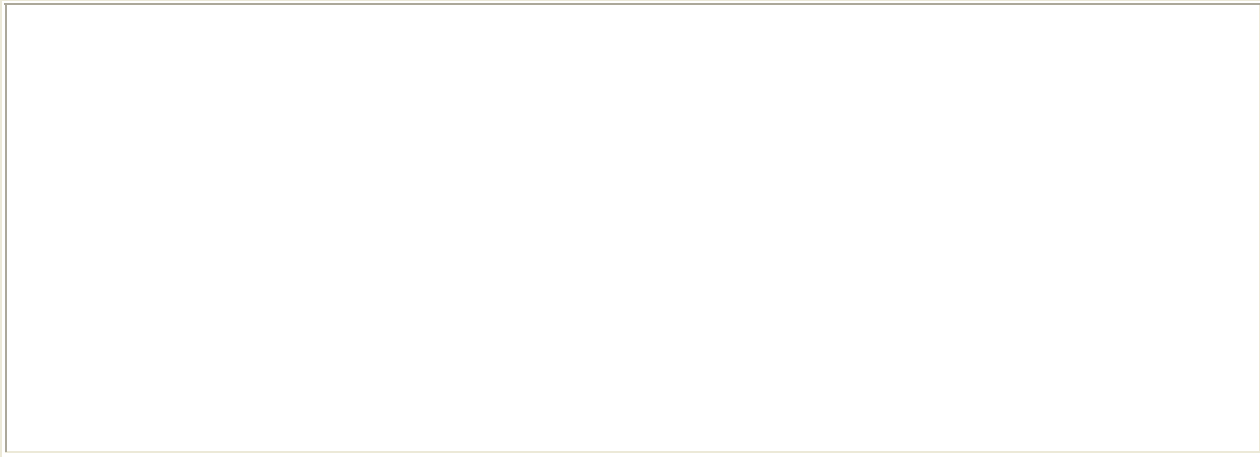
3.8	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ПОНЯТИЕ	Линии магнитной индукции
Демонстрация расположения множества магнитных стрелок в поле постоянного магнита			
Постоянный U-образный магнит, 20 магнитных стрелок, помещенных между двумя стеклянными пластинами, кодоскоп			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



На классной доске наблюдается проекция множества магнитных стрелок, помещенных в магнитное поле постоянного U-образного магнита. Проводятся линии, касательные к которым совпадают с направлениями магнитных стрелок в местах их расположения. Направление линий определяют от южного полюса магнитной стрелки к северному полюсу. Проведенные таким образом линии называют линиями индукции магнитного поля.

Для заметок:

3.9	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Действие магнитного поля на рамку с током
Демонстрация ориентирующего действия магнитного поля на рамку с током			
U-образный магнит, рамка с током, источник питания			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Демонстрируется поворот рамки с током в магнитном поле постоянного магнита.

Для заметок:

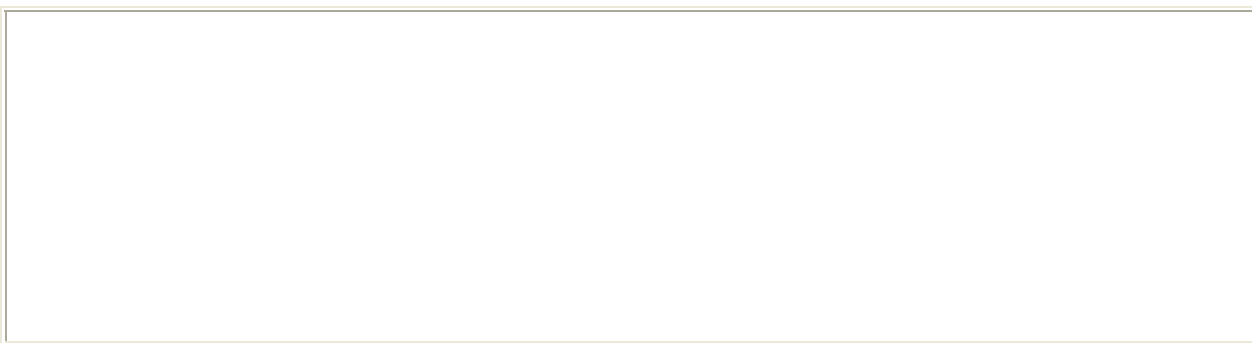
3.10	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ПОНЯТИЕ	Сила Ампера
Демонстрация действия силы Ампера на проводник с током в магнитном поле			
U-образный магнит, амперметр демонстрационный, линейный проводник, источник питания, универсальный штатив			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Демонстрируется отклонение проводника с током в поле постоянного магнита. Отклонение тем больше, чем больше сила тока в проводнике. При изменении направления тока направление силы Ампера изменяется на противоположное.

Для заметок:

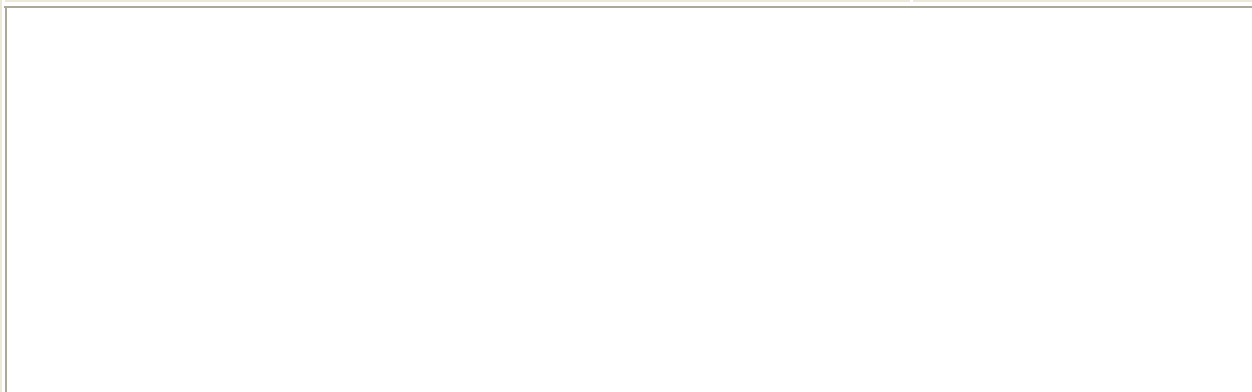
3.11	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Отклонение электронного пучка в магнитном поле
Демонстрация смещения пятна на экране электронно-лучевой трубки			
Демонстрационная электронно-лучевая трубка, магнит			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp
<p>Демонстрируется смещение пятна на экране демонстрационной электронно-лучевой трубки под действием силы Лоренца при помещении трубки в магнитное поле. Наблюдают, как смещается электронный пучок при изменении положения магнита в пространстве относительно корпуса трубки. Для определения направления смещения пятна на экране электронно-лучевой трубки применяется правило левой руки.</p>			
<i>Для заметок:</i>			
3.12	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Отклонение электронного пучка в магнитном поле
Демонстрация отклонения электронного пучка в магнитном поле			
Прибор для демонстрации действия силы Лоренца, источник питания			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp
<p>В стеклянный шар вмонтирована электронная пушка, из него откачан газ. В шаре с помощью катушек Гельмгольца создается магнитное поле, действующее на пучок электронов, вылетающих из электронной пушки. Под действием силы Лоренца траектория электронов изменяется — об этом можно судить по искривлению светящегося следа, оставляемого пучком внутри колбы при возбуждении молекул газа, оставшегося в колбе.</p>			
<i>Для заметок:</i>			
3.13	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ПОНЯТИЕ	Линии магнитной индукции
Демонстрация расположения железных опилок в магнитном поле прямого тока, рамки с током, соленоида			
Прямой провод, рамка, соленоид, укрепленные на прозрачной основе, железные опилки, кодоскоп			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



При использовании метода оптической проекции наблюдается распределение железных опилок на прозрачной основе в магнитном поле прямого тока, рамки с током, соленоида. На примере демонстрируемых полей обсуждаются понятие линий магнитной индукции, особенности их распределения в пространстве.

Для заметок:

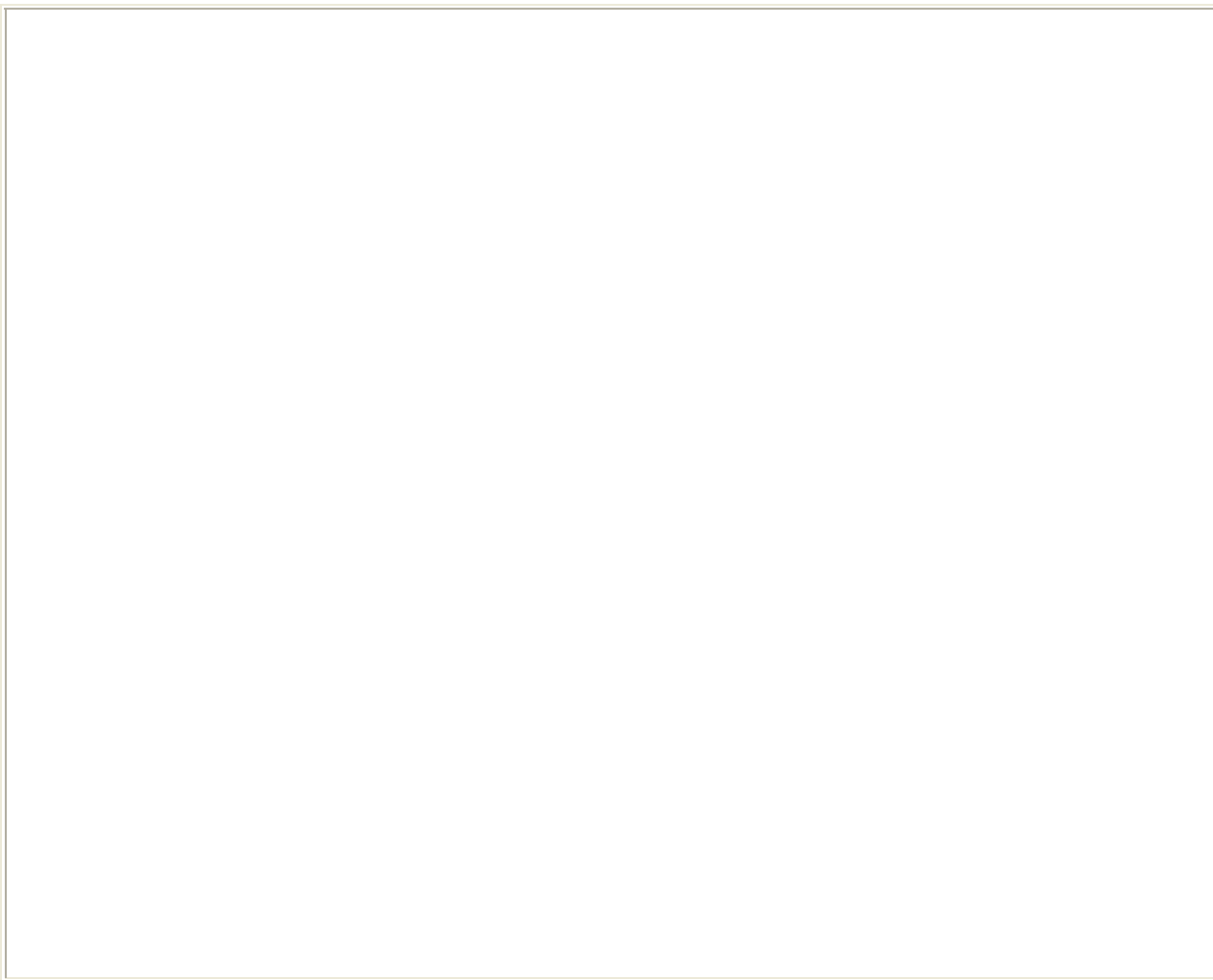
3.14	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Взаимодействие проводников с током
Демонстрация взаимодействия проводников с током			
Полоски алюминиевой фольги длиной 1 м, диапроектор, источник питания, универсальный штатив			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



При протекании тока по полоскам алюминиевой фольги они отталкиваются или притягиваются в зависимости от направления токов в проводниках. Полоски укрепляются на специальном держателе так, чтобы расстояние между проводниками было равно 1—2 см. При силе тока 2—4 А эффект взаимодействия наблюдается достаточно убедительно с применением метода оптической проекции.

