

# Aula 14

## FÍSICA MODERNA

### META

- Fazer com que o estudante pense no ensino de ciências como algo “orgânico” que está em profunda transformação;
- Fazer com que os alunos percebam, através de uma atividade lúdica, que podemos ensinar física através de experimentos muito simples;
- Fazer com que os estudantes percebam que podemos usar os *softwares* de ensino de matemática também no ensino de física;
- Fazer com que os alunos percebam as aplicações da física no cotidiano.

### OBJETIVOS

- Ao final desta aula, o aluno deverá:
  - Estar ciente das novas possibilidades e dos desafios que envolvem o ensino de ciências em geral;
  - Perceber que para se ensinar física não precisamos ficar presos ao livro didático;
  - Considerar que ensinar física não é ensinar a resolver problemas e que a física é uma mera aplicação da matemática;
  - Entender que ao ensinar física devemos, sempre que possível, mostrar como esta é importante mundo tecnológico.

### PRÉ-REQUISITOS

- Os alunos deverão ter cursado as disciplinas de Psicologia da Educação, Física A, B e C.

Vera Lucia Martins de Mello

### INTRODUÇÃO

A questão se “Devemos ou não, e como ensinar física moderna no ensino médio?” é tema de largo debate nos meios de ensino. Ao contrário das outras aulas, começaremos esta trazendo um estudo desenvolvido por [Souza e Germano] sobre este tema. Só depois traremos um resumo de vários temas da física moderna como motivação para a introdução de experimentos de baixo custo, *applets* de ensino e vídeo aulas.

O atual contexto social nos direciona a um desafio primordial, sobre o ensino de Física onde os conteúdos devam estar vinculados às questões sociais, políticas, éticas, à construção de valores e à capacidade de contínuo aprendizado por parte dos alunos [CAVALCANTE, 1999].

Pensando neste desafio, temos concentrado esforços na elaboração de uma proposta para o ensino da Física Nuclear no Ensino Médio, contextualizada por questões de relevância em nossa sociedade, e articulando, ao mesmo tempo, três tópicos conceituais: física das partículas, radiações e energia nuclear. No nosso entendimento tal contextualização, na atualidade, deve perpassar a discussão sobre a suposta necessidade de aumento da oferta de Energia Nuclear em nosso país; as atuais aplicações da Medicina Nuclear; os riscos de uso bélico para a energia nuclear pelas sociedades; bem como, as pesquisas contemporâneas envolvendo a Física das Partículas.

No presente trabalho, apresentamos uma análise do tratamento dado à Física Nuclear em livros didáticos de Física do Ensino Médio identificados como os quatro livros mais utilizados por professores de escolas da rede particular de ensino de Natal-RN (com os alunos ou para consultas em seus planos). Esta análise tem como finalidade subsidiar a produção de materiais de apoio ao desenvolvimento da nossa proposta de ensino, objeto da dissertação de mestrado de um dos autores.

#### Quesitos

Para direcionar a análise dos materiais didáticos, utilizamos como referência, ênfases educacionais às quais estamos vinculando nossa proposta de ensino em elaboração, e que visam, primordialmente:

- a preparação dos alunos para compreenderem e influenciarem decisões sociais vinculadas à relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) participando da necessária análise crítica dos benefícios e malefícios das ciências e tecnologias para as sociedades [ACEVEDO, 2004; AIKENHEAD, 2008; BAZZO, 1998; SANTOS E MORTIMER, 2001; CRUZ e ZYLBERSZTAJN, 2000];
- o estímulo às aprendizagens do aprender, do fazer, do conviver e do ser proposto como os quatro pilares básicos da educação no “relatório *Delors*” [DELORS, 1999];

- o favorecimento à aproximação da Física como um exercício cultural de leitura e significação do mundo [BRASIL, 1998; 2002; 2006; ZANETIC, 1989].

Levando em consideração essas ênfases educacionais, e ainda observando outras propostas de critérios para o exame de materiais didáticos envolvendo o ensino das Ciências [ZORZI, 2006; FERREIRA e SALLES, 2004], estabelecemos os itens de observação, apresentados nos Quadros 01 e 02.

Quadro 01: Itens utilizados como referência para as análises dos livros didáticos em sua apresentação do conteúdo.

Item	Descrição
a	<u>Clareza e coerência.</u> Verificou-se, através deste quesito, se o material apresenta o tema de forma clara, e qual a estrutura utilizada na apresentação dos conceitos físicos.
b	<u>Aplicações.</u> Analisaram se o material discute aspectos da Física Nuclear relacionados ao cotidiano do aluno e/ou com aplicações tecnológicas e científicas da Física Nuclear, tais como: energia nuclear, esterilização de alimentos e produtos, medicina nuclear, datação radioativa, Astrofísica.
c	<u>Dimensão social dos conteúdos.</u> Buscou-se identificar relações entre os conteúdos e questões sociais atuais, tais como: a implantação da tecnologia nuclear visando o desenvolvimento de regiões; decisões políticas que envolvam estas tecnologias ou pesquisas; questões ligadas à influência mundial de países que possuam armas nucleares e políticas que regulamentam o uso das tecnologias nucleares; a menção a acidentes nucleares e aos efeitos da tecnologia nuclear sobre o meio ambiente.
d	<u>Aspectos epistemológicos da construção da ciência.</u> Examinou-se a existência de contextualizações sobre o desenvolvimento interno da ciência, bem como, sobre a relação entre esse desenvolvimento e aspectos sociais.
e	<u>Interdisciplinaridade.</u> A interdisciplinaridade entre as diferentes ciências, sugerida tanto no enfoque CTS como nos PCN+ e nas OCN, mais precisamente na forma de temas, também foi alvo da análise.
f	<u>Estímulo ao prazer em conhecer.</u> Analisaram-se, expressões textuais de incentivo à curiosidade, ao aprendizado e à imaginação, na tentativa de alimentar uma satisfação pessoal de compreender.
g	<u>Apresentação da física como cultura.</u> Buscou-se identificar a percepção da Física como parte da tentativa humana de interpretar o mundo, e sua articulação com outros saberes e expressões, como arte e literatura.
h	<u>Informações sobre a Física Nuclear no Brasil.</u> Verificou se havia informações e/ou análises sobre a contribuição do Brasil no desenvolvimento da área, ou ainda sobre o potencial energético brasileiro.
i	<u>Orientações para aprofundamento.</u> Verificou-se a orientação a outras publicações e/ou sites da internet que possam ampliar a abordagem iniciada.

