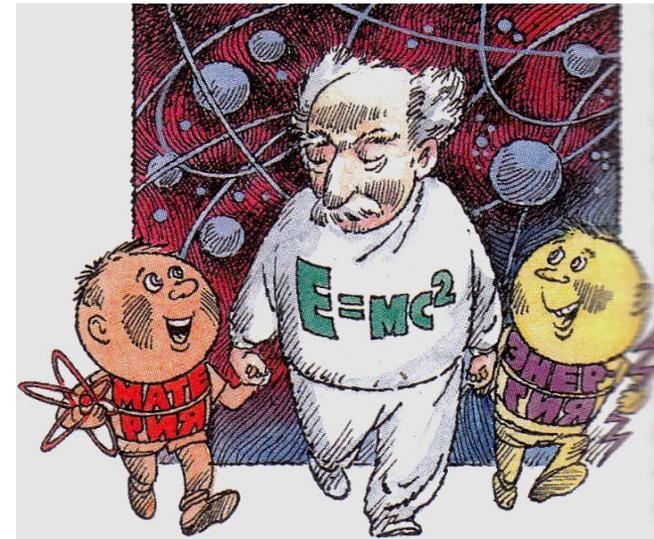


# Связь массы и энергии.

## Излучение и спектры.

План урока:

1. Проверка домашнего задания.
2. Изучение нового материала.
3. Закрепление материала. Решение задач.
4. Домашнее задание.



**ФИЗИЧЕСКИ  
Й ДИКТАНТ**

# Вопрос 1

- В какой системе отсчета скорость света в вакууме равна  $300000 \text{ км/с}$ ?
- 🔊 1) только в системе отсчета, связанной с Землей; в системе отсчета, связанной с Солнцем;
- 🔊 2) только
- 🔊 3) только в системе отсчета, связанной с местом измерения скорости;
- 🔊 4) в любой инерциальной системе отсчета

# Вопрос 2

- Какой объект может двигаться со скоростью большей скорости света  $c$ ?
- 📣 1) «солнечный зайчик» на стене;
- 📣 2) протон в ускорителе относительно Земли;
- 3) электромагнитная волна относительно движущегося источника света;
- 📣 4) ни один из объектов, так как это принципиально невозможно.

# Вопрос 3

- Скорость света во всех инерциальных системах отсчета
- 📢 1) зависит только от скорости движения источника света;
- 📢 2) не зависит ни от скорости приемника, ни от скорости источника света
- 📢 3) зависит только от скорости приемника света;
- 📢 4) зависит как от скорости приемника, так и от скорости источника света.

# Вопрос 4

- В некоторой системе отсчета движутся вдоль оси  $Ox$  с одинаковыми скоростями  $V$  две светящиеся кометы: одна – в положительном направлении, другая – в отрицательном. В системе отсчета, связанной с первой кометой, скорость света, испускаемого второй кометой, равна

-  1)  $V+c$

-  2)  $V$

-  3)  $c$

-  4)  $c-V$

# Вопрос 5

- Какое из приведенных ниже утверждений справедливо с точки зрения специальной теории относительности?  
Законы, которыми описываются физические явления, одинаковы  
А – во всех системах отсчета.  
Б – во всех инерциальных системах отсчета
- 1) только А
- 2) только Б
- 3) и А, и Б
- 4) ни А, ни Б

# Вопрос 6

- В космическом корабле, летящем к далекой звезде с постоянной скоростью, проводят экспериментальное исследование взаимодействия заряженных шаров. Будут ли отличаться результаты этого исследования от аналогичного, проводимого на Земле, если условия проведения исследований в обоих случаях одинаковы?
- 📣 1) да, так как корабль движется с некоторой скоростью;
- 📣 2) да – из-за релятивистских эффектов, если скорость корабля близка к скорости света; нет – при малой скорости корабля;
- 📣 3) нет, будут одинаковы при любой скорости корабля;
- 📣 4) для определенного ответа не хватает данных.

# Вопрос 7

- Нельзя установить, движется или покоится лаборатория относительно какой-либо ИСО, на основании проведенных в этой лаборатории наблюдений
- 1) только оптических явлений
- 2) только электрических явлений
- 3) только механических явлений
- 4) любых физических явлений

# Вопрос 8

- Формулы СТО необходимо использовать при описании движения
- 📣1) только микроскопических тел, скорости которых близки к скорости света;
- 📣2) только макроскопических тел, скорости которых близки к скорости света;
- 📣3) любых тел, скорости которых близки к скорости света;
- 📣4) любых тел, скорости которых малы по сравнению со скоростью света.

## Вопрос 9

- В некоторой ИСО частица покоится. В любой другой ИСО она
  - 📣 1) покоится;
  - 📣 2) движется прямолинейно;
  - 📣 3) движется с ускорением;
  - 📣 4) либо покоится, либо движется прямолинейно и равномерно.

# Вопрос 10

- Один ученый проверяет закономерности колебания пружинного маятника в лаборатории на Земле, а другой ученый – в лаборатории на космическом корабле, летящем вдали от звезд и планет с выключенными двигателями. Если маятники одинаковые, то в обеих лабораториях эти закономерности будут
  - 🔊 1) одинаковыми при любой скорости корабля;
  - 🔊 2) разными, так как на корабле время течет медленнее;
  - 🔊 3) одинаковыми только в том случае, если скорость корабля мала
  - 🔊 4) одинаковыми или разными, в зависимости от модуля и направления движения корабля

# Связь массы и энергии

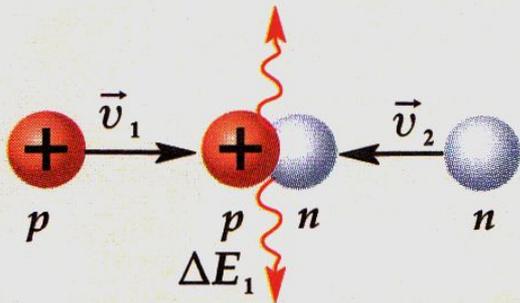
- Одним из важнейших следствий теории относительности был вывод о *существовании собственной энергии тел*. Согласно этому выводу всякое тело массой  $m$  в состоянии покоя обладает собственной энергией  $E_0$ , равной произведению массы тела на квадрат скорости света в вакууме:  $E_0 = mc^2$ .
- Полная энергия  $E$  тела в состоянии движения называется *релятивистской энергией тела*. Релятивистская энергия  $E$  тела зависит от массы  $m$  тела и скорости его движения или от его релятивистского импульса  $p$ :  $E^2 - p^2c^2 = m^2c^4$ .
- Разность релятивистской  $E$  и собственной  $E_0$  энергий движущегося тела называется *кинетической энергией*  $E_k$  тела:  $E_k = E - E_0$ .

# Дефект масс

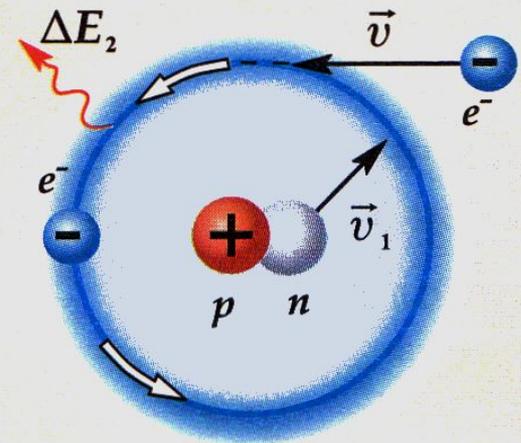
- Разность  $\Delta m$  суммы масс свободных тел и массы  $M$  системы взаимодействующих тел называется *дефектом масс*
- Изменение  $\Delta E_0$  собственной энергии системы при любых взаимодействиях тел внутри системы равно произведению дефекта масс  $\Delta m$  на квадрат скорости света  $c$  в вакууме:
- **$\Delta E_0 = \Delta m c^2$ .**

# Ядерные реакции

- Дефект масс и соответствующая ему энергия связи экспериментально обнаружены у атомных ядер. Расщепление тяжелых ядер и синтез легких ядер приводят к высвобождению этой энергии.



