

O trabalho se inicia com uma avaliação diagnóstica (aplicação de um questionário) a respeito dos conhecimentos que pretendemos introduzir nas aulas dos estudantes de física do ensino médio (público alvo) e finaliza com outra avaliação diagnóstica para verificar se houve ampliação desses conhecimentos.

---

### **AValiação DIAGNÓSTICA inicial**

1. O que é laser? O que é luz?
  2. A luz tem cor, ou as coisas tem cores?
  3. O que nos permite ver cores nos objetos?
  4. O laser é como a luz do Sol?
  5. De que cor é a luz do Sol?
  6. Quais são os usos do laser?
  7. O laser pode prejudicar a “saúde” das pessoas? Como?
  8. Há tipos diferentes tipos de laser? Quais?
- 

### **PLANO DE AULA**

O plano se constitui de duas aulas (uma por semana), de acordo com o que foi disponibilizado pelo professor regente, considerando que a esse tempo (junho) já tenha iniciado uma discussão sobre fenômenos luminosos. Na primeira aula, vamos introduzir os conceitos de fluorescência e fosforescência através de uma atividade prática utilizando o laser verde e o vermelho. A intenção não é construir o aparato a ser utilizado junto aos alunos, pois tomaria certo tempo, mas observar os fenômenos luminosos junto a eles e discutir as causas. Na segunda aula vamos rever o espectro eletromagnético, em especial a faixa da luz visível, os pigmentos e a cor luz, enfatizando as diferenças,

---

#### **1ª AULA: atividade pratica / observação da fluorescência**

2º ano do ensino médio; 50 minutos.

Equipamentos: ponteira laser verde e vermelha

Apresentação de slides (PowerPoint), exposição oral, discussão. As imagens contidas no plano foram ampliadas para adequação aos slides do PowerPoint.

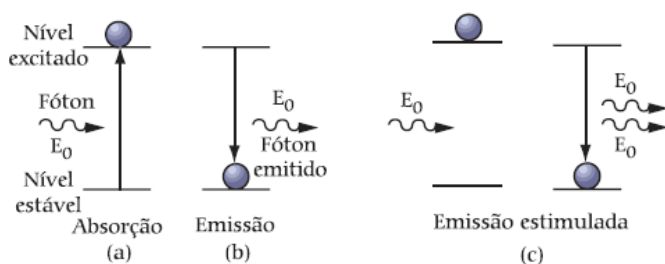
Sensibilização/Atividade prática: com um cartão em papelão dividido em sessões e pintado com tinta fluorescente de várias cores, apontar o laser verde para cada cor, por alguns segundos, e observar que acontece com as mesmas. Repetir o processo e alertar para que observem com maior atenção e propor as seguintes questões para reflexão:

- ✓ O que acontece?
- ✓ Porque a luz laser sai da caneta com a cor verde e quando incide sobre a tinta fluorescente, ela mudar de cor (dependendo da cor da tinta)?
- ✓ Porque em algumas cores de tinta o laser verde foi suficiente para fazer com que a tinta fluorescesse e outras não?

Após responder oralmente a essas questões, apontar o laser vermelho e refazer a reflexão.

- ✓ Porque com o laser vermelho, nenhuma das tintas emitiu luz de outra cor?

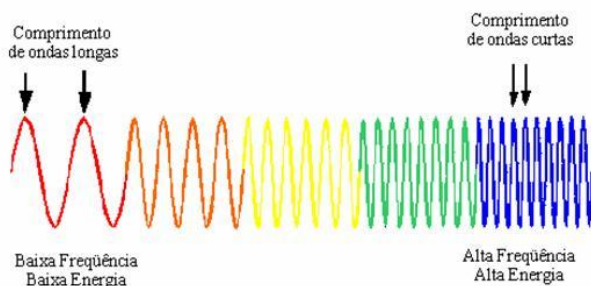
A luz que o laser emite está na faixa de radiação chamada de visível. Ela pode interagir com substâncias de várias formas. A luz pode ser absorvida sem que haja re-emissão de luz. Isso é o que ocorre em objetos coloridos comuns. Um tecido azul exposto a uma luz branca é azul porque parte da radiação foi absorvida (as cores complementares ao azul) e a luz azul é refletida, chegando ao seu olho. A luz pode interagir com certas substâncias de modo que ela seja absorvida e em seguida ocorra emissão de luz de outra cor. Isso é a fluorescência. Na fluorescência, se a luz absorvida possuir energia suficiente, o elétron irá passar para um nível de energia mais alto e ao retornar, emitirá luz. Veja o esquema da figura a seguir:



**Figura 1:** maneiras para o átomo mudar seu estado de energia. (a) o sistema atômico absorve um fóton externo e o elétron usa a energia desse fóton para pular para o nível de energia mais alta. (b) o elétron volta ao seu estado de mais baixa energia, através da emissão de um fóton com energia  $E_0$ . (c) o retorno do elétron ao estado de mais baixa energia, devido à ação de um fóton externo. O resultado é a emissão estimulada de um outro fóton, que emerge lado a lado com o primeiro fóton. Emissão estimulada.