Quadro 02: Itens utilizados como referência para as análises dos livros didáticos em suas propostas de atividades.

Item	Descrição
a	Apresenta questões relacionadas com os conteúdos.
b	Possui atividades em grupo que estimulem à cooperação.
c	Possui atividades que estimulem à criticidade.
d	Possui atividades relacionadas com questões éticas, políticas, sociais ou ambientais.
e	Apresenta atividades problematizadoras.
h	Apresenta atividades que desafiem ou estimulem a curiosidade.

Questões:

Q1 – Faça uma análise do seu livro didático, seguindo as normas acima.

### EFEITO FOTOELÉTRICO [SEARS, WEISSTEIN]

O efeito fotoelétrico é a emissão de elétrons por um material, geralmente metálico, quando exposto a uma radiação eletromagnética (como a luz) de frequência suficientemente alta, que depende do material. Ele pode ser observado quando a luz incide numa placa de metal, literalmente arrancando elétrons da placa. Observado pela primeira vez por A. E. Becquerel, em 1839 e confirmado por Heinrich Hertz em 1887, o fenômeno é também conhecido por "*efeito Hertz*", não sendo este termo de uso comum.

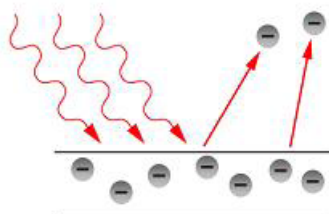


Figura 1 – Efeito Fotoelétrico.

Os elétrons que giram à volta do núcleo são aí mantidos por forças de atração. Se a estes for fornecida energia suficiente, eles abandonarão as suas órbitas. O efeito fotoelétrico implica que, normalmente sobre metais, se faça incidir um feixe de radiação com energia superior à energia de remoção dos elétrons do metal, provocando a sua saída das órbitas: sem energia cinética (se a energia da radiação for igual à energia de remoção) ou com energia cinética, se a energia da radiação exceder a energia de remoção dos elétrons.

A grande dúvida que se tinha a respeito do efeito fotoelétrico era que quando se aumentava a intensidade da luz, ao contrário do esperado, a luz não arrancava os elétrons do metal com maior energia cinética. O que acontecia era que uma maior quantidade de elétrons era ejetada.

Por exemplo, a luz vermelha de baixa frequência estimula os elétrons para fora de uma peça de metal. Na visão clássica, a luz é uma onda contínua, cuja energia está espalhada sobre a onda. Todavia, quando a luz fica mais intensa, mais elétrons são ejetados, contradizendo assim, a visão da física clássica que sugere que os mesmos deveriam se mover mais rápido (energia cinética) do que as ondas.

Quando a luz incidente é de cor azul, essa mudança resulta em elétrons muito mais rápidos. A razão é que a luz pode se comportar não apenas como ondas contínuas, mas também, como feixes discretos de energia chamados de fótons. Um fóton azul, por exemplo, contém mais energia do que um fóton vermelho. Assim, o fóton azul age essencialmente como uma "bola de bilhar" com mais energia, desta forma, transmitindo maior movimento a um elétron. Esta interpretação corpuscular da luz, também explica por que a maior intensidade aumenta o número de elétrons ejetados - com mais fótons colidindo no metal, mais elétrons têm probabilidade de serem atingidos.

A explicação satisfatória para esse efeito foi dada em 1905, por Albert Einstein, e em 1921 deu ao cientista alemão o prêmio Nobel de Física.

#### Equações

Analisando o efeito fotoelétrico quantitativamente usando o método de Einstein, as seguintes equações equivalentes são usadas:

Energia do fóton = Energia necessária para remover um elétron + Energia cinética do elétron emitido

Algebricamente:

$$hf = \phi + E_{cmax}$$

onde,

$h$  é a constante de Planck;

$f$  é a frequência do fóton incidente;

$\phi = hf_0$  é a função trabalho, ou energia mínima exigida para remover um elétron de sua ligação atômica;

$E_{cmax} = \frac{1}{2}mv_m^2$  é a energia cinética máxima dos elétrons expelidos;

$f_0$  é a frequência mínima para o efeito fotoelétrico ocorrer;

$m$  é a massa de repouso do elétron expelido;

$v_m$  é a velocidade dos elétrons expelidos.

Notas:

Se a energia do fóton ( $hf$ ) não é maior que a função trabalho ( $\phi$ ), nenhum elétron será emitido. A função trabalho é ocasionalmente designada por  $W$ .

Em física do estado sólido costuma-se usar a energia de Fermi e não a energia de nível de vácuo como referencial nesta equação, o que faz com que a mesma adquira uma forma um pouco diferente.

Note ainda que ao aumentar a intensidade da radiação incidente não vai causar uma maior energia cinética dos elétrons (ou elétrons) ejetados, mas sim um maior número de partículas deste tipo removidas por unidade de tempo.

