

BLOCO III – A INTERAÇÃO FORTE E OS QUARKS

Com a descoberta do nêutron, houve a necessidade de investigar ainda mais o núcleo para entender a sua estabilidade. Com isso, um modelo de interação de partículas do núcleo foi proposto, descobrindo a Força Forte. Com a Força Forte, vieram indícios dos constituintes dos prótons e nêutron. Assim um novo modelo foi proposto – o modelo dos quarks.

1. Objetivos gerais:

- ✓ Entender os problemas dos modelos de núcleo e a necessidade da descoberta do nêutron.
- ✓ Compreender a estabilidade do núcleo.
- ✓ Compreender a troca de píons entre as partículas do núcleo: Força Forte.
- ✓ Conhecer os constituintes de algumas partículas – os quarks.
- ✓ Entender o mecanismo da carga cor e a interação entre os quarks.

2. Conteúdo Físico

- ✓ Atração e repulsão elétrica.
- ✓ Movimento de partículas carregadas em campos elétricos e magnéticos
- ✓ Interação Forte.
- ✓ Modelo dos quarks e a carga cor.

3. Leitura complementar

As leituras indicadas servem para um conhecimento mais profundo e detalhado dos conceitos tratados neste bloco. Assim, caso seja possível, leia algumas dessas referências antes de iniciar as aulas.

- ✓ HEWITT, Paul. **Física Conceitual**. 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- ✓ SEGRÉ, E. **Dos raios X aos Quarks. Físicos Modernos e suas Descobertas**. Universidade de Brasília, Brasília, 1982.
- ✓ VARELA, João. **O século dos quantas**. Lisboa: Gradiva, nov 96.
- ✓ ALVES, Gilson; CARUSO, Francisco; FILHO, Hélio da Motta; SANTORO, Alberto. **O mundo das partículas de hoje e de ontem**. Rio de Janeiro: CBPF, 2000.
- ✓ CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor; SANTORO, Alberto. **Partículas elementares: 100 anos de descoberta**. Manaus: Editora da Universidade Federal de Manaus, 2005.
- ✓ CARUSO, Francisco; SANTORO, Alberto. **Do átomo Grego à Física das interações fundamentais**. 2ª ed. Rio de Janeiro: AIAFEX, 2000.
- ✓ TIPLER, Paul A.; LLEWELLYN, Ralph A. **Física Moderna**. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- ✓ MENEZES, Luis Carlos de. **A matéria uma aventura do espírito: fundamentos e fronteiras do conhecimento físico**. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

- ✓ ALVES, Gilvan Augusto; SANTORO, Alberto; GOMES E SOUZA, Moacyr Henrique. **Do elétron ao quark top**. Ciência Hoje, V.19, nº 113, Setembro 1995, pp.34 – 44.
- ✓ GRUPO DE FÍSICA NUCLEAR. **Efeito túnel e estabilidade nuclear**. Revista do CBPF, pp. 32 – 35. (<http://www.cbpf.br/Publicacoes.html>)
- ✓ GRUPO DE RAIOS CÓSMICOS DE ALTAS ENERGIAS. **Energia extrema no Universo**. Revista do CBPF, pp. 06-09. (<http://www.cbpf.br/Publicacoes.html>)
- ✓ **César Lattes**. Ciência hoje, V.36, nº 215, Maio 2005, pp. 45 – 49.
- ✓ GILMORE, Robert. **Alice no país do Quantum: a Física Quântica ao alcance de todos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar ed, 1998.
- ✓ GILMORE, Robert. **O mágico dos Quarks: a física de partículas ao alcance de todos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.
- ✓ PIRES, Antônio Sérgio Teixeira. **Solução para o desconcertante**. Ciência Hoje. V.33, n.193, p.76-79, maio 2003.
- ✓ SCOCCOLA, Norberto. **Pentaquark: nova partícula subatômica?** Ciência Hoje. V.35, n.210, p.36-40, nov.2004.
- ✓ ABDALLA, Maria Cristina. **O estranho charme das partículas elementares**. São Paulo: Editora da UNESP, 2006.