Relacionando a visualização de cores diferentes com o estímulo da luz verde e nenhuma mudança de cor com o estímulo da luz vermelha se pode dizer que as tintas que fluoresceram foram aquelas em que percebemos o ponto iluminado com outra cor.

O laser utilizado aqui é verde, e de acordo com o espectro do visível, o verde possui energia superior ao amarelo, laranja e vermelho. Por isso, quando o laser verde incide sobre essas cores ele muda de cor, pois está fazendo com que a tinta fluoresça e emita luz naquela cor. Como o azul possui energia superior ao verde, nosso laser não foi capaz de fazer a tinta fluorescer, ele apenas foi refletido, não alterando sua cor.



(Nota: A frequência se refere ao número de cristas de onda de mesmo comprimento de onda que passam por um ponto em um segundo).

**Figura 2:** diagrama de ondas eletromagnéticas de diferentes frequências.

Com o laser vermelho, que possui a menor energia no espectro visível, não observamos nenhuma alteração de cor, pois ele não possui energia suficiente para promover a fluorescência.

A relação:  $E=hf$  ou  $E = hc/\lambda$ , onde,  $E$  =energia,  $h$  = constante de Planck,  $f$  = frequência,  $c$  = velocidade da luz e  $\lambda$  = comprimento de onda. Sendo assim, quanto maior o comprimento de onda, menor a energia.

Veja na tabela abaixo as cores e suas respectivas frequências e comprimentos de onda.

Cor	Frequência ( $10^{14}$ Hz)	Comprimento de onda ( $10^{-9}$ m)
Violera	6,7 a 7,5	400 a 450
Anil	6,0 a 6,7	450 a 500
Azul	5,7 a 6,0	500 a 530
Verde	5,3 a 5,7	530 a 570
Amarelo	5,0 a 5,3	570 a 590
Laranja	4,8 a 5,0	590 a 620
Vermelho	4,0 a 4,8	620 a 750

Tabela1: Cor, frequência e comprimento de onda.

Com a tabela acima em mãos e a constante de Planck é possível calcular a energia correspondente a cada cor do espectro visível e confirmar o que foi dito e observado.

## 2ª AULA: Pigmentos, luz e cores.

2º ano do ensino médio; 50 minutos.

Apresentação de slides (PowerPoint), exposição oral, discussão. As imagens contidas no plano foram ampliadas para adequação aos slides do PowerPoint.

Sensibilização: questões para reflexão.

- ✓ O que diferencia uma luz branca de uma vermelha?
- ✓ As luzes são diferentes?
- ✓ A cor dos objetos lhes é própria?
- ✓ Chamamos parte do espectro eletromagnético de luz visível, então há luz que não é visível?

Quando vemos um objeto branco é porque, na verdade, ele está refletindo toda a luz que incide sobre ele. Quando vemos um objeto negro, é porque ele está absorvendo toda a luz que incide sobre ele.

Entre um corpo que reflete toda a luz (objeto branco) e um objeto que absorve toda a luz (objeto negro), temos objetos que refletem algumas cores e absorvem outras.

- Cores primárias dos pigmentos e da luz; misturas (ver tabela 2);

Cor	Pigmento	Luz
Verde	Amarelo + Ciano	Cor Primária
Amarela	Cor Primária	Verde + Vermelha
Azul	Magenta + Ciano	Cor Primária
Vermelha	Amarelo + magenta	Cor Primária
Magenta	Cor primária	Azul + Vermelho
Ciano	Cor primária	Verde + azul
Branca	Ausência de Pigmentos	Mistura de todas as cores
Preta	Mistura de todos os Pigmentos	Ausência de Luz

Análise do espectro eletromagnético:

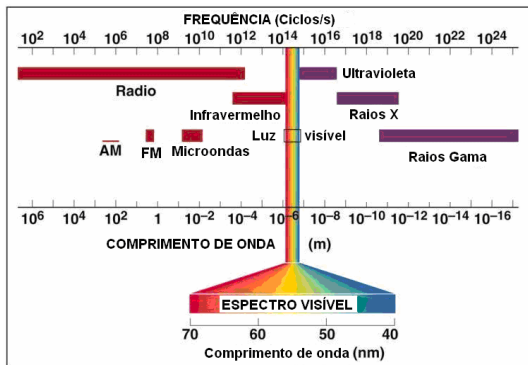


Figura 3: Frequências e comprimentos de onda das ondas eletromagnéticas.