Для заметок:

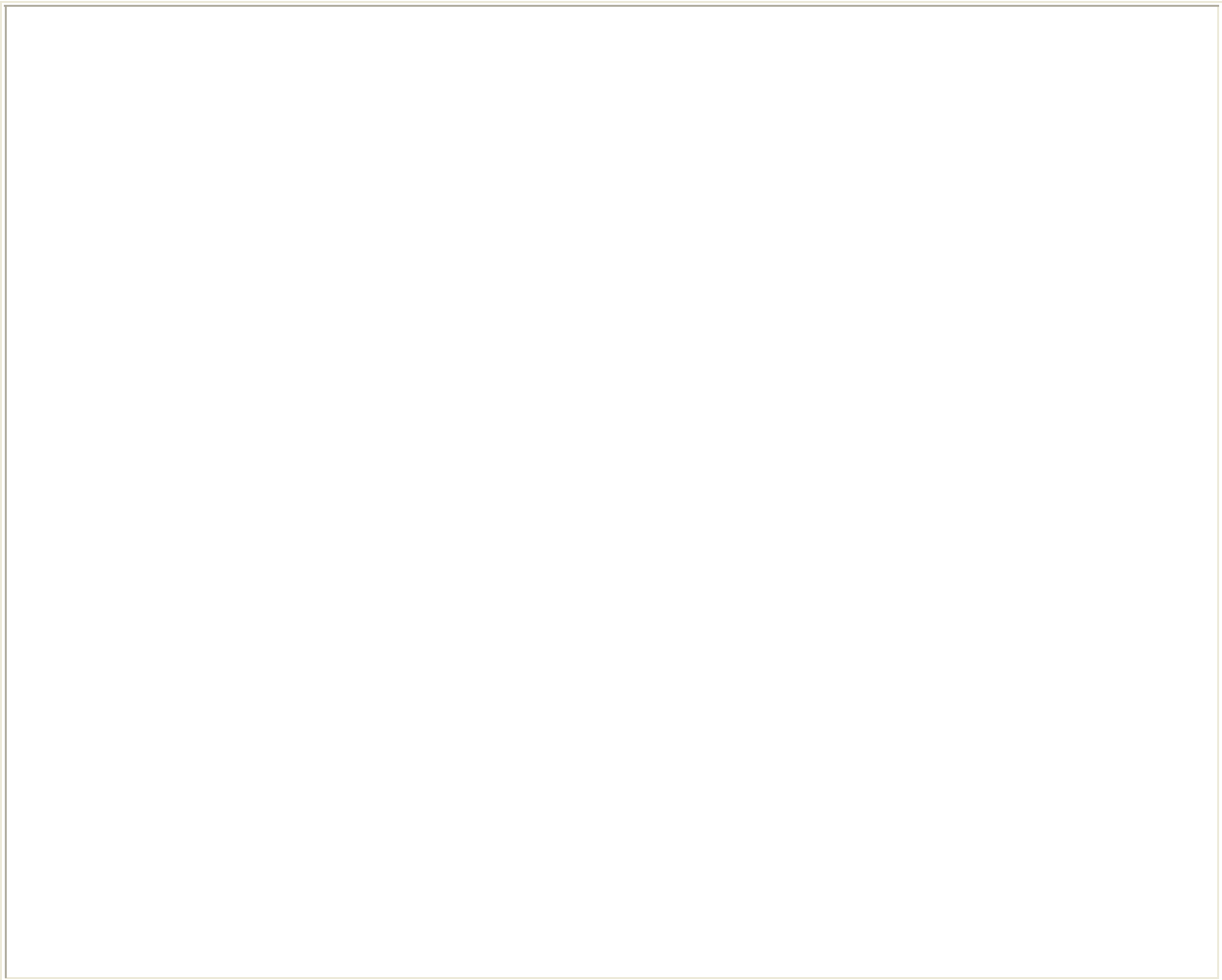
3.15	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Электромагнитная индукция
Демонстрация опытов Фарадея			
Постоянный магнит, две многовитковые катушки, гальванометр, железный сердечник, реостат, источник питания			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



В первом опыте индукционный ток наблюдается при перемещении магнита относительно катушки или катушки относительно магнита, во втором — при относительном перемещении катушки, в третьем — при изменении силы тока в электрической цепи катушки, подключенной к источнику питания.

Для заметок:

3.16	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Электромагнитная индукция
Демонстрация опытов Фарадея			
Две катушки, гальванометр, ключ, реостат, железный сердечник, источник питания			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Перемещая одну катушку с током относительно другой, подключенной к гальванометру, или изменяя силу тока в первой катушке, наблюдают за отклонением стрелки гальванометра.

Для заметок:

3.17 ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

ЯВЛЕНИЕ

Электромагнитная индукция

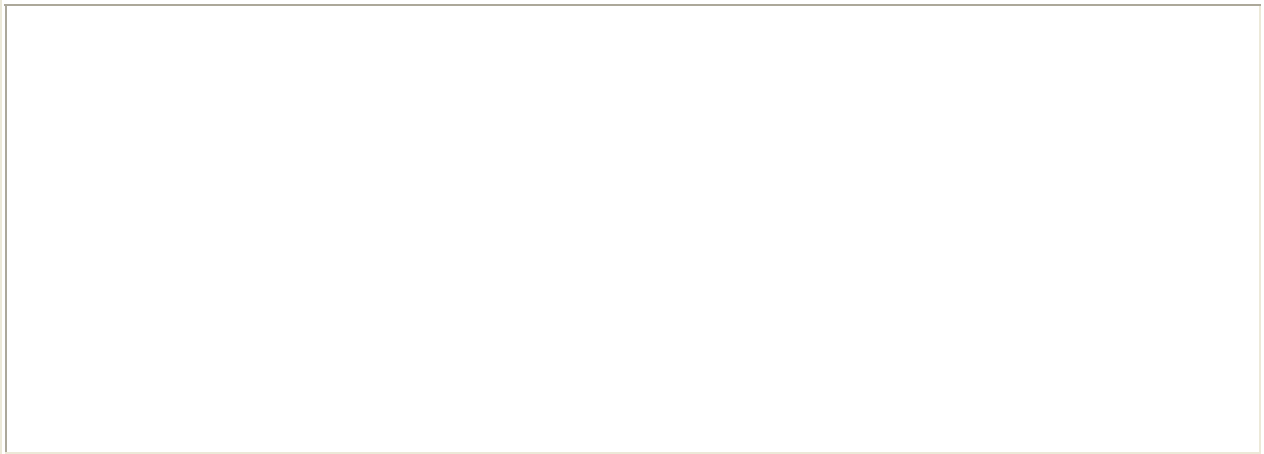
Демонстрация явления электромагнитной индукции при перемещении проводника относительно магнита

Магнит, гальванометр, проводник

Шкаф \perp

Полка \perp

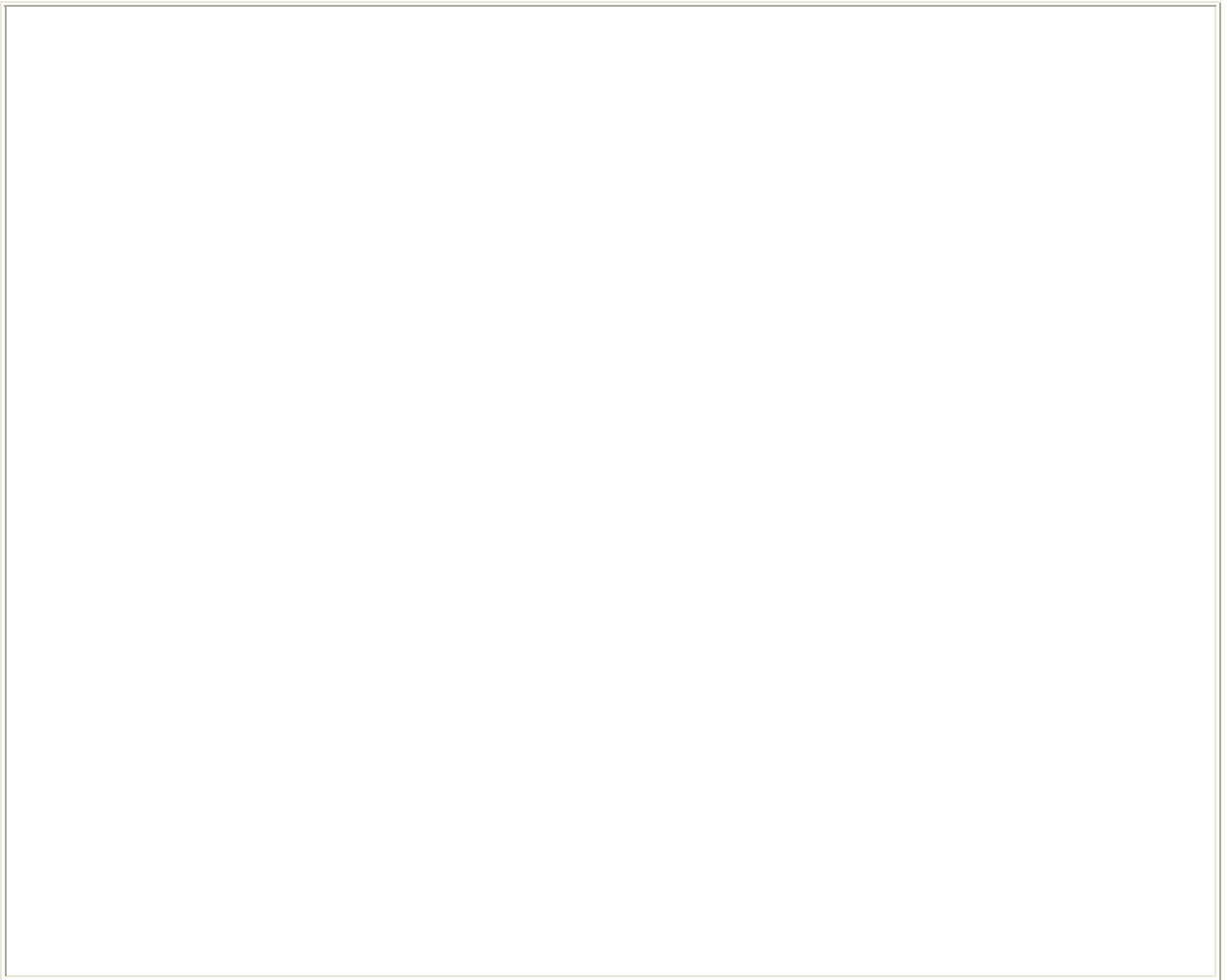
Стеллаж \perp



При перемещении проводника относительно постоянного магнита гальванометр регистрирует возникновение электрического тока в контуре с проводником.

Для заметок:

3.18	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Электромагнитная индукция
Демонстрация явления электромагнитной индукции при перемещении проводника относительно магнита			
U-образный магнит, демонстрационный гальванометр с оптической индикацией, металлические направляющие, два универсальных штатива			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp
<p>При перемещении металлического стержня по металлическим направляющим в магнитном поле постоянного магнита возникает ЭДС индукции. В цепи, образуемой металлическим стержнем, соединенным с гальванометром, возникает под действием ЭДС индукции электрический ток, регистрируемый чувствительным гальванометром.</p> <p><i>Для заметок:</i></p>			
3.19	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЗАКОН	Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца
Демонстрация вращения U-образного магнита вслед за вращающимся проводящим диском			
U-образный магнит, металлический диск из набора по механике, универсальный штатив, нить			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



U-образный магнит подвешивают на нити над металлическим диском, способным вращаться вокруг вертикальной оси. При вращении металлического диска магнит приходит во вращение в направлении, совпадающем с направлением движения диска, что демонстрирует справедливость правила Ленца.

Для заметок:

3.20	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЗАКОН	Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца
Демонстрация взаимодействия индукционного тока с магнитом			
Два алюминиевых кольца — одно сплошное, другое разрезанное, — укрепленные на коромысле, магнит			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Перемещение магнита относительно алюминиевого сплошного кольца вызывает поворот коромысла в сторону от магнита или к магниту в зависимости от направления движения магнита. Перемещение магнита относительно кольца с прорезью не приводит к движению коромысла.

Для заметок:

3.21	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Магнитоэлектрическая индукция
-------------	------------------------	----------------	--------------------------------------

Демонстрация магнитного поля тока смещения

Электрофорная машина, демонстрационная электронно-лучевая трубка, постоянный магнит, демонстрационный конденсатор, соединительные провода

Шкаф \perp

Полка \perp

Стеллаж \perp

Кондукторы электрофорной машины соединяют с пластинами демонстрационного конденсатора. При проскакивании электрической искры между кондукторами электрическое поле между обкладками конденсатора изменяется очень быстро, что вызывает значительный ток смещения. В пространстве около пластин конденсатора возникает магнитное поле. О появлении магнитного поля в результате изменения со временем электрического поля судят по отклонению изображения электронного пучка на экране электронно-лучевой трубки. Направление возникающего магнитного поля определяют по направлению отклонения электронного пучка под действием постоянного магнита.

Для заметок:

3.22	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Самоиндукция
-------------	------------------------	----------------	---------------------

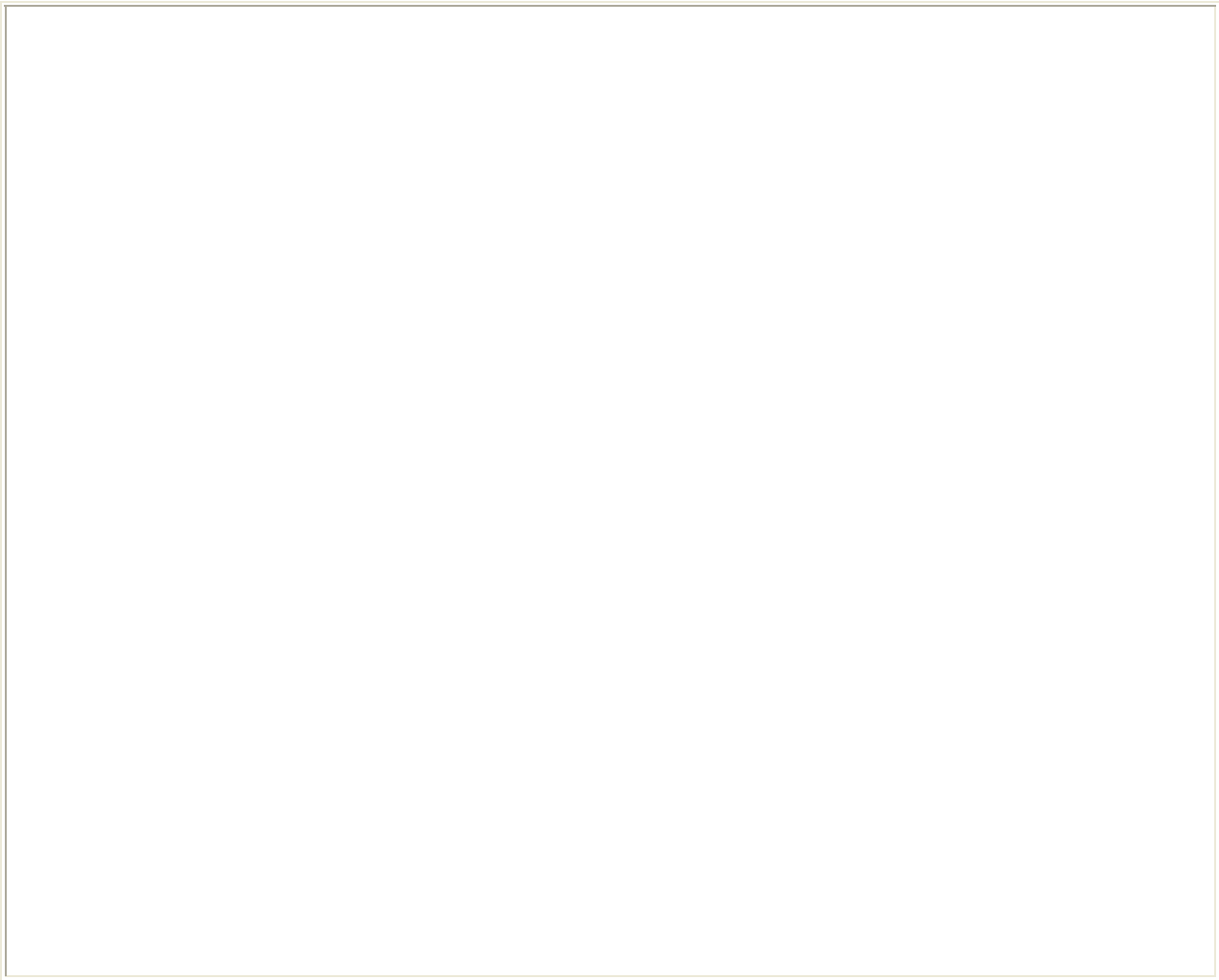
Демонстрация запаздывания времени загорания лампы накаливания

