

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA

O ENSINO DE FÍSICA DE PARTÍCULAS POR MEIO DA VIDA E OBRA DO FÍSICO BRASILEIRO CÉSAR LATTES

Tatiane Pacheco Zanette
Orientador: Prof. Dr. Felipe Damásio

Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Araranguá
Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF)

APRESENTAÇÃO

Caro(a) Professor(a):

Este produto educacional, intitulado *O ensino de Física de Partículas por meio da vida e obra do físico brasileiro César Lattes*, foi desenvolvido para a conclusão do curso de Mestrado Profissional Nacional do Ensino em Física pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Esta é a versão impressa do site <https://sites.google.com/view/ensino-de-fisica-de-particulas/in%C3%ADcio> onde você encontra uma proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para abordar a Física de Partículas. Destina-se em particular para professores de Física do ensino médio, mas é acessível ao público em geral.

Este material foi desenvolvido por Tatiane Pacheco Zanette, acadêmica do curso de Mestrado Nacional Profissionalizante em Ensino de Física - UFSC Araranguá, sob orientação do professor Doutor Felipe Damasio e como apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

A reprodução deste material é livre, desde que conferidos os CRÉDITOS a autora.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Câmara de Wilson.....	9
Figura 2 – Modelo atômico de John Dalton	18
Figura 3 - Modelo atômico de Joseph Thomson	19
Figura 4 – Modelo atômico de Ernest Rutherford.....	20
Figura 5 - Imagem da trajetória de um pión	22
Figura 6 – Capa da apresentação abordagem da física de partículas a partir do filme..	24
Figura 7 – 1°Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme	25
Figura 8 – 2°Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme	25
Figura 9– 3°Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme	26
Figura 10 – 4°Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme	26
Figura 11 – 5°Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme	27
Figura 12 – 6°Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme	27
Figura 13 – 7°Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme	28
Figura 14 – 8°Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme	28
Figura 15 – 9°Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme	29
Figura 16 – 10°Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme	29
Figura 17 – Capa da apresentação da abordagem da vida e obra de César Lattes	30
Figura 18 – 1°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	30
Figura 19 – 2°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	31
Figura 20 – 3°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	31
Figura 21 – 4°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	32
Figura 22 – 5°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	32
Figura 23 – 6°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	33
Figura 24 – 7°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	33
Figura 25 – 8°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	34
Figura 26 – 9°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	34
Figura 27 – 10°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	35
Figura 28 – 11°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	35
Figura 29 – 12°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	36
Figura 30 – 13°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	36
Figura 31 – 14°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	37
Figura 32 – 15°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	37

Figura 33 – 16°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	38
Figura 34 – 17°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	38
Figura 35 – 18°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	39
Figura 36 – 19°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	39
Figura 37 – 20°Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes	40
Figura 38 – Capa da apresentação da abordagem da história da física de partículas	40
Figura 39 – 1°Slide da abordagem da história da física de partículas	41
Figura 40 – 2°Slide da abordagem da história da física de partículas	41
Figura 41 – 3°Slide da abordagem da história da física de partículas	42
Figura 42 – 4°Slide da abordagem da história da física de partículas	42
Figura 43 – 5°Slide da abordagem da história da física de partículas	43
Figura 44 – 6°Slide da abordagem da história da física de partículas	43
Figura 45 – 7°Slide da abordagem da história da física de partículas	44
Figura 46 – 8°Slide da abordagem da história da física de partículas	44
Figura 47 – 9°Slide da abordagem da história da física de partículas	45
Figura 48 – 10°Slide da abordagem da história da física de partículas	45
Figura 49 – Capa da apresentação da abordagem da física de partículas.....	46
Figura 50 – 1°Slide da abordagem da física de partículas.....	46
Figura 51 – 2°Slide da abordagem da física de partículas.....	47
Figura 52 – 3°Slide da abordagem da física de partículas.....	47
Figura 53 – 4°Slide da abordagem da física de partículas.....	48
Figura 54 – 5°Slide da abordagem da física de partículas.....	48
Figura 55 – 6°Slide da abordagem da física de partículas.....	49
Figura 56 – 7°Slide da abordagem da física de partículas.....	49
Figura 57 – 8°Slide da abordagem da física de partículas.....	50
Figura 58– 9°Slide da abordagem da física de partículas.....	50
Figura 59– 10°Slide da abordagem da física de partículas.....	51
Figura 60– 11°Slide da abordagem da física de partículas.....	51
Figura 61– 12°Slide da abordagem da física de partículas.....	52
Figura 62– 13°Slide da abordagem da física de partículas.....	52
Figura 63– 14°Slide da abordagem da física de partículas.....	53
Figura 64– 15°Slide da abordagem da física de partículas.....	53
Figura 65– 16°Slide da abordagem da física de partículas.....	54
Figura 66– 17°Slide da abordagem da física de partículas.....	54

Figura 67– 17°Slide da abordagem da física de partículas.....	55
Figura 68– corte e fixação do feltro	57
Figura 69– aplicação do álcool isopropílico no feltro	57
Figura 70– posicionamento do isopor, gelo e tampa.....	58
Figura 71– encaixe do recipiente na tampa	58
Figura 72– lanterna iluminando tanque	59

SUMÁRIO

Capítulo 1	6
1 UEPS - UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA ..	6
1.1 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA.....	6
Capítulo 2	8
2 TEXTOS	8
2.1 CÉSAR LATTES: O FÍSICO BRASILEIRO.....	8
2.2 A HISTÓRIA DA FÍSICA DE PARTÍCULAS: DO ÁTOMO AO PÍON	14
2.3 COMPREENDENDO A FÍSICA DE PARTÍCULAS	17
Capítulo 3	24
3 SLIDES	Erro! Indicador não definido.24
3.1 SLIDES PARA ABORDAGEM DA FÍSICA DE PARTÍCULAS A PARTIR DO FILME	24
3.2 SLIDES PARA ABORDAGEM DA VIDA E OBRA DE CESAR LATTES	30
3.3 SLIDES PARA ABORDAR A HISTÓRIA DA FÍSICA DE PARTÍCULAS	40
3.4 SLIDES PARA ABORDAR A FÍSICA DE PARTÍCULAS	46
Capítulo 4	56
4 ROTEIRO DO EXPERIMENTO.....	Erro! Indicador não definido.56
4.1 ROTEIRO	56
Capítulo 5	60
5 AVALIAÇÃO SOMATIVA INDIVIDUAL	60
5.1 QUESTÕES DA AVALIAÇÃO SOMATIVA INDIVIDUAL.....	60

Capítulo 1

1. UEPS - UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

Neste capítulo apresentamos a UEPS.

