

A Programabilidade da Física de Partículas Elementares no Caderno do Aluno do Estado de São Paulo

The Programmability of Elementary Particle Physics in the Student's Book of the State of São Paulo

Resumo

Analisamos como a Física de Partículas Elementares é apresentada na proposta curricular do Estado de São Paulo, mais especificamente no *caderno do aluno*. Procuramos resposta para a seguinte questão: quais os vestígios do processo de programabilidade relacionado à Física de Partículas Elementares presentes no caderno do aluno do estado de São Paulo? A análise permitiu inferir que a origem e a história do saber sábio não são ignoradas, uma vez que são discutidas as contribuições de diversos cientistas, além do material fazer uso de tabelas, imagens, fotos etc. Quanto à programabilidade, entendemos que o material apresenta uma sequência lógica ao discutir a física de partículas desde a Grécia Antiga, passando pelo modelo dos quarks e pela contribuição do LHC. Concluímos dando suporte à ideia de que as características avaliadas podem gerar uma valorização da figura do cientista e uma concepção mais correta sobre o funcionamento da ciência.

Palavras chave: Partículas Elementares, Programabilidade, Caderno do aluno

Abstract

We analyzed how Elementary Particles Physics is present in the State of São Paulo's school curriculum, more specifically in the *caderno do aluno (student's book)*. We looked for an answer to the following question: what are the vestiges of the programming process concerning Elementary Particles Physics present in the student's book? The analysis suggested that the origin and the history of the Wise Knowledge have not been ignored, since there are discussions on the contributions of several scientists, aside from the material presenting charts, images, photos etc. In relation to programmability, we understand that the book presents a logical sequence when discussing Particles Physics since Ancient Greek, mentioning the quarks model and the contribution of the LHC. We conclude by supporting the idea that these characteristics might generate a valorization of the scientist's figure, and a more correct conception of the functioning of science.

Key words: Elementary Particles, Programability, student's book

Introdução

De que são feitas as coisas? Várias civilizações, em diferentes épocas, formularam respostas a essa pergunta. O primeiro registro que se tem, vem por meio do conceito de átomo, introduzido por Leucipo, e elaborado por Demócrito (585 a.C.). A palavra átomo, de origem grega, significa algo indivisível; a essência última da matéria. De acordo com Gombrade e Londero (2017), os alicerces para uma mudança na concepção do átomo como o constituinte último da matéria começam a ser desenvolvidos com o trabalho do químico inglês Dalton, em 1808 e finalmente abandonado em 1897, quando o mesmo foi “quebrado” pelo físico inglês Joseph John Thomson e a primeira partícula elementar foi descoberta: o elétron. Posteriormente, descobriu-se que os átomos eram constituídos de elétrons e núcleos constituídos de prótons e nêutrons.

Ainda segundo os autores, é comum nos depararmos com notícias os meios de difusão de informação, como televisão, jornais e revista a respeito dos aceleradores de partículas, principalmente o LHC (*Large Hadron Collider*), que é o maior dos aceleradores em funcionamento atualmente. O LHC tem como objetivo reproduzir as condições no Cosmo um trilionésimo de segundo após a eclosão do Big Bang. Com essas colisões, os físicos de partículas poderão comprovar a existência, ou não, de algumas partículas, a composição da matéria escura que permeia o Universo além das interações entre as forças básicas da natureza. Além disso, recentemente, houve a descoberta do bóson de Higgs, partícula alvo de diversas pesquisas, capaz de permitir a explicação de como se confere massa a toda a matéria.

De acordo com Nóbrega e Mackedanz (2013, p.1301-2), muitas foram às notícias veiculadas pela mídia sobre a física de partículas, citando os mitos da destruição do planeta a partir da formação de um buraco negro nas colisões que iriam ocorrer na fronteira da França e da Suíça. Além disso, ainda hoje, centenas de trabalhos pseudocientíficos estão divulgados na internet relacionando o LHC com fenômenos climáticos e geológicos.