Две лампы накаливания, катушка индуктивности, резистор, ключ, источник питания

Шкаф \perp

Полка \perp

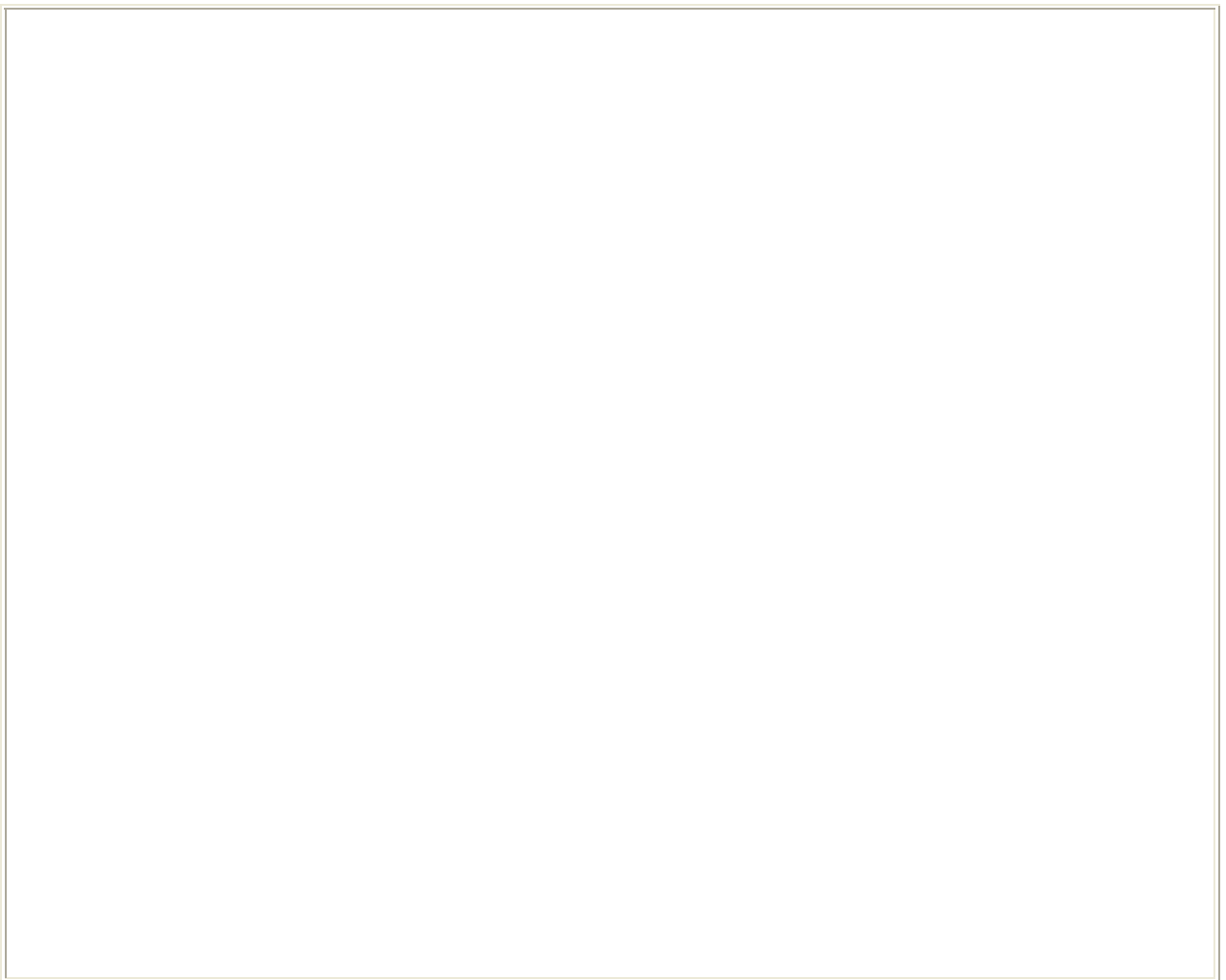
Стеллаж \perp



При замыкании ключа лампа в цепи с катушкой индуктивности загорается позже лампы в цепи с резистором из-за явления самоиндукции.

Для заметок:

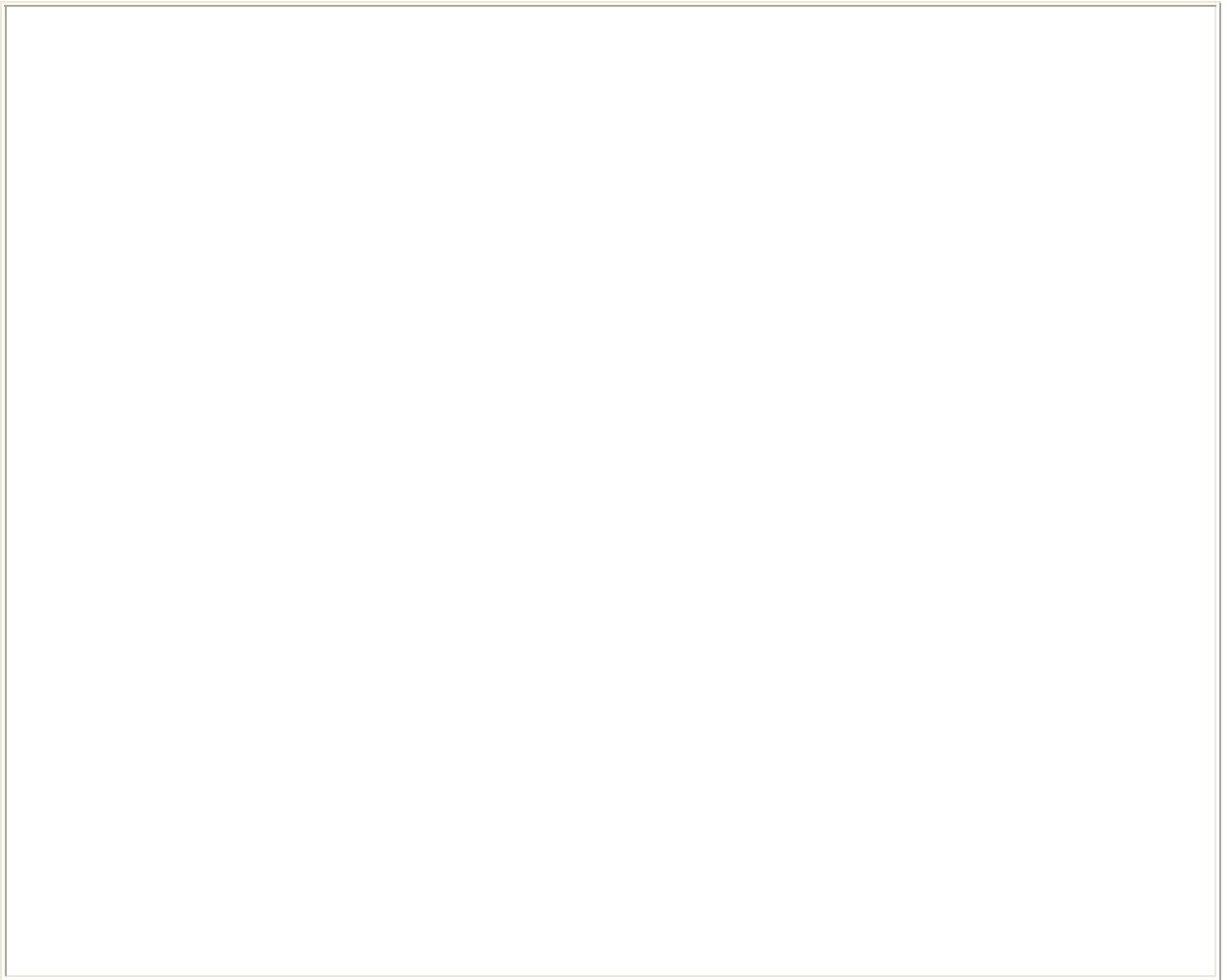
3.23	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Свободные колебания
Демонстрация осциллограмм свободных колебаний в колебательном контуре			
Колебательный контур, школьный электронный осциллограф, соединительные провода			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Пилообразное напряжение подается на колебательный контур. Напряжение с резистора в цепи с катушкой индуктивности подается на вход вертикального усилителя осциллографа. На экране осциллографа наблюдаются осциллограммы затухающих колебаний.

Для заметок:

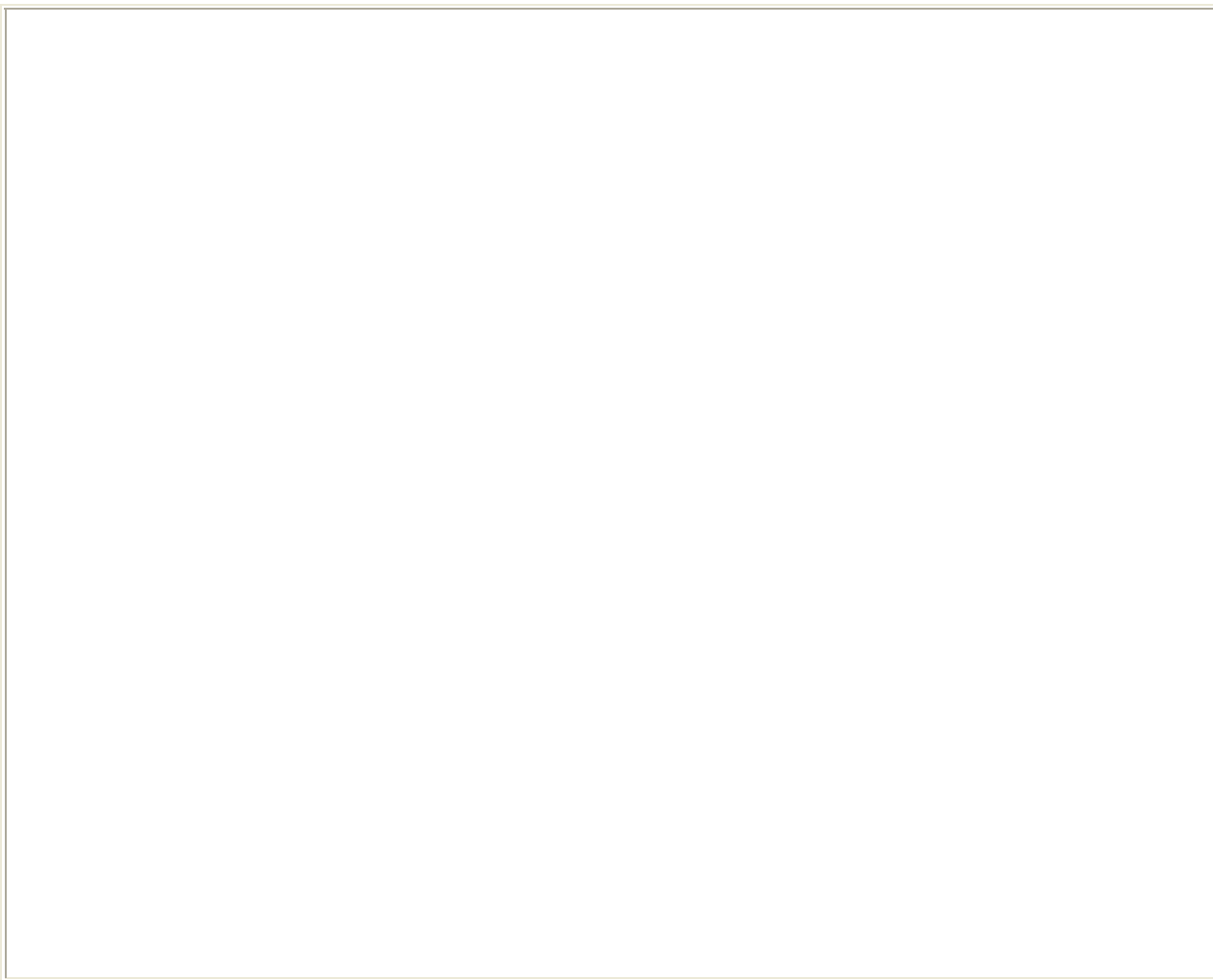
3.24	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Вынужденные колебания
Демонстрация осциллограмм вынужденных колебаний			
Реостат, школьный электронный осциллограф, соединительные провода			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



С помощью реостата подают напряжение с промышленной частотой на вертикальный вход осциллографа. Наблюдают осциллограмму вынужденных электрических колебаний на экране осциллографа.