4. Quadro Sintético

ATIVIDADE	MOMENTOS	COMENTÁRIOS	TEMPO
1. Estudo sobre o núcleo atômico	Panorama geral do que se conhece até este momento.	Texto: “A solução de um problema: a descoberta do nêutron”. Elaboração de argumentos a favor da descoberta do nêutron.	1 aula
	Levantamento dos problemas com o modelo do núcleo atômico. A descoberta do nêutron		
	Sistematização e leitura do texto:		
2. Estudo sobre a estabilidade do núcleo e a Força Forte	O problema da estabilidade do núcleo	Discutir o novo modelo de núcleo e o problema de sua estabilidade.	2 aulas
	A proposta do modelo de Yukawa e a troca de píons.		
	Sistematização, leitura e resposta as questões do texto.	Texto: “Entendendo a estabilidade do núcleo: a Força Forte”.	
	Correção das questões		
3. Compreendendo a radiação α .	Compreendendo a radiação α através da discussão da Força Forte.	Texto: “Entendendo a radiação α . Retomar a discussão iniciada no início sobre as radiações.	1 aula
	Leitura do texto, respostas às questões.		
4. Entendendo o funcionamento dos aceleradores de partículas	Sistematização e leitura do texto.	Texto: “Aceleradores de Partículas”. Simulação de um acelerador no site do CERN.	1 aula
	Atividade 6: Entendendo os aceleradores de partículas.		
5. Contribuição do físico brasileiro	Discutir a contribuição de César Lattes para o modelo de Yukawa.	Texto: “César Lattes e o méson pi”.	1 aula
	Sistematização, leitura e resposta as questões do texto		
6. Entendendo a estrutura das partículas	Atividade 7: Entendendo a estrutura das partículas.	Compreender a constituição de algumas partículas, entendendo a necessidade da carga cor.	3 aulas
	Discussão e sistematização da atividade 7		
	Explicar o modelo dos quarks e da carga cor	Texto: “os constituintes do núcleo: o modelo dos quarks”.	
	Sistematização, leitura e resposta as questões do texto.		
Continuação da discussão e correção das questões.	Voltar a discutir o modelo dos quarks e a carga cor. De modo que fique bem compreendido pelos alunos.		
7. Sistematização geral do bloco	Sistematização geral dos conceitos do bloco	Apresentar um panorama geral dos conceitos do bloco	1 aula
	Discussão e dúvidas		
8. Avaliação	Aplicação da prova		1 aula

5. Descrição aula-a-aula

Aula 17

Tema: Modelo do núcleo e a descoberta do nêutron.

Objetivo: Destacar a necessidade de uma partícula neutra no núcleo.

Conteúdo Físico: Interação elétrica, radiações α e β .

Recursos Instrucionais

- Texto de apoio **“A solução de um problema: a descoberta do nêutron”**
- Discussão entre professor e alunos
- Aula expositiva

Motivação: Com a descoberta do núcleo atômico, foi necessário criar um modelo para ele. Assim, foi levado em consideração as emissões de partículas dele. Sendo estabelecido um modelo falho para alguns dados experimentais. Com isso houve a necessidade de modificar esse modelo, que só foi feito com a descoberta do nêutron.

Momentos

1º Momento	Retomada da discussão sobre os modelos atômicos, focando agora no núcleo. Exposição sobre o modelo do núcleo, os problemas desse modelo e a necessidade de uma partícula neutra.
	Tempo: ± 25 min

2º Momento	Sistematização, leitura e respostas das questões do texto: “A solução de um problema: a descoberta do nêutron”.
	Tempo: ± 25 min

Sugestão: O professor deve enfatizar bem o modelo que descrevia o núcleo, mostrando os argumentos à favor e pergunte se alguém pode oferecer argumentos que derrubem esse modelo. Em seguida apresente os argumentos contrários. Deixe que os alunos discutam um pouco sobre esses argumentos, para que possam ver as inconsistências dele.

Dinâmica da aula

Retomar as idéias dos modelos atômicos de Rutherford e Bohr. Em seguida apresente o modelo vigente para a descrição do núcleo, colocando os argumentos a favor e contra. Mostre a inconsistência desse modelo, havendo a necessidade de uma nova partícula no núcleo. Discuta como foi descoberta essa partícula, mostrando que outros cientistas chegaram perto de descobri-las. Mas por uma sutíliza, a descoberta foi feita por Chadwick. Em seguida peça para que leiam o texto e respondam as questões trazidas nele.

