

BLOCO V – PARTÍCULAS E ANTIPARTÍCULAS

Com o aparecimento de um número muito grande partículas e eventos com elas, foi necessário criar novas leis de conservação para tentar descrever esses eventos. Bem como foi possível criar uma teoria que previa a existência de antipartículas para todos os tipos de partículas.

1. Objetivos gerais:

- ✓ Compreender a existência de outras leis de conservação.
- ✓ Conhecer a existência de antipartículas e antimatéria.
- ✓ Entender o processo de aniquilação e criação de partículas a partir de energia.

2. Conteúdo Físico

- ✓ Conservação de energia, de momento (linear e angular) e de carga
- ✓ Partículas e antipartículas.
- ✓ Aniquilação e criação de partículas.

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.

- ✓ TIPLER, Paul A.; LLEWELLYN, Ralph A. **Física Moderna**. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

4. Quadro Sintético

| ATIVIDADES | MOMENTOS | COMENTÁRIOS | TEMPO |
|--|---|--|---------|
| 1. A regra do jogo. | Atividade 8 – A regra do jogo. | Texto “Partículas estranhas: as novas leis de conservação.” | 1 aula |
| | Discussão e sistematização da atividade | | |
| | Leitura e respostas das questões do texto. | | |
| 2. Analisando o sistema | Retomar a discussão sobre as novas leis e como elas são propostas . | Ênfase a análise dos eventos para elaboração de novas leis de conservação. | 1 aula |
| | Atividade 9 – Analisando o sistema. | | |
| | Discussão e sistematização da atividade. | | |
| 3. Estudo das antipartículas e da antimatéria. | Proposta de questões para iniciar a discussão . | Analogia para explicar o princípio da radiografia | 2 aulas |
| | Sistematização da discussão fazendo uma ligação com as partículas. | | |
| | Discussão sobre o processo de criação e aniquilação de partículas. | Dar orientação para realização da pesquisa | |
| | Leitura e resolução das questões propostas no texto. | Texto “As antipartículas: a descoberta do pósitron.” | |
| | Correção das questões | | |
| | Sistematização geral | | |

5. Descrição aula-a-aula

AULA 31

Tema: Novas leis de conservação

Objetivo: compreender a necessidade de novas leis de conservação para descrever os eventos observados.

Conteúdo Físico: conservação de energia, de momento e de carga.

Recursos Instrucionais:

- Roteiro da atividade 8
- Texto: **“Partículas estranhas: as novas leis de conservação”**

Motivação: conhecer novas de leis de conservação que regem o mundo das partículas subatômicas

Momentos:

| | |
|------------|---|
| 1° Momento | Propor a atividade 8. Apesar de ser individual, peça para que eles sentem em grupo de maneira que um aluno ajude o outro. |
| | Tempo: ± 20 min |

| | |
|------------|--|
| 2° Momento | Discussão e sistematização da atividade. |
| | Tempo: ± 15 min |

| | |
|------------|--|
| 3° Momento | Leitura e respostas das questões do texto. |
| | Tempo: ± 15 min |

Sugestão: Discuta, antes de entregar a atividade, as leis de conservação conhecida, frisando bem a conservação de carga. Que será o primeiro aspecto a ser visto em um decaimento ou em um evento em Física de Partículas.

Dinâmica da Aula: inicie a aula discutindo as leis de conservação conhecidas. Em seguida, entregue o roteiro da atividade 8 e peça que os alunos leiam e tentem encontrar as respostas para as questões. Aplique a atividade em grupo, assim os alunos poderão discutir melhor a atividade.

Depois faça uma discussão conjuntamente com a correção da atividade. Ao final entregue o texto e peça para eles lerem.

Atividade 8 - As regras do jogo¹

Os cientistas de todos os campos criam regras para explicar suas observações. Depois utilizam essas regras para interpretar novas observações. Essa atividade permite a vocês descobrirem novas regras que julguem ter um papel crucial no estudo da Física de Partículas: **as leis de conservação**.

O tipo mais comum de observação na Física de partículas se denomina evento. Evento é similar a uma reação química, no sentido de que nela se forma um grupo de partículas a partir de outras.