Для заметок:

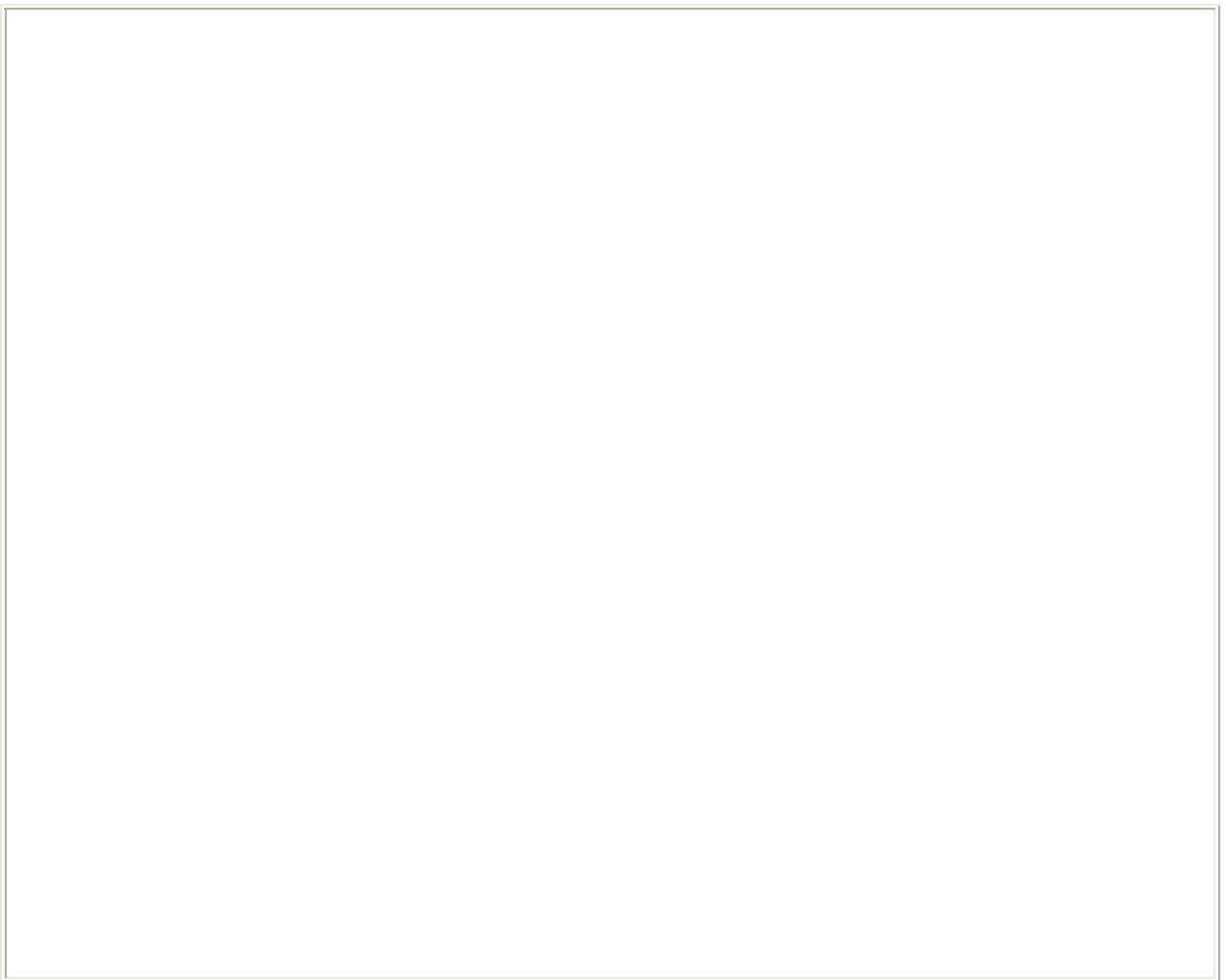
3.25	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Резонанс напряжений
Демонстрация возрастания интенсивности свечения лампы накаливания			
Батарея конденсаторов, катушка индуктивности с сердечником, лампа накаливания			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Катушку индуктивности, батарею конденсаторов, лампу накаливания соединяют последовательно и подключают к источнику переменного напряжения. При введении сердечника в катушку индуктивности лампа начинает гореть ярко, затем по мере перемещения сердечника слабее. Это объясняется увеличением силы тока в лампе при резонансе.

Для заметок:

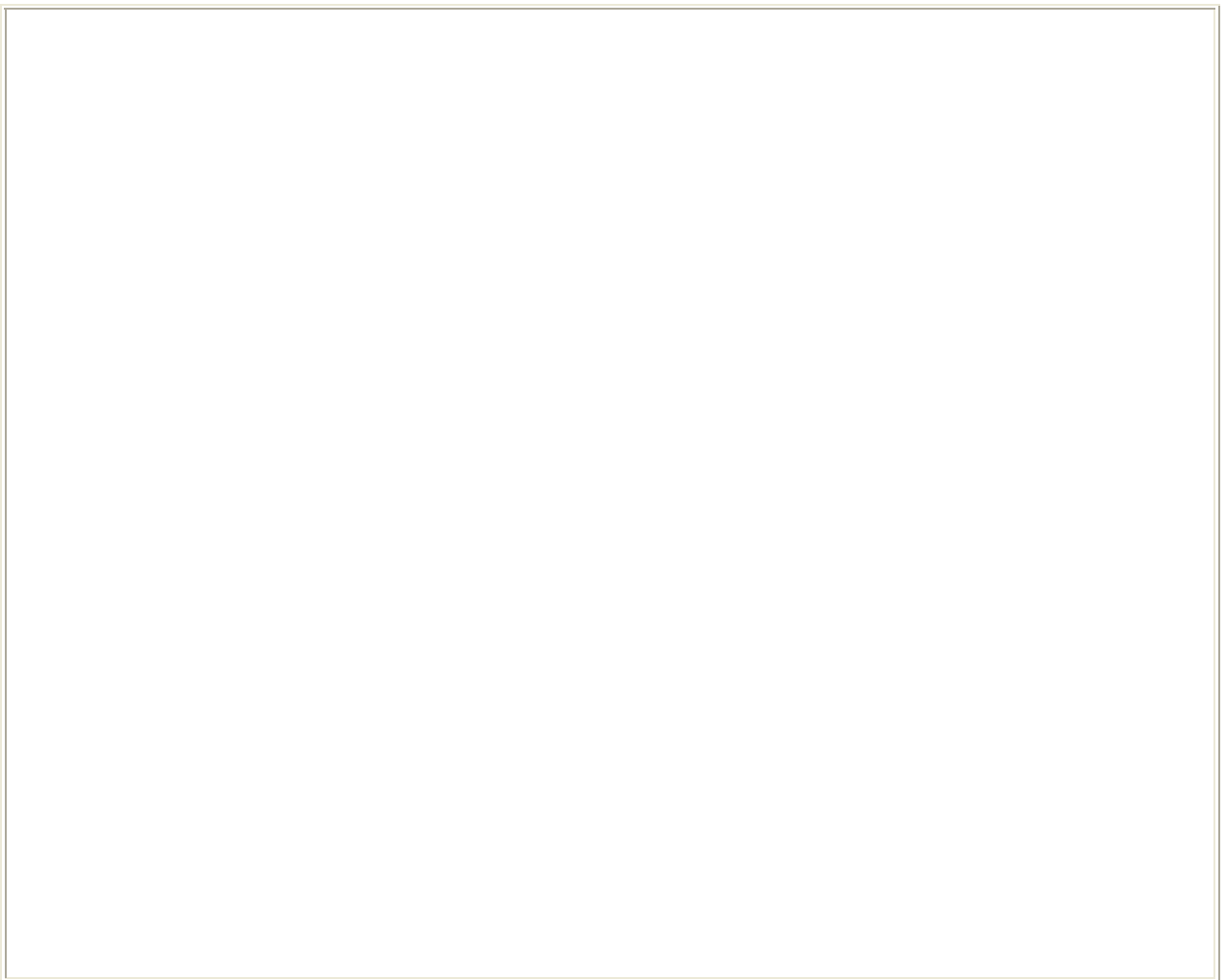
3.26	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Автоколебания
Демонстрация спирали Роже как автоколебательной системы			
Аккумулятор, спираль из медной проволоки, раствор электролита, универсальный штатив			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



При замыкании электрической цепи в спирали возникает электрический ток. Под действием силы Ампера витки спирали сжимаются. Контакт спирали с электролитом нарушается, ток в цепи прекращается. Под действием силы тяжести спираль растягивается, цепь замыкается и в системе возникают автоколебания.

Для заметок:

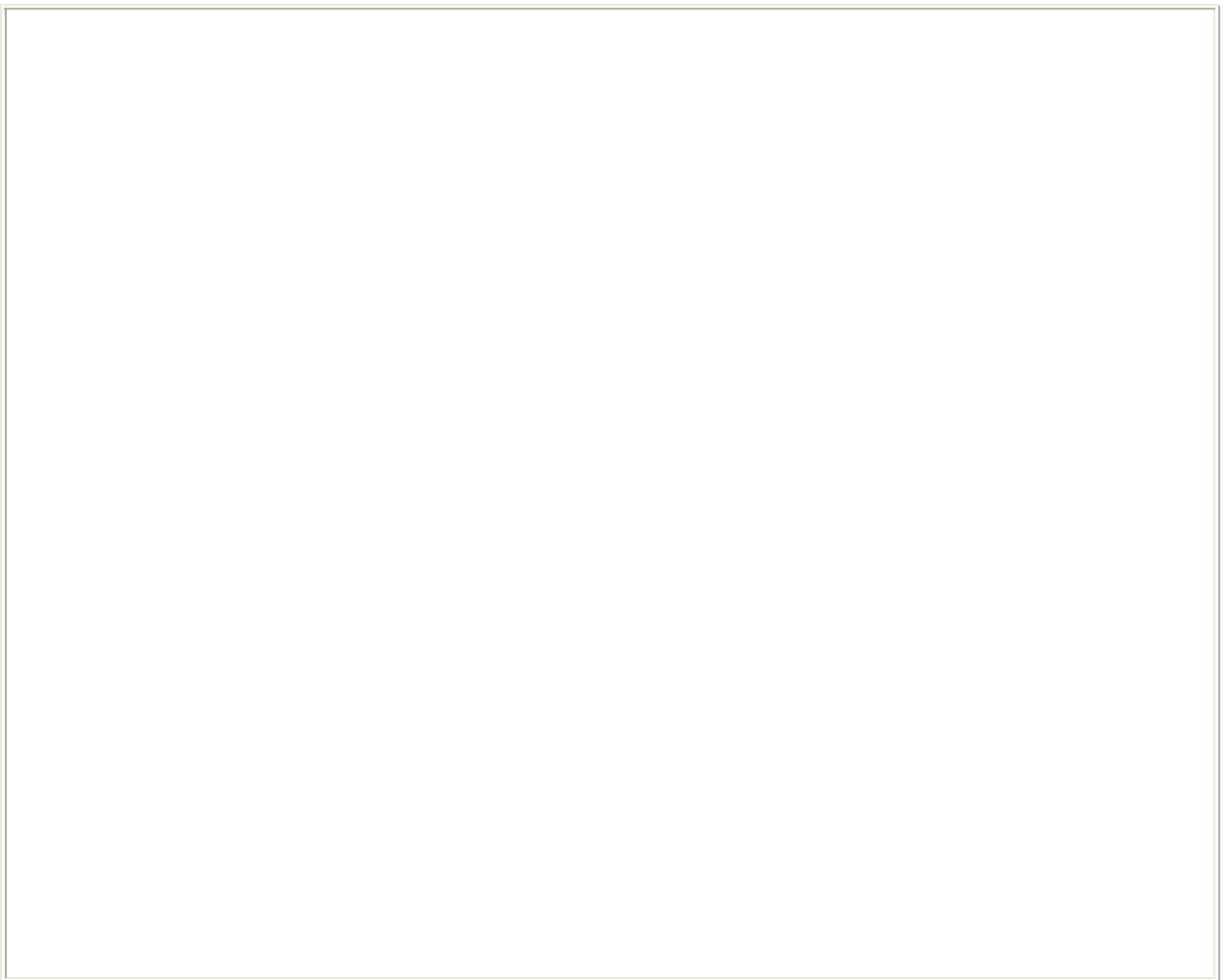
3.27	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЗАДАЧА	Соотношение между током и напряжением в цепи переменного тока
Демонстрация фазовых соотношений в цепи переменного тока			
Двухлучевой осциллограф, резистор, катушка индуктивности, конденсаторы, соединительные провода			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



С помощью двухлучевого осциллографа демонстрируют фазовые соотношения между током и напряжением в цепях переменного тока, содержащих R , C , L при их последовательном соединении. В последнем случае демонстрируют, что напряжения конденсатора и катушки индуктивности находятся в противофазе.

Для заметок:

3.28	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Свойства электромагнитных волн
Демонстрация распространения, поглощения, отражения, преломления, поперечности электромагнитных волн			
«Набор Шахмаева»: клистронный генератор СВЧ-колебаний, рупорные антенны, детекторная секция, волноводы; источник питания, усилитель низкой частоты, генератор звуковых колебаний, громкоговоритель, электронный осциллограф			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



С помощью «набора Шахмаева» демонстрируются основные свойства электромагнитных волн с длиной волны 3 см: распространение, поглощение, отражение, преломление, поперечность.