Aula 18

Tema: A descoberta do nêutron e a estabilidade do núcleo.

Objetivo: Discutir como o núcleo se mantém coeso depois do nêutron ter sido descoberto. Apresentando o modelo da força forte proposto por Yukawa, através da troca de píons entre as partículas do núcleo.

Conteúdo Físico: Interação elétrica; A força forte – interação através da troca de píons.

Recursos Instrucionais

- Texto de apoio **“A solução de um problema: a descoberta do nêutron”**
- Aula expositiva.

Motivação: Compreender como que partículas de mesmo sinal, no caso o próton, podem se manter unida formando o núcleo.

Momentos

1º Momento	Discussão e resposta das questões do texto: <i>“A solução de um problema: a descoberta do nêutron.”</i>
	Tempo: ± 15 min

2º Momento	Colocar a questão: <i>Como o núcleo pode se manter unido se ele é formado de prótons e nêutrons?</i>
	Tempo: ± 15 min

3º Momento	Iniciar a discussão sobre a proposta de Yukawa para a coesão do núcleo, a proposta da força forte através da troca de píons.
	Tempo: ± 20 min

Sugestão: Ao expor a questão no segundo momento, o professor deve pedir aos alunos para proporem hipóteses e discutirem elas.

Dinâmica da aula

Inicie a aula discutindo as questões de texto com os alunos, destacando as principais características do nêutron e da sua descoberta. Faça uma sistematização do texto e, caso nenhum aluno levante a questão sobre a estabilidade do núcleo, faça a proposta, deixando um tempo para eles discutirem. Inicie a discussão sobre a proposta do modelo de Yukawa para a coesão do núcleo.

Aula 19

Tema: A força forte como solução para o problema da instabilidade do núcleo.

Objetivo: Discutir como o núcleo se mantém coeso depois do nêutron ter sido descoberto. Apresentando o modelo da força forte proposto por Yukawa, através da troca de píons entre as partículas do núcleo.

Conteúdo Físico: A força forte – interação através da troca de píons.

Recursos Instrucionais

- Texto de apoio: **“Entendendo a estabilidade do núcleo: a força forte”**.
- Aulas expositivas.

Motivação: O surgimento de um modelo para explicar a instabilidade do núcleo devido a descoberta do nêutron. A compreensão do funcionamento deste modelo. A contribuição de um cientista brasileiro para pesquisa internacional.

Momentos

1º Momento	Leitura e respostas das questões do texto: <i>“Entendendo a estabilidade do núcleo: a Força Forte”</i> .
	Tempo: ± 25 min
2º Momento	Correção e discussão sobre as questões. Sistematização da troca de píons entre as partículas do núcleo.
	Tempo: ± 25 min

Observação: No texto aparece uma citação do princípio da incerteza e provavelmente o professor tenha de comentar com os alunos o seu significado, devendo, portanto estar preparado para isso consultando antes uma fonte, se julgar necessário. Outro momento que pode exigir uma explicação à parte, em relação às unidades, é quando o texto fala das diferenças de massas.

Sugestão: É importante que o professor busque sistematizar bem o processo da troca de píons entre as partículas do núcleo.
Dependendo de como vai conduzir a aula e do tempo que pode gastar falando do princípio da incerteza e das unidades o professor pode propor que as questões sejam feitas em casa e entregues na aula seguinte ou ainda utilizar um pedaço da aula seguinte para que os alunos terminem as questões.

Dinâmica da aula

Durante a correção e sistematização das questões, o professor deve enfatizar que os píons foram previstos primeiro através de modelo teórico e só mais tarde detectados. Também deve ser destacada a contribuição do cientista brasileiro, César Lattes, nessa detecção.

Discutir o conceito de píons, a troca dos mesmos e suas conseqüências além das cargas associadas a eles e a conservação de cargas.

Por fim merece destaque também as respostas obtidas com esse modelo e as questões que surgem como o status de elementar do próton e do nêutron, e a qual propriedade das partículas está associada à troca de píons.

Os alunos têm um tempo a mais para refletirem sobre as idéias do texto respondendo as questões propostas.