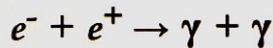
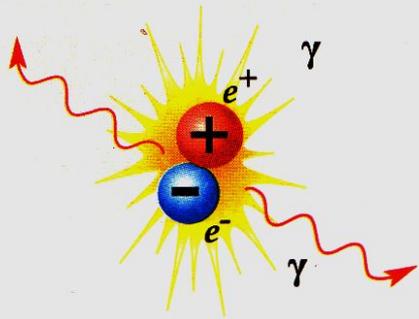
При образовании ядра дейтерия  ${}^2_1\text{H}$  выделяется энергия  $\Delta E_1$



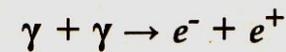
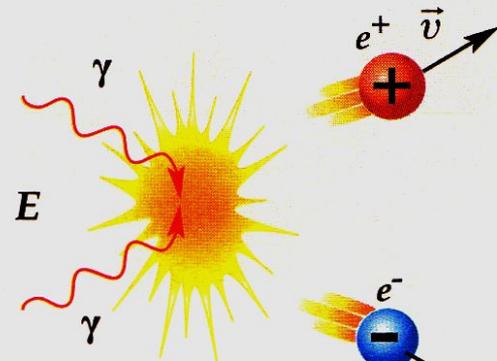
При образовании атома дейтерия  ${}^2_1\text{H}$  свободный электрон захватывается ядром, излучается энергия  $\Delta E_2 \ll \Delta E_1$

- Закон связи энергии покоя с массой частицы подтвержден измерениями энергии, выделяющейся при аннигиляции пар электрон–позитрон, протон–антипротон, нейтрон–антинейтрон, а также многочисленными измерениями энергии выхода ядерных реакций, энергии радиоактивных распадов и превращений элементарных частиц, работой ядерных реакторов.

Аннигиляция электрон-позитронной пары



Рождение электрон-позитронной пары



$$E \geq 2m_e c^2$$

$$E_0 = m_e c^2$$

Энергия покоя  
частицы

$$E_0 = mc^2$$

$\gamma$  - фотон (частица - переносчик электромагнитного взаимодействия)

# СИНХРОФАЗОТРОН



# ЭФФЕКТ ДОПЛЕРА

- – изменение частоты принимаемых волн при относительном движении источника и наблюдателя (приемника волн). При их сближении частота увеличивается, а при их удалении друг от друга – уменьшается.
- Эффект Доплера наблюдается как для звуковых, так и для электромагнитных (в том числе световых) волн



# Решение задач.



## Задача 2.

- При движении тела его продольные размеры уменьшились в 2 раза. Как изменилось время для этого тела?

$$\begin{array}{l} l = l_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} \\ \tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \frac{l}{l_0} = \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} \\ \frac{\tau_0}{\tau} = \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} \end{array} \right\} \rightarrow \frac{l}{l_0} = \frac{\tau_0}{\tau}$$

$$l_0 > l \rightarrow \frac{l_0}{l} = \frac{\tau}{\tau_0} = 2 \rightarrow \tau = 2\tau_0$$

Ответ: для тела время течет в 2 раза быстрее.

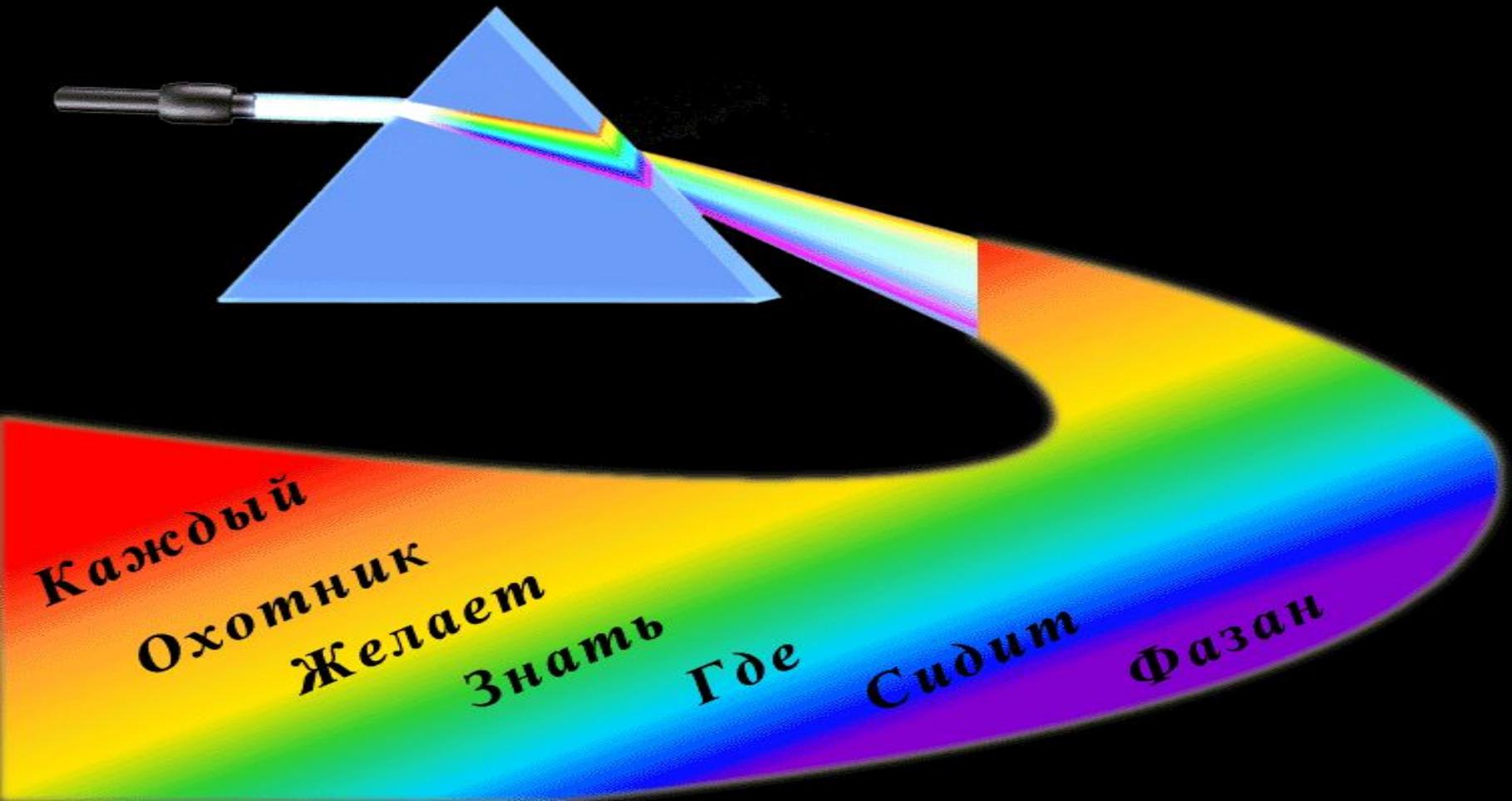
# Задача 3

- Определите время, которое пройдет на Земле, если в ракете, движущейся со скоростью  $0,99c$  относительно Земли, пройдет 10 лет?