Для заметок:

3.29	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ЯВЛЕНИЕ	Интерференция электромагнитных волн
Демонстрация интерференции электромагнитных волн с длиной волны 3 см			
«Набор Шахмаева»: клистронный генератор СВЧ-колебаний, рупорные антенны, детекторная секция, волноводы; генератор звуковой частоты, усилитель низкой частоты, громкоговоритель, выпрямитель, металлический экран			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp

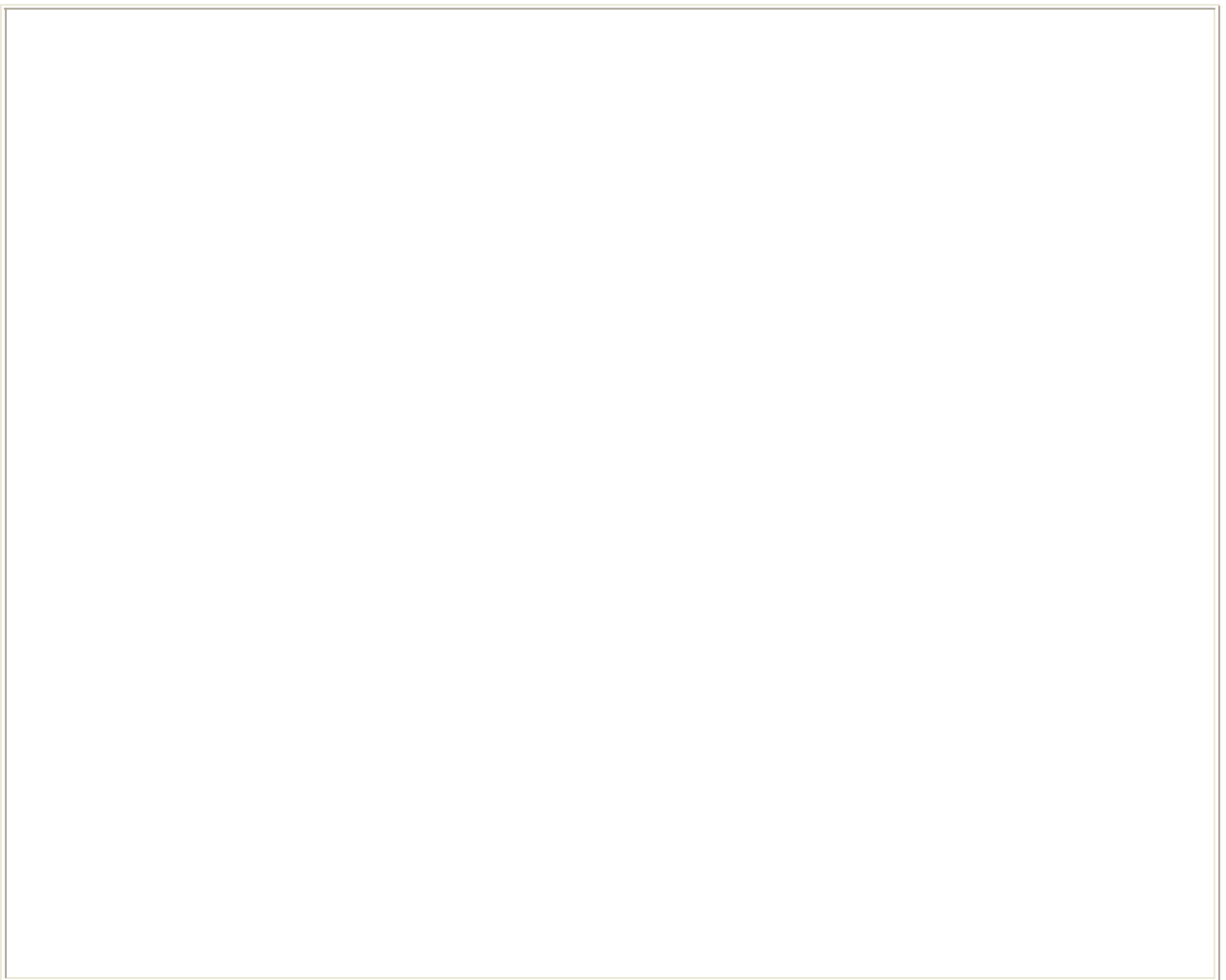


Демонстрируется изменение громкости звука при перемещении металлического экрана относительно рупорных антенн.

Для заметок:

3.30	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ПРИМЕНЕНИЕ	Радиосвязь
-------------	------------------------	-------------------	-------------------

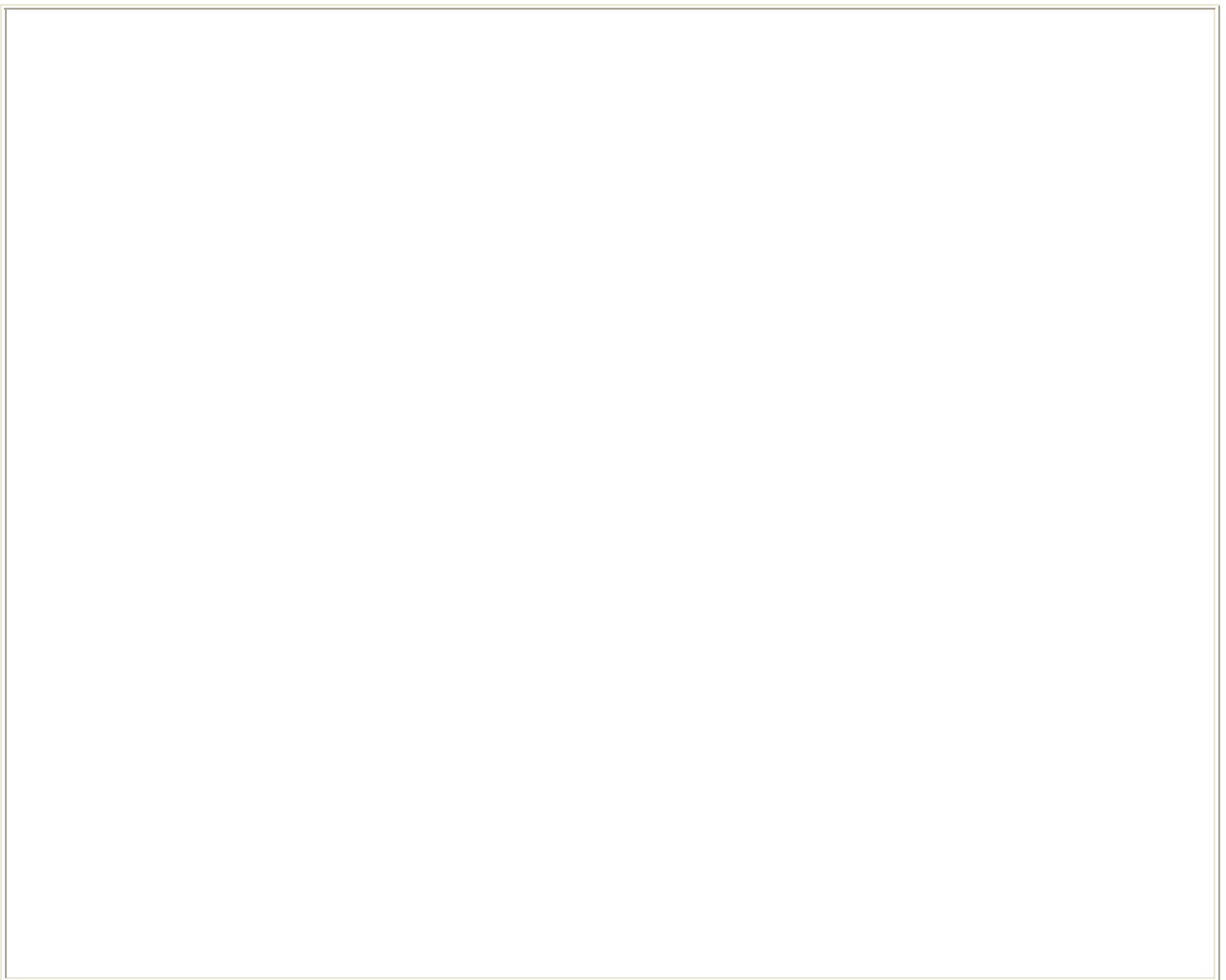
Демонстрация действия детекторного приемника			
Детекторный приемник, усилитель низкой частоты, соединительные провода			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp
<p>К выходу НЧ-фильтра детекторного приемника подключают УНЧ и затем громкоговоритель. На средних волнах удается настроить на радиовещательную станцию так, что радиопередача становится доступной для прослушивания в классе.</p>			
Для заметок:			
3.31	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ПРИМЕНЕНИЕ	Радиосвязь
Демонстрация модуляции амплитуды колебаний			
Генератор электромагнитных колебаний на транзисторе, трансформатор, осциллограф, генератор звуковой частоты, источник питания			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Напряжение транзисторного генератора модулируется низкочастотным сигналом с выхода звукового генератора. На экране осциллографа демонстрируется форма амплитудно-модулированных колебаний. В качестве трансформатора используется школьный повышающий трансформатор.

Для заметок:

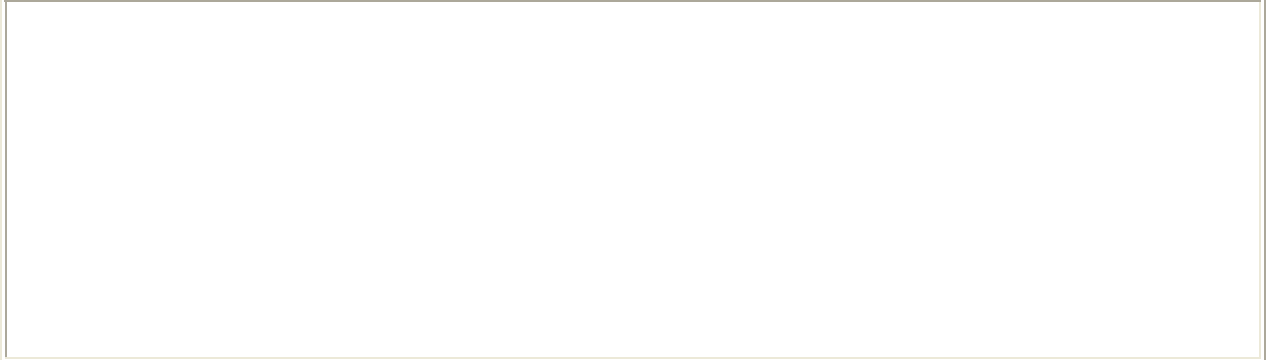
3.32	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ПРИМЕНЕНИЕ	Радиосвязь
Демонстрация процесса детектирования радиосигнала			
Детекторный радиоприемник, генератор электромагнитных колебаний, электронный осциллограф			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Радиосигнал подается на антенный вход детекторного приемника. С помощью осциллографа исследуется форма детектированного сигнала.

Для заметок:

3.33	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	ПРИМЕНЕНИЕ	Радиосвязь
Демонстрация модуляции, распространения, детектирования радиосигналов			
«Набор Шахмаева»: клистронный генератор СВЧ-колебаний, рупорные антенны, детекторная секция, волноводы; источник питания, усилитель низкой частоты, генератор звуковых колебаний, громкоговоритель, электронный осциллограф			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp

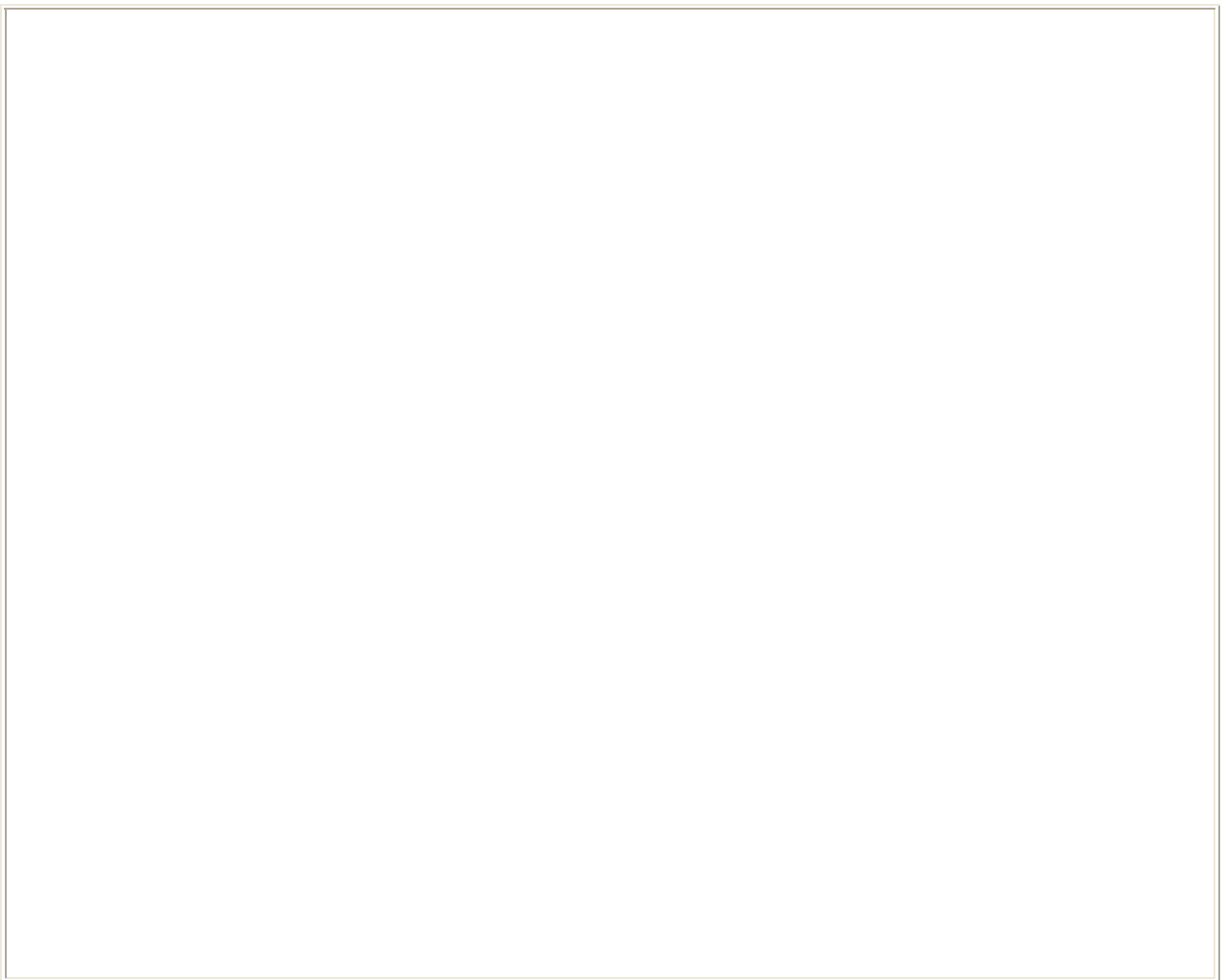


С помощью «набора Шахмаева» в режиме внешней модуляции клистронного генератора демонстрируются основные принципы радиосвязи.