As seguintes tabelas de partículas os ajudarão a identificar o tipo de carga das partículas que participam dos eventos representados abaixo. Como se indica, cada partícula pode ter carga elétrica +1, -1 ou 0 (em unidades de carga do elétron).

Note que as antipartículas estão indicadas, em alguns casos, mediante a uma barra colocada em cima do nome da partícula (exemplo., \bar{p} = antipróton, $\bar{\nu}_e$ = antineutrino do elétron); em outros casos, estão indicadas simplesmente por um sinal das cargas (e^- = elétron, e^+ = pósitron = antieletron); π^+ e π^- são partícula e antipartícula respectivamente, e em forma similar, K^+ e K^- . Uma antipartícula possui a mesma massa que sua correspondente partícula, mas suas cargas têm valor oposto.

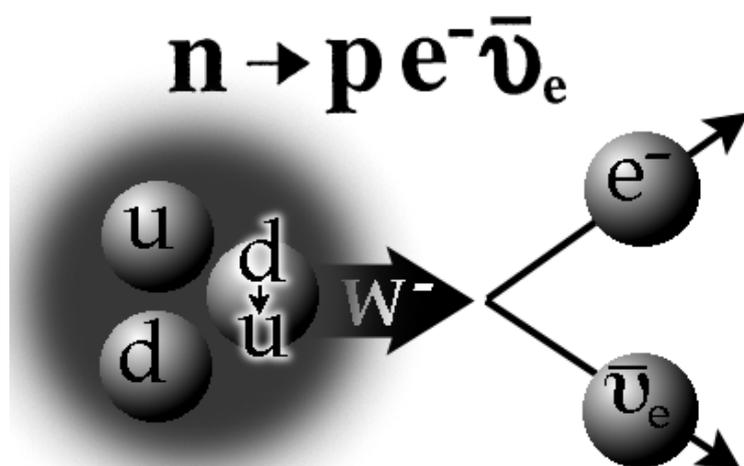
| BÁRIONS | | MÉSONS | | LÉPTONS | | FÓTON | |
|-----------|-------|---------|-------|---------------|-------|----------|-------|
| Símbolo | Carga | Símbolo | Carga | Símbolo | Carga | Símbolo | Carga |
| p | +1 | π^+ | +1 | e^- | -1 | γ | 0 |
| \bar{p} | -1 | π^- | -1 | e^+ | +1 | | |
| n | 0 | π^0 | 0 | ν_e | 0 | | |
| Δ | 0 | k^+ | +1 | $\bar{\nu}_e$ | 0 | | |
| | | k^- | -1 | | | | |
| | | k^0 | 0 | | | | |

Na tabela seguinte, são mostrados os conjuntos de eventos de partículas. No conjunto da coluna esquerda temos somente os eventos que se sabe que irão ser produzidos. No entanto, no conjunto da coluna da direita, temos somente eventos que se acreditam que não se pode produzir (de fato, estes eventos nunca foram observados).

Examinando os dois grupos, junto com a tabela anterior de partículas, devemos determinar quais quantidades são conservadas. Estas são “**as regras do jogo**” jogado pela natureza.

Todas as quantidades cuja conservação podem ser deduzidas a partir dos seguintes eventos, podem ser calculadas. Estas quantidades devem ser conservadas para todos os eventos “observados”, mas ao menos uma delas não é conservada em cada evento “não observado”.

Suponha que as partículas que entram nos eventos têm energia suficiente para gerar as partículas que saem.



* Un neutrino se indica por la letra griega ν (nu); el símbolo $\bar{\nu}_e$ indica el neutrino tipo electrón.