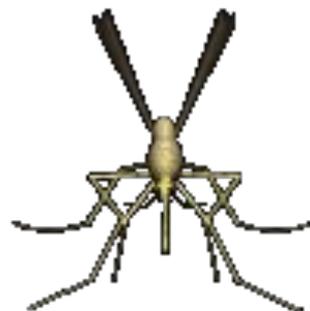
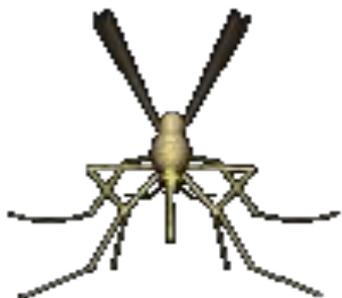
Дано:  $V = 0,99c$ ;  $\tau_0 = 10$  л;  $\tau = ?$

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} = \frac{10 \text{ лет}}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,99c}{c}\right)^2}} \approx 70,87 \text{ лет}$$

# ВИДЫ ИЗЛУЧЕНИЙ. ИСТОЧНИКИ СВЕТА. СПЕКТРЫ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ АППАРАТЫ



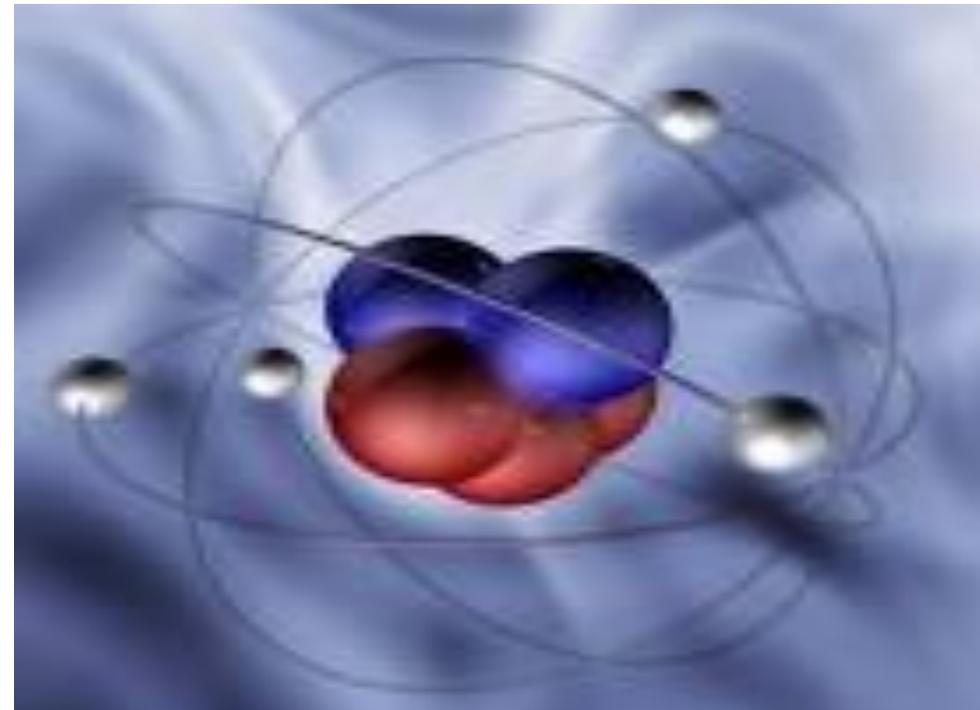
**Звук не заключен внутри предметов. Для того, чтобы предмет звучал, нужно возбудить его колебания.**



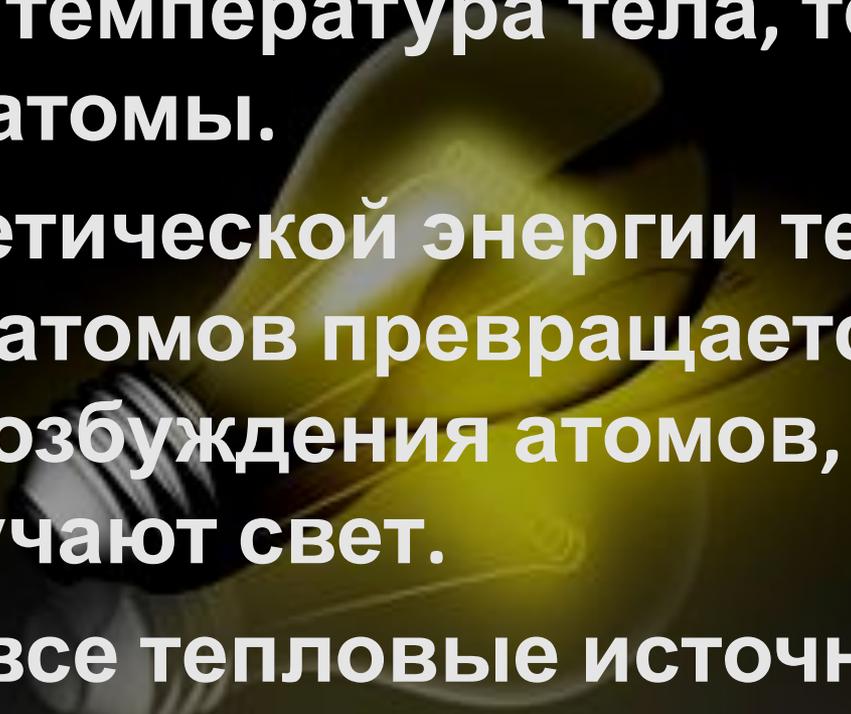
# Внутри атома нет энергии!

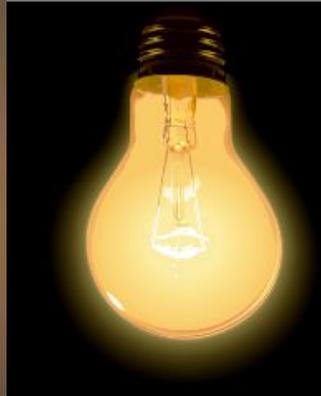
Для того, чтобы атом начал излучать, ему необходимо передать определенную энергию.

Сделать это можно различными способами.



# ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

- Атомы возбуждаются при сообщении телу энергии при нагревании или теплопередаче.
  - Чем выше температура тела, тем быстрее движутся атомы.
  - Часть кинетической энергии теплового движения атомов превращается в энергию возбуждения атомов, которые затем излучают свет.
  - Примеры все тепловые источники света.
- 





**Путь развития искусственного освещения был долгим и сложным.**

**Тела при температуре  $800^{\circ}\text{C}$  начинают излучать свет.**

- У светящейся вольфрамовой нити температура –  $2700^{\circ}\text{C}$ .
- Температура поверхности Солнца –  $6\ 000^{\circ}\text{C}$ .
- Звезды имеют температуру более  $20\ 000^{\circ}\text{C}$ .



# ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ.

- Атомы возбуждаются при разряде в газах, когда электрическое поле сообщает электронам большую кинетическую энергию.
- Примеры: северное сияние, рекламные трубки.



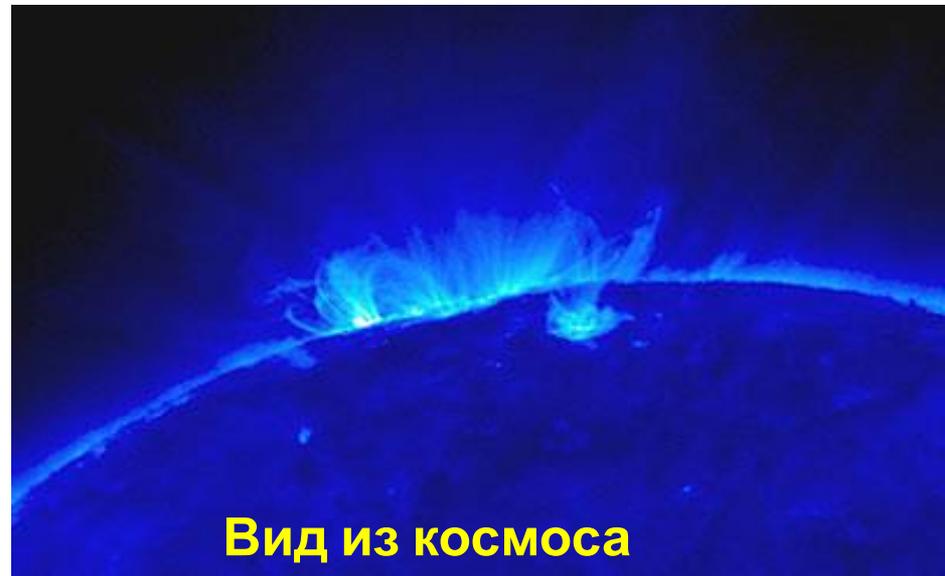


# Северное сияние

Результатом взаимодействия солнечного ветра с магнитным полем Земли является полярное сияние. Вторгаясь в земную атмосферу, частицы солнечного ветра (в основном электроны и протоны) направляются магнитным полем (на них действует сила Лоренца) и определённым образом фокусируются.