A faixa do espectro visível é apenas uma pequena porção quando comparada ao vasto mundo das ondas eletromagnéticas que nos rodeiam. Os campos elétricos e magnéticos variáveis geram um ao outro e são emitidos pela carga oscilando como uma onda eletromagnética. Essa é a "coisa" detectada, por exemplo, quando você liga um rádio ou atende a uma chamada no celular. Os elétrons do fio, ao se moverem, emitem uma onda eletromagnética capaz de ser detectada pelo rádio e pelo aparelho telefônico. Essas ondas eletromagnéticas estão presentes todo o tempo em nosso mundo. A maioria dos equipamentos elétricos tem seu funcionamento baseado nelas. Certamente, seu corpo está sendo atravessado por milhares de ondas eletromagnéticas neste exato momento, desde as emissoras de rádio e TV até radiações de origem cósmica.

A quantidade de vezes que uma carga oscila em um segundo é o que chamamos de frequência. A unidade utilizada para frequência é o hertz (Hz), em homenagem ao físico que gerou e detectou pela primeira vez as ondas de rádio. Um Hz corresponde a uma oscilação por segundo.

Quando olhamos para o espectro da figura 3, notamos a falta de várias outras cores que estamos acostumados a ver, como por exemplo, o marrom, o bege, o cor-de-rosa, etc. Essas cores são obtidas através da mistura, em diferentes proporções, das cores básicas. A figura abaixo mostra o resultado da mistura de algumas cores:

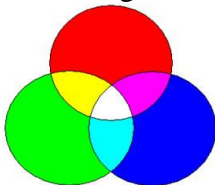
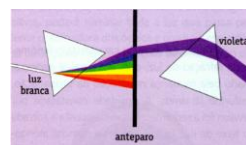


Figura 4: cores primárias e secundárias da luz.

Temos que ficar atentos ao fato de que há fontes de luz, diferentes do Sol, que não emitem todas as cores básicas. Dessa forma, um objeto, quando iluminado por essas fontes, pode apresentar cores diferentes das cores apresentadas quando iluminado pela luz do Sol.

- Decomposição da luz (Newton)



**Figura 5:** Podemos decompor e compor a luz branca usando dois prismas. Neste esquema e no próximo não representamos a cor anil entre o azul e o violeta, uma vez que, na prática, é muito difícil distinguir essa cor. Por isso, os esquemas representam as cores possíveis de serem visualizadas. **Figura 6:** A luz monocromática não sofre nova decomposição.

## EXECUÇÃO

Pouco antes de terminar a aula que antecedia a execução do plano entreguei o formulário aos alunos para que respondessem as questões sem se preocupar com os resultados, pois haveria discussão posterior e esclarecimentos das possíveis dúvidas.

Respostas dos alunos:

1. O laser é um negócio tecnológico; uma luz forte; átomos de energia que geram luz; o laser é uma luz direcionada; laser não tem energia térmica; laser é um tipo de infravermelho; uma luz forte que pode alcançar longa distancia; laser é uma luz intensa em vários lugares;  
A luz é uma coisa que ilumina; a luz é energia; energia térmica; a luz se espalha para todos os lugares; a luz é uma fonte de energia em um só local;
2. As coisas que tem cores; a luz não tem cor, mas as coisas sim; a luz que dá cor aos objetos; tudo tem sua cor; a luz emite uma cor; as coisas tem cor a luz não, são usados papel celofane para luz colorida (filtros);
3. Os olhos; a visão; o reflexo; a luz nos permite ver, pois sem ela não vemos nada; alguma coisa nos olhos que transmite cores; em nossos olhos há laser e por isso vemos cores; a luz nos permite ver cores nos objetos;
4. A luz do laser vai para um lugar só e a luz do sol se espalha por todo lugar; a luz do laser é diferente da luz do sol porque é feita por energia; o sol gera calor e o laser só luz; laser e luz solar são iguais, mas o laser é menos potente; o laser é uma fonte de energia como o sol; o laser não é quente como o sol; o laser não é como o sol porque é uma luz artificial;
5. Cor da luz do sol: Amarela; não tem cor; amarela meio branca; cor de chamas;
6. Usos: brinquedos; cirurgias; limpeza facial; retirar tatuagens; quando falta luz; em casas; mira de armas; indicar pontos distantes; depilação; clareamento de dentes;
7. O laser não prejudica as pessoas; O laser pode cegar; por causa da intensidade pode prejudica a visão;
8. Há lasers para brincar e os que cortam coisas, azuis, vermelhos, verdes etc.; há laser cortante e só de iluminar; tem várias cores e potencias;