¹ Adaptado do site: cpepweb.org

| EVENTOS OBSERVADOS | EVENTOS NÃO OBSERVADOS |
|--|--|
| 1. $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ | 16. $n + p \rightarrow p + p$ |
| 2. $\pi^+ + n \rightarrow p + \pi^0$ | 17. $p \rightarrow \pi^0 + \pi^+$ |
| 3. $\pi^- + p \rightarrow n + \pi^- + \pi^+$ | 18. $p \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ |
| 4. $\pi^- + p \rightarrow p + \pi^0 + \pi^-$ | 19. $\pi^+ + p \rightarrow k^+ + k^0$ |
| 5. $\Delta \rightarrow p + \pi^-$ | 20. $\Delta \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$ |
| 6. $\Delta \rightarrow n + \pi^0$ | 21. $\Delta \rightarrow k^+ + k^-$ |
| 7. $n + p \rightarrow p + p + \pi^-$ | 22. $\pi^0 + n \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ |
| 8. $p + p \rightarrow p + n + \pi^+$ | 23. $\pi^0 + n \rightarrow p + p^-$ |
| 9. $e^- + e^+ \rightarrow p + p^-$ | 24. $\Delta \rightarrow n + \pi^0 + \nu_e$ |
| 10. $e^- + e^+ \rightarrow \gamma + \gamma$ | 25. $\pi^- \rightarrow e^- + \gamma$ |
| 11. $p + p^- \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ | 26. $e^- + \gamma \rightarrow e^+ + \gamma$ |
| 12. $\Delta \rightarrow n + \pi^+ + \pi^-$ | 27. $n \rightarrow \gamma + e^- + \nu_e$ |
| 13. $\pi^0 + \gamma \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ | 28. $e^+ + \gamma \rightarrow p + \gamma$ |
| 14. $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$ | 29. $\gamma + \gamma \rightarrow p + n$ |
| 15. $n + \pi^+ \rightarrow p$ | 30. $\Delta \rightarrow e^- + \nu_e + p$ |

Questões:

1) Que quer dizer uma quantidade que se conserva?

2) Que quantidade ou números dos distintos tipos de objetos se conservam?

3) O que é um “evento” em Física de Partículas?

4) Quais dos eventos mostrados são decaimento?

5) Em cada um dos eventos não observados, indique qual é a quantidade que não se conserva? (pode ter mais de uma resposta).

Evento:

| | | |
|-----|-----|-----|
| 16- | 21- | 26- |
| 17- | 22- | 27- |
| 18- | 23- | 28- |
| 19- | 24- | 29- |
| 20- | 25- | 30- |

AULA 32

Tema: Novas leis de conservação

Objetivo: Entender como são elaboradas as leis de conservação a partir de evidências experimentais.

Conteúdo Físico: Leis de conservação

Recursos Instrucionais:

- Texto "**Partículas Estranhas: novas leis de conservação**".
- Roteiro da atividade 9.
- Aula expositiva.

Motivação: curiosidade em compreender como surgem as lei de conservação.

Momentos:

| | |
|------------|--|
| 1º Momento | Retomada as discussões sobre as novas leis de conservação e como elas foram propostas. Coloque a pergunta: <i>Como são elaboradas as leis de conservação?</i> Deixe que os alunos levantarem suas hipóteses. |
| | Tempo: ± 10 min |

| | |
|------------|---------------------------------|
| 2º Momento | Propor e aplicar a atividade 9. |
| | Tempo: ± 20 min |

| | |
|------------|--|
| 3º Momento | Discussão e sistematização da atividade (fechamento) |
| | Tempo: ± 20 min |

Sugestões: Deixe bem claro a execução da atividade, desta forma os alunos irão fazer mais rápido. Trabalhe novamente em grupos.

Dinâmica da Aula: Inicie a aula retomando a discussão da aula anterior sobre as leis de conservação, colocando a pergunta: *Como podemos chegar a uma lei de conservação?*. Essa pergunta poderá gerar uma discussão sobre a maneira que as leis são elaboradas. A partir desse ponto o professor propõe a atividade 9. Feche a atividade formalizando-a, de maneira que os alunos entendam que são necessárias a análise de vários eventos para chegar a uma lei de conservação.

Atividade 9 - analisando o sistema²

Quando os cientistas estudam qualquer sistema devem fazer duas perguntas básicas:

- 1) Quais são os objetos básicos, os “tijolos” que compõem este sistema?
- 2) Quais são as interações entre esses objetos?