Questões:

Q2 – Explique como funcionam as calculadoras e relógios por energia solar.

### RAIOS X

Produção de Raios X <sup>[Wikipédia, UFRGS]</sup>

Os raios x foram descobertos em 8 de novembro de 1895, quando o físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen realizava experimentos com os raios catódicos. A história é apresentada no texto “*A Descoberta dos Raios X*”. Nesta aula trataremos dos conceitos básicos envolvidos com a produção e alguns tipos de aplicações dos raios x na física e na ciência dos materiais. Não trataremos da primeira e mais importante aplicação, qual seja a obtenção de radiografias com os raios x. Apenas como uma ilustração, vejamos a animação abaixo. Com o *mouse*, desloque o quadrado para diferentes posições da mão e veja exemplos de radiografia.



Figura 2 – Raio X da Mão. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod05/m\\_s01.html](http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod05/m_s01.html)

Raios X podem ser produzidos quando elétrons são acelerados em direção a um alvo metálico.

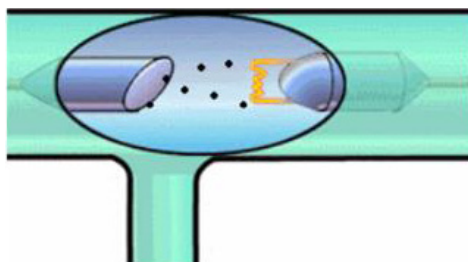
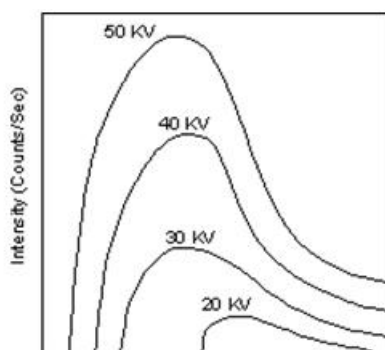


Figura 3

O choque do feixe de elétrons (que saem do cátodo com energia de dezenas de keV) com o ânodo (alvo) produz dois tipos de raios x. Um deles constitui o espectro contínuo, e resulta da desaceleração do elétron durante a penetração no ânodo. O outro tipo é o raio x característico do material do ânodo. Assim, cada espectro de raios x é a superposição de um espectro contínuo e de uma série de linhas espectrais características do ânodo.

Vejam os alguns espectros contínuos obtidos com um ânodo de tungstênio. Os potenciais usados para acelerar o feixe de elétrons são indicados ao lado da curva correspondente.

Figura 4 – Disponível em: <http://www.tulane.edu/~sanelson/geol211/x-ray.htm>.

O espectro contínuo é simplesmente uma curva de contagens por segundo, versus comprimento de onda do raio x, ou seja Intensidade versus  $\lambda$ . Observe que todas as curvas têm em comum o fato de que há um comprimento de onda mínimo, abaixo do qual não se observa qualquer raio x. O curioso é que este valor não depende do material do ânodo.

Para entender este fenômeno, lembre-se da aula sobre o efeito fotoelétrico. Conforme foi proposto por Einstein, um fóton de radiação, com frequência  $f$ , transporta uma energia:

$$hf = hc/\lambda, \quad (1)$$

onde  $\lambda$  é o comprimento de onda da radiação. Portanto, o raio X emitido deverá ter energia máxima igual à energia do elétron incidente. Ou seja, o espectro contínuo é limitado pelo comprimento de onda associado à energia máxima do elétron.

A partir das relações  $E=hf=hc/\lambda$ , mostra que o comprimento de onda mínimo é dado por  $\lambda_{\min}=1.24 \times 10^4/V$ , onde o comprimento de onda é dado em  $\text{\AA}$ , e  $V$ , o potencial acelerador, é dado em volt.

Substituindo-se o alvo de tungstênio ( $Z=74$ ) por um de molibdênio ( $Z=42$ ), e mantendo-se as outras condições experimentais constantes, obtém-se o resultado ilustrado na figura abaixo [Tripler]:

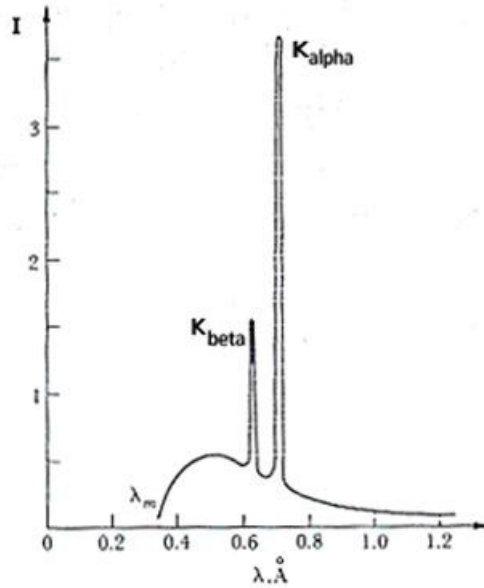


Figura 5

Observe que as principais diferenças entre essas figuras são os picos existentes na última, em torno de  $0.6 \text{ \AA}$  e  $0.7 \text{ \AA}$ . Tendo em conta que a única diferença entre uma medida e outra foi a substituição do alvo, é razoável admitir que os picos são devidos ao ânodo de molibdênio. Estes picos constituem o espectro de raios x característico do molibdênio.

Agora, baseados no modelo de Bohr podemos entender como são gerados os raios característicos, e porque o espectro obtido com o tungstênio apresenta apenas espectro contínuo.