Uma breve explanação sobre a Transposição Didática

A teoria da transposição didática de Yves Chevallard estabelece a existência de três tipos ou patamares de saber: o saber sábio, o saber a ensinar e o saber ensinado. De acordo com Cordeiro e Peduzzi (2013), a obra de Chevallard abrange todo o espectro educacional: começa na esfera científica, passa pela sociedade, pela confecção de material escolar e chega ao ensino desenvolvido em sala de aula. Dessa forma, o ensino trabalhado no meio acadêmico passa por transformações significativas até chegar às salas de aula. Chevallard define alguns elementos norteadores dos processos da transposição didática, como a descontextualização, a dessincretização, a despersonalização e a programabilidade. Chevallard (1991, p.73), define a programabilidade da seguinte maneira:

...um texto tem um princípio e um fim (provisório) e opera por encadeamento de razões. Se se concebe a aprendizagem como equivalente ao progresso que manifesta a estrutura própria do texto, este permite medir aquele e faz possível uma didática essencialmente isomorfa cuja duração demarca sua diacronia e esta didática se legitima, então, pela ficção de uma concepção de aprendizagem isomorfa a respeito do processo de ensino cujo modelo ordenador é o texto do saber em sua dinâmica temporal (CHEVALLARD, 1991, p. 73).

Dessa forma, podemos entender a programabilidade como a aquisição das aprendizagens ou textualização do saber, a partir da normatividade da progressão no conhecimento e, por conseguinte, na aprendizagem. Dessa maneira, o conhecimento didatizado é operacionalizado em sua progressão, sequenciação. Em nosso estudo daremos destaque ao aspecto da programabilidade, ou seja, analisaremos as fragmentações sofridas pelo saber sábio, o qual é

cortado e reorganizado em outros saberes de forma a criar um mecanismo de progressão lógico.

Objetivo, problema, questões de estudo e justificativa

Objetivamos analisar como a Física de Partículas Elementares é apresentada pelos autores no caderno do aluno do estado de São Paulo destinado ao Ensino Médio. Procuramos resposta para o seguinte problema: **Quais os vestígios do processo de programabilidade relacionado à Física de Partículas presentes no caderno do aluno do estado de São Paulo?** Entre as questões que balizaram o nosso trabalho estão:

- ✓ Quais os “conteúdos”/“assuntos” pertencentes no tópico de partículas elementares aparecem no material analisado?
- ✓ Que fragmentações/reorganizações ocorrem no saber sábio?
- ✓ Quais as estratégias os autores lançam mão para tornar o conteúdo didatizado?

O estudo justifica-se uma vez que esse tópico se faz presente na proposta curricular do Estado de São Paulo. Analisar criticamente as explicações textuais deste tópico torna-se importante tema de investigação, ou seja, o estudo justifica-se pela necessidade de um melhor esclarecimento sobre a maneira pela qual os autores abordam o ensino da Física de Partículas Elementares.

Desenvolvimento do Estudo

Para responder o problema deste trabalho, optamos por analisar o caderno do aluno do Estado de São Paulo, do quadriênio 2014-2017, estabelecido pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. Assim, primeiramente, identificamos o tópico de partículas elementares no material selecionado, realizando a fotocópia e registro das páginas localizadas. A identificação foi realizada mediante a leitura integral dos textos. Na sequência, analisamos a apresentação e a maneira pela qual os autores abordam e inserem a discussão da física de partículas elementares, destacando os recursos linguísticos utilizados para a explicação do conteúdo. Em seguida, analisamos a transposição didática ocorrida por meio do referencial teórico utilizado, destacando a programabilidade ocorrida no caderno do aluno.

No decorrer das análises, procuramos observar se o material didático utilizado como objeto de nossa pesquisa apresentava discussões referentes: a) à teoria de Paul Dirac, a qual prevê a existência de antipartículas; b) à descrição das antipartículas; c) aos seis tipos de quarks (*up*, *down*, *top*, *strange*, *charm*, *bottom*); d) ao Modelo Padrão; e) aos aceleradores de partículas; f) as partículas mediadoras e g) à contribuição brasileira à física de partículas, em especial no que se refere aos contributos de César Lattes e a descoberta do méson π . Ao final, analisamos se ocorre uma regularidade na sequência apresentada.