Aula 20

Tema: A compreensão da radiação α destacando porque alguns núcleos são radioativos e outros não.

Objetivo: Compreender a radiação α de uma forma completa.

Conteúdo Físico: A força forte – interação através da troca de píons e radiação α .

Recursos Instrucionais

- Aulas expositivas.
- Texto de apoio: “**Entendendo a radiação α** ”.

Motivação: Compreender que a *instabilidade* do núcleo está ligada a emissão da radiação α , entendendo a diferença entre núcleos radioativos e não radioativos.

Momentos

1º Momento	Discussão sobre a emissão alfa de alguns núcleos, colocando a pergunta: <i>Porque alguns núcleos são radioativos e outros não?</i>
	Tempo: \pm 10 min

2º Momento	Sistematização, leitura e resolução da questão do texto: “ <i>Entendendo a radiação α</i> .”
	Tempo: \pm 30 min

3º Momento	Correção e discussão sobre o problema proposto no texto.
	Tempo: \pm 10 min

Sugestão: Ao propor a questão: *porque alguns núcleos são radioativos e outros não?* o professor deve aguardar que os alunos exponham suas idéias e hipóteses. Para depois ele sistematizar a resposta. Pode ser solicitado aos alunos um trabalho de pesquisa a ser feito em casa sobre termos que aparecem no texto como: “elétron-volt”, número atômico, número de massa, os números que aparecem na representação dos elementos químicos.

Dinâmica da aula

Inicie a aula expondo o problema da emissão de alguns núcleos e em seguida peça para que eles elaborem hipóteses sobre a questão. Em seguida, sistematize essas hipóteses, elaborando uma única, que esteja correta. Peça que façam a leitura do texto e resolvam a questão proposta. Faça a correção enfatizando a diferença de massa.

Aula 21

Tema: Aceleradores de partículas.

Objetivo: Entender o funcionamento dos aceleradores de partículas, compreendendo os conceitos físicos utilizados nele.

Conteúdo Físico: Campo Elétrico (ddp), magnético e Aceleradores de partículas.

Recursos Instrucionais

- Aula expositiva
- Roteiro da atividade 6;
- Simulação computacional: http://microcosm.web.cern.ch/microcosm/RF_cavity/ex.html

Motivação: Conhecer o funcionamento dos aceleradores de partículas de uma forma geral e o uso prático da tecnologia no estudo de física de partículas.

Momentos

1º Momento	Colocar a questão: “ <i>Como podemos acelerar partículas carregadas?</i> ”. Discutir com os alunos a questão falando da forma como as partículas são aceleradas nos laboratórios.
	Tempo: ± 10 min
2º Momento	Leitura do texto: “ <i>Aceleradores de partículas</i> ”. Sistematização e discussão dos conceitos envolvidos
	Tempo: ± 25 min
3º Momento	Simulação computacional de um acelerador de partículas.
	Tempo: ± 15 min

Sugestão: Ao propor a questão: *como podemos acelerar partículas carregadas?* O professor poderá deixar que os alunos respondam a essa pergunta, tornando a aula mais dinâmica.

Junto com a simulação ou slides sobre o funcionamento de um acelerador de partículas pode ser apresentado uma simulação sobre raios cósmicos, mostrando como ocorre a incidência de raios cósmicos na atmosfera. Essa simulação pode ser encontrada no site: www.lip.pt/experiments/trc/opsao/oqsao3.html.

Ao discutir sobre os aceleradores, caso haja tempo, o professor pode discutir o movimento das partículas em um campo magnético. Aspecto importante para os alunos compreenderem melhor os aceleradores circulares.

Dinâmica da aula

Na leitura do texto sobre aceleradores destacar a radiação cósmica e o funcionamento de um acelerador de prótons. A idéia de como funciona um acelerador pode e deve ser enfatizada com a atividade 4 através da simulação de um acelerador no site citado acima ou em algum outro similar ao mesmo ou através da apresentação de slides.

Atividade 6 – Entendendo o funcionamento dos aceleradores

Essa atividade tem como objetivo tentar levar uma pequena simulação do funcionamento de um acelerador de partículas. A simulação utilizada é um caso simples de um acelerador linear. Mas basicamente, o circular funciona da mesma maneira, só temos que acrescentar o campo magnético.