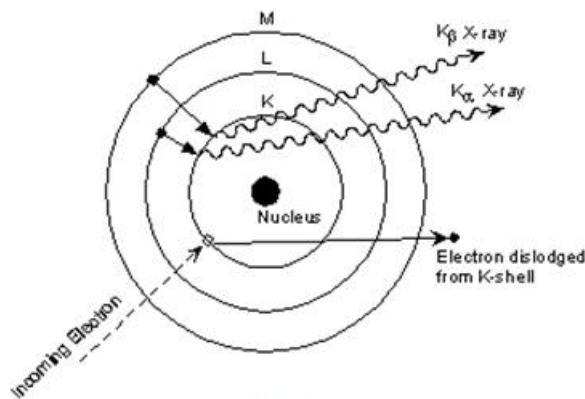


Figura 6



Quando o elétron proveniente do cátodo incide no ânodo, ele pode expulsar um elétron orbital. A órbita de onde o elétron será expulso depende da energia do elétron incidente e dos níveis de energia do átomo do ânodo. A lacuna deixada por este elétron será preenchida por um elétron mais externo. Neste processo, a radiação X será emitida, com frequência dada pela eq. (1).

Questões:

Q3 - Explique como funcionam os aparelhos de Raios X.

Leitura complementar: <http://www.sofisica.com.br/cotidiano.php>



## EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO [CAVALCANTE]

1 - Espectros de emissão

Vários trabalhos têm sido desenvolvidos utilizando CDs como redes de difração envolvendo desde a construção de espectroscópios manuais até a medida de comprimentos de onda através de anéis projetados. Selecionamos algumas técnicas distintas de análise e se manuseadas adequadamente permitirão efetuar medidas com elevado grau de precisão.

Espectro de emissão por projeção: Feixe refletido

Este método fornece anéis de interferência projetados em uma tela. Os comprimentos de onda da radiação podem ser obtidos a partir da medida do ângulo de desvio de cada anel. Esta técnica de medida é descrita em detalhes por Cavalcante e Benedetto [Cavalcante]. Uma montagem que permite a visualização destes anéis de interferência pode ser vista na figura 7.

Valores dos comprimentos de onda podem ser estimados se construirmos uma curva de calibração deste espectroscópio. Para isso basta utilizar como fonte luminosa uma lâmpada eletrônica fluorescente de Hg compacta (aconselha-se no mínimo 24 W), já que se podem observar nitidamente suas linhas características laranja, verde e violeta, cujos comprimentos de onda são 578 nm, 546 nm e 436 nm, respectivamente.

Em seguida, retira-se a fonte calibradora e dispõe-se na mesma posição uma fonte de luz cujo comprimento de onda se deseja medir. O gráfico da figura 8 mostra a curva de calibração bem como os pontos obtidos para os comprimentos de onda de dois LEDs comerciais, vermelho e verde. Os

resultados, 600 nm para o vermelho e 500 nm para o verde, estão próximos dos valores fornecidos pelo fabricante.

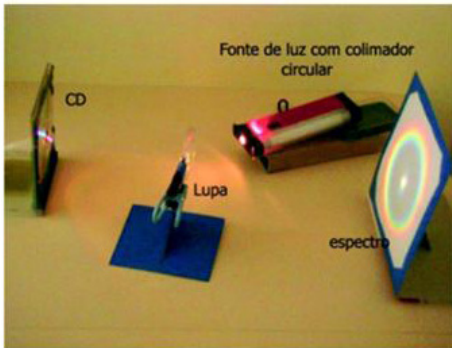


Figura 7 – Montagem utilizada para a observação do espectro de emissão por reflexão no CD. Na tela, são observados os anéis de interferência.

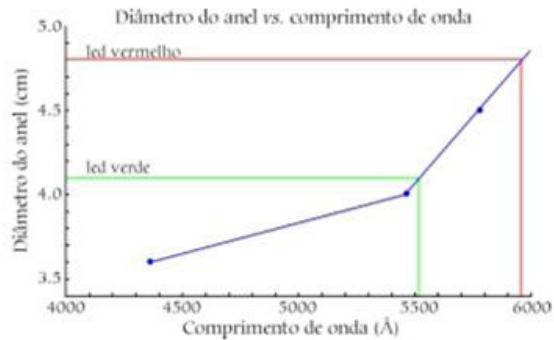


Figura 8 - Curva de calibração e determinação dos comprimentos de onda de dois LEDs comerciais, vermelho e verde.

### Espectro de emissão por projeção: Feixe transmitido

Para se obter a projeção do espectro por feixe transmitido usando o CD, é necessário retirar sua camada refletora de alumínio de modo a torná-lo transparente. Para isso, toma-se um CD gravável, recobre-se com fita crepe e faz-se um pequeno corte com um estilete na sua superfície. Ao puxar a fita, esta traz a camada refletora, deixando o CD completamente transparente (como mostram as figuras abaixo).



Figura 9 (a) e (b) - Procedimento para a retirada da superfície refletora de um CD.

Para a observação do espectro será necessário utilizar uma fonte colimada de luz, uma lupa, um CD transparente e régua. Inicialmente ajusta-se a posição relativa entre tela, fonte e lupa de modo a se obter uma imagem bem nítida da fenda (ver figura da página a seguir).

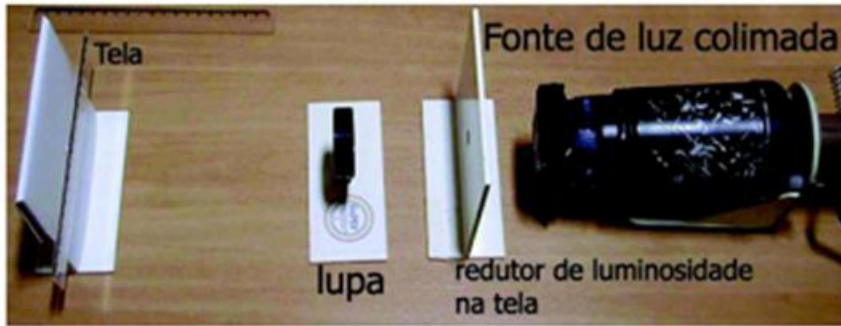


Figura 10 - Montagem mostrando o ajuste inicial da imagem da fenda na tela. Algumas vezes a fonte de luz provoca uma luminosidade excessiva na tela prejudicando a visualização das linhas espectrais. Neste caso pode-se reduzir esta luminosidade interpondo uma placa com orifício entre a lupa e a tela, melhorando a visualização do espectro.