Для заметок:

4.1	КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	ЯВЛЕНИЕ	Сплошной спектр излучения
------------	-------------------------	----------------	----------------------------------

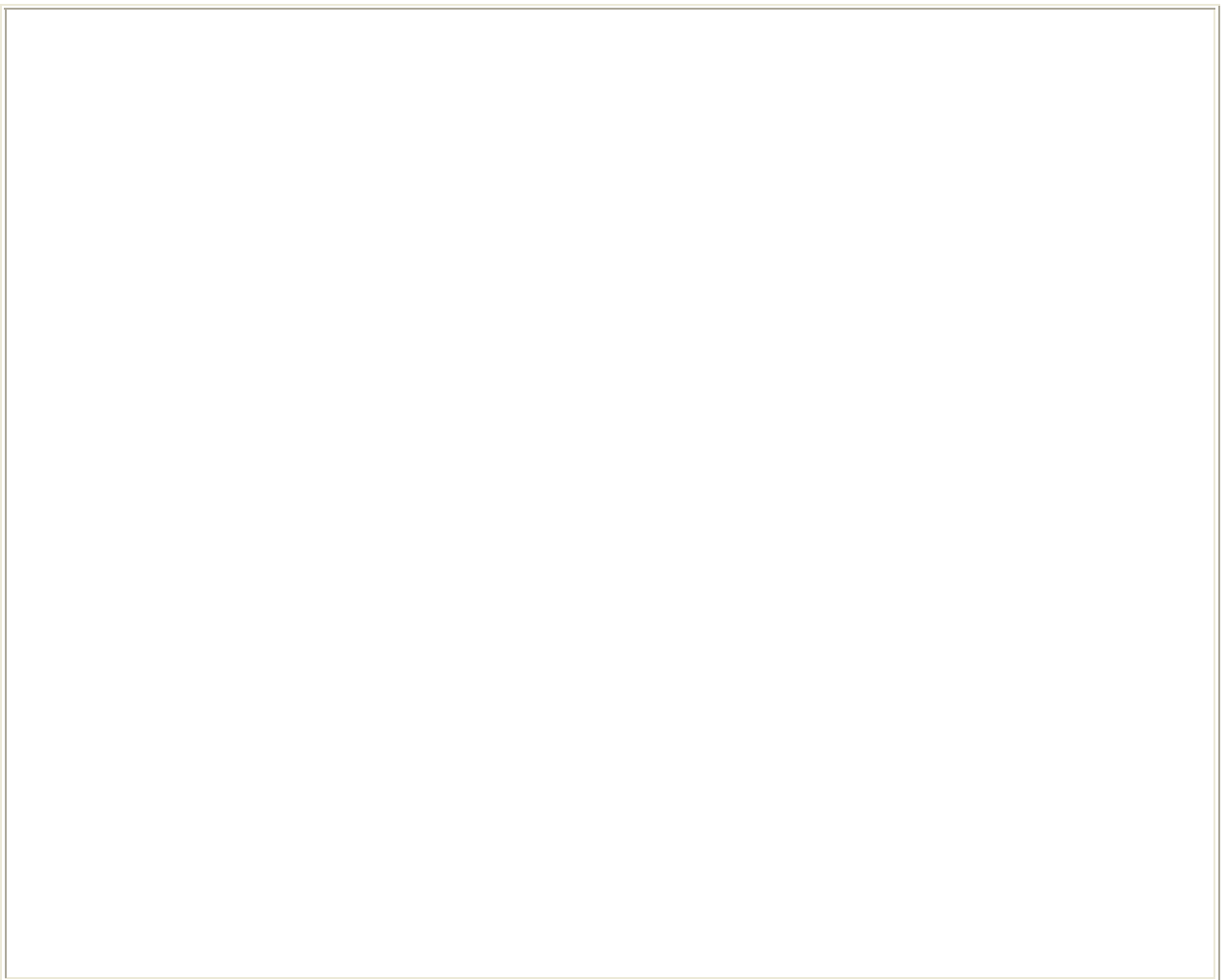
Демонстрация сплошного спектра излучения лампы накаливания			
Лампа накаливания, щель от ФОС, дифракционная решетка телевизионный приемник	Шкаф \perp		
	Полка \perp		
	Стеллаж \perp		
Свет от настольной лампы освещает щель и затем через дифракционную решетку падает на вход видеокамеры. На экране телевизора наблюдается сплошной спектр излучения. При изменении силы тока лампы можно наблюдать изменение характера спектра.			
<i>Для заметок:</i>			
4.2	КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	ЯВЛЕНИЕ	Линейчатые спектры испускания
Демонстрация спектра излучения газов			
Газоразрядные трубки, наполненные различными газами, дифракционная решетка, высоковольтный источник питания, видеокамера, телевизионный приемник	Шкаф \perp		
	Полка \perp		
	Стеллаж \perp		



Свет от газоразрядной трубки проходит через дифракционную решетку, установленную перед объективом видеокамеры. На экране телевизора наблюдается линейчатый спектр излучения возбужденных атомов соответствующего газа.

Для заметок:

4.3	КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	ЯВЛЕНИЕ	Сплошной и линейчатый спектры
Демонстрация сплошного спектра лампы накаливания и линейчатого спектра газового разряда			
Призма прямого зрения, диапроектор, газоразрядные трубки, источник высокого напряжения, экран			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



С помощью призмы прямого зрения демонстрируется спектр излучения лампы накаливания и спектр излучения различных газов (H, He, Kr, Ne).

Для заметок:

4.4	КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	ЯВЛЕНИЕ	Инфракрасное и ультрафиолетовое излучения
------------	-------------------------	----------------	--

Демонстрация инфракрасного и ультрафиолетового излучений

Диaproектор, ртутная лампа, призма прямого зрения, фотодиод, лист белой бумаги, экран, гальванометр с оптической индикацией, призма из флинта или кварцевого стекла	Шкаф \perp
	Полка \perp
	Стеллаж \perp



Перемещая фотодиод из красной в темную область спектра излучения лампы накаливания, полученного с помощью призмы прямого зрения, наблюдают увеличение показаний гальванометра. Это свидетельствует о существовании инфракрасного излучения (*a*). Поставив на пути света от ртутной лампы кварцевую призму или призму из флинта, наблюдают спектр сначала на экране, затем на листе белой бумаги. На бумаге отчетливо видны линии излучения, соответствующие ультрафиолетовому излучению, за счет фотолюминесценции красителей в составе бумаги (*b*).

Для заметок:

4.5	КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	ЯВЛЕНИЕ	Фотоэффект
------------	-------------------------	----------------	-------------------

Демонстрация изменения отрицательного заряда проводника под действием света

Цинковая пластина, источник ультрафиолетового света, стеклянная пластина, электромметр

Шкаф \perp

Полка \perp

Стеллаж \perp

Очищенную от оксидов цинковую пластину помещают на демонстрационный электроскоп и заряжают ее отрицательным зарядом. Наблюдают уменьшение показаний электроскопа при освещении пластины ультрафиолетовым источником света. При положительном заряде пластины уменьшение показаний электроскопа при освещении ультрафиолетом не наблюдается. Если на пути света поставить стеклянную пластину, поглощающую ультрафиолет, то фотоэффект не наблюдается.

Для заметок:

4.6	КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	ПРИМЕНЕНИЕ	Вакуумный фотоэлемент
------------	-------------------------	-------------------	------------------------------

Демонстрация действия вакуумного фотоэлемента

Вакуумный фотоэлемент, демонстрационный гальванометр, источник света, выпрямитель

Шкаф \perp

Полка \perp

Стеллаж \perp

Демонстрируется появление фототока при освещении вакуумного фотоэлемента.

Для заметок:

4.7	КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	ПРИМЕНЕНИЕ	Фоторезистор
------------	-------------------------	-------------------	---------------------

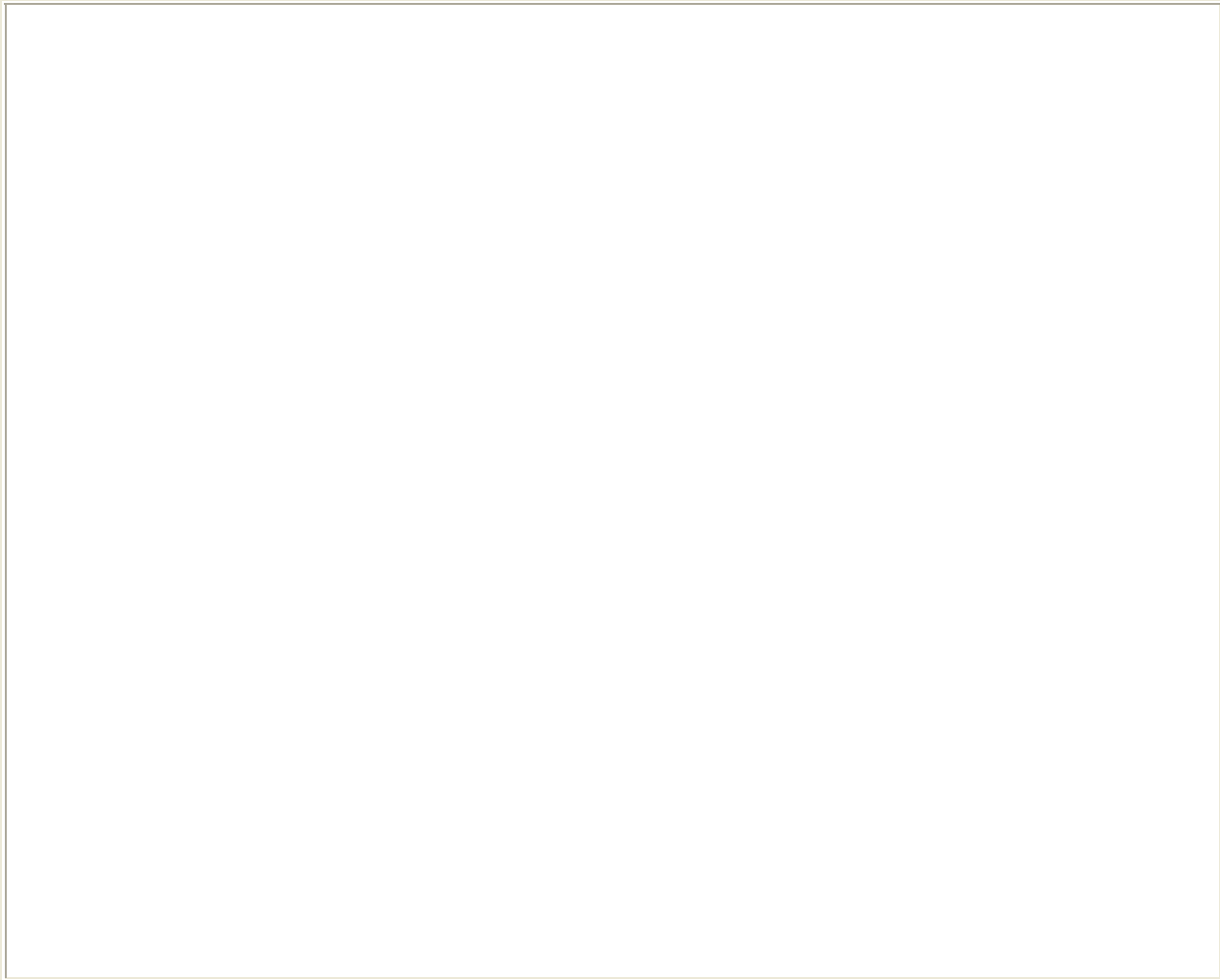
Демонстрация изменения силы тока в цепи при освещении фоторезистора

Полупроводниковый фоторезистор, демонстрационный гальванометр, источник света, источник питания