Procedimento

Entre no site: http://microcosm.web.cern.ch/microcosm/RF_cavity/ex.html

Aparecerá na tela do computador uma partícula carregada e uma região com uma diferença de potencial. Com um alternador, você terá que ir modificando os pólos para que a diferença de potencial (ddp) faça que a partícula seja sempre acelerada.

Assim que você conseguir atingir a energia desejada, a simulação termina.

Aula 22

Tema: César Lattes e os mesóns Pi.

Objetivo: Destacar a importância do físico brasileiro no cenário internacional, através da contribuição na detecção dos píons previsto pelo modelo de Hideki Yukawa, apresentando inclusive detalhes da parte técnica de seu trabalho. Levantar a questão da divulgação científica no país.

Conteúdo Físico: Método de detecção de raios cósmicos.

Recursos Instrucionais

- Aula expositiva.
- Texto de apoio: **“César Lattes e o méson Pi”**.

Motivação: Conhecer a contribuição e a importância de um cientista nacional para o desenvolvimento da física.

Momentos

1º Momento	Colocar a questão: <i>“Vocês conhecem algum físico que fez contribuições para a Física de Partículas?”</i> Iniciar a discussão com os alunos, procurando ressaltar a contribuição dos brasileiros à Física.
Tempo: ± 15 min	

2º Momento	Leitura e resposta as questões do texto: <i>“César Lattes e méson pi”</i> .
Tempo: ± 20 min	

3º Momento	Discussão das questões propostas no texto.
Tempo: ± 15 min	

Sugestão: O professor pode aproveitar o momento e pedir aos alunos um trabalho extra sobre a vida e trabalho de César Lattes e até mesmo sobre outros cientistas brasileiros.
Caso seja possível, mostre alguns recortes de jornal da época da descoberta do méson pi por Lattes.

Dinâmica da aula

Durante a leitura destacar a importância de César Lattes e seu trabalho e a questão da divulgação científica no país. Durante a discussão dos exercícios, destacar essa questão e ouvir as opiniões deles.

Aula 23

Tema: O modelo de quarks.

Objetivo: Mostrar que a algumas partículas são formadas por partículas ainda menores, compreender também a hipótese de uma nova carga (carga cor). Evolução de modelos com a apresentação do modelo de quarks.

Conteúdo Físico: Modelo de quarks.

Recursos Instrucionais

- Roteiro da atividade 7:
- Conjunto de figuras com formas e cores diferentes representando as partículas.

Motivação: Conhecer mais ainda o interior da matéria e suas estruturas básicas. A tentativa de compreender de que são formados os prótons e nêutrons.

Momentos

1º Momento	Discutir com os alunos a suspeita de haver uma quantidade menor de partículas no meio de tanta diversidade delas (centenas delas). Discutir o significado da palavra <i>Elementar</i>
	Tempo: ± 20 min

2º Momento	Iniciar a atividade 7 (1ª parte): Entendendo a estrutura das partículas. Faça um fechamento dessa parte. Inicie a 2ª parte da atividade 7.
	Tempo: ± 30 min

Sugestão: Para explicação do princípio da exclusão de Pauli, o professor pode levar uma apresentação pronta em slides ou anotar na lousa enquanto eles realizam a 1ª parte da atividade, para aproveitar melhor o tempo. Se a discussão e a realização da atividade for mais demorada que o previsto o professor deve terminá-la efetivamente na próxima aula.
Para discutir o significado da palavra *elementar* seria interessante buscá-la em um dicionário.

Dinâmica da aula

Inicie a aula com uma discussão sobre a grande diversidade de partículas que se tem (se possível mostre um quadro com as partículas já mostradas) e com desenvolvimento dos aceleradores, um número maior de partículas foram detectadas, tendo partículas com características parecidas com o próton e o nêutron. Assim houve a suspeita que a natureza seria mais simples.

Separe os alunos em grupo e proponha a 1ª parte e, em seguida a 2ª parte da atividade 7, mas antes explique o princípio da exclusão de Pauli. Leia atentamente o roteiro com os alunos, utilizando um exemplo. Em seguida faça o fechamento e a sistematização da atividade.

Aula 24

Tema: O modelo de quarks.