A respostas a estas perguntas depende da escala na que você estuda o sistema. Os físicos de partículas a fazem na menor escala possível, buscando descobrir os “tijolos” (constituintes básicos) da matéria e as interações fundamentais entre elas.

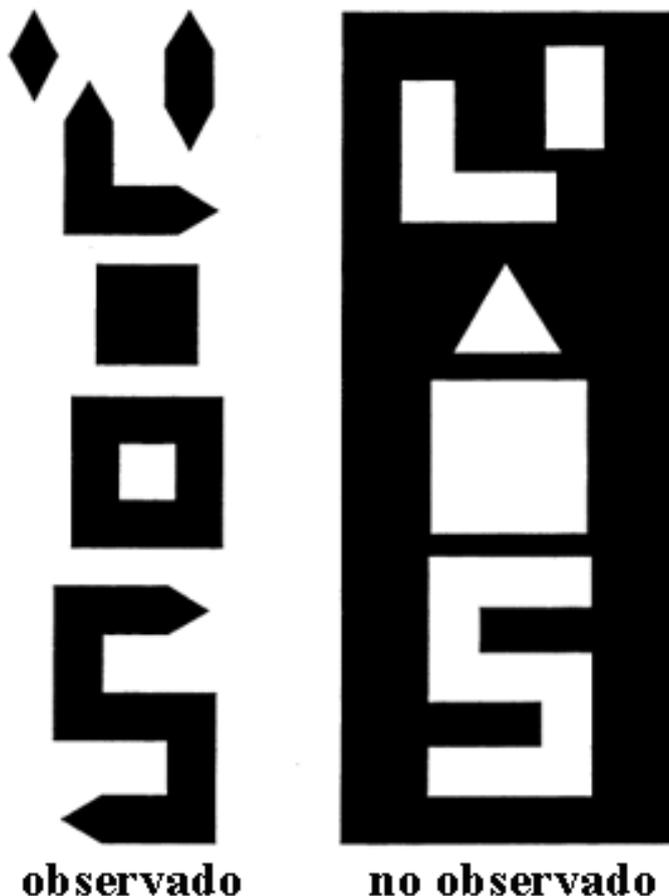
As leis que descrevem estas interações, as forças básicas, explicam porque alguns objetos são observados e outros não. Para compreender os dados experimentais, são igualmente importantes as forças básicas e os constituintes. Os fatos que não se produzem, nos dão pistas tão importantes como aqueles que são produzidos.

² Adaptado do site: cpepweb.org

Este enigma mostra o desafio que enfrentam os físicos de partículas. Imagine que o quebra-cabeça contenha informações sobre as partículas que foram obtidos nos aceleradores. As figuras negras representam objetos que são observados, no entanto, os brancos não são observados.

No quebra-cabeça, os objetos são todas formas bidimensionais e as interações são os modos como eles podem combinar (contato entre as formas básicas).

As formas não observadas lhe forneceram importantes pistas para as respostas.



Questões:

1) Quais são as formas elementares (formas básicas) que formam as figuras observadas?

2) Existe um padrão (lei) de conexão entre essas formas? (Com quem elas têm contato e quantos contatos são possíveis)

3) Por que não se pode observar as figuras brancas?

4) Você consegue fazer uma ligação desta atividade com a atividade 6 “as regras do jogo”? Qual?

Note que você precisará responder ambas perguntas para poder explicar o porquê não é possível a existência dos objetos não observados.

AULA 33

Tema: antipartículas e antimatéria

Objetivo: discutir a descoberta das antipartículas e a possibilidade da antimatéria.

Conteúdo Físico: conservação de energia; relação massa-energia.

Recursos Instrucionais:

- Texto: **“As antipartículas: a descoberta do pósitron”**.
- Aula expositiva

Motivação: compreender o processo de criação e aniquilação entre partículas e antipartículas.