Шкаф \perp

Полка \perp

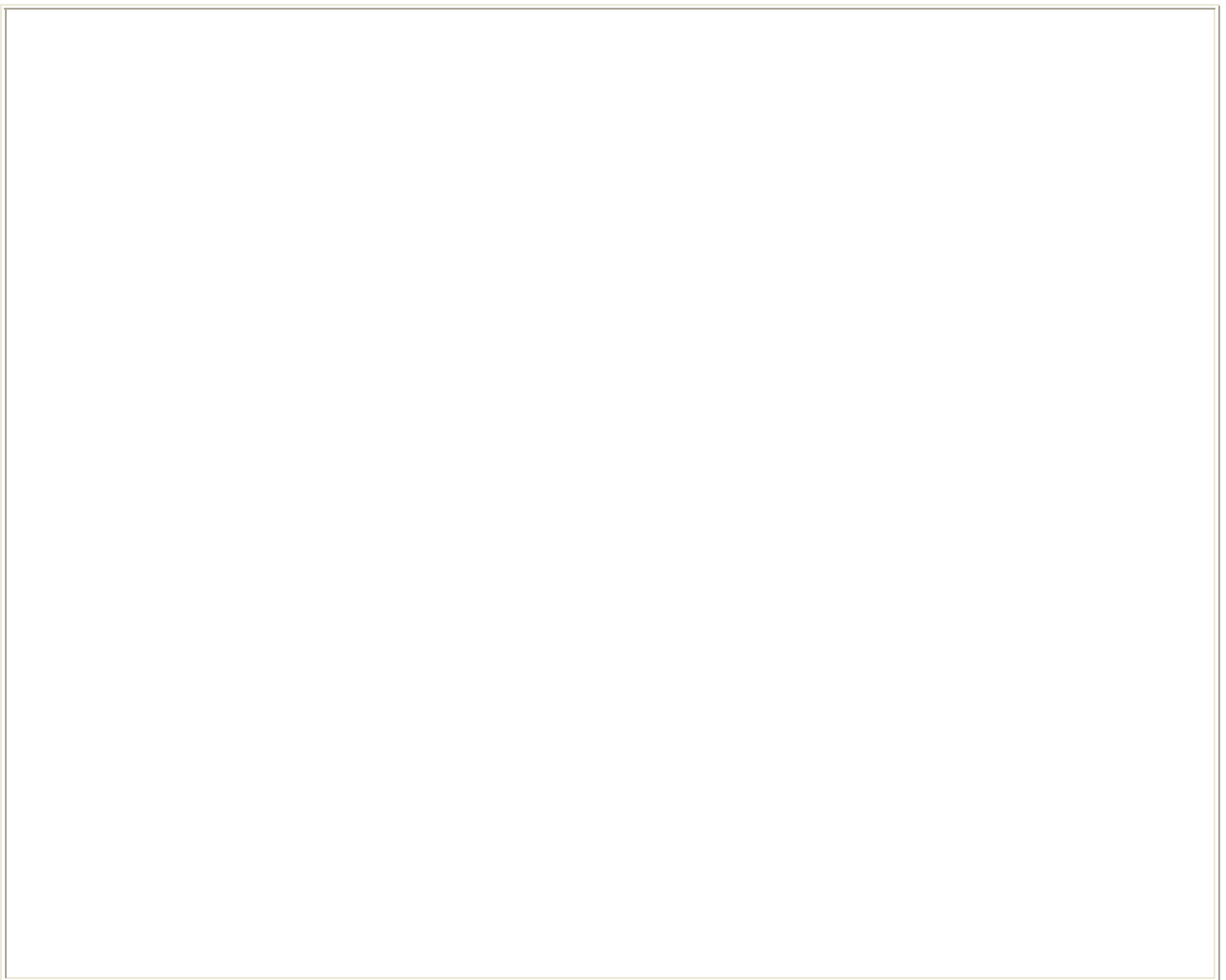
Стеллаж \perp



Демонстрируется изменение силы тока в электрической цепи при освещении фоторезистора.

Для заметок:

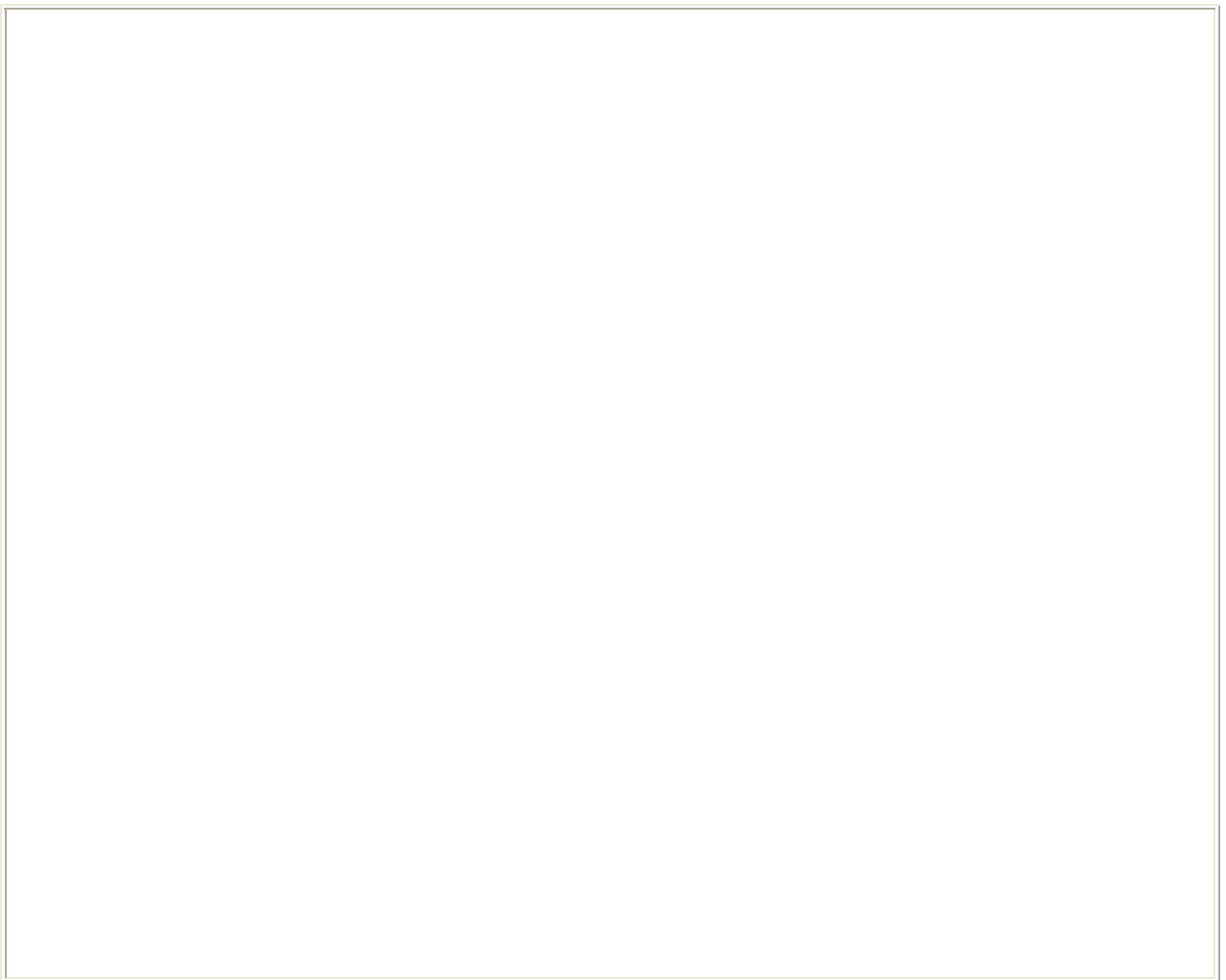
4.8	КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	ПРИМЕНЕНИЕ	Лазер
<i>Демонстрация свойств лазерного излучения</i>			
Газовый лазер, поляриод, дифракционная решетка, двухмерная пространственная решетка, экран			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Демонстрируются свойства лазерного излучения: направленность излучения, пространственная когерентность, монохроматичность, поперечность.

Для заметок:

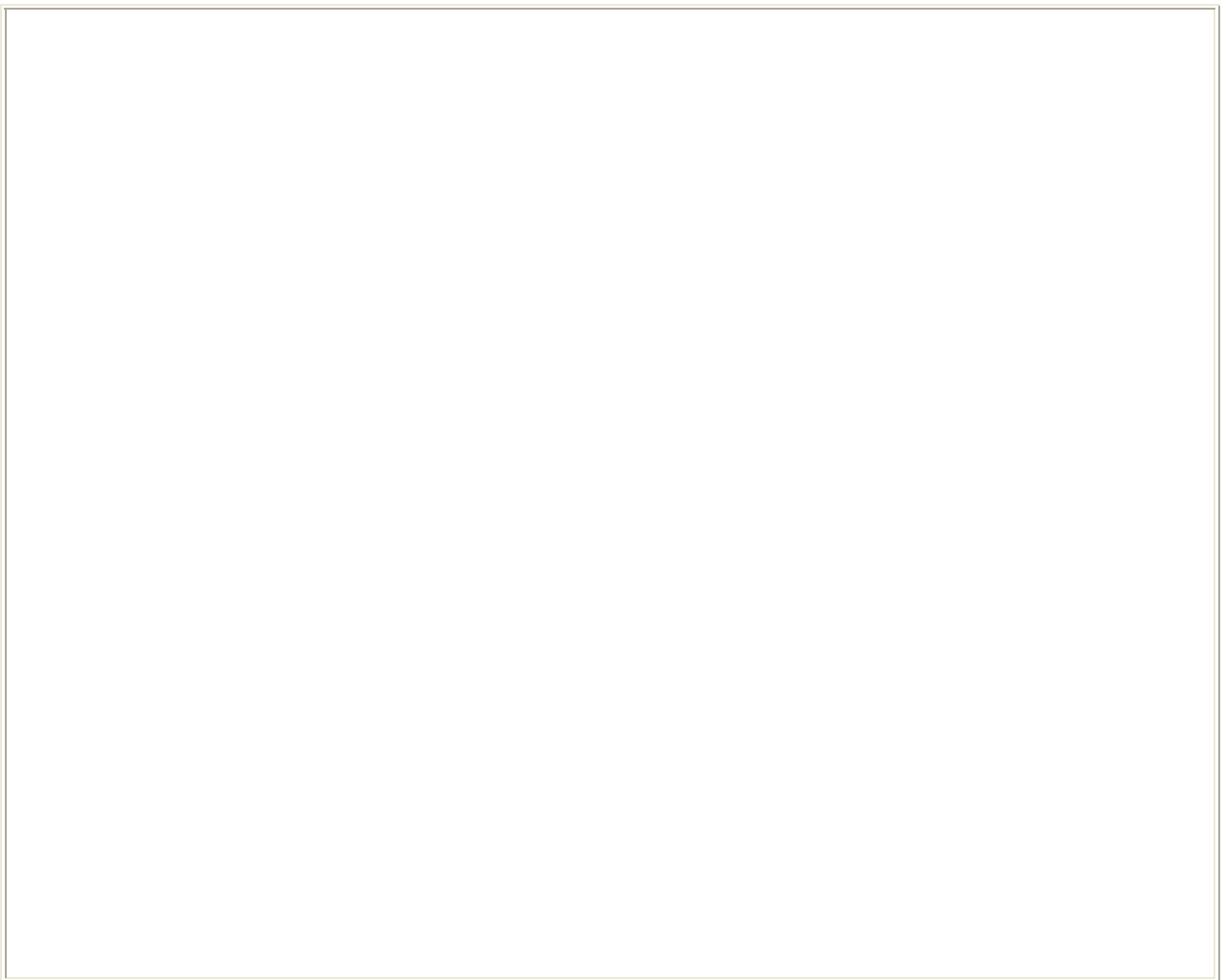
4.9	КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	ПРИМЕНЕНИЕ	Оптическая связь
Демонстрация оптического канала связи			
Детекторный радиоприемник, газовый лазер, поляризатор, громкоговоритель, модулятор света на жидких кристаллах, детектор света, усилитель низкой частоты			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Сигнал с низкочастотного выхода детекторного радиоприемника подается на оптический модулятор. Модулированный свет распространяется в пространстве на несколько метров. Затем, пройдя поляризатор, сигнал поступает на вход детектора света, а после усиления по низкой частоте подается на громкоговоритель. Поворотом поляризатора добиваются максимальной громкости принятого сигнала.