1.1. UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

O ensino de física de partículas em uma perspectiva de e sobre ciência

Objetivo: apresentar a física de partículas a partir da construção histórica, almejando mostrar como ela é uma construção humana e cheia de percalços, que não constrói certezas e verdades absolutas. Discutindo ainda a vida e obra do brasileiro César Lattes, tentando desconstruir a ideia de que os cientistas bem-sucedidos se encontram em países de primeiro mundo, e como questões políticas, sociais e econômicas estão presentes na ciência.

1. Situação inicial: propõe a exibição do filme *Anjos e demônios*. Após, levantar uma discussão com as respostas dos alunos aos questionamentos feitos pelo professor.

2. Situações-problema: A partir da exibição do filme, levantar situações-problema com questões sobre ciência: Por quem a ciência é produzida? O que é necessário para ser um bom cientista? Os brasileiros são bons cientistas? Você saberia citar algum cientista famoso? E um cientista brasileiro? Alguém nesta sala poderia ser um(a) bom(boa) cientista? Por quê? Para situações-problema de ciência, sugere-se aos alunos que desenvolvam o experimento: “câmara de nuvens”, principalmente: o que a experiência pode ajudar a entender a física de partículas?

3. Revisão: Cada encontro conta com a diversidade de material didático (textos, apresentação de slides) e estratégias instrucionais, conforme orienta a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. As questões ali colocadas são: discussão da imagem que se tem do cientista; apresentação do papel importante dos brasileiros na ciência, focando na vida e obra de César Lattes; abordagem da história da física de partículas; e como questões sócio-políticas influenciam no desenvolvimento da ciência.

4. Nova situação-problema, em um nível alto de complexidade: por meio da apresentação de slides, busca-se problematizar em um nível de complexidade maior: (i) breve revisão da estrutura atômica; e (ii) explanação sobre partículas elementares, em especial o pion.

5. Avaliação somativa individual: as avaliações deverão acontecer por meio de questões abertas que exijam o máximo de transformação no conteúdo abordado. Não deverão ser utilizadas questões que tenham respostas que possam ser encontradas no material instrucional sem uma reflexão prévia.

6. Aula expositiva dialogada integradora final: usando a apresentação de slides, retoma-se todo o conteúdo da UEPS de forma integradora, revendo as situações-problema e buscando mediar a construção de respostas nos alunos.

7. Avaliação da aprendizagem na UEPS: deverá estar baseada na participação nas atividades dos alunos, nas observações feitas em sala de aula e na avaliação somativa individual, cujo peso não deverá ser superior a 50%.

8. Avaliação da própria UEPS: sugere-se que, em grande grupo, os alunos avaliem as estratégias de ensino empregadas na UEPS e seu próprio aprendizado. Além disso, o docente deverá avaliar a UEPS em função dos resultados de aprendizagem obtidos e, se necessário, reformular algumas atividades.

Total de aulas: 14 a 16.

Capítulo 2

2. TEXTOS

Neste capítulo trazemos os textos que o professor utilizará em sala de aula para aplicação deste produto educacional que se encontram disponíveis no site <https://sites.google.com/view/ensino-de-fisica-de-particulas/in%C3%ADcio..>

2.1 CÉSAR LATTES: O FÍSICO BRASILEIRO

Nascido Césare Mansueto Giulio Lattes, em 11 de julho de 1924, em Curitiba, Paraná, ele era filho de Carolina e Giuseppe, ambos imigrantes italianos. Lattes iniciou seus estudos, o então Curso Primário, no Instituto Menegatti, na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, no ano de 1929. Em 1930 ele estudou em uma Escola Pública de Torino, na Itália, contudo, concluiu esse Curso na Escola Americana, em Curitiba, no ano de 1933. Já o Ginásio ele cursou no Instituto Médio Dante Alighieri, em São Paulo, de 1934 a 1938. Em seguida graduou-se Bacharel em Física, pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, da Universidade de São Paulo (USP), no ano de 1943.

Conhecido mundialmente apenas como César Lattes, a ironia era uma característica da sua personalidade, fato que ajuda a compreender os motivos que o levaram à escolha da profissão. Segundo ele, seria professor porque teria três meses de férias. Já a opção pela disciplina de física se explica devido a Lattes ter facilidade com ela e não precisar estudar muito.

Outros fatores também contribuíram para sua opção pela física, entre eles, a influência de seu professor, Luís Borello, que lecionava a disciplina de Ciências Físicas e Matemática, no Instituto Dante Alighieri. Por ironia do destino, seu pai conheceu Gleb Vassielievich Wataghin e comentou com ele sobre seu filho. Lattes, ao conversar com o físico ucraniano, ficou sabendo que era possível não fazer o pré-vestibular, podendo, portanto, cursar um ano a menos do ensino médio e concluindo a faculdade de Física aos 19 anos.

Na sua graduação na FFCL, foi aluno de Marcelo Damy de Souza Santos, em Física Geral e Experimental; de Abrahão de Moraes, em Física-Matemática; de Giacomo Albanese, em Geometria Projetiva; e de Wataghin e Guisepe P. S. Occhialini, em disciplinas profissionais do Curso de Física. As aulas de Wataghin e Occhialini eram

baseadas em seminários sobre temas publicados em revistas especializadas em Física, fato que foi possível graças à excelente biblioteca que Wataghin organizou e manteve sempre atualizada, na FFCL, enquanto as aulas dos outros três professores eram mais tradicionais, isto é, no sentido de serem estudados assuntos de Física já consagrados nos livros-texto.

Nas aulas ministradas por Occhialini, no seu terceiro ano de curso, Lattes aprendeu bastante sobre a leitura de filmes de raios-X, o que se explica em razão da maneira curiosa com que as aulas eram ministradas. Tendo Occhialini Lattes como seu único aluno, as aulas consistiam em fazer seu aluno destrinchar os filmes de raios-X que revelava.

Occhialini, quando parte do Brasil, ainda deixa mais um legado para Lattes, que contribui para suas escolhas futuras: uma câmara de Wilson quebrada. Câmara essa que Lattes conseguiu consertar, em conjunto com seus colegas.

Junto com Andrea Wataghin (1926-1984) e Ugo Camerini (1925-2014), jovens físicos, Lattes passou a estudar os chamados raios cósmicos (a radiação vinda do espaço), com o auxílio da câmara de Wilson (também conhecida como “câmara de nuvens”, uma espécie de detector, no qual a trajetória de partículas subatômicas com cargas elétricas é vista na forma de diminutas bolhas de um líquido).

A câmara de nuvens é composta por um recipiente fechado, onde ar, saturado com vapor d’água, é resfriado por um sistema de expansão do ar, como podemos observar na figura 1.

Figura 1 - Câmara de Wilson



Fonte: Museu Laboratório Cavendish Cambridge.

Por volta de 1945, Lattes recebeu de Occhialini um novo tipo de detector: as emulsões nucleares, assim denominadas as chapas fotográficas especiais que registravam a trajetória das partículas como uma fileira de pequenos grãos de prata metálica, que se podia observar com a ajuda de um microscópio. A precisão e nitidez dessas trajetórias o deixaram bastante impressionado.