Em seguida coloca-se o CD entre a lupa e a tela até que se observe o espectro com nitidez.



Figura 11 – O CD disposto entre a lupa e a tela para a decomposição espectral.



Figura 12 – Espectro de 1ª ordem obtido para o Hg. As linhas que são observadas com maior nitidez são violeta, verde, azul, laranja e vermelha.

Para a determinação dos comprimentos de onda devemos medir o desvio de cada linha projetada em relação à fenda, conforme o esquema da figura 13. A equação que permite calcular o comprimento de onda  $\lambda$  da radiação correspondente à linha escolhida é dada por:

$$N\lambda = d \sin \theta \quad (1)$$

onde  $N$  corresponde à ordem do espectro que será analisado,  $d$  é a distância entre as ranhuras do CD ( $d = 1/625$  mm, pois o CD contém 625 ranhuras/mm) e  $\theta$  é o ângulo de desvio da linha escolhida em relação ao eixo correspondente à fenda projetada. Para determinar  $\sin(\theta)$ , faz-se,

$$\text{sen}(\theta) = \frac{x}{(D^2 + X^2)^{\frac{1}{2}}} \quad (2)$$

onde X é o desvio medido na tela de projeção e D é a distância entre o CD e a tela.

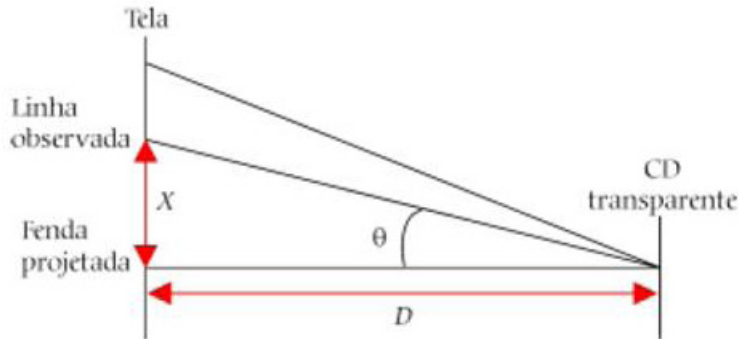


Figura 13 - Esquema indica como determinar o comprimento de onda da radiação usando um CD como rede de difração.

Para permitir uma comparação entre os resultados obtidos pelo método de espectro de emissão por reflexão e o método espectro de emissão por feixe transmitido, obtivemos informações relativas ao comprimento de onda médio emitido por um LED comercial vermelho. Para 5 cm de distância entre o CD e a tela obtivemos um desvio X de 2,3 cm, o que conduz a um comprimento de onda médio da emissão igual a 669 nm. A figura abaixo mostra o espectro de 1ª ordem obtido. Para que se obtenham bons resultados, devemos garantir uma boa simetria para estes desvios em relação à imagem da fenda. Desvios simétricos garantem que tanto o CD quanto a tela encontram-se perpendiculares ao feixe incidente.

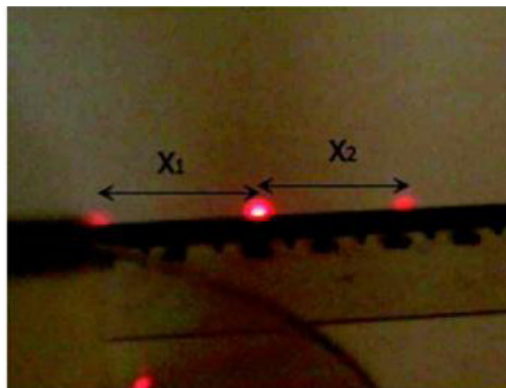


Figura 14 - Espectro de 1ª ordem de um LED vermelho. Nesta montagem X1+X2 mostrando uma perfeita simetria.

### 3 - Espectroscópio manual

Uma opção muito interessante e bastante funcional para as escolas que não dispõem de laboratórios ou salas escuras para a observação dos espectros de projeção são os espectroscópios manuais. Detalhes sobre a construção de um espectroscópio manual podem ser encontrados em Cavalcante e Tavoraro [Cavalcante]. A figura abaixo mostra uma foto de um desses espectroscópios. Trata-se de uma caixa em que em uma de suas extremidades é fixado um pedaço de CD transparente e na outra, onde ocorre à incidência de luz, dispomos de uma escala graduada que servirá de tela para a projeção do espectro. A fenda que colima o feixe é ajustada pelo observador, permitindo maior facilidade de manuseio.



Figura 15 – Espectroscópio manual segundo Cavalcante e Tavoraro [Cavalcante].

Vale a pena ver os experimentos sugeridos na referência [Cavalcante, 1999].

### 4 - Determinação da Constante de *Planck* utilizando LEDs

Como sugestão, pode-se calibrar a escala a partir da relação expressa na Eq. (1), onde a distância da rede de difração à tela ( $D$ ) é característica de cada caixa (figura acima). Como a distância entre as ranhuras de um CD é conhecida e assume o valor de  $1,6 \mu\text{m}$ , podem-se obter os valores de cada desvio para comprimentos previamente fixados. Para o espectroscópio da figura acima temos  $D = 12,5 \text{ cm}$ , fornecendo a Tabela 1.