Objetivo: Relacionar a atividade com o texto de apoio “Os constituintes do nucleons: o modelo de quarks”. Entender a proposta do novo modelo, com as novas partículas que constituem os prótons e nêutrons e suas interações assim como a hipótese da carga cor.

Conteúdo Físico: Modelo de quarks.

Recursos Instrucionais

- Roteiro da atividade 7.
- Conjunto de figuras com formas e cores diferentes representando as partículas.
- Aula expositiva.

Motivação: Conhecer mais ainda o interior da matéria e suas estruturas básicas. De forma organizada e mais sistematizada conhecer a nova família de partículas que compõem os materiais e suas interações.

Momentos

1° Momento	Discussão e sistematização da atividade, focando na necessidade de um novo número quântico para não violar o princípio da exclusão de Pauli – a carga cor.
	Tempo: ± 10 min

2° Momento	Propor a 3ª parte da atividade 7.
	Tempo: ± 20 min

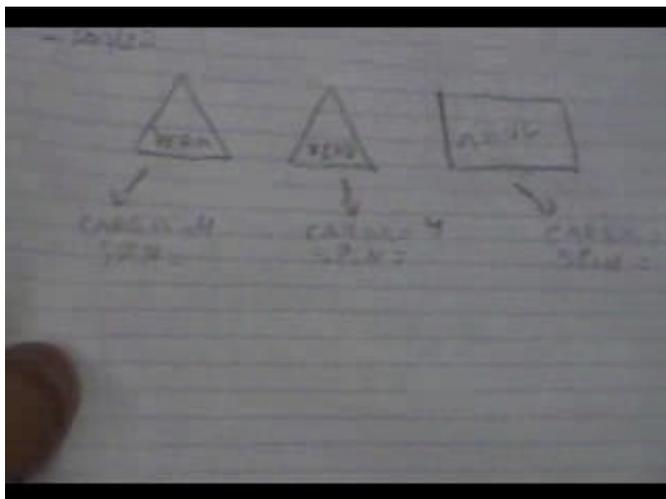
3° Momento	Discussão e sistematização da 3ª parte da atividade
	Tempo: ± 20 min

Sugestão: Ao violar o princípio da exclusão de Pauli, deixe que os alunos elaborem as suas hipóteses para salvar o princípio da exclusão. Depois dessa discussão faça a proposta da carga cor. Frise bem que a carga cor não tem haver com a cor do espectro de luz, é somente uma denominação para um novo número quântico.

Dinâmica da aula

Retome a discussão da aula anterior mostrando que o princípio da exclusão de Pauli está sendo violado e deixe que eles elaborem as suas hipóteses. Depois de um tempo de discussão proponha a carga cor. Em seguida proponha a 3ª parte da atividade 7. Faça a discussão da atividade com uma sistematização.

Fotos:



Atividade 7 - Entendendo a estrutura das partículas

Já se sabe que os prótons e os nêutrons são constituintes do núcleo (núcleons) e eles se mantêm unidos, devido à força forte, que é descrita com a troca de píons (π). Essa evidência levou a questionar o caráter elementar dos prótons e dos nêutrons, ou seja, que estes seriam constituídos de partes.

Nessa atividade você receberá um conjunto de figuras que têm formas e cores distintas, que representam partículas e tentará construir um modelo para os constituintes do próton e do nêutron.

Material:

12 quadrados de papel (4 brancos, 4 verdes, 4 azuis e 4 vermelhos)

12 triângulos de papel (4 brancos, 4 verdes, 4 azuis e 4 vermelhos)

1ª Parte:

Procedimento: Utilizando apenas as figuras brancas, atribua valores para o spin e a carga dos quadrados e o spin e a carga dos triângulos. Para o spin podem ser usados valores fracionários positivos ou negativos. Para as cargas podem ser usados valores inteiros: positivo, negativo ou nulo. Ao final você deve juntar duas formas geométricas quaisquer (quadrado + quadrado; quadrado + triângulo; triângulo + triângulo) formando um “próton” com carga +1 e spin $\frac{1}{2}$.

Enuncie sua regra:

Com esses valores você consegue formar um “nêutron” com carga nula e spin $\frac{1}{2}$?

Caso não seja possível, modifique os valores para que possa formar tanto o “próton” quanto o “nêutron”, com duas figuras cada um.