Для заметок:

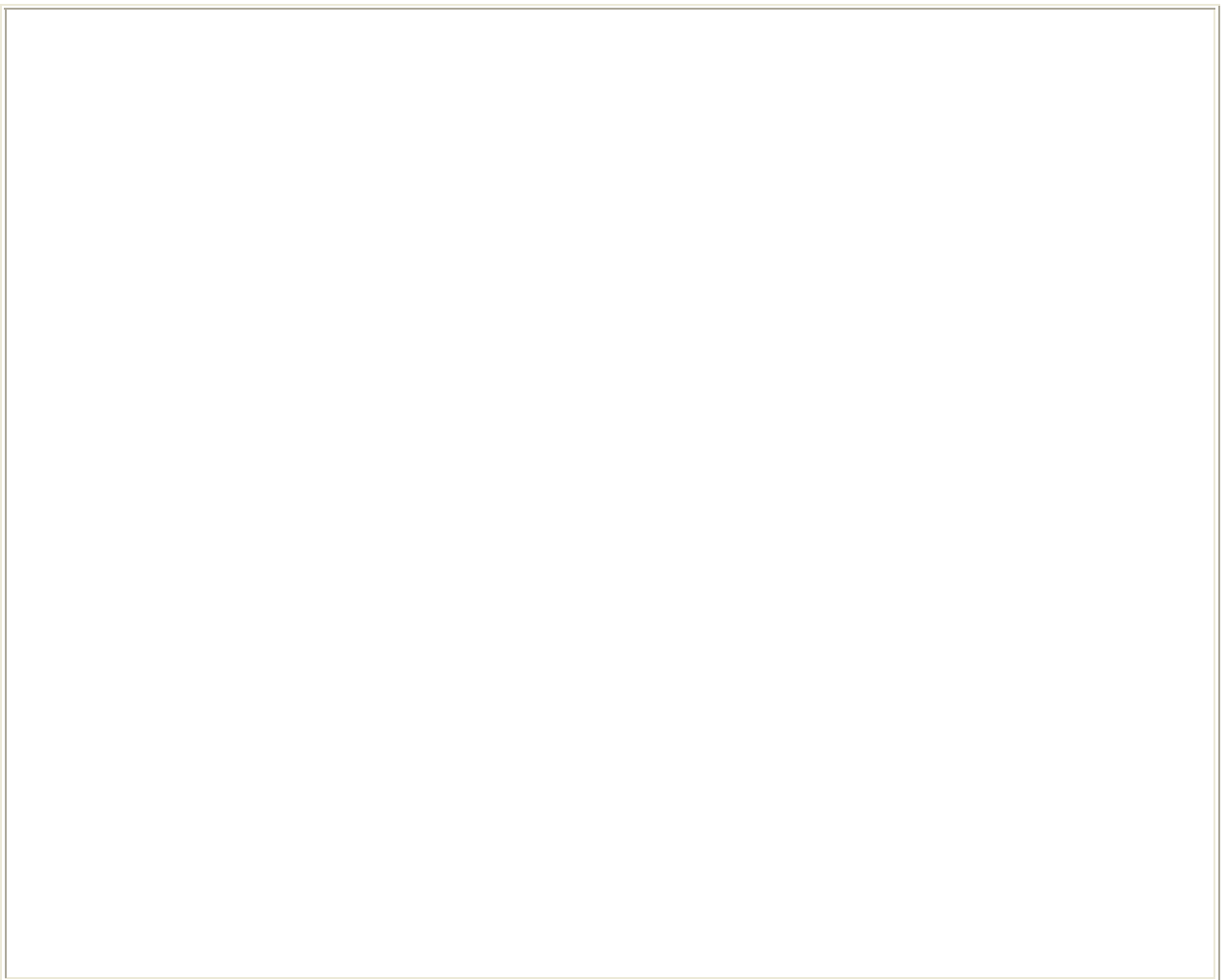
4.10	КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	ПРИМЕНЕНИЕ	Лазерный осциллограф
Демонстрация фигур Лиссажу с помощью лазерного осциллографа			
Два динамика с двумя зеркалами с внешним покрытием, газовый лазер, два звуковых генератора, экран			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Свет от лазера отражается от одного зеркала, прикрепленного на диффузоре одного динамика, затем от другого зеркала, прикрепленного на диффузоре другого динамика. На динамики подают электрические сигналы с выхода звуковых генераторов. На экране наблюдаются фигуры Лиссажу.

Для заметок:

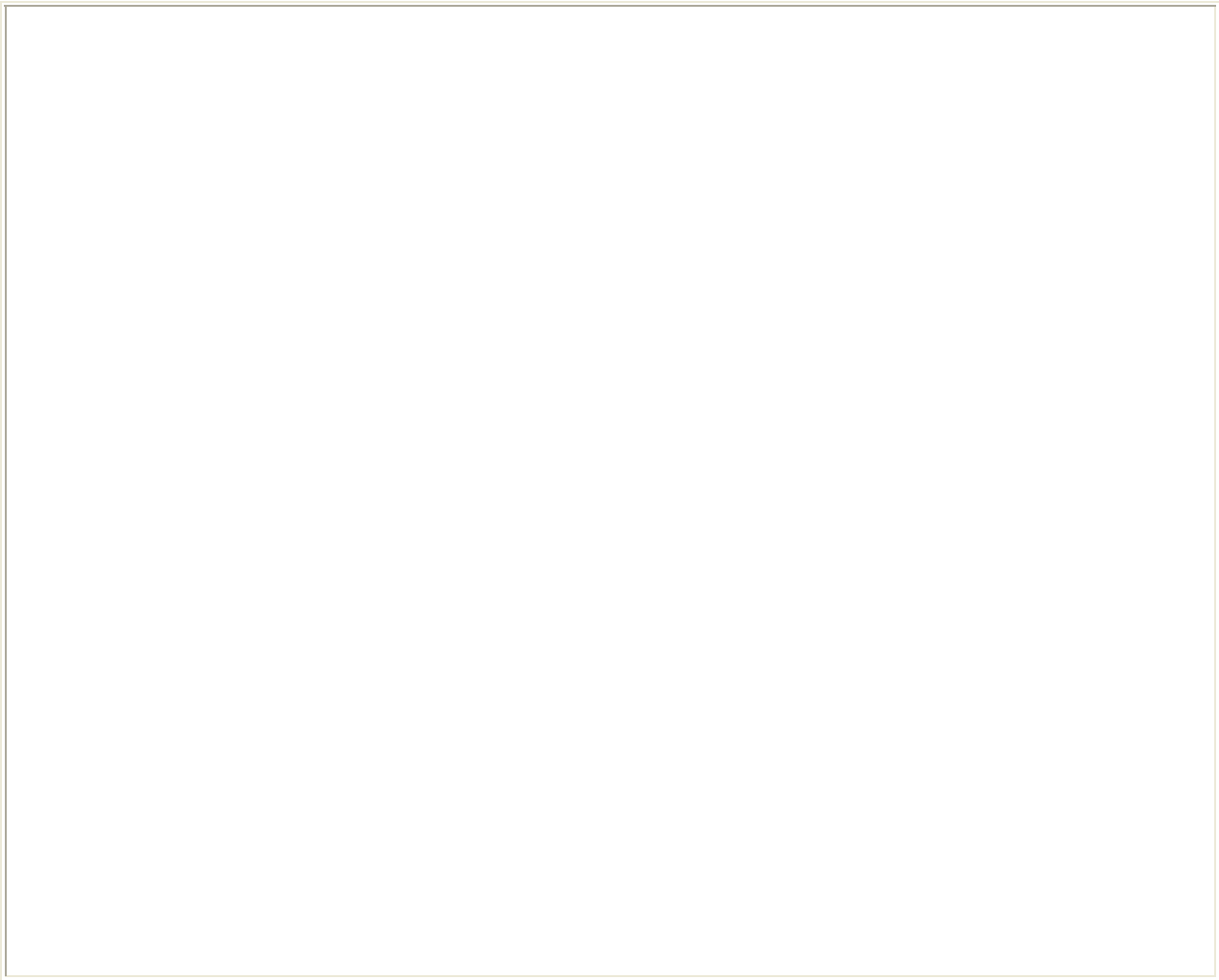
4.11	КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	ЯВЛЕНИЕ	Радиоактивное излучение
Демонстрация треков частиц в камере Вильсона			
Демонстрационная камера Вильсона, источник радиоактивного излучения, кодоскоп, экран			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



С помощью демонстрационной камеры Вильсона с использованием метода оптической проекции демонстрируют треки частиц — продуктов радиоактивного распада образца.

Для заметок:

4.12	КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	ЯВЛЕНИЕ	Фотолюминесценция
Демонстрация свечения люминофоров под действием ультрафиолетового излучения			
Источник ультрафиолетового излучения, набор люминесцирующих веществ			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp



Свет от ртутной лампы, пройдя через ультрафиолетовый фильтр, освещает лю-минесцирующие вещества: родамин, флюоресцин и др. Демонстрируется свечение различных веществ под действием ультрафиолетового света.

Для заметок:

4.13	КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	ПРИМЕНЕНИЕ	Счетчик ионизирующих частиц
Демонстрация действия счетчика Гейгера			
Демонстрационная установка для индикации ионизирующего излучения со счетчиком Гейгера			Шкаф \perp
			Полка \perp
			Стеллаж \perp

Демонстрируются возможности индикации с помощью счетчика Гейгера ионизирующей способности частиц в составе космического излучения и излучения радиоактивных препаратов.

Для заметок:

МЕТОДИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ УЧИТЕЛЯ ПО ДЕМОНСТРАЦИОННОМУ ЭКСПЕРИМЕНТУ

Анциферов Л. И., Пищиков И. М. Практикум по методике и технике школьного физического эксперимента. — М.: Просвещение, 1984.

Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе / Под ред. А. А. Покровского. — М.: Просвещение, 1978. — Ч. 1.

Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе / Под ред. А. А. Покровского. — М.: Просвещение, 1979. — Ч. 2.

Малов Н. Н. Введение в теорию колебаний. — М.: Просвещение, 1967.

Мансуров А. Н. Лазеры и их применение в преподавании физики. — М.: Просвещение, 1984.

Мансуров А. Н., Мансуров Н. А. Видеокомпьютерная технология обучения: задачи, возможности, реализация // Физика в школе. — 1998. — № 5.

Марголис А. А., Парфентьева Н. Е., Соколов И. И. Практикум по школьному физическому эксперименту. — М.: Просвещение, 1968.

Методика преподавания физики в средней школе / Под ред. С. Е. Каменецкого, Л. А. Ивановой. — М.: Просвещение, 1987.

Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. — М.: Мир, 1966. — Т. 7.

Хорошавин С. А. Физический эксперимент в средней школе. — М.: Просвещение, 1988.

Шахмаев Н. М., Каменецкий С. Е. Демонстрационные опыты по электродинамике. — М.: Просвещение, 1973.

Шахмаев Н. М., Павлов Н. И., Тыщук В. И. Физический эксперимент в средней школе. — М.: Просвещение, 1991.

Шахмаев Н. М., Шилов В. Ф. Физический эксперимент в средней школе. — М.: Просвещение, 1989.

15. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ УЧАЩИМИСЯ РЕФЕРАТИВНЫХ РАБОТ

1. Фундаментальные эксперименты в физике

Литература

- 1.1. Уилсон М. Американские ученые и изобретатели. — М.: Знание, 1975.
- 1.2. Липсон Г. Великие эксперименты в физике. — М.: Мир, 1972.

2. Фундаментальные константы физики и методика их измерений

Литература

Спирidonov О. П. Фундаментальные физические постоянные. — М.: Высшая школа, 1991.

3. Механический детерминизм, его триумф и упадок

Литература

3.1. Пахомов Б. Я. Становление современной физической картины мира. — М.: Мысль, 1985.

3.2. Спасский Б. И. История физики. — М.: Высшая школа, 1977. — Т. 1, 2.

4. Четырехмерный мир Минковского

Литература

4.1. Борн М. Эйнштейновская теория относительности. — М.: Мир, 1964.

4.2. Сазанов А. А. Четырехмерный мир Минковского. — М.: Наука, 1988.

4.3. Невалинна Р. Пространство, время, относительность. — М.: Мир, 1966.

5. Фундаментальные взаимодействия

Литература

5.1. Зельдович Я. Б., Хлопов М. Ю. Драма идей в познании природы // Квант. — М.: Наука, 1988. — Вып. 67.

5.2. Паркер Б. Мечта Эйнштейна. — М.: Наука, 1991.

6. Симметрия в физике

Литература

- 6.1. Гильде В. Зеркальный мир. — М.: Мир, 1982.
- 6.2. Фейнман Р. Характер физических законов. — М.: Мир, 1968.
- 6.3. Тарасов Л. В. Этот удивительно симметричный мир. — М.: Просвещение, 1982.

7. Основные структурные элементы в физическом мире

Литература

- 7.1. Вайскопф В. Физика в двадцатом столетии. — М.: Атомиздат, 1977.
- 7.2. Фритш Г. Основа нашего мира. — М.: Энергоатомиздат, 1985.
- 7.3. Эткинс П. Молекулы. — М.: Мир, 1991.
- 7.4. Маналов К., Тютюнник В. Биография атома. — М.: Мир, 1984.

8. Квантово-механическая картина мира

Литература

- 8.1. Бройль де Луи. По тропам науки. — М.: Иностранная литература, 1962.
- 8.2. Клайн Б. В поисках истины. — М.: Атомиздат, 1971.
- 8.3. Дирак П. А. М. Воспоминания о необычной эпохе. — М.: Наука, 1990.

9. Физика в природе

Литература

- 9.1. Тарасов Л. В. Физика в природе. — М.: Просвещение, 1988.
- 9.2. Колтун М. Мир физики. — М.: Детская литература, 1987.

10. Занимательная физика

Литература

- 10.1. Перельман Я. И. Занимательная физика. — М.: Наука, 1976.
- 10.2. Горев Л. А. Занимательные опыты по физике. — М.: Просвещение, 1985.
- 10.3. Уокер Д. Физический фейерверк. — М.: Мир, 1988.

11. Нобелевские лауреаты по физике

Литература

- 11.1. Лауреаты Нобелевской премии: Энциклопедия. — М.: Прогресс, 1992.

11.2. Чолаков В. Нобелевские премии: Ученые и открытия. — М.: Мир, 1986.

12. Ядерная энергетика

Литература

Ядерная и термоядерная энергетика будущего / Под ред. В. А. Чуянова. — М.: Энергоатомиздат, 1987.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эффективное усвоение курса физики по программе для гуманитарных классов во многом зависит от учителя. Гуманитарная физика — это физика идей, источником которых служат окружающий мир и физический эксперимент. Научный метод — главный инструмент, с помощью которого осуществляется проверка правильности выдвигаемых гипотез и создание целостной научной картины мира. Продемонстрировать познавательную и предсказательную силу физических теорий, возможности научного метода в познании окружающего мира можно только на основе широкого использования в процессе преподавания демонстрационного физического эксперимента и обсуждения основных идей по его интерпретации на доступном для учащихся уровне. Это задача не простая. Дать советы для ее решения очень трудно. Каждый учитель в классе будет решать ее по-своему. В творческой работе учителю неоценимую помощь окажут учебно-методические и популярные журналы «Физика в школе», «Квант», «Природа», «Наука и жизнь» и др. Успех будет сопутствовать тому, кто четко представляет себе методическую задачу, прекрасно знает предмет и искренне хочет, чтобы его воспитанники стали еще умнее и лучше. Мы с благодарностью примем все замечания и пожелания для улучшения содержания учебника и методического пособия для учителей.