Lattes então solicita a Occhialini que o leve para trabalhar em Bristol, para onde vai no princípio de 1946. Inicia-se então sua incorporação ao grupo de pesquisas do físico britânico Cecil Powell (1903-1969), que se tornaria famoso pela descoberta dos píons.

Quando chega à Inglaterra, Lattes começa a trabalhar em seu projeto pessoal, que era empregar as emulsões nucleares para o estudo da radiação cósmica. Aos poucos, em conjunto com seus jovens colegas do laboratório, H. H. Wills, por meio de experimentos, tenta compreender as propriedades do novo detector. Lattes, que já tinha em mente o estudo da radiação cósmica, solicita ao fabricante das emulsões nucleares que adicione a alguns lotes das chapas o elemento químico Boro, pois suspeitava que esse incremento possibilitaria a observação indireta de nêutrons criados pelo choque da radiação cósmica contra núcleos atômicos da atmosfera terrestre.

No outono de 1946, Occhialini entrou de férias e foi passear nos Pirineus. Por solicitação de Lattes, ele levou consigo chapas, com e sem Boro, que ficaram expostas aos raios cósmicos, no observatório francês localizado no Pic du Midi, de Bigorre, nos Pirineus, durante seu período de lazer. Assim que regressa a Bristol, Occhialini e Lattes revelam as chapas e, junto com Powell, começam a analisá-las. Logo eles perceberam que as placas de Boro apresentavam mais eventos do que as sem Boro, pois elas tinham o PH perfeito para manter a imagem evidente por mais tempo. Inicia-se então o trabalho de estudos desses eventos.

Após alguns dias de análise ao microscópio, Marietta Kurz encontrou um raro evento, interpretado pelo grupo como um duplo-méson, ou seja, um traço grosso, do qual emergia, em seu final, um segundo méson, com cerca de 600 microns de alcance, todo contido na emulsão. Alguns dias depois, outro méson-duplo foi encontrado, mas dessa vez o segundo méson da dupla não parou na emulsão. Então, ao estudarem a ionização que o provocou, isso possibilitou estimar um alcance também de aproximadamente 600 microns. Esses primeiros resultados foram publicados na Nature (em seu volume 159, nas páginas 694 a 697, em 1947), em artigo assinado por Lattes,

Muirhead, Occhialini e Powell. Também no volume 159 dessa mesma revista (na página 331), há um outro trabalho de Lattes, assinado apenas ele e Occhialini, no qual apresentam o cálculo da direção e energia dos nêutrons oriundos dos raios cósmicos. É importante destacar que para o grupo foi fácil identificar as partículas observadas como mésons e não como prótons, pois o espalhamento era muito largo, devido à variação de densidade de grãos com o alcance.

Paralelamente, outros grupos vinham desenvolvendo trabalhos semelhantes e, em busca de novos resultados, Lattes foi para Bristol, onde teve a ideia de expor as emulsões fotográficas em um lugar mais alto do que já haviam sido expostas. O monte Chacaltaya, na Bolívia, a mais de 5.000 metros de altitude, foi o local escolhido. Com isso, Lattes esperava eliminar muitos eventos indesejáveis, pois a tal altitude a pressão já é igual a 0,5 atmosfera.

Para fazer seu experimento, Lattes deixa Londres em um avião brasileiro rumo à América do Sul, levando consigo várias chapas de emulsão carregadas de Boro. Ele passa um mês na Bolívia expondo essas placas e, depois de fazer uma breve escala no Rio de Janeiro, retorna a Londres. Mas quando ainda estava na Bolívia e no Rio de Janeiro, ele fez uma rápida análise e observou a ocorrência de um terceiro méson-duplo, que apresentava o mesmo alcance que o primeiro. Em Bristol, ao apresentar esse terceiro evento, o grupo começa a procurar de imediato novos eventos e acaba por encontrar mais de 30.

O grupo de Bristol conseguiu provar a existência de dois mésons: o méson pi, méson previsto teoricamente por Hideki Yukawa em 1935, responsável pela força forte nuclear; e o méson mi, que na verdade seria um elétron pesado. Os resultados da pesquisa foram publicados na prestigiosa revista inglesa Nature, em 1947 e 1948.

Em 1948, César Lattes vai para Berkeley, Califórnia, junto com Eugene Gardner (1901-1960), onde utiliza um acelerador de partículas capaz de produzir píons, por meio da técnica de emulsão nuclear, e consegue detectar os primeiros píons em laboratório. Os píons de Berkeley eram produzidos em colisões próton-neutron e próton-proton. A descoberta teve grande repercussão nos Estados Unidos e no Brasil, dando início a uma nova fase da física de partículas. Os grandes aceleradores de partículas passam a ser considerados importantíssimos para a compreensão das partículas elementares.

Apesar do reconhecimento da importância do feito histórico da observação do méson pi, nem Lattes e nem seus colegas Sakata e Occhialini receberam o Nobel,

fazendo parte, portanto, dos Nobéis Injustiçados, junto a nomes famosos, como Boltzmann, Kelvin e muitos outros. Lembrando ainda que eles receberam o Prêmio Yukawa, em 1949, por presumir a existência do méson pi, e Powell, em 1950, pela comprovação da existência.

Lattes não foi honrado com o Nobel devido à política interna do prêmio, que, até o ano de 1960, premiava apenas o chefe da equipe que liderava uma descoberta. Ele foi o físico brasileiro com maior número de indicações a um Nobel, foi indicado sete vezes, e quando questionado sobre o assunto, ele desconversava, dizendo que o mais importante era a ciência. Existe também a hipótese de Lattes não ter sido vencedor de um Nobel pelo simples fato de ser brasileiro, inclusive há rumores de que as próprias falas de Lattes, em alguns momentos da história, levam a essa hipótese.

Lattes recebeu várias propostas para permanecer trabalhando no exterior, mas resolveu retornar e trabalhar no Brasil. Em 1949 fundou o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), com apoio de outros brasileiros dedicados à ciência e alguns políticos.

Lattes colaborou com a criação de grupos de pesquisa em Física, foi diretor científico do CBPF, trabalhou na elaboração da criação do Conselho Nacional de Pesquisas, foi membro de seu conselho deliberativo e implantou, em conjunto com o professor Ismael Escobar, o laboratório de física Cósmica da Universidade Mayor de San Andrés, na Bolívia.

Dentre as muitas homenagens que Lattes recebeu, podemos destacar dar nome a Plataforma Lattes, em 1999, pela CNPq. Tal plataforma consiste em um sistema de cadastro de pesquisadores e estudantes, contendo o currículo e os dados de instituições de todo Brasil.