X-Ray Data Booklet Table 1-2. Photon energies, in electron volts, of principal K-, L-, and M-shell emission lines.

Element	K $\alpha_1$	K $\alpha_2$	K $\beta_1$	L $\alpha_1$	L $\alpha_2$	L $\beta_1$	L $\beta_2$	L $\gamma$	M $\alpha_1$
3 Li	54.3								
4 Be	108.5								
5 B	183.3								
6 C	277								
7 N	392.4								
8 O	524.9								
9 F	676.8								
10 Ne	848.6	848.6							
11 Na	1,040.98	1,040.98	1,071.1						
12 Mg	1,253.60	1,253.60	1,302.2						
13 Al	1,486.70	1,486.27	1,557.45						
14 Si	1,739.98	1,739.38	1,835.94						
15 P	2,013.7	2,012.7	2,139.1						
16 S	2,307.84	2,306.64	2,464.04						
17 Cl	2,622.39	2,620.78	2,815.6						
18 Ar	2,957.70	2,955.63	3,190.5						
19 K	3,313.8	3,311.1	3,589.6						
20 Ca	3,691.68	3,688.09	4,012.7	341.3	341.3	344.9			
21 Sc	4,090.6	4,086.1	4,460.5	395.4	395.4	399.6			

Tabela 1 - Energia dos Raios X característicos dos elementos com Z entre 1 e 21. Disponível em: [http://xdb.lbl.gov/Section1/Table\\_1-2.pdf](http://xdb.lbl.gov/Section1/Table_1-2.pdf).

A figura 16 mostra o espectro de uma lâmpada de Hg comercial obtido com um espectroscópio manual. De modo a permitir comparações com os demais métodos, obtivemos o espectro de um LED vermelho também a partir deste espectroscópio, indicado na figura 17.



Figura 16 - Espectro observado em um espectroscópio manual com D=12,5cm.

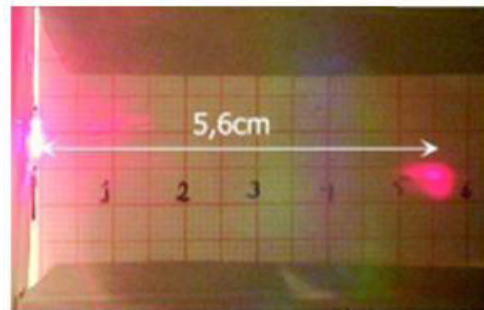


Figura 17 - Espectro observado na tela de um espectroscópio manual. Pela tabela de calibração, temos um valor para o comprimento de onda médio de emissão do LED vermelho próximo a 650 nm, valor compatível com os anteriores obtidos.

$\lambda(\text{nm})$	$\text{sen}\theta$	X (cm)
400,00	0,25	3,23
450,00	0,28	3,66
500,00	0,31	4,11
550,00	0,34	4,58
600,00	0,38	5,06
650,00	0,41	5,56
700,00	0,44	6,08

Tabela 2 – Calibração de um espectroscópio manual com D=12,5 cm.

## APPLETS DE ENSINO

5 – Projeto de ensino de Física “*Kings Centre of visualitation Science*”. Lá você pode encontrar vários *applets* de ensino de física moderna. Exemplos:



Figura 18 – Efeito Compton. Disponível em: <http://www.kcvs.ca/site/projects/physics.html>.

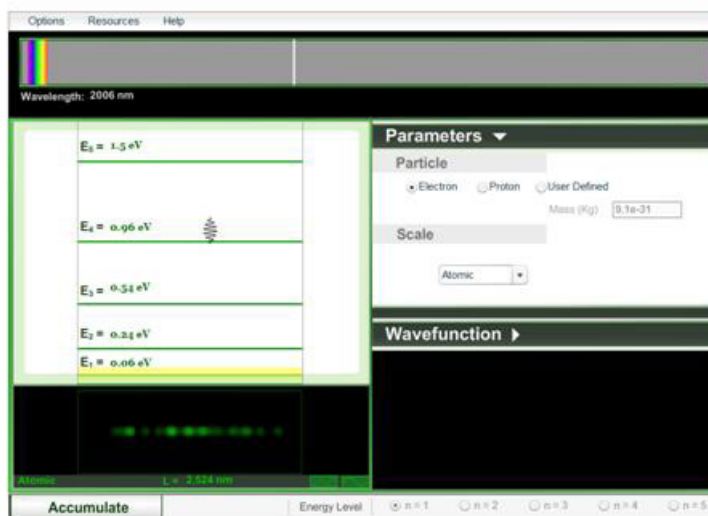


Figura 19 - Partícula em um caixa unidimensional

6 – Física Animada. Neste site você pode encontrar vários *applets* de ensino de física moderna. Exemplos:

[http://www.fisicanimada.net.br/?q=fisica\\_moderna/bohr\\_nav](http://www.fisicanimada.net.br/?q=fisica_moderna/bohr_nav)



Figura 20 - Átomo de Bohr. Disponível em: [http://www.fisicanimada.net.br/?q=fisica\\_moderna/bohr\\_nav](http://www.fisicanimada.net.br/?q=fisica_moderna/bohr_nav).