Enuncie sua regra:

As duas figuras que constituem o próton e o nêutron no seu modelo têm a mesma forma geométrica?

2ª Parte:

Procedimento : Utilizando apenas as figuras brancas, atribua valores para o spin e a carga dos quadrados e o spin e a carga dos triângulos. Para o spin podem ser usados valores $+1/2$, $0,1,-1/2$. Para as cargas podem ser usados valores inteiros: positivo, negativo ou nulo. Ao final você deve juntar duas formas geométricas quaisquer (quadrado + quadrado; quadrado + triângulo; triângulo + triângulo) formando um “próton” com carga $+1$ e spin $1/2$.

Enuncie sua regra:

Com esses valores você consegue formar um “nêutron” com carga nula e spin $1/2$?

Caso não seja possível, modifique os valores para que possa formar tanto o “próton” quanto o “nêutron”, com duas figuras cada um.

Enuncie sua regra:

As duas figuras que constituem o próton e o nêutron no seu modelo têm a mesma forma geométrica?

Repita todos os passos, agora, utilizando três figuras.

Utilizando as figuras, procure estabelecer um modelo (como uma lei ou regra) para a formação do núcleo de Hidrogênio – próton (carga: $+1^*$, spin: $1/2$) e nêutron (carga 0, spin $1/2$).

Enuncie sua regra:

4ª parte:

Repita todos os passos, agora, utilizando três figuras.

Utilizando as figuras, procure estabelecer um modelo (como uma lei ou regra) para a formação de próton (carga: $+1^*$, spin: $1/2$) e nêutron (carga 0, spin $1/2$). Para o spin podem ser usados valores $+1/2$, 0, 1, $-1/2$ e para carga Valores fracionários como, por exemplo: $+1/3$, $+2/3$, $+1/3$ e $-1/3$.

Enuncie sua regra:

Lembrando que o princípio de exclusão de Pauli estabelece que duas partículas não possam ocupar o mesmo estado quântico, responda:

Os constituintes (as três figuras) obedecem ao princípio da exclusão de Pauli?

5ª parte:

Repita todos os passos, agora, utilizando três figuras e usando as cores diferentes.

Utilizando as figuras, procure estabelecer um modelo (como uma lei ou regra) para a formação de próton (carga: $+1^*$, spin: $1/2$) e nêutron (carga 0, spin $1/2$). Para o spin podem ser usados valores $+1/2$, 0, 1, $-1/2$ e para carga Valores fracionários como, por exemplo: $+1/3$, $+2/3$, $+1/3$ e $-1/3$.

Enuncie sua regra:

Com a inclusão das cores pode-se concluir que o modelo satisfaz o Princípio de Pauli? Justifique.

Tema: O modelo de quarks.

Objetivo: Consolidar as idéias sobre os quarks e sobre a carga cor, apresentadas nas aulas anteriores.

Conteúdo Físico: O modelo de quarks, interação entre os quarks através dos glúons.

Recursos Instrucionais

- Texto de apoio: **“Os constituintes do nucleons: o modelo de quarks”**
- Aula expositiva.

Motivação: Conhecer mais ainda o interior da matéria e suas estruturas básicas. De forma organizada e mais sistematizada conhecer a nova família de partículas que compõem os materiais e suas interações.

Momentos

1º Momento	Leitura e resposta das questões do texto; <i>“Os constituintes dos núcleons: o modelo dos quarks”</i> .
	Tempo: ± 25 min

2º Momento	Correção e sistematização das questões
	Tempo: ± 25 min

Sugestão: Tente fazer um esquema do modelo dos quarks e da troca de glúons na lousa.
Caso haja tempo sobrando, o professor pode acessar o site: www.pbs.org/wgbh/aso/tryit/atom, onde tem uma simulação da formação de partículas e de alguns átomos.
Peça aos alunos para a próxima aula que tragam as dúvidas sobre os conceitos estudados durante o bloco III.

Dinâmica da aula

Entregar o texto para a leitura e respostas das questões (faça com que os alunos sentem em grupo para discutir as questões). Em seguida faça a correção das questões, buscando fazer uma sistematização do modelo dos quarks e a troca de glúons entre eles.