Finalizamos o estudo com a redação final do trabalho, sistematizamos as respostas encontradas e apontamos as implicações para o ensino da física de partículas.

Resultados

Apresentamos os resultados da análise, exibindo, quando necessário, exemplos que consideramos mais significativos de serem expostos ao leitor. Um aspecto interessante desse

trabalho é que foi analisado apenas o volume dois, referente ao terceiro ano do Ensino Médio, visto que a Física de Partículas Elementares está inserida dentro do tópico Física Moderna e Contemporânea, a qual é contemplada apenas nesse volume.

O material inicia a abordagem da física de partículas por meio de uma perspectiva histórico-filosófica, apresentando os modelos propostos por filósofos como Anaxímenes de Mileto, o qual propunha que “...o elemento primordial seria o ar, pois do ar em compressão se obtém água...”, Xenófanos da Jônia, que propunha que “... a terra seria o elemento mais primitivo do Universo...”, já Heráclito de Éfeso acreditava que “... o fogo seria seu constituinte mais elementar”. Empédocles foi o primeiro a propor que terra, fogo, água e ar seriam os constituintes elementares da matéria. Por fim Demócrito e Leucipo propuseram o primeiro modelo atomista, pois acreditavam “... que toda a matéria do mundo era composta de partículas muito pequenas, que não podiam ser destruídas nem quebradas”.

Por conseguinte, o autor insere um quadro informativo sobre o trabalho de César Lattes (figura 1) e a descoberta do méson π , prevista teoricamente por Hideri Yukawa.

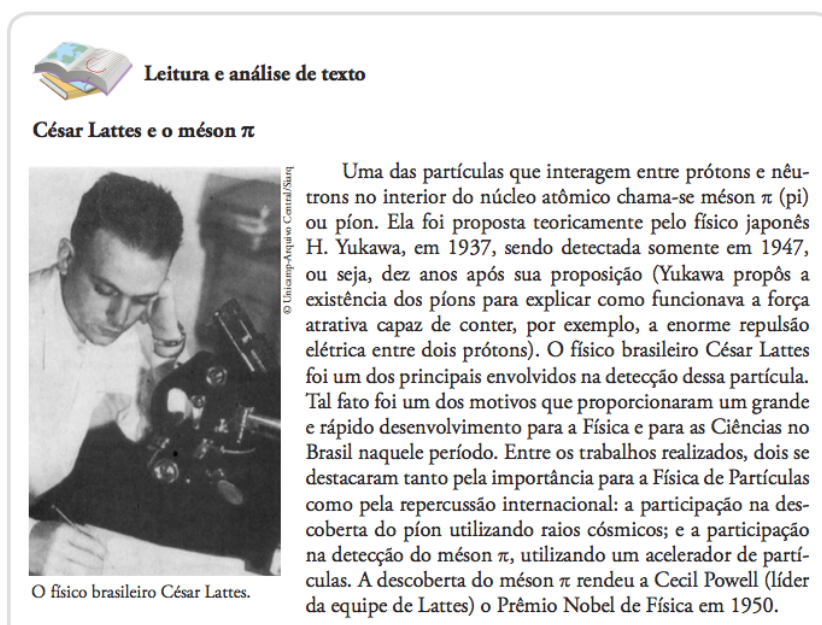


Figura 1: Físico brasileiro César Lattes (fonte: reproduzido de material de apoio ao currículo de São Paulo - caderno do aluno, p. 61)

O caderno do aluno apresenta detalhes sobre o trabalho de Lattes em Bristol (Inglaterra), onde Lattes identificou que o Bórax era capaz de alongar em muito tempo a retenção das imagens no filme fotográfico e em Berkeley (Estados Unidos), quando detectou a produção artificial de mésons π no acelerador de partículas cicloton. Por fim, o autor destaca a importância do trabalho de César Lattes, que acabou agradando o chefe da equipe Cecil Powell com o prêmio Nobel de Física de 1950.