No período que retornou ao Brasil, Lattes foi enaltecido como herói nacional na área da ciência, e até hoje é tido como o maior físico que já existiu no país. Ressalta-se que as pesquisas na área da física nuclear eram de interesse não somente de cientistas, mas também da indústria e dos militares nacionalistas, que tinham interesse em explorar a energia nuclear.

Lattes também encontrou momentos difíceis no Brasil, como o escândalo do desvio de verbas do projeto do acelerador de partículas, ocorrido em 1954, obra que nunca aconteceu. Ele era contrário a tal projeto, pois alegava que o País não tinha sequer mão de obra qualificada para o executar. Quando soube que o tesoureiro desviou a verba, Lattes procurou a imprensa e denunciou, fato que o levou a receber várias

críticas, até mesmo de amigos. Tal episódio colaborou para o agravamento de seu estado de saúde, uma variação de humor que o acompanhou por toda sua vida, desde a infância, que foi elevado a uma depressão profunda naquele momento, culminando na sua saída do País.

Em 1957 Lattes regressou ao Brasil e continuou seus projetos para fortalecer a educação científica no País. Ele faleceu em 8 de março de 2005, aos 80 anos, em Campinas-SP.

REFERÊNCIAS

BARROS, F. S. As passagens de César Lattes e de Leite Lopes pela Ilha do Fundão. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 4, 2013.

BASSALO, J. M. F. César Lattes: um dos descobridores do então Méson Pi. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 7, n. 2, 1990.

CARUSO, F. César Lattes, um pioneiro da ciência brasileira. **Revista Vestibular UERJ**, ano 8, n. 23, 2015.

REZENDE, D. S.; PEREIRA, J. S.; REZENDE, D. S. César Lattes e a descoberta do Méson pi. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS- ENPEC, 12., 2019, Natal. **Anais [...]**. Natal, RN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 25-28 jun. 2019.

LATTES, C. M. G.; MUIRHEAD, H.; OCCHIALINI, G. P. S.; POWELL, C. F. Processes involving charged mesons. **Nature**, v. 159, p. 694-697, 1947.

MARQUES, A. Reminiscências de César Lattes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 467-482, 2005.

VIDEIRA, A. A. P.; VIEIRA, C. L. **Lattes - 10 anos depois**. Rio de Janeiro: CBPF, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/290447288>. Acesso em: 20 fev. 2019.

VIDEIRA, A. A. P.; VIEIRA, C. L. Lattes, o físico brasileiro que disputou o Nobel e nomeou base de currículos. **Folha de São Paulo - Ilustríssima**, 24 jun. 2017. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ilustrissima/2017/06/1895455-quando-um-cientista-brasileiro-era-estrela-midiatica-e-concorreu-ao-nobel.shtml>. Acesso em: 19 jul. 2021.

VIEIRA, C. L. **César Lattes arrastado pela história**. Rio de Janeiro: CBPF, 2017.

2.2 A HISTÓRIA DA FÍSICA DE PARTÍCULAS: DO ÁTOMO AO PÍON

A explicação das partículas elementares tem sido um dos temas mais importantes da Física Moderna, mas essa discussão teve início bem antes, pois a ideia de átomo teria surgido com os gregos Leucipo e Demócrito, por volta de 450 a.C., na busca da explicação pela constituição da matéria conhecida no universo. Mas as ideias desses pensadores iam em sentido oposto às de Aristóteles, que defendia que a matéria era formada por quatro elementos: fogo, terra, ar e água, ideia que foi aceita por mais de 2000 anos.

A ideia da matéria formada por corpúsculos foi retomada no século XVII pelo físico e matemático inglês Isaac Newton e tornou-se popular a partir de 1802, quando John Dalton, químico e contemporâneo de Newton, formulou que tudo era feito de átomos, a menor parte da matéria, e que eles não poderiam ser divididos. A existência dos átomos se tornou um importante tema de debate na Inglaterra no final do século XIX, por influência desses dois cientistas.

O grande interesse nas pesquisas sobre eletricidade naquela época levou o físico inglês Joseph Thomson a concluir, por meio de observação experimental, que os raios catódicos eram partículas subatômicas de carga negativa, os elétrons. Essa fragmentação do átomo levou Thomson a um modelo atômico que ele descreveu metaforicamente como um pudim, cuja massa por ele considerada positiva estava recheada de ameixas, os elétrons.

Ernest Rutherford, físico neozelandês, observou em um experimento, em que bombardeava folhas de ouro extremamente finas com partículas de carga positiva emitidas por uma fonte radioativa, que algumas partículas não seguiam o resultado esperado. Em vez de seguir seu curso normal, as partículas batiam na chapa e voltavam, o que o fez concluir que o átomo tinha uma massa maior do que a dos elétrons espalhados, pois os desvios observados somente poderiam ser explicados por uma massa concentrada, logo, ele deduziu que existiria um núcleo bem massivo, em comparação com a massa do elétron e com a carga nuclear positiva, ou seja, havia agora o entendimento de uma nova partícula, o próton.

O experimento que levou Rutherford a contrapor-se ao modelo de Thomson foi realizado em 1911, por Ernest Marsden e Hans Geiger.

Muitos foram os modelos atômicos ao longo da história, desde os gregos até o modelo proposto por Rutherford, um dos primeiros da Física Moderna. Seu famoso experimento levou à dedução do átomo formado por prótons e elétrons.

Dois modelos atômicos dividiam a atenção dos cientistas no início do século XX: o modelo de Joseph John Thomson, conhecido como J. J. Thomson, que apresenta o átomo como uma esfera sólida de carga positiva igualmente distribuída, cravado de elétrons que pulsavam em seu interior; e, em contrapartida, havia o modelo de Hantaro Nagaoka, que descrevia o átomo como um caroço no centro, de carga positiva, contornado por anéis de elétrons girando com a mesma velocidade angular, descrição próxima à imagem do planeta Saturno.

Ernest Rutherford, discípulo de Thomson, na busca por resolver os problemas com os modelos atômicos apresentados, iniciou seus experimentos para análise do espalhamento de partícula α (alfa) por átomos. Como resultado da observação, ele concluiu que a carga positiva estava concentrada em uma área muito pequena, no núcleo. Para realizar o experimento, ele utilizou um feixe de partículas alfa. Essa partícula, obtida pelo decaimento do Rádio, era equivalente ao núcleo do átomo de Hélio. Para isso, Rutherford supôs que as dimensões da partícula alfa eram extremamente pequenas em relação ao tamanho do átomo.

O experimento consistia em bombardear uma fina lâmina de ouro com um feixe de partículas e medir o ângulo de espalhamento. A medida angular do espalhamento dessas partículas apresentava informações importantes sobre o modelo atômico. Já era conhecida, na época do experimento, a existência dos elétrons e o fato de que o átomo era neutro. Em 1932, Chadwick descobriu a terceira partícula subatômica, o nêutron, e o modelo de Rutherford passou a ter um núcleo onde ficavam prótons e nêutrons, e uma eletrosfera, onde ficavam os elétrons.