[http://www.fisicanimada.net.br/?q=fisica\\_moderna/radioactivity](http://www.fisicanimada.net.br/?q=fisica_moderna/radioactivity)

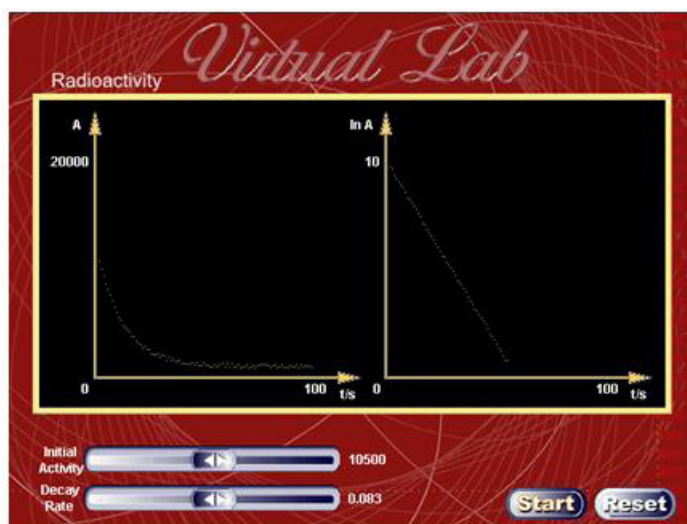


Figura 21

7 - Física com Ordenador.

<http://www.fisica.ufs.br/egsantana/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm>

8 - Portal do professor.

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=253>

9 - Walter-Fendt.

[http://cepa.if.usp.br/walterfendt/phbr/photoeffect\\_br.htm](http://cepa.if.usp.br/walterfendt/phbr/photoeffect_br.htm)



## VÍDEO AULAS

11 – Com ciência. Física Moderna.

Parte 1. <http://www.videolog.tv/video.php?id=284165>

12 – Relatividade Restrita.

Parte 1. <http://www.youtube.com/watch?v=1F37hgSMm1s>

Parte 2. <http://www.youtube.com/watch?v=rUJg9rlmOZc>

Parte1. Telecurso. <http://www.youtube.com/watch?v=8PJ2hhGo6X0>

Parte2. Telecurso. <http://www.youtube.com/watch?v=Hs5T19zND8Y>

13 – Raios X.

<http://www.youtube.com/watch?v=OQAwoOyVXO4>

14 - Física Moderna.

<http://www.youtube.com/watch?v=nTzmkFWnark&feature=related>

15 – Raios X e planos de Bragg.

<http://www.youtube.com/watch?v=nLKUPwqoFas&feature=related>

16 – Telecurso2000. Ensaio de Materiais ou aplicação da física moderna na indústria. Série de 25 aulas.

<http://www.youtube.com/watch?v=j4wkMsviSX4&feature=related>

17 - Como funciona a ressonância magnética.

Parte 1 - <http://www.youtube.com/watch?v=YeVHTjMwVTo>

Parte 2 - <http://www.youtube.com/watch?v=gxQIDDID5Pk>

18 – Física Médica.

<http://www.youtube.com/watch?v=ZhmljYHTQ1o>

## CONCLUSÃO

Através do resumo do artigo de Souza e Gerson mostramos aos futuros professores que eles podem analisar e avaliar os textos sobre a “*Física Moderna*”, preparados para o ensino médio.

Através de textos didáticos preparados para divulgar as aplicações da física moderna e retirados da *web*, complementados com *applets* de ensino e vídeo aulas, mostrando que o tópico “*Física Moderna*” pode ser ensinado, de tal modo, que esta não perca seu vínculo com suas aplicações no mundo tecnológico cotidiano e ao mesmo tempo seja interessante e atrativa.



### RESUMO

Começamos essa aula fazendo um resumo do artigo “*Análise de livros didáticos de física quanto a suas abordagens para o conteúdo de física nuclear*” de Souza e Germano. Neste, eles apresentam uma análise da exposição do conteúdo de física moderna feita em alguns livros didáticos do ensino médio.

Em seguida fizemos uma apresentação de alguns tópicos abordados na física moderna, tais como: raios x, raios gama e um resumo da física das radiações. Usamos para isso textos tirados da *web* e que foram preparados para divulgar as aplicações da física das radiações na medicina e na indústria.

Finalizamos colocando alguns experimentos de baixo custo, coletados do artigo “*Experiências em Física Moderna*” [Cavalcante, Tavaloro e Haag], alguns *links* de *applets* e de vídeo aulas.



### ATIVIDADES

1. Resposta pessoal de acordo com o livro didático escolhido para fazer a análise.
2. As células fotoelétricas substituem as pilhas nestes aparelhos.
3. Na ampola do aparelho de raios x os elétrons liberados no ânodo são acelerados até o cátodo com tal energia que ao serem freados eles liberam energia eletromagnética no espectro de raios x.

### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Análise das obras:

Ao apresentarmos a análise para cada material didático, relatamos inicialmente a forma como os conteúdos estão estruturados no texto, e, em seguida, sistematizamos a presença ou não dos itens selecionados para observarmos o material.

LIVRO 1 – *CURSO DE FÍSICA, VOLUME 3*. (MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. Ed. Scipione, 6ª Ed.; 2006).

A obra tem estruturação centrada nos conceitos, mas nem sempre possui contextualização; quando esta ocorre, relaciona-se com a história ou com aplicações tecnológicas. Há seções destacadas do texto principal, duas delas são: “*Física no Cotidiano*” e “*Tópico Especial*”.

Na primeira temos textos curtos sobre a relação dos conceitos com situações do dia a dia; a segunda traz textos mais longos, como um complemento aos conteúdos com situações de contextos históricos, ou de aplicações tecnológicas ou ainda aspectos culturais.

