



Secretaria de  
Educação a Distância

Ministério  
da Educação

## Guia do Professor - OA Pato Quântico

### Introdução

A inserção de Física Moderna e Contemporânea – FMC nas escolas de nível médio deve-se às profundas mudanç as nas ciências e aos grandes avanços tecnológicos dos últimos cem anos, marcados pela descoberta de novos materiais e pelo uso de novos equipamentos oriundos da micro-eletr nica quântica, tais como, o *Laser*, aparelhos de ressonância magnética nuclear e das áreas de telecomunicações e informática em geral.

O OA do tipo jogo/simulação, intitulado “Pato Quântico” faz uma metáfora ao Efeito Fotoelétrico e possibilita o cálculo de uma das mais importantes constantes da natureza, o “ $h$  de Planck”. O Efeito Fotoelétrico está presente na moderna tecnologia, seja no comando de abertura de portas de metr s, elevadores e shoppings, nas câmeras e filmadoras digitais, ou ainda no controle de acionamento de circuitos eletro-eletr nico na indústria, o que pode evitar acidentes entre operários e máquinas. Uma outra aplicação   nos tubos fotomultiplicadores para visão noturna, como aqueles utilizados pelos soldados americanos na guerra do Iraque, em que uma corrente fotoelétrica é ampliada e direcionada para uma tela que cintila quando atingida por elétrons, a imagem, formada por milhões de cintilações,   milhares de vezes mais nítida do que a imagem formada a olho nu.

Ao defender o uso deste OA para auxiliar na aprendizagem dos novos conceitos oriundos com a FMC, espera-se facilitar o ensino desta nova Física e reduzir as dificuldades de práticas experimentais nesta área do saber.

### Objetivos

- ▶ Compreender a solução de Einstein para o Efeito Fotoelétrico;
- ▶ Perceber as mudanç as conceituais envolvidas nos fen menos quânticos.

#### Objetivos contidos na atividade do OA

- ▶ Determinar a constante de Planck utilizando-se dos diversos metais disponíveis no objeto de aprendizagem Pato Quântico;
- ▶ Explorar o conceito de Fóton;
- ▶ Perceber as diferenç as entre objetos clássicos e objetos quânticos.

### Pré-requisitos

Para o desenvolvimento dessa atividade,   necessário que o aluno possua alguns conhecimentos prévios, como por exemplo:

- ▶ Ter noções clássicas das grandezas físicas trabalho e energia;
- ▶ Compreender os fen menos que envolvem eletromagnetismo, óptica e ondas em geral;
- ▶ Conhecer conceitos relacionados à propagação da radiação e sua interação com a matéria.



Secretaria de  
Educação a Distância

Ministério  
da Educação

### **Série/Faixa etária**

Este objeto de aprendizagem é recomendado para alunos a partir da 3ª série do Ensino Médio.

### **Tempo previsto para a atividade**

2 horas aulas de fundamentação teórica relativas aos conceitos básicos de Física Moderna;  
1 hora aula destinada à compreensão do Efeito Fotoelétrico com a apresentação por parte do professor do OA Pato Quântico;  
1 hora aula destinada à exploração por parte do aluno do Pato Quântico.

### **Na sala de aula**

Sugere-se que em uma aula façam-se explanações acerca da radiação do corpo negro e a hipótese apresentada por Planck. Em uma outra aula aborde-se o histórico do Efeito Fotoelétrico passando-se por Hertz e Lenard e suas contribuições. Numa terceira aula introduzir as idéias de Einstein e apresentar o Pato Quântico fazendo uso de um projetor multimídia para uma apresentação geral. Finalmente, numa quarta aula levar os alunos para o laboratório de informática, dispô-los em duplas ou grupos de acordo com o número de computadores e orientá-los a explorar o OA e a fazer suas atividades.

### **Questões para discussão**

O que diferencia um objeto clássico de um objeto quântico? O que é o fóton? Luz ao incidir na superfície de um metal poderá liberar fótons ou elétrons?