No início do século XX, o questionamento sobre a estabilidade do átomo não tinha respostas na Física Clássica e, na busca para resolver essa questão, surgiu a Mecânica Quântica e a ideia de interação forte.

Até então eram conhecidas as forças eletromagnética e gravitacional, que não permitiam explicar porque o átomo se mantinha estável. Surgiu então a explicação da existência de outra força da natureza que agiria no nível do átomo, a força forte. Atualmente, já se sabe que ela realmente existe e que a sua intensidade é realmente muito forte, cerca de 2000 vezes maior do que a força eletromagnética.

A força forte tem como principal característica seu curto alcance, já que ela é muito forte para núcleos, porém isso ocorre em um raio de cerca de 10^{-15} m. No caso de distâncias maiores, ela praticamente desaparece. Essa interação diminui bem mais rápido do que a força eletromagnética, que é de $\frac{1}{r^2}$, conseqüentemente, se um núcleo for grande, ou seja, com muitos prótons, ele se torna instável.

Para explicar a estabilidade nuclear, em 1935 o físico japonês Hideki Yukawa teorizou que deveria ocorrer uma interação semelhante no caso da interação eletromagnética, que é medida pela troca de fótons. Em sua teoria, a interação hadrônica ocorre através da troca de uma nova partícula, que ele chamou de méson, palavra de origem grega que convenientemente significa ‘médio’. Ele ainda supôs que os mésons teriam carga ou poderiam ser neutros (π^- , π^+ , π^0), o que possibilitaria a troca necessária entre as partículas nucleares.

A partir de 1930, com a detecção de partículas baseada no processo de emulsões fotográficas, teve início uma nova fase, em que várias partículas elementares foram observadas.

Em 1946, a equipe de pesquisa de Powell na universidade de Bristol, da qual César Lattes fazia parte, conseguiu comprovar a observação do méson pi na natureza. E em 1948 Lattes vai para Berkeley, Califórnia, junto com Eugene Gardner (1901-1960) e, utilizando um acelerador de partículas capaz de produzir píons por meio da técnica de emulsão nuclear, eles conseguiram detectar os primeiros píons em laboratório.

A criação da disciplina de física de partículas elementares é justificada na comprovação do pión de duas maneiras diferentes: pela natureza, através das emulsões nucleares; e artificialmente, no acelerador de partículas. Já o pósitron não chegou a ser comprovado artificialmente, apenas pela natureza, e essa comprovação não foi considerada o suficiente. É importante ressaltar a participação do brasileiro César Lattes nos dois momentos da observação do pión.

REFERÊNCIAS

AIRES, J. A.; MELZER, E. E. M. A história do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v. 11, n. 22, 2015.

ASSAD, G. E. **Física moderna para o ensino médio**. João Pessoa: IFPB, 2015.

BAGNATO, V. S.; HABESCH, R.; SILVA, H. F. Conexão de blindagem eletrônica no espalhamento Rutherford. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 19, n. 2, 1997.

BEGALLI, M.; CARUSO, F.; PREDAZZI, E. **Do átomo grego à física das interações fundamentais**. São Paulo: Livraria da Física, 2012.

LAGANÁ, C. Estudo de raios cósmicos utilizando uma câmara de nuvens de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, 2011.

LATTES, C. M. G.; MUIRHEAD, H.; OCCHIALINI, G. P. S.; POWELL, C. F. Processes involving charged mesons. **Nature**, v. 159, p. 694-697, 1947.

MOREIRA, M. A. Partículas e interações. **Física na Escola**, v. 5, n. 2, 2004.

OSTERMANN, F. Um texto para professores do Ensino Médio sobre partículas elementares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 3, 1999.

PEDUZZI, L. O. Q. **Do átomo grego ao átomo de Bohr**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

PIETROCOLA, M.; SIQUEIRA, M. O espalhamento Rutherford na sala de aula. **Física na Escola**, v. 11, n. 2, 2010.

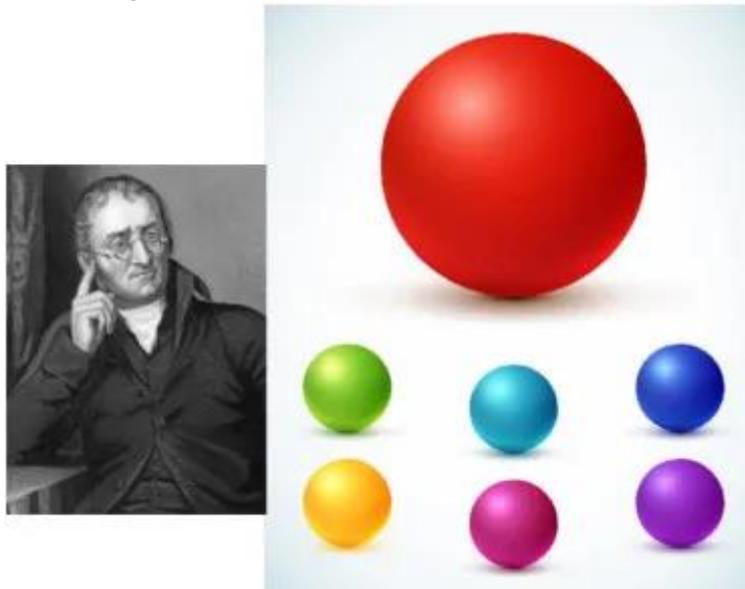
VIEIRA, C. L. **César Lattes arrastado pela história**. Rio de Janeiro: CBPF, 2017.

2.3 COMPREENDENDO A FÍSICA DE PARTÍCULAS

A ideia de átomo teria surgido com os gregos Leucipo e Demócrito, por volta de 450 a.C. Na busca da explicação pela constituição da matéria conhecida no universo, eles teorizaram que a matéria seria formada por pequenas partículas que não poderiam ser destruídas, vem dessa mesma ideia a origem do nome átomo, que no grego significa ‘indivisível’.

A ideia da matéria formada por corpúsculos foi retomada no século XVII pelo físico e matemático inglês Isaac Newton e tornou-se popular a partir de 1802, quando John Dalton, químico e conterrâneo de Newton, formulou que tudo era feito de átomos, a menor parte da matéria, e que eles são poderiam ser divididos. A existência dos átomos se tornou um importante tema de debate na Inglaterra no final do século XIX, por influência desses dois cientistas.