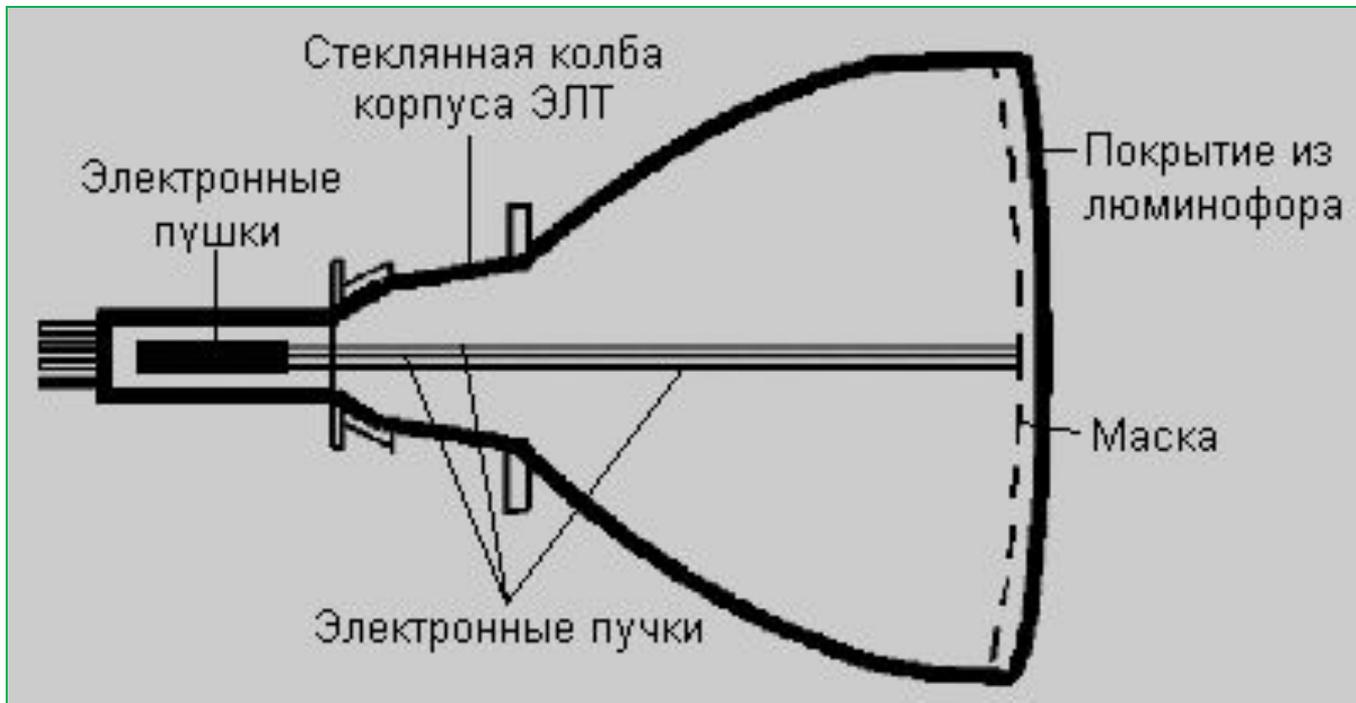
Сталкиваясь с атомами и молекулами атмосферного воздуха, они ионизируют и возбуждают их, в результате чего возникает свечение, которое называют полярным сиянием.



Вид из космоса

# КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ

- Атомы возбуждаются путем бомбардировки их электронами.
- Примеры: экраны электронно-лучевых трубок телевизоров и мониторов.



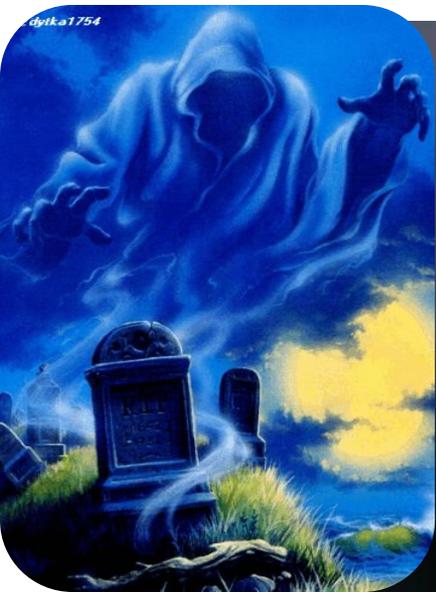
# ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ

- Атомы возбуждаются при химических реакциях органических веществ.
- Примеры: светлячки, гниющие пни, останки.



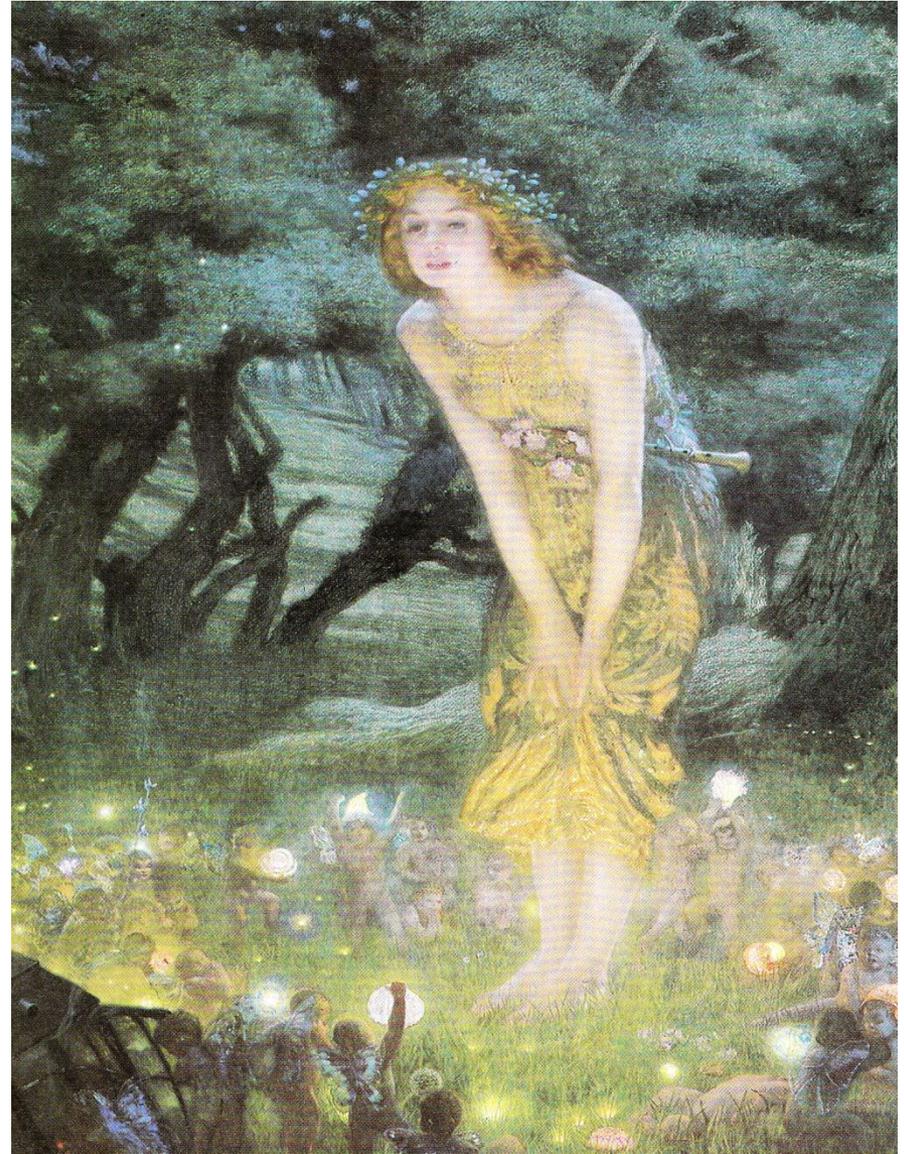
# ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ

- Атомы возбуждаются при химических реакциях органических веществ.
- Примеры: светлячки, гниющие пни, останки.



# ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ

- Атомы возбуждаются при химических реакциях органических веществ.
- Примеры: светлячки, гниющие пни, останки.





# ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ

- Атомы возбуждаются при падении света на вещество.
- Часть света при этом отражается, а часть – возбуждает атомы вещества.
- Излучаемый свет имеет, как правило, большую длину волны, чем свет возбуждающий свечение.
- Примеры: елочные игрушки, статуэтки, лампы дневного света.

При освещении  
флюоресцеина  
фиолетовым светом, он  
дает желто-зеленый свет



Явление  
флюоресцен  
ции

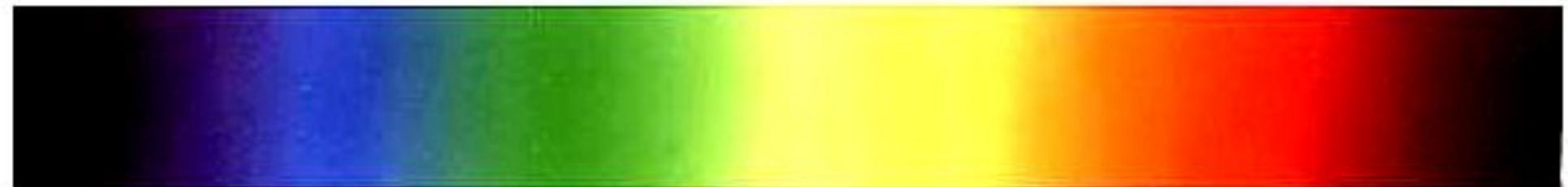
**Изнутри лампы  
покрывают  
веществами, которые  
светятся под  
действием  
коротковолнового  
излучения газовых  
разрядов**



**Лампы дневного света экономичнее ламп накаливания в 3-4 раза.**

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В СПЕКТРЕ.

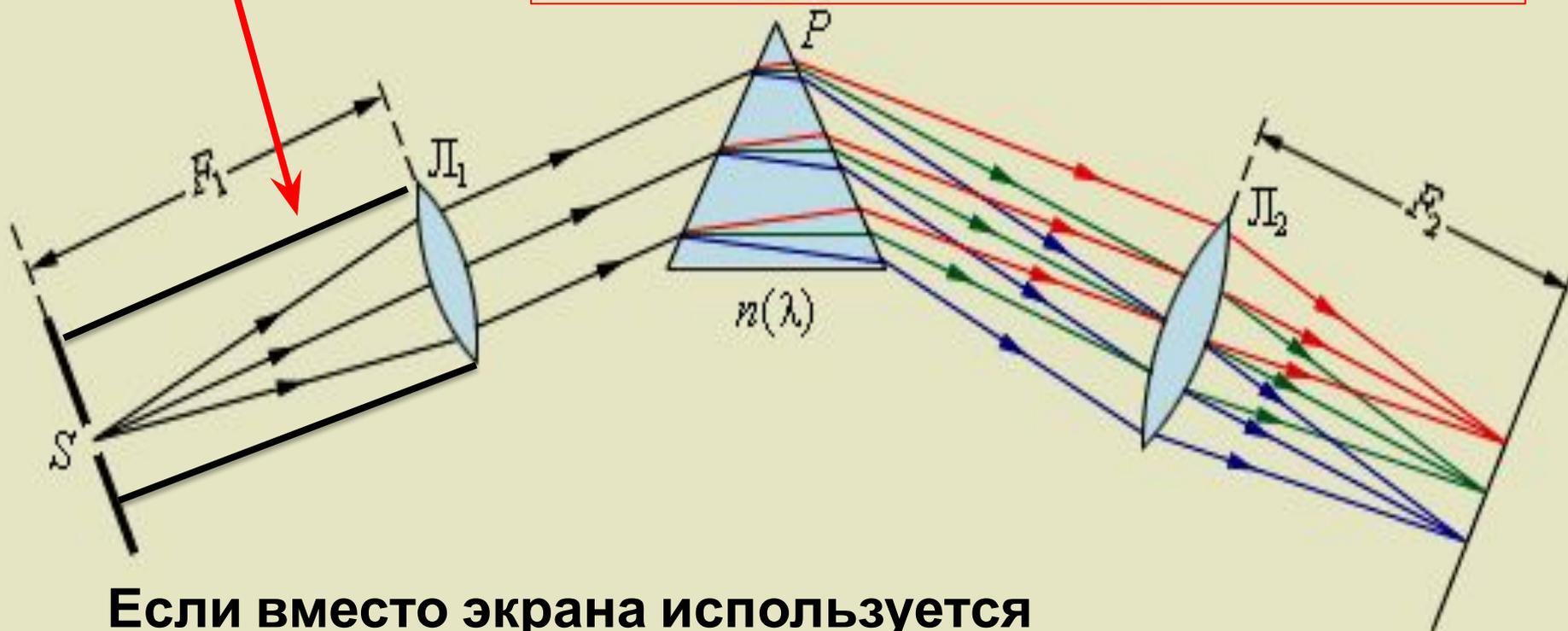
- Ни один из источников не дает монохроматического света.
- Энергия, поступающая от источника, распределяется по длинам всех волн, входящих в состав светового пучка.
- Спектральная плотность интенсивности излучения – интенсивность, приходящаяся на единичный интервал частот.



# СПЕКТРАЛЬНЫЕ АППАРАТЫ.

коллиматор

*спектрограф*



Если вместо экрана используется зрительная труба или микроскоп, то прибор называют **спектроскопом**.

# ***Закрепление материала:***

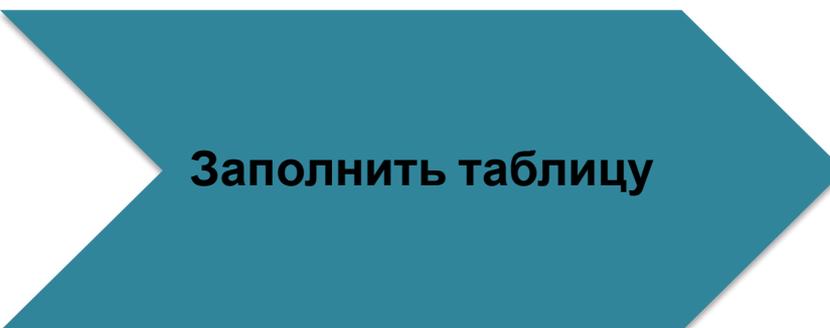
1. Какие источники света вы знаете?
2. Что необходимо сделать с атомами вещества, чтобы вещество излучало световую энергию?
3. Какие способы возбуждения атомов существуют, и как они называются?
4. Зачем исследуется спектральный состав излучения?
5. Опишите принцип действия спектрального аппарата, в котором вместо призмы используется дифракционная решетка.



**Домашнее задание**



**§ 64-66**



**Заполнить таблицу**



**КОНСПЕКТ**

# домашнее задание

*Заполните пробелы в таблице*

Вид излучения

Способ возбуждения атомов

Примеры

Тепловое излучение

электролюминесценция

катодолюминесценция

хемилюминесценция

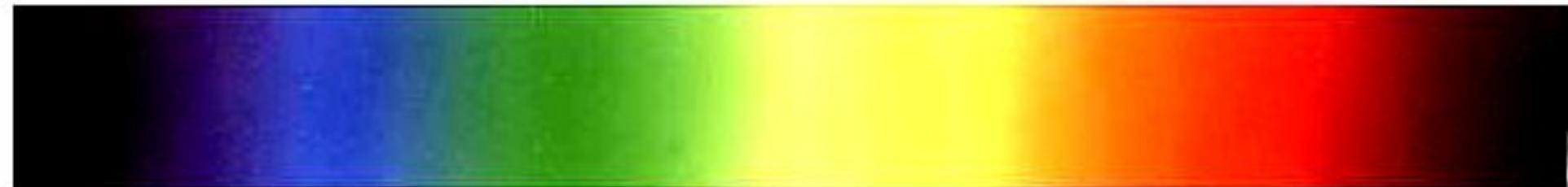
фотолюминесценция

- **ВИДЫ СПЕКТРОВ**
  - **Спектры испускания**
    - **Непрерывный спектр**
    - **Линейчатый спектр**
    - **Полосатый спектр**
  - **Спектры поглощения**