### **Na sala de computadores**

#### **Preparação**

Antes do início da aula, o professor deverá ter organizado previamente alguns itens, como:

- Verificar se os computadores estão em perfeito funcionamento bem como se todos estão com acesso a internet, para o acesso a links indicados no OA.
- A atividade deverá ser realizada em duplas para possibilitar a interação social e uma aprendizagem colaborativa.

#### **Durante a atividade**

O professor deve deixar claro que isto é apenas uma simulação, e que a metáfora de patos em constante movimento no poleiro quântico simboliza a natureza dual, onda-partícula, dos elétrons ligados à superfície metálica ou catodo. No canhão de fótons, que fica logo abaixo dos patos, apresentado na figura 1, é possível regular a intensidade da luz fazendo variar o número de fótons-



Secretaria de  
Educação a Distância

Ministério  
da Educação

bala. Para tanto, basta clicar nas bolinhas do canto superior esquerdo abaixo do nome “Fótons” na barra de ferramentas, que elas vão se depositando dentro do canhão, como também é possível variar a cor dos fótons alterando sua frequência, barra multicolorida abaixo do nome “Frequência” (Figura 1) da barra de ferramentas.

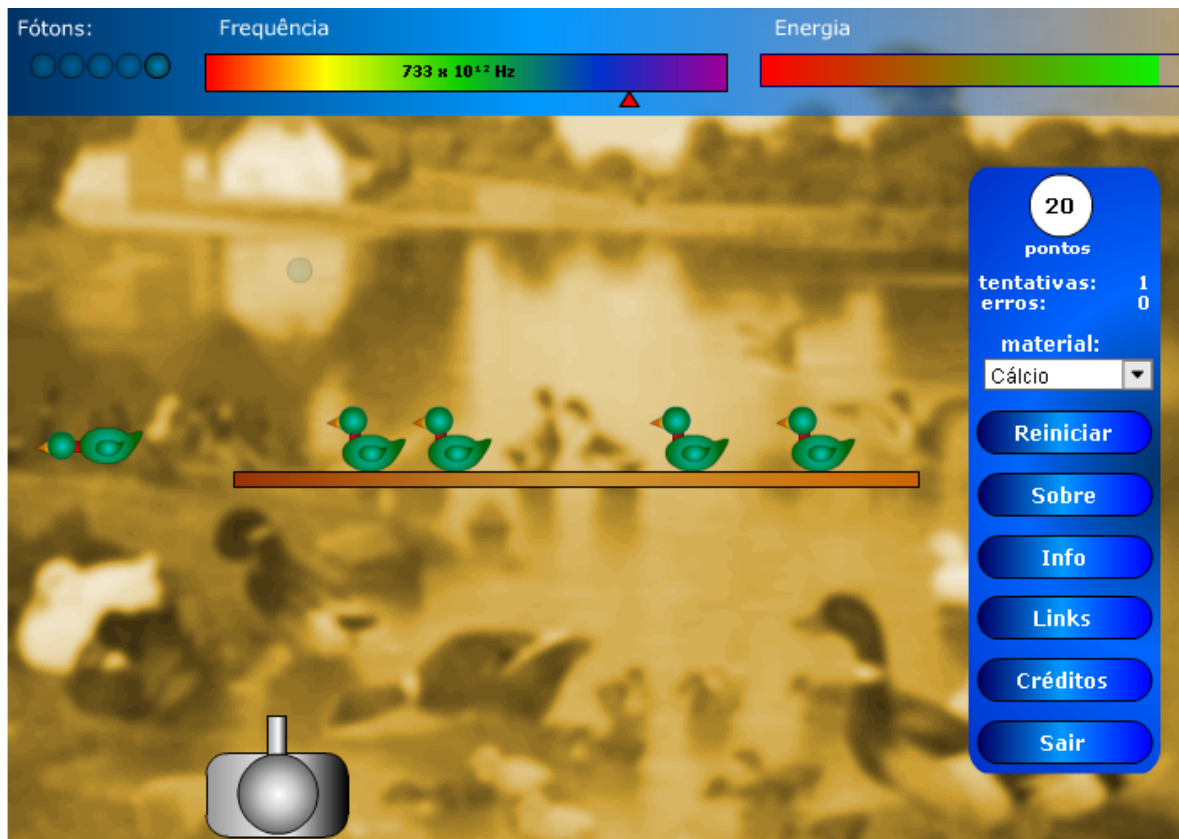


Figura 1 – Momento no qual um pato abandona o poleiro

Para efetuar os disparos, deve-se posicionar e clicar o mouse sobre a base do canhão de fótons. Quanta de luz, ou fótons, representados pelos fótons-bala, serão arremessados na direção dos elétrons-patos.