Figura 2 – Modelo atômico de John Dalton

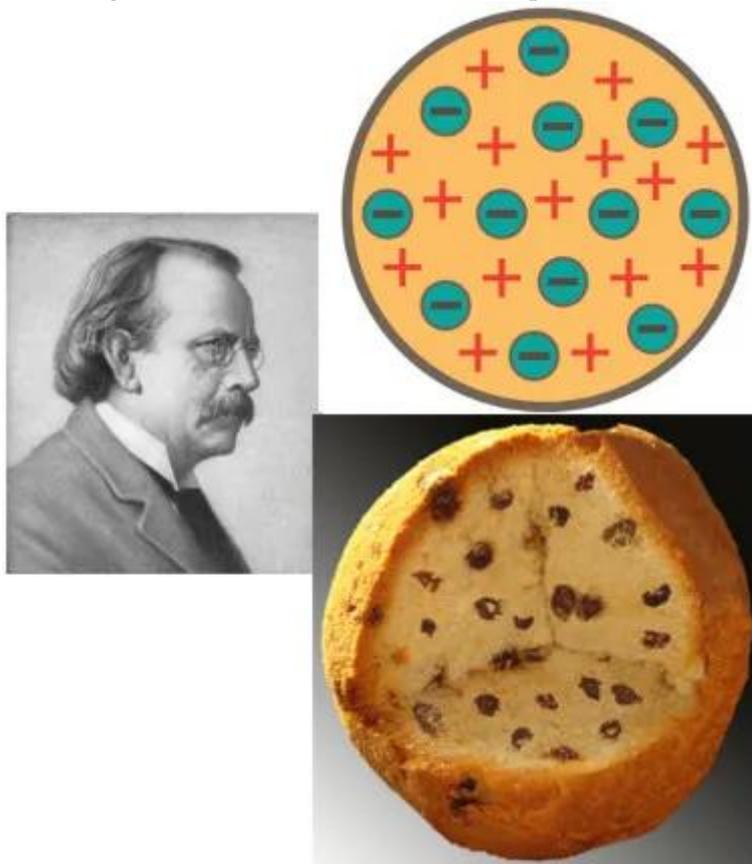


Fonte: disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/evolucao-dos-modelos-atomicos.htm>. Acesso em: 15 jan. 2021.

Dalton postulou que os átomos seriam pequenas partículas esféricas, maciças e indivisíveis, e que entre um átomo e outro haveria espaço, ou seja, a matéria seria descontínua. Ainda postulou que um conjunto de átomos de mesmas massas, tamanhos e propriedades formam um elemento químico; que diferentes massas, tamanhos e propriedades diferentes originam diferentes elementos químicos; e que substâncias diferentes se formariam da combinação entre átomos diferentes. Dalton também nomeou como átomos compostos as substâncias formadas por espécies químicas de diferentes elementos e com quantidade fixa de cada um deles.

O grande interesse nas pesquisas sobre eletricidade naquela época levou o físico inglês Joseph Thomson a concluir, por meio de observação experimental, que os raios catódicos eram partículas subatômicas de carga negativa, os elétrons. Essa fragmentação do átomo levou Thomson a um modelo atômico que ele descreveu metaforicamente como um pudim, cuja massa por ele considerada positiva estava recheada de ameixas, os elétrons, de carga negativa.

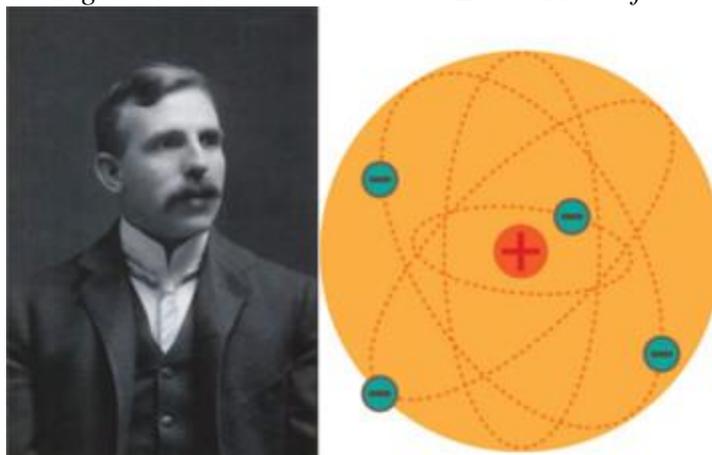
Figura 3 - Modelo atômico de Joseph Thomson



Fonte: disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/evolucao-dos-modelos-atomicos.htm>. Acesso em: 15 jan. 2021.

Em 1911, Ernest Rutherford, físico neozelandês, realizou um experimento em que bombardeou uma lâmina de ouro finíssima com partículas alfa, emitidas pelo decaimento do Rádio, cujo núcleo era equivalente ao do átomo de Hélio. As lâminas eram posicionadas dentro de um bloco de chumbo com um orifício pequeno, por onde as partículas passavam. Rutherford então observou que o átomo não poderia ser maciço, como se acreditava até então, propondo que o átomo fosse constituído por um núcleo denso, onde se concentrava a carga positiva, os prótons, ao redor do qual havia uma grande região vazia, a eletrosfera, onde os elétrons ficavam girando em torno desse núcleo.

Figura 4 – Modelo atômico de Ernest Rutherford



Fonte: disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/evolucao-dos-modelos-atomicos.htm>. Acesso em: 15 jan. 2021.

Em 1932, Chadwick descobriu a terceira partícula subatômica, o nêutron, e o modelo de Rutherford passou a ter um núcleo onde ficam prótons e nêutrons, além da eletrosfera, onde ficam os elétrons.

No início do século XX, o questionamento sobre a estabilidade do átomo não tinha respostas na Física Clássica e, na busca para resolver essa questão, surgiu a Mecânica Quântica e a ideia de interação forte.

Até então eram conhecidas as forças eletromagnética e a gravitacional, que não permitiam explicar como o átomo se mantinha estável. Surgiu então a explicação da existência de outra força da natureza que agiria no nível do átomo, a força forte. Atualmente conhecemos quatro forças, também chamadas de “interações fundamentais”, são elas: gravitacional, eletromagnética, nuclear forte e nuclear fraca. Vamos compreender como cada uma interage?

A força gravitacional é aquela que surge da interação mútua entre dois corpos, e é provocada pela massa dos corpos que se atraem entre si. Ela tem um alcance infinito e é sempre atrativa, dependendo apenas das massas dos corpos e da distância entre eles.

A força eletromagnética é a interação que ocorre entre dois corpos que possuem cargas elétricas. Podemos citar como exemplo a interação entre um elétron e o núcleo de um átomo.

A força forte é a interação mais forte no campo das partículas elementares, sendo a responsável em manter prótons e nêutrons no núcleo atômico. A força forte tem como principal característica seu curto alcance. Ela é muito forte para núcleos, porém isso ocorre em um raio de cerca de 10^{-15} m, já para distâncias maiores ela praticamente desaparece. Essa interação diminui bem mais rápido do que a força eletromagnética, que

é de $\frac{1}{r^2}$, conseqüentemente, se um núcleo for grande, ou seja, com muitos prótons, ele se torna instável. Cabe ressaltar que a interação forte afeta somente hádrons.