Na sequência o autor apresenta um quadro (figura 2) na qual são apresentadas as partículas elementares descobertas ao longo do século XX e um texto informativo acerca das formas de detecção de partículas elementares, seja por meio de raios cósmicos, câmara de Wilson (ou câmara de nuvens) e a câmara de bolhas.

Características das partículas				
Partícula	Massa (McV/c ²)	Vida média (s)	Carga elétrica (e)	Modos de decaimento
Elétron (e ⁻)	0,511	Estável	-1	
Múon (μ ⁻)	105,7	2,20 · 10 ⁻⁶	-1	e ⁻
Tau (τ ⁻)	1784	4 · 10 ⁻¹³	-1	(μ ⁻) ou (e ⁻)
Píon (π ⁺)	139,6	2,60 · 10 ⁻⁸	+1	μ ⁺
Píon (π ⁰)	135,0	0,83 · 10 ⁻¹⁶	0	2γ
Kaon (K ⁺)	493,7	1,24 · 10 ⁻⁸	+1	(μ ⁺) ou (π ⁰ e π ⁺)
Kaon (Ks ⁰)	497,7	0,89 · 10 ⁻¹⁰	0	(π ⁺ e π ⁻) ou (2π ⁰)
Kaon (Kl ⁰)	497,7	5,2 · 10 ⁻⁸	0	(π ⁺ e e ⁻) ou (π ⁻ e e ⁻) ou (3π ⁰)
Próton (p)	938,3	Estável	+1	
Nêutron (n)	939,6	920	0	(p e e ⁻)
Lambda (Λ ⁰)	1 115,6	2,6 · 10 ⁻¹⁰	0	(p e π ⁻) ou (n e π ⁰)
Sigma (Σ ⁺)	1 189,4	0,80 · 10 ⁻¹⁰	+1	(p e π ⁰) ou (n e π ⁺)
Sigma (Σ ⁰)	1 192,5	6 · 10 ⁻²⁰	0	(Λ ⁰ e γ)
Sigma (Σ ⁻)	1 197,3	1,5 · 10 ⁻¹⁰	-1	(n e π ⁻)
Xi (Ξ ⁰)	1 315	2,9 · 10 ⁻¹⁰	0	(Λ ⁰ e π ⁰)
Xi (Ξ ⁻)	1 321	1,64 · 10 ⁻¹⁰	-1	(Λ ⁰ e π ⁻)
Ômega (Ω ⁻)	1 672	0,82 · 10 ⁻¹⁰	-1	(Ξ ⁰ e π ⁻) ou (Λ ⁰ e K ⁻)

Exemplos de partículas descobertas ao longo do século XX. Fonte: SERWAY, R.; JEWETT JR., J. *Princípios de Física*. São Paulo: Thomson, 2004. v. 4.

Figura 2: Características das partículas elementares (fonte: reproduzido de material de apoio ao currículo de São Paulo - caderno do aluno, p. 70)

O material apresenta que os primeiros estudos que detectaram as partículas elementares eram oriundos das pesquisas com raios cósmicos. O primeiro dispositivo utilizado na detecção dessas partículas foi uma câmara de Wilson (ou de nuvens) e, posteriormente, a câmara de bolhas.

Posteriormente, o caderno apresenta uma citação da teoria de Paul Dirac, a qual “... admitia duas soluções, uma com energia positiva e a outra, “misteriosa”, com energia negativa”. Na sequência, o autor cita Carl David Anderson e a sua detecção do rastro de um pósitron, validando a interpretação de Dirac a partir da descoberta da primeira antipartícula.

Por conseguinte, o material apresenta os seis tipos de quarks (figura 3), além de mencionar algumas características, como o nome dos quarks e a carga de cor e explica a constituição do núcleo atômico por meio dos quarks *up* e *down*.