# Спектры испускания

## а) **Непрерывный (сплошной) спектр:**

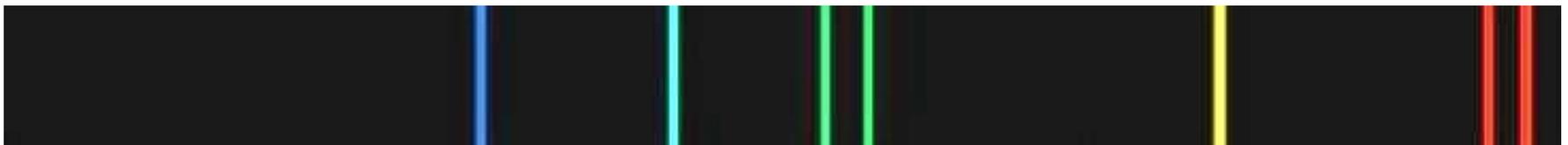
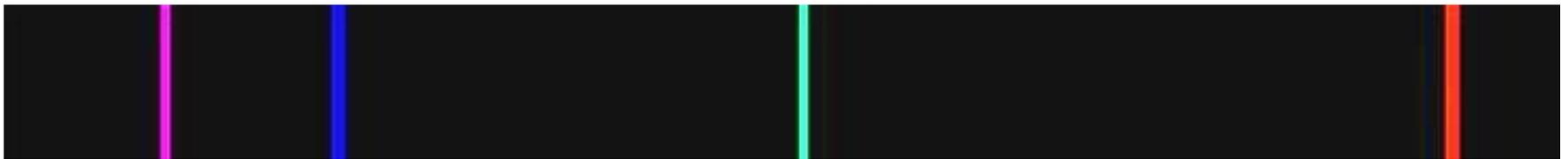
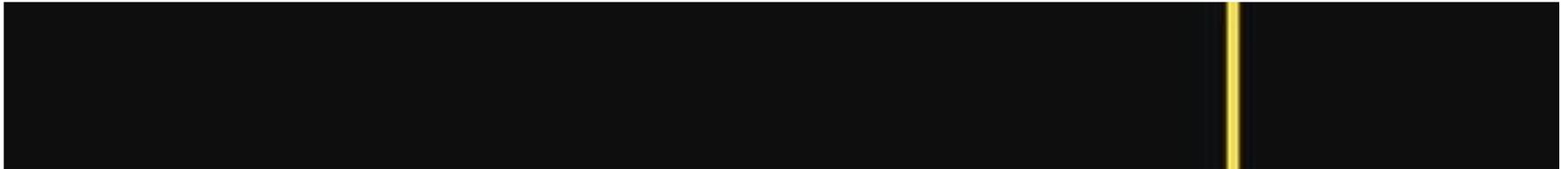
- дают тела в твердом и жидком состоянии, а также сильно сжатые газы;
- определяется не только свойствами атомов, но и степенью их взаимодействия;
- Примеры: солнце, лампа, плазма (столкновение ионов и электронов)



# Спектры испускания:

## б) линейчатый спектр:

- Дают вещества в газообразном атомарном состоянии:
- Изолированные атомы излучают строго определенные длины волн;
- Примеры: любой возбужденный химический элемент: натрий, водород, гелий.



# Пример получения линейчатого спектра:

- Нагревание ватки, смоченной в соляном растворе в пламени.

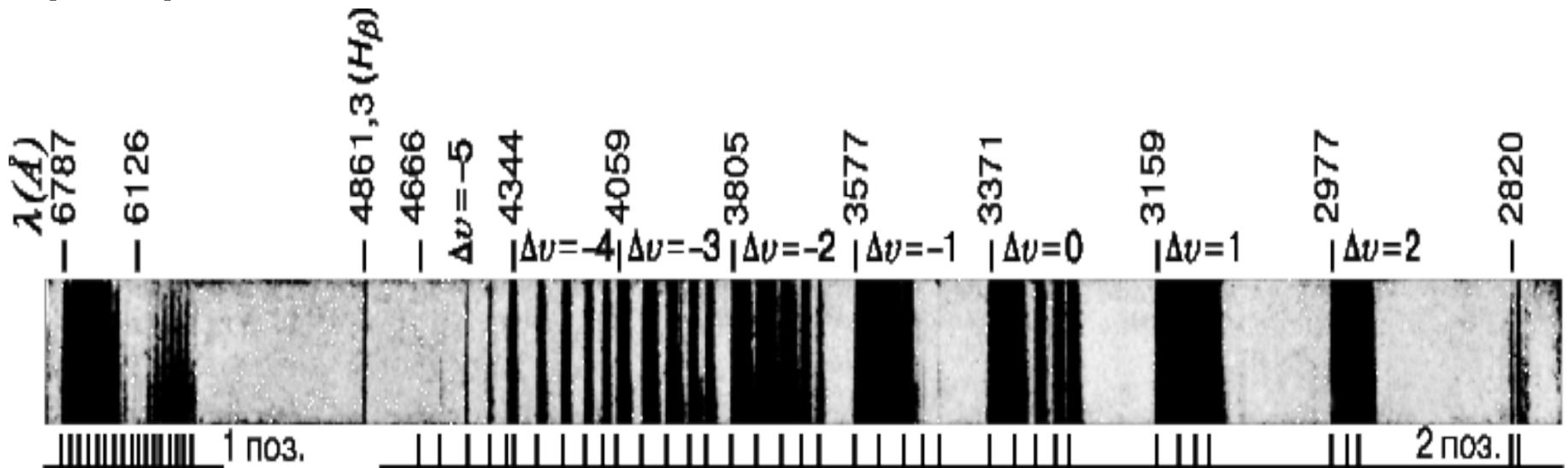
NaCl



# Спектры испускания

в) полосатый спектр:

- Дают вещества в газообразном молекулярном состоянии;
- Свечение паров в пламени или в газовом разряде.

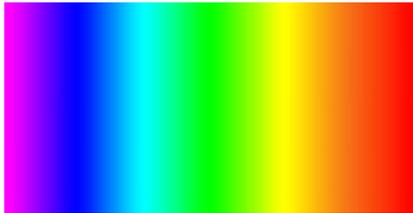


# Виды спектров

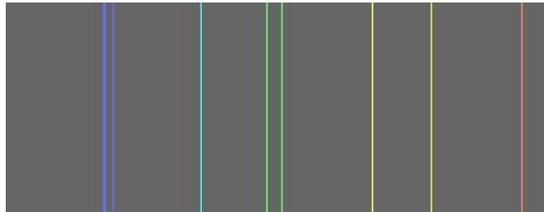
Непрерывные

Линейчатые

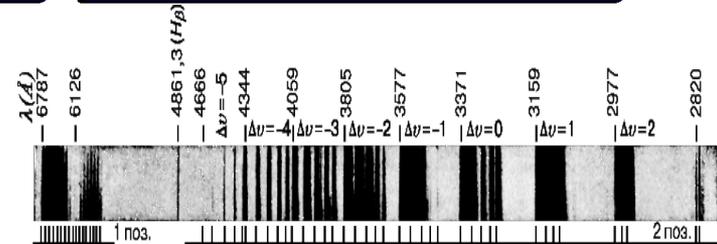
Полосатые



Непрерывные спектры дают тела, находящиеся в твердом, жидком состоянии, а также сильно сжатые газы.



Линейчатые спектры дают все вещества в газообразном атомарном состоянии. Изолированные атомы излучают строго определенные длины волн.