A força fraca é a interação responsável pelo decaimento relativamente lento de partículas, como nêutrons e múons, e por todas reações que envolvem neutrinos também. Essas interações são explicadas por campos de força. Nas teorias sobre partículas elementares, o campo é um conceito fundamental. As partículas mediadoras das interações correspondentes são os quanta desses campos.

A partir de 1930, com a detecção de partículas baseada no processo de emulsões fotográficas, teve início uma nova fase, em que várias partículas elementares foram observadas, colaborando para a comprovação das interações e campos. Vamos compreender melhor como funciona esse processo.

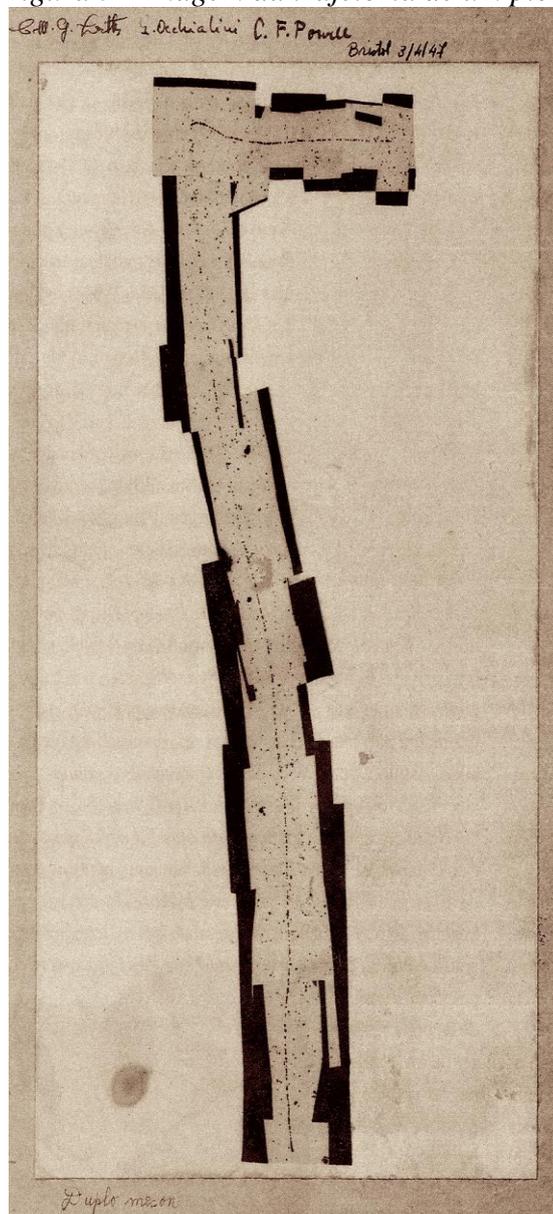
O processo de detecção de partículas por meio de emulsão fotográfica é semelhante ao processo fotográfico comum, de máquinas que utilizavam filme, ou seja, as fotos são tiradas, a imagem fica registrada no filme e, posteriormente, ela é revelada. Mas para tornar um filme fotográfico sensível à trajetória de uma partícula ionizante, é necessário acrescentar sais de prata. Esse processo foi melhorado mais tarde por Lattes, que pediu para que fosse acrescentado tetraborato de sódio-bórax nas emulsões, o que alongava a retenção das imagens. É importante saber que na detecção das partículas pelo processo de emulsão fotográfica, as imagens registradas são os rastros deixados pelas partículas e não a imagem da partícula propriamente. Foi através da exposição às emulsões fotográficas aos raios cósmicos que o pión foi observado na natureza.

Os raios cósmicos são partículas, prótons e núcleos atômicos com altas energias, vindos do espaço, de fora da atmosfera da Terra, e são chamados de raios cósmicos primários. Quando eles atingem a atmosfera e colidem com as moléculas que a constituem, geram os raios cósmicos secundários, novas partículas. Um exemplo é o méson pi: uma partícula mais pesada do que o múon e que decai no méson mi e mais uma partícula sem carga, o neutrino do múon, conforme representação: $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \text{neutrino do múon}$.

O tempo de vida do pión é de 0,00000001 segundo. Ele pode apresentar carga positiva, negativa ou ser neutro. O pión neutro é mais instável do que aqueles que possuem cargas e seu tempo de vida é mais curto, 0,0000000000000001 segundo. Ele também decai de forma diferente, como podemos observar: $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$.

O pión também foi gerado artificialmente e detectado no maior acelerador de partículas da época, em Berkeley, nos EUA.

Figura 5 - Imagem da trajetória de um pión



Fonte: disponível em: <https://www2.cbpf.br/pt-br/ultimas-noticias/ha-70-anos-artigo-revelava-ao-mundo-a-existencia-do-pion>. Acesso em: 15 jan. 2021.

REFERÊNCIAS

AIRES, J. A.; MELZER, E. E. M. A história do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v. 11, n. 22, 2015.

ASSAD, G. E. **Física moderna para o ensino médio**. João Pessoa: IFPB, 2015.

BAGNATO, V. S.; HABESCH, R.; SILVA, H. F. Conexão de blindagem eletrônica no espalhamento Rutherford. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 19, n. 2, 1997.

BEGALLI, M.; CARUSO, F.; PREDAZZI, E. **Do átomo grego à física das interações fundamentais**. São Paulo: Livraria da Física, 2012.

LAGANÁ, C. Estudo de raios cósmicos utilizando uma câmara de nuvens de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, 2011.

LATTES, C. M. G.; MUIRHEAD, H.; OCCHIALINI, G. P. S.; POWELL, C. F. Processes involving charged mesons. **Nature**, v. 159, p. 694-697, 1947.

MOREIRA, M. A. Partículas e interações. **Física na Escola**, v. 5, n. 2, 2004.

OSTERMANN, F. Um texto para professores do Ensino Médio sobre partículas elementares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 3, 1999.

PEDUZZI, L. O. Q. **Do átomo grego ao átomo de Bohr**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

PIETROCOLA, M.; SIQUEIRA, M. O espalhamento Rutherford na sala de aula. **Física na Escola**, v. 11, n. 2, 2010.

VIEIRA, C. L. **César Lattes arrastado pela história**. Rio de Janeiro: CBPF, 2017.

Capítulo 3

3. SLIDES

Neste capítulo apresentamos os slides que o professor utilizará em sala de aula para aplicação deste produto educacional que se encontram disponíveis no site <https://sites.google.com/view/ensino-de-fisica-de-particulas/in%C3%ADcio>.