Características dos quarks					
Nome	Carga elétrica	Carga de cor	Nome	Carga elétrica	Carga de cor
<i>Up</i>	$+\frac{2}{3}e$	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antiup</i>	$-\frac{2}{3}e$	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Charmed</i>	$+\frac{2}{3}e$	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Anticharmed</i>	$-\frac{2}{3}e$	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Top</i>	$+\frac{2}{3}e$	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antitop</i>	$-\frac{2}{3}e$	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Down</i>	$-\frac{1}{3}e$	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antidown</i>	$+\frac{1}{3}e$	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Strange</i>	$-\frac{1}{3}e$	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antistrange</i>	$+\frac{1}{3}e$	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Bottom</i>	$-\frac{1}{3}e$	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antibottom</i>	$+\frac{1}{3}e$	Ciano ou Magenta ou Amarelo

Fonte: SERWAY, R.; JEWETT JR., J. *Princípios de Física*. São Paulo: Thomson, 2004. v. 4.

Figura 3: Características dos quarks (fonte: reproduzido de material de apoio ao currículo de São Paulo - caderno do aluno, p. 80)

A sessão dos quarks é finalizada apresentando a contribuição de Murray Gell-Mann, tanto na construção do modelo dos quarks quanto na escolha do nome quark, nome retirado do romance *Finnegans wake*, de James Joyce.

Por conseguinte, o autor cita o papel das partículas mediadoras. De acordo com o texto, “...elas também são partículas fundamentais e assumem papel importante no estudo das interações fundamentais”. Na sequência, o material apresenta o quadro sobre o Modelo Padrão (figura 4), embora não se utilize desse termo.

Classificação das partículas elementares nucleares

O núcleo atômico é muito mais complexo do que um simples aglomerado de prótons e nêutrons. Aliás, damos o nome genérico de núcleons aos prótons e aos nêutrons.

Experiências realizadas com raios cósmicos e em laboratórios de altas energias mostraram a existência de muitas outras partículas, algumas muito pesadas, no interior do núcleo atômico. A descoberta dessas partículas é que conduziu os físicos a acreditar na existência dos *quarks* como os constituintes básicos das partículas nucleares. As partículas que estão no interior do núcleo atômico são hádrons.

Tendo em vista propriedades comuns entre várias dessas partículas, os físicos as classificaram em duas famílias, chamadas mésons e bárions. Todos os mésons e bárions são formados por *quarks*, embora de modos diferentes. Mésons e bárions são hádrons.

Adaptado do Ensino a Distância, curso Cosmologia 2008, do Observatório Nacional (ON/MCT).

léptons	ν_e	ν_μ	ν_τ	Z
	e	μ	τ	W
quarks	u	c	t	γ
	d	s	b	g

I II III
Três gerações de matéria

© Jairo Souza Design

Figura 4: Modelo-Padrão (fonte: reproduzido de material de apoio ao currículo de São Paulo - caderno do aluno, p. 85)

O caderno do aluno cita a necessidade de se classificar as partículas elementares, tendo em vista propriedades comuns entre várias partículas. Dessa forma, os físicos as classificam em duas famílias, chamadas de mésons e bárions.

Por fim, apresenta um texto informativo acerca dos aceleradores de partículas, por meio do qual cita o LHC (figura 5), sigla em inglês para Grande Colisor de Hádrons (*Large Hadrons Collider*).