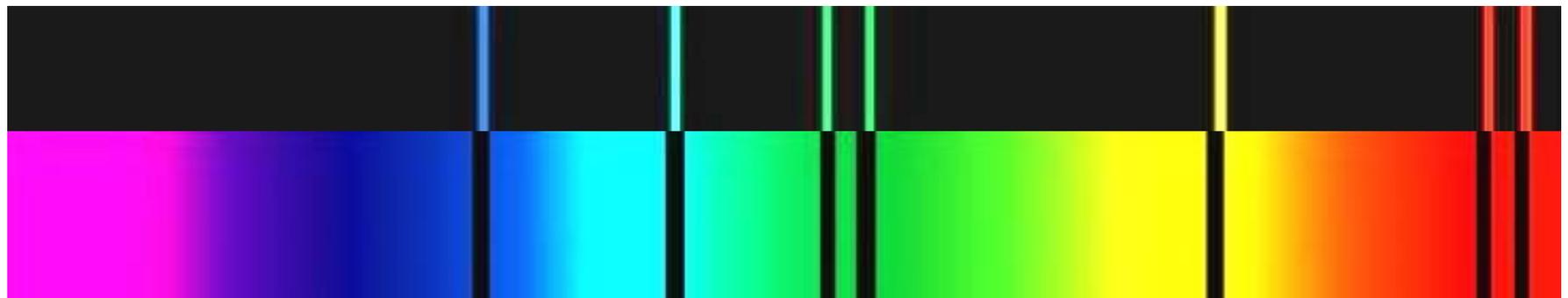
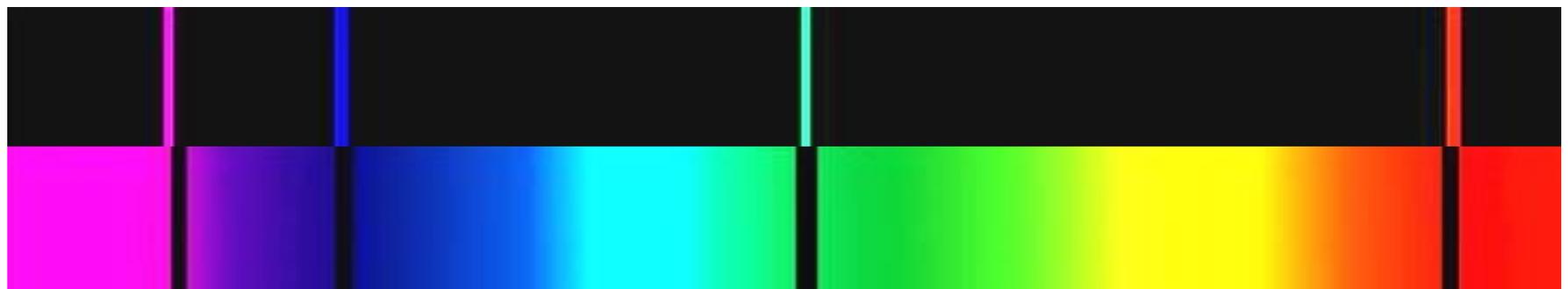


Полосатые спектры в отличие от линейчатых спектров создаются не атомами, а молекулами, не связанными или слабо связанными друг с другом.

# Спектры поглощения

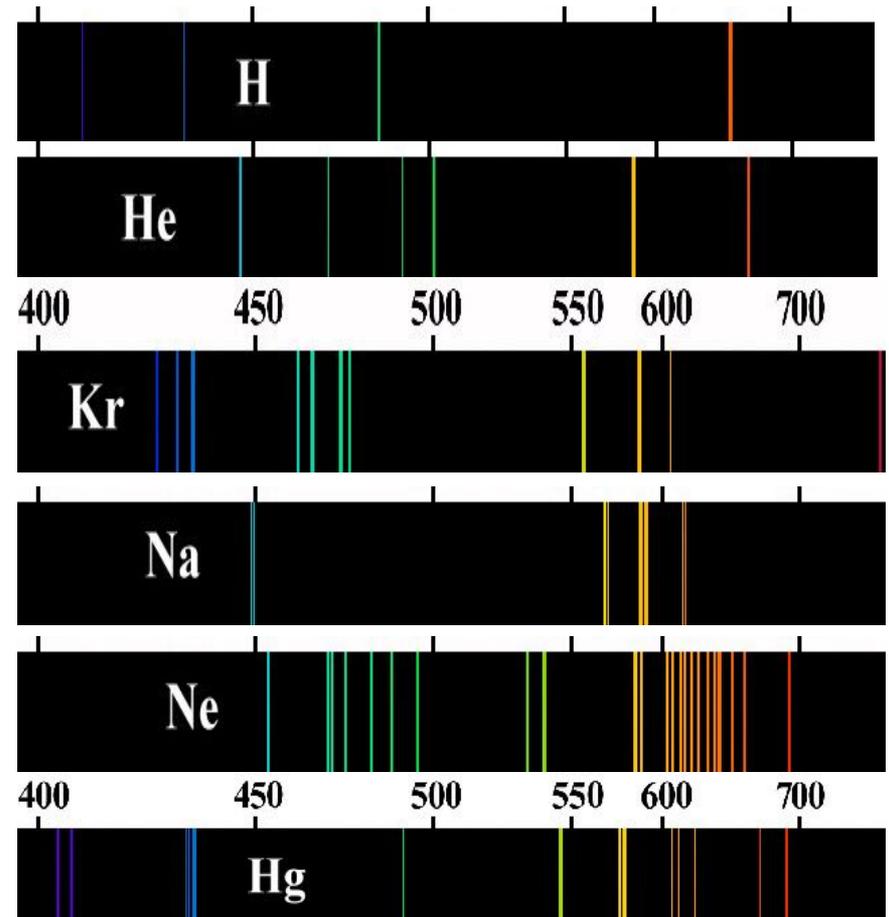
- Невозбужденным веществом наиболее интенсивно поглощаются именно те длины волн, которые вещество испускает в возбужденном состоянии.
- При пропускании белого света через холодные газы в сплошном спектре видны черные полосы соответствующие цветным в спектре испускания.

# Примеры спектров поглощения: натрия, водорода, гелия.



# Спектральный анализ

- Метод определения химического состава по его спектру.
- Атомы любого химического элемента дают спектр, не похожий на спектры всех других элементов: они способны излучать строго определенный набор длин волн.
- Длина волны, излучаемая атомами вещества, не зависит от способа возбуждения атомов, а зависит только от свойств самих атомов