No quadro destacado em azul, à direita do software, encontram-se opções: Ao clicar em “Sobre”, são fornecidas informações básicas de esclarecimento acerca do jogo. O botão “Links” faz a ligação a páginas *Web* para aprofundamentos teóricos e/ou experimentações e modelagens matemáticas em outros *applets* que tratam do Efeito Fotoelétrico. O botão “Info” fornece a função trabalho dos metais do poleiro quântico, material da barra em que se encontram os elétrons-patos. As opções são: Cálcio, césio, potássio, platina e sódio (Figura 2).

Estas ações, associadas ao Pato Quântico, devidamente mediadas pelo professor, visam a aumentar a compreensão e estruturação do modelo quântico do Efeito Fotoelétrico.



Secretaria de  
Educação a Distância

Ministério  
da Educação

Este quadro azul traz ainda o contador de pontos, para cada elétron-pato que voa são atribuídos 20 pontos, bem como o contador do número de tentativas e acertos, e o botão de reiniciar o jogo.

Como se trata de um jogo, quanto mais elétrons-patos voarem, mais pontos serão feitos. Para tanto, é disponibilizada uma certa quantidade máxima de energia ao usuário/interagente. Na barra de energia, que fica no canto superior direito da barra de ferramentas é utilizado duas cores para sinalizar o nível de energia disponível, como por exemplo: verde simboliza que há energia disponível e o vermelho que a energia está cada vez mais escassa. Cada fóton-bala utilizado decresce a energia disponibilizada.

Na busca de jogadas mais efetivas, o interagente/aluno buscará fundamentar suas estratégias de jogo e com isto desenvolver sua capacidade cognitiva, que o levará à aprendizagem.

Quanto mais interações/experimentações o usuário/interagente faz, maiores serão suas possibilidades de somar pontos. Isto poderá levá-lo a utilizar e analisar cada material do poleiro quântico e seu correspondente comportamento frente ao Efeito Fotoelétrico, implicando na compreensão quântica deste fenômeno e o abandono das concepções clássicas.