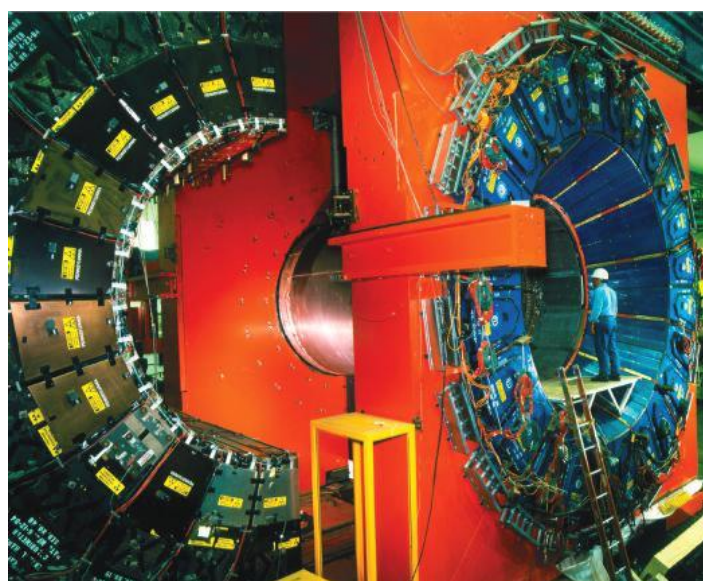


Figura 5: Grande Colisor de Hádrons (fonte: reproduzido de material de apoio ao currículo de São Paulo - caderno do aluno, p. 86)

De acordo com o material, o LHC entrou em operação em 2008 com a finalidade de atingir altas energias e realizar experimentos que irão auxiliar na explicação de questões em aberto sobre as partículas elementares. O texto ainda cita os aceleradores localizados nos Estados Unidos (Fermilab) e na Alemanha (Desy).

Aqui, a transposição ocorrida não ignora a origem e a história do saber sábio, uma vez que são discutidas as contribuições de, Anaxímenes de Mileto, Xenófanes da Jônia, Heráclito de Éfeso, Empédocles, Demócrito, Leucipo, Hideki Yukawa, César Lattes Wolfgang Pauli, Charles Thomson Rees Wilson, Donald Arthur Glasser, Paul Dirac, Carl David Anderson e Murray Gell-Mann.

No que diz respeito à programabilidade, os conteúdos escolhidos parecem compor uma sequência lógica, partindo dos modelos propostos desde a Grécia Antiga, passando pelo desenvolvimento teórico da física de partículas no início do século XX até chegar aos aceleradores de partículas. O material ainda faz uso de ferramentas como imagens, tabelas e quadros que auxiliam na tarefa de expor o conteúdo a respeito das partículas elementares.

Considerações Finais

A análise do caderno do aluno permite inferir que, de modo geral, a origem e a história do saber sábio foram preservadas, uma vez que são discutidas as contribuições de diversos cientistas. Ainda, houve por parte dos autores a utilização de diversas estratégias para tornar o conteúdo didatizado. Os autores lançam mão de recursos como gráficos, figuras e as explicações textuais. Concluimos que isso pode gerar uma valorização da figura do cientista e uma concepção mais correta sobre o funcionamento da ciência. No que diz respeito à programabilidade, os conteúdos escolhidos parecem compor uma sequência lógica, pois os mesmos foram apresentados seguindo uma evolução cronológica, partindo dos primeiros modelos atômicos e das concepções da estrutura da matéria até a descoberta das partículas elementares. Ainda sobre a programabilidade, os conteúdos escolhidos parecem compor uma sequência lógica, que supostamente propicia o ensino-aprendizagem afim de tornar o Saber Ensinado “programável”, isto é, ser passível de recortes que possibilitem sequências aceitáveis, tanto por critérios pedagógicos como institucionais, com o intuito de que haja uma maior compreensão da física de partículas.

Referências

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. Buenos Aires: Aique Grupo Editor, 2005.

CORDEIRO, M. D; PEDUZZI, L. O. Q. Consequências das descontextualizações em um livro didático: Uma análise do tema radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, V. 35, n.3, p. 3602 1-11, 2013.

GOMBRADE, R; LONDERO, L. A programabilidade da física de partículas elementares em coleções didáticas. In: **XII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2017, São Carlos. Atas do XII Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Carlos: Universidade federal de São Carlos, 2017. p. 1-9.

NÓBREGA, F.K; MACKEDANZ, L.F. O LHC (Large Hadron Collider) e a nossa física de cada dia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, V. 35, n. 1, 2013, p.1-11.

_____. Caderno do aluno, (física). São Paulo: IMESP, 2014.