Na seção “*Tópico Especial*” (p. 215), mostra o funcionamento do acelerador de partículas e comenta um pouco da história do ciclotron, destacando a importância dos aceleradores para o avanço da Física Nuclear. Dentro desta mesma seção aparecem resumos biográficos de Ernest Lawrence (1901-1985) e de César Lattes (1924-2005). Em outro tópico traz um esquema de fornecimento de energia elétrica a partir de uma usina nuclear, porém de forma ilustrativa, somente (p. 280 e p. 301) ou quando indica a transmissão e distribuição da energia elétrica (p. 301). Há, na página 297, uma descrição sobre as radiações nucleares: as emissões alfa, beta e gama são descritas quanto à capacidade de penetração na matéria e nas explosões de bombas atômicas.

O livro traz, no seu último capítulo, um programa com conteúdos de Física Moderna, com o título “*Teoria da Relatividade e Teoria Quântica*”. Dentro deste capítulo, dividido em tópicos, o livro trata de conteúdos como a Relatividade Restrita, Geral, Quântica e, no tópico 25.11 aborda a Física das Partículas. O texto destaca a constituição do núcleo e as partículas atômicas com ênfase nos *quarks*, apresentando um histórico do desenvolvimento deste conhecimento num texto curto, com citações de datas e personalidades, descrevendo uma cronologia na descoberta das partículas nucleares. Aqui, não há referências a qualquer aspecto social, embora a dimensão tecnológica se faça presente por meio dos aceleradores de partículas que são destacados pela engenharia e pelos recursos empregados. A influência da Física sobre as artes é um destaque muito interessante (p. 373) apresentando fotos de telas influenciadas pelas ideias da física das partículas.

Comentários referentes aos experimentos de baixo custo:

Eles devem achar interessante, mas devem encontrar certa dificuldade em reproduzir o experimento.

Comentários referentes aos *applets* de ensino:

Eles devem achar interessantes e ilustrativos, mas não tão fáceis de usar como as da física A e B.

Comentários referentes às vídeos aulas:

Eles devem achar interessantes, ilustrativos, e ao contrário dos *applets* estas complementam muito bem as aulas expositivas.

## REFERÊNCIAS

- ACEVEDO, J. A. - Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**. Vol. 1, nº 1, p. 3 -16, 2004.
- AIKENHEAD, G. — **STS Education: A Rose by Any Other Name**. In R. Cross (Ed.): *Crusader for Science Education: Celebrating and Critiquing the Vision of Peter J. Fensham*. New York: Routledge Press. Disponível em: <<http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/stsed.html>>. Acesso em: 28/08/2012.
- BAZZO, W. A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade e o Contexto da Educação Tecnológica**. Ed. UFSC, Florianópolis, 1998. 319 p.
- BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Linguagens, códigos e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002. 244p.
- \_\_\_\_\_, **PCNEM: Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 28/08/2012.
- \_\_\_\_\_, **OCNEM Ensino Médio: Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, 2006. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf)>. Acesso em: 28/08/2012.
- CARDOSO, S. C. & Barroso, M. F. **RÁPIDA INTRODUÇÃO À FÍSICA DAS RADIAÇÕES**. Disponível em: <<http://omnis.if.ufrj.br/~marta/cederj/radiacoes/fr-unidade2.pdf>>. Acesso em: 18/08/2012
- CAVALCANTE, M. A. – O Ensino de uma Nova Física e o Exercício da Cidadania. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 21. n. 4. Dez. 1999.
- CAVALCANTE, TAVALORO e HAAG. **Experiências em Física Moderna**. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/exper-fis-mod.pdf>>. Acesso em: 28/08/2012.
- CRUZ, S. M. S. C. S.; ZYLBERSZTAJN, A. **O Evento Acidente de Goiânia: Uma Experiência de CTS no Ensino Fundamental**. In: VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2000, Florianópolis. VII EPEF, 2000.
- DELORS, Jacques (Coord.). Os quatro pilares da educação. In: **Educação: um tesouro a descobrir**. 1ª Ed. São Paulo: Ed. Cortez, 1999.
- FERREIRA, M. S.; SALLES, S. E. **Análise de livros didáticos em ciências: entre as ciências de referência e as finalidades sociais da escolarização**. *Revista Educação em Foco*, Porto Alegre, v. 8, 2004.
- GERMANO, A.S.M.; SOUZA, A.M.. ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA QUANTO A SUAS ABORDAGENS PARA O CONTEÚDO DE FÍSICA NUCLEAR. XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2009 – Vitória, ES.

- MOREIRA, M. A. – A questão das ênfases curriculares e a formação do professor de ciências. **Caderno Catarinense para o Ensino de Física**. Florianópolis, vol. 3 n. 2. Ago. 1986.
- SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. – Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, vol. 7, n.1, p.95-111. 2001. Sears, Francis W., Mark W. Zemansky e Hugh D. Young, University Physics, 6 edição, Addison-Wesley, 1983, pp. 843-4. Disponível em: <ISBN 0-201-07195-9>. Acesso em: 28/08/2012.
- TIPLER. P. A.. vol.2. **Física**. Ed. LTC.
- UFRGS. Site de Ensino. **Física Moderna**. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod05/m\\_s01.html](http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod05/m_s01.html)>. Acesso em: 28/08/2012.
- WEISSTEIN, Eric W.. “Eric Weisstein’s World of Physics”, 1996-2007, Eric Weisstein's World of Science, Wolfram Research. **Hertz Effect**. Disponível em: <<http://scienceworld.wolfram.com/physics/HertzEffect.html>>. Acesso em: 28/08/2012.
- Wikipédia. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Raios\\_X](http://pt.wikipedia.org/wiki/Raios_X)>. Acesso em 28/08/2012.
- ZANETIC, J. **Física Também é Cultura**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1989. 250 p.
- ZORZI, M. B. S. **O enfoque ciência, tecnologia e sociedade nos textos sobre radioatividade e energia nuclear nos livros didáticos de química**. Dissertação de Mestrado. Paraná: Universidade Estadual de Maringá, 2006. 129 p.