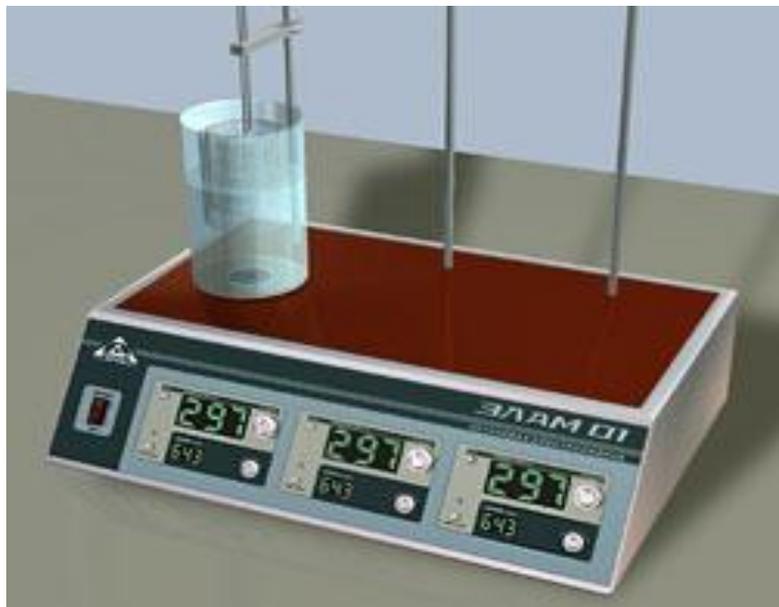


# Применение спектрального о анализа

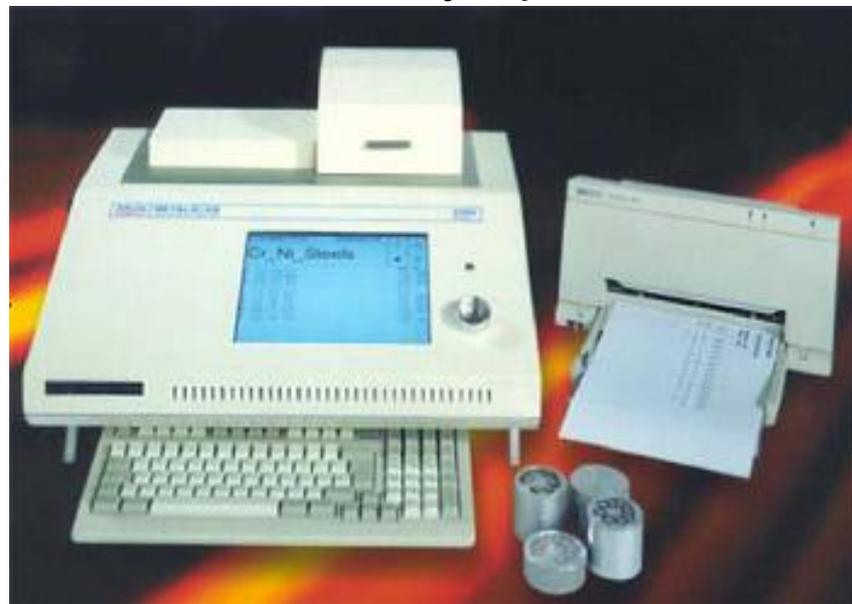
# Спектральный анализ в астрофизике

- **Спектры звезд** – это их **паспорта** с описанием всех звездных особенностей. Звезды состоят из тех же химических элементов, которые известны на Земле, но в процентном отношении в них преобладают легкие элементы: **водород и гелий**. По спектру звезды можно узнать ее светимость, расстояние до звезды, температуру, размер, химический состав ее атмосферы, скорость вращения вокруг оси, особенности движения вокруг общего центра тяжести. Спектральный аппарат, устанавливаемый на телескопе, раскладывает свет звезды по длинам волн в полоску спектра. **По спектру можно узнать, какая энергия приходит от звезды на различных длинах волн и оценить очень точно ее температуру.**

С помощью спектрального анализа можно обнаружить данный элемент в составе сложного вещества. Благодаря универсальности спектральный анализ является основным методом контроля состава вещества в металлургии, машиностроении, атомной индустрии.



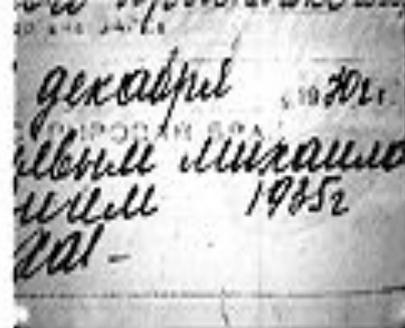
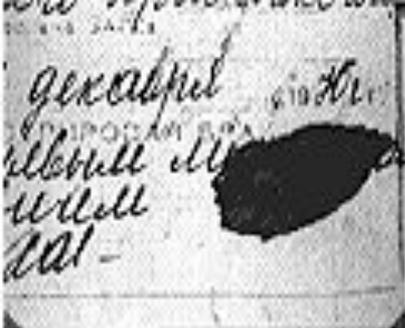
**Лабораторная электролизная установка для анализа металлов «ЭЛАМ». Установка предназначена для проведения весового электролитического анализа меди, свинца, кобальта и др. металлов в сплавах и чистых металлах.**



**Стационарно – искровые оптико - эмиссионные спектрометры «МЕТАЛСКАН –2500». Предназначены для точного анализа металлов и сплавов, включая цветные, сплавы черных металлов и чугуны.**

# Лаборатория спектрального анализа





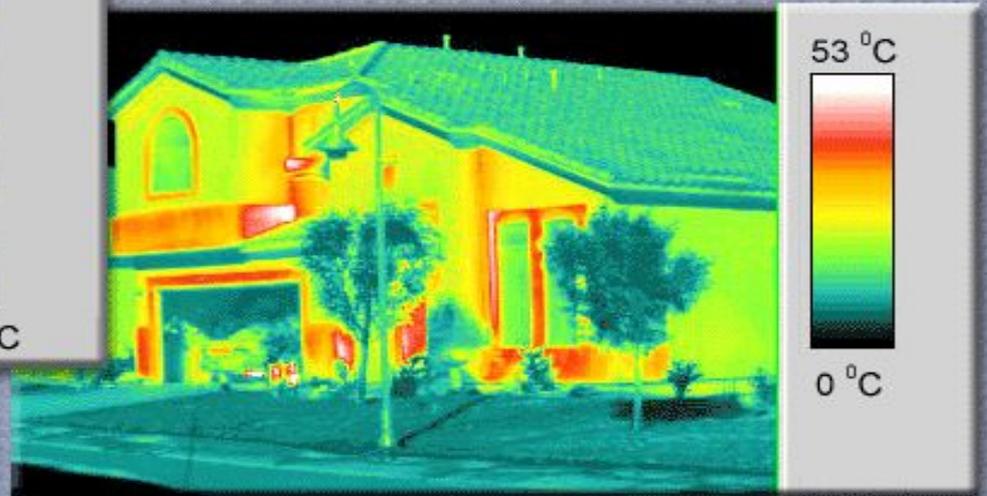
- В настоящее время в **криминалистике** широко используются телевизионные спектральные системы (ТСС)
- - обнаружение различного рода подделок документов:
  - выявление залитых, зачеркнутых или выцветших (угасших) текстов, записей, образованных вдавленными штрихами или выполненными на копировальной бумаге, и т. п.;
- - выявление структуры ткани;
- - выявление загрязнений на тканях (сажа и остатки минеральных масел) при огнестрельных повреждениях и транспортных происшествиях;
- - выявление замытых, а также расположенных на пестрых, темных и загрязненных предметах следов крови.

# Инфракрасное излучение.

- Инфракрасное (тепловое) излучение – электромагнитные волны, вызывающие нагрев вещества.
- Длины волн инфракрасного излучения больше длины волны красного света.
- Инфракрасное излучение не воспринимается зрением человека.
- Инфракрасное излучение применяется для сушки лакокрасочных покрытий, овощей и фруктов.
- В приборах ночного видения (используется принцип обратных люминофоров).



# Тепловизор



# Ультрафиолетовое излучение

- Длины волн ультрафиолетового излучения меньше длины волны фиолетового света.
- Ультрафиолетовое излучение не воспринимается зрением человека.
- Ультрафиолетовое излучение обнаруживается люминофорным экраном.
- - обладает высокой химической и биоактивностью.
- - плохо пропускается верхними слоями атмосферы;
- - не пропускается стеклом (пропускается кварцем);
- - активизирует в организме витамин Д (ЦНС).

# ***Закрепление материала:***

1. Зачем исследуется спектральный состав излучения?
2. Опишите принцип действия спектрального аппарата, в котором вместо призмы используется дифракционная решетка.

# Закрепление материала:

6. Является ли спектр лампы накаливания сплошным?
7. *(да, т.к. источник излучения – нагретая нить – твердое тело, которое дает непрерывный спектр).*
8. В чем основное отличие линейчатых спектров от непрерывных и полосатых?
9. *(у линейчатых спектров очень узкий спектральный интервал)*
0. Какие операции нужно проделать с крупницей вещества, чтобы узнать ее химический состав?
1. Почему нельзя загорать через стекло?
2. Что является источником ультрафиолетового излучения?
3. *(Солнце, кварцевая лампа)*

# Закрепление материала:

4. Электронагреватель состоит из спирали и вогнутой поверхности. Каково ее назначение?
5. Испускает ли красные лучи кусок железа, нагретого до белого каления?
6. На фотографиях, полученных в инфракрасных лучах, четко видны все предметы до самого горизонта. Почему?
7. *(они не рассеиваются в воздухе)*
8. Почему на фотографиях местности, сделанных с самолета, явно выделяется маскировка под зелень, которая не обнаруживается при непосредственном наблюдении?
9. *(ультрафиолетовое излучение от естественной и искусственной зелени различно, поэтому отличается и их действие на фотопленку).*