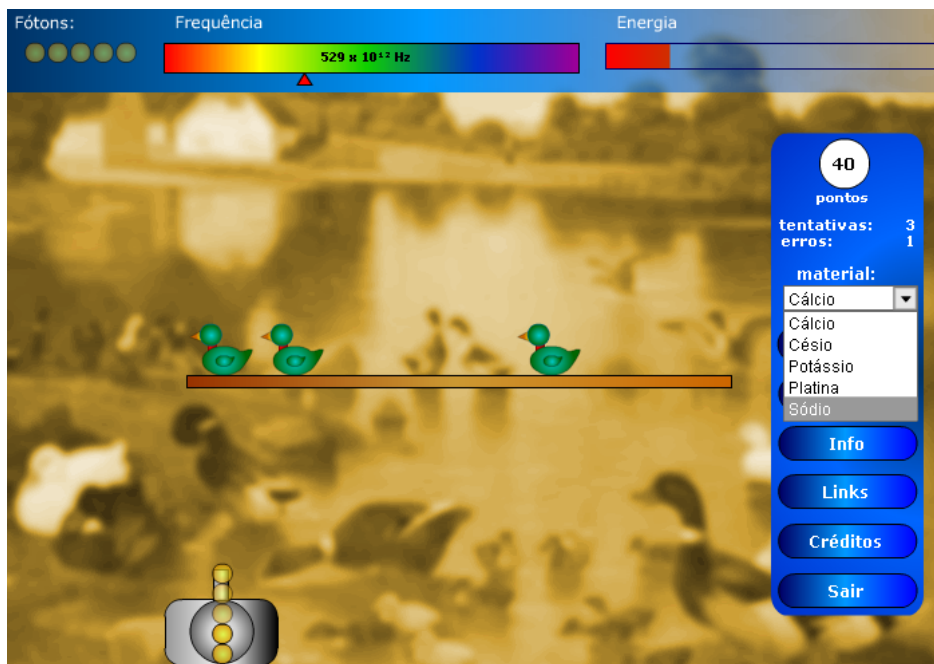


Figura 2 – Metais disponíveis no botão “material” do Pato Quântico

O professor pode propor ao aluno, como atividade, descobrir a frequência mínima que arranca os elétrons da superfície do metal, orientando-o da seguinte forma:

- Fixar o material do poleiro quântico, que representa o catodo;
- Municar o fóton-canhão com qualquer quantidade de fótons-bala;



Secretaria de  
Educação a Distância

Ministério  
da Educação

- Variar gradualmente o cursor que simboliza a frequência;
- Testar se arranca ou não os elétrons-patos ao atirar com o fóton-canhão;
- Repetir a operação até conseguir que os elétrons-patos consigam escapar do poleiro quântico com a menor frequência possível.

Uma vez descoberto o valor da frequência mínima, que corresponde a uma energia cinética que tende a zero, é só aplicar a equação de Einstein para o Efeito Fotoelétrico,  $E_{c\ max} = h \cdot f - \phi$ , tomada em função de  $h$ , que representa a constante de Planck em elétrons-Volt.segundos – eV.s, e calcular seu valor, conforme expressão abaixo:

$$h = \frac{\phi}{f_{\min}}$$

### **Depois da atividade**

Espera-se que o jogador descubra ao longo da interação com esta simulação/jogo, que, para a liberação de elétrons-patos, é necessária uma certa energia mínima, intitulada por Einstein de função trabalho, e que esta quantidade mínima depende da cor dos fótons-bala (frequência) e não de sua quantidade (intensidade da luz) como se supunha na Física Clássica.

### **Avaliação**

É importante que a avaliação seja mediadora da aprendizagem, ou seja, que o professor acompanhe cada grupo de alunos no momento da interação com o OA. Nesse momento se deve observar as hipóteses levantadas para a solução de cada situação proposta e o progresso individual alcançado pelos alunos.

De forma qualitativa o professor deve observar se seus alunos ao interagirem com o OA, Pato Quântico, que simula o Efeito Fotoelétrico, compreenderam sua funcionalidade no cálculo da constante de Planck, e se seus resultados foram satisfatórios. Durante a interação alunos/OA, pode-se, também, suscitar questionamentos acerca da dualidade onda-partícula e quantização de energia, com a hipótese da proporcionalidade entre energia e frequência, estendida por Einstein ao espectro eletromagnético.

Por fim, solicitar a cada grupo que apresente sua conclusão na forma de relatório.

### **Atividades complementares**

Explorar as diferenças entre os objetos clássicos, que são determinísticos e que possuem momento e posição simultaneamente bem definidos, com os objetos quânticos de aspectos probabilísticos e



**Secretaria de  
Educação a Distância**

**Ministério  
da Educação**

regidos por um certo grau de incertezas.

### **Conclusão**

Espera-se, que esta interação com o OA Pato Quântico possa resultar numa aprendizagem significativa, com eficiente transposição didática dos conteúdos e fortalecimento de mudanças conceituais necessárias à compreensão inicial do modelo quântico da matéria.