Momentos:

| | |
|------------|--|
| 1º Momento | Inicia a discussão propondo as questões para os alunos: <i>“Como seria um antívocê?” Quais seriam as características do antívocê que permaneceriam as mesmas da sua? O que aconteceria de você encontrasse seu antívocê?</i> |
| | Tempo: ± 15 min |

| | |
|------------|---|
| 2º Momento | Sistematizar a discussão fazendo uma relação para as partículas |
| | Tempo: ± 20 min |

| | |
|------------|--|
| 3º Momento | Discussão sobre criação e aniquilação de partículas. |
| | Tempo: ± 15 min |

Sugestões: Ao propor as questões, no primeiro momento, o professor deve deixar que os alunos levantem hipóteses sobre as questões, fazendo com que haja uma discussão entre os alunos. Fazendo em seguida uma sistematização da discussão.

Dinâmica da Aula: iniciar a discussão colocando as questões para os alunos. Deixe que eles discutam e levantem as hipóteses. Em seguida faça uma sistematização, encaminhando a discussão para as partículas, mostrando a existência de partículas quase idênticas (partículas e antipartículas). Dê ênfase para as partículas sem carga, como o caso do nêutron, mostrando que para ele também há uma antipartícula. Em seguida faça a discussão sobre a criação e aniquilação das partículas, destacando a conservação de energia e a relação de massa-energia ($E=mc^2$).

AULA 34

Tema: antipartículas e antimatéria

Objetivo: discutir a descoberta das antipartículas e a possibilidade da antimatéria.

Conteúdo Físico: conservação de energia; relação massa-energia.

Recursos Instrucionais:

- Texto: **“As antipartículas: a descoberta do pósitron”**.
- Aula expositiva

Motivação: compreender o processo de criação e aniquilação entre partículas e antipartículas.

Momentos:

| | |
|------------|--|
| 1º Momento | Leitura e resolução das questões propostas no texto. |
| | Tempo: ± 25 min |

| | |
|------------|------------------------|
| 2º Momento | Correção das questões |
| | Tempo: ± 15 min |

| | |
|------------|------------------------|
| 3º Momento | Sistematização geral |
| | Tempo: ± 10 min |

Sugestões: Na sistematização geral, dê destaque para a criação e aniquilação das partículas, mostrando a relação entre massa e energia e a conservação da energia.

Dinâmica da Aula: Inicie a aula distribuindo o texto para os alunos para que façam à leitura e resposta das questões em grupo. Em seguida, faça uma discussão para corrigir as questões. Depois faça uma sistematização geral destacando os principais pontos deste bloco (todas as partículas possuem uma antipartícula, relação entre massa e energia, criação e aniquilação de partículas e antipartículas, conservação de momento e outras que o professor pense que seja necessária).

RESPOSTAS DAS ATIVIDADES

ATIVIDADE 8

- 1) É uma quantidade de tem o mesmo valor antes e depois de um evento.
- 2) Conservação de carga;
- 3) Um evento em Física de Partículas é um decaimento (uma partículas decai em outras) ou uma reação (duas partículas ou mais reagem “transformando-se” em outras) entre as partículas.
- 4) 1; 5; 6; 12 e 14
- 5)

| | | |
|-----------------------------|-----------|-----------------------------|
| 16- Conservação de carga | 21- ?? | 26- Conservação de carga |
| 17- ?? | 22- ?? | 27- Conservação de carga |
| 18- Conservação de carga | 23- ?? | 28- ?? |
| 19- Conservação de carga | 24- ?? | 29- Conservação de carga |
| 20- ?? | 25- ?? | 30- ?? |

ATIVIDADE 9

- 1) Duas opções: 1ª – quadrados e triângulos equiláteros; 2ª – triângulos retângulos e isósceles.
- 2) Sim! 1ª caso: Os quadrados só conectam (interagem) com dois lados e os triângulos equiláteros conectam somente um lado. 2ª caso: qualquer tipo de triângulo conecta somente dois lados com outros triângulos.
- 3) Porque as leis de conexão são violadas nas figuras em braço.
- 4) Essa atividade mostra como são elaborados as leis de conservação como a atividade 6. Além disso é possível mostrar um pouco sobre o trabalho de investigação dos Físicos de Partículas em seus laboratórios sofisticados.

QUESTÕES SOBRE O BLOCO V

Observação: estas questões podem ser trabalhadas em provas, atividades avaliadas, ou de acordo com o objetivo e perspectiva do professor.

- 1)