Tema: Estabilidade do núcleo, modelo de Yukawa e a troca de píons, Força Forte, radiação α , aceleradores de partículas, César Lattes, o modelo dos quarks e a troca de glúons.

Objetivo: Sistematização geral sobre os conceitos do bloco.

Conteúdo Físico

Força forte, interação através de píons, a radiação α , aceleradores de partículas, modelo de quarks, carga-cor e interação através de glúons.

Recursos Instrucionais

- Slides.
- Aula expositiva.

Motivação: panorama geral sobre a nova estrutura da matéria.

Momentos

1º Momento	Sistematização geral dos conceitos do bloco.
	Tempo: \pm 30 min

2º Momento	Discussão com os alunos sobre as dúvidas sobre o bloco.
	Tempo: \pm 20 min

Sugestão: Para fazer a sistematização, o professor poderá fazer uma apresentação em PowerPoint, resumindo os principais aspectos de cada conceito estudado no bloco III. Se não for possível, tente fazer um esquema na lousa. Na aula anterior, o professor pode pedir aos alunos que anotem as dúvidas sobre o conteúdo do bloco III para fazer uma discussão sobre essas dúvidas durante essa aula. Considere essa aula uma revisão para avaliação.

Dinâmica da aula

Durante a sistematização das idéias o professor deve destacar os principais pontos de cada conceito. Isso pode ser feito em PowerPoint ou em um esquema na lousa, reforçando os pontos trabalhados durante as aulas.

Em seguida peça aos alunos exporem suas dúvidas, talvez o esquema da lousa ou do PowerPoint possa ajudar a tirar as dúvidas dos alunos.

Tema: Estabilidade do núcleo, modelo de Yukawa e a troca de píons, Força Forte, radiação α , aceleradores de partículas, César Lattes, o modelo dos quarks e a troca de glúons.

Objetivo: Verificação de aprendizagem

Momentos

1º Momento	Avaliação sobre os assuntos do Bloco III
	Tempo: ± 50 min

Dinâmica da aula

Realização da avaliação.

QUESTÕES SOBRE O BLOCO III

1) (Uerj 2000) Prótons e nêutrons são constituídos de partículas chamadas quarks: os quarks u e d. O próton é formado de 2 quarks do tipo u e 1 quark do tipo d, enquanto o nêutron é formado de 2 quarks do tipo d e 1 do tipo u. Se a carga elétrica do próton é igual a 1 unidade de carga e a do nêutron igual a zero, as cargas de u e d valem, respectivamente:

- a) $2/3$ e $1/3$ b) $-2/3$ e $1/3$ c) $-2/3$ e $-1/3$ d) $2/3$ e $-1/3$

2) (Unesp 91) Em 1990 transcorreu o cinquentenário da descoberta dos "chuveiros penetrantes" nos raios cósmicos, uma contribuição da física brasileira que alcançou repercussão internacional. [O Estado de São Paulo, 21/10/90, p.30]. No estudo dos raios cósmicos são observadas partículas chamadas "píons". Considere um pión com carga elétrica $+e$ e se desintegrando (isto é, se dividindo) em duas outras partículas: um "múon" com carga elétrica $+e$ e um "neutrino". De acordo com o princípio da conservação da carga, o "neutrino" deverá ter carga elétrica:

- a) $+e$ b) $-e$ c) $+2e$ d) $-2e$ e) nula

3) (Unesp 96) De acordo com o modelo atômico atual, os prótons e nêutrons não são mais considerados partículas elementares. Eles seriam formados de três partículas ainda menores, os quarks. Admite-se a existência de 12 quarks na natureza, mas só dois tipos formam os prótons e nêutrons, o quark up(u), de carga elétrica positiva, igual a $2/3$ do valor da carga do elétron, e o quark down (d), de carga elétrica negativa, igual a $1/3$ do valor da carga do elétron. A partir dessas informações, assinale a alternativa que apresenta corretamente a composição do próton e do nêutron.

(I) Próton.

(II) Nêutron

- a) (I) d, d, d, (II) u, u, u
d) (I) u, u, u, (II) d, d, d

- b) (I) d, d, u, (II) u, u, d
e) (I) d, d, d, (II) d, d, d

- c) (I) d, u, u, (II) u, d, d