3.1. SLIDES PARA ABORDAGEM DA FÍSICA DE PARTÍCULAS A PARTIR DO FILME

Figura 6 – Capa da apresentação abordagem da física de partículas a partir do filme



Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 7 – 1ª Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme

QUAIS OS CONCEITOS FÍSICOS PODEMOS OBSERVAR NO FILME ANJOS E DEMÔNIOS?



UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 8 – 2ª Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme

ANTIMATÉRIA EXISTE OU É APENAS FICÇÃO CIENTÍFICA? NO FILME ONDE ELA FOI PRODUZIDA?



UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 9 – 3ª Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme

Do que a matéria é feita?



<https://escolakids.uol.com.br/ciencias/do-que-sao-feitas-todas-as-coisas.htm>
 Acessado em 10/01/2021.

UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

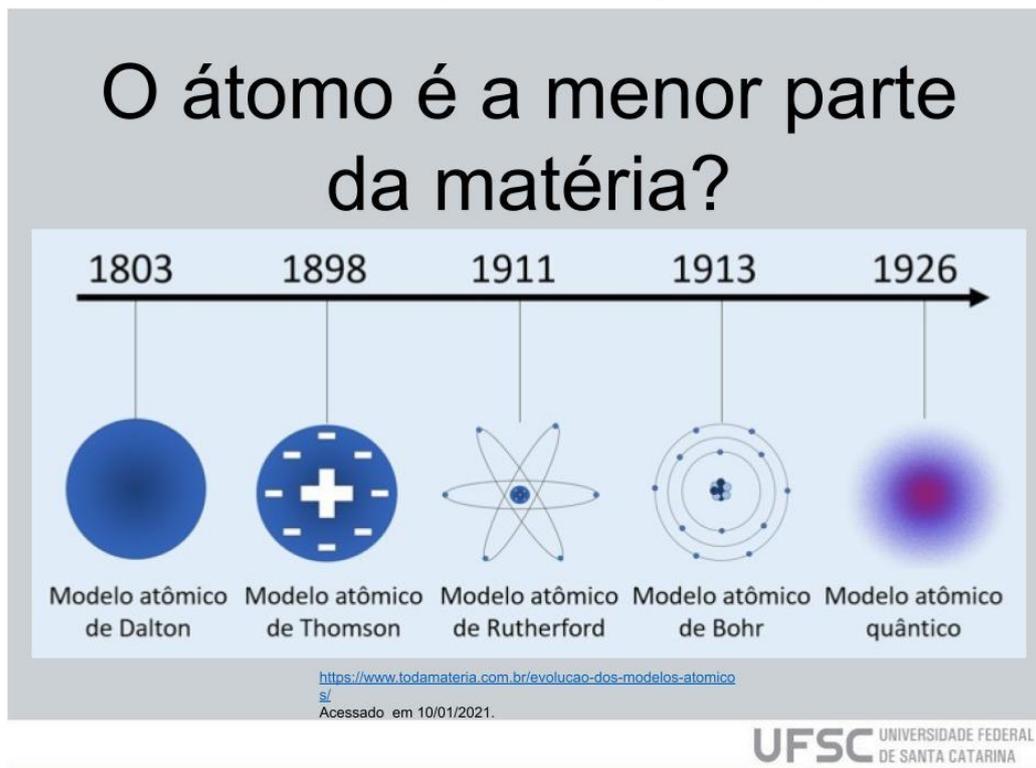
Figura 10 – 4ª Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme



UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 11 – 5º Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme



Fonte: elaborado pela autora (2021).

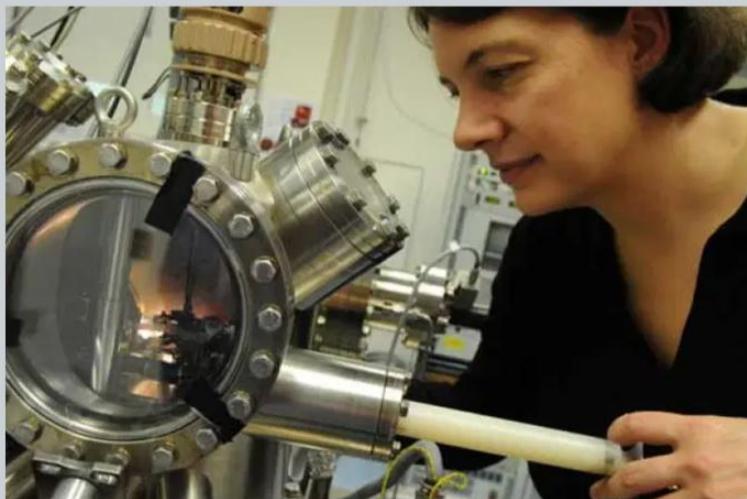
Figura 12 – 6º Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme



Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 13 – 7º Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme

Como é o átomo que você conhece?



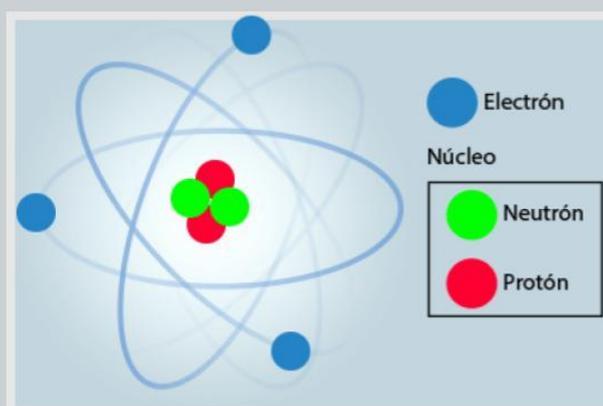
<https://veja.abril.com.br/ciencia/novo-supermicroscopio-permite-observar-atomos-em-alta-velocidade/>
Acessado em 10/01/2021

UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 14 – 8º Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme

Mas se o átomo é indivisível o que são os prótons, nêutrons e elétrons?



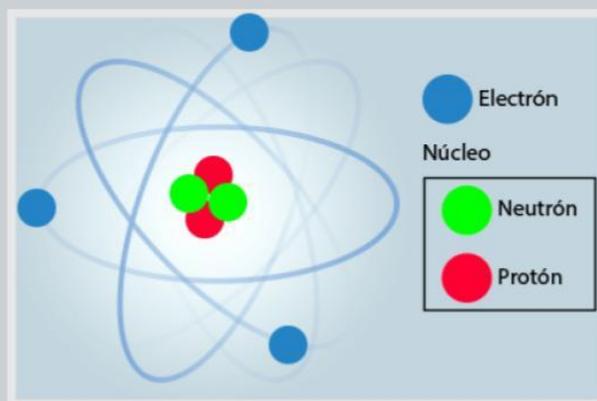
<http://blogdequimica2014.blogspot.com/2017/02/tabela-periodica-e-numero-atomico.html>
Acessado em 10/01/2021

UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 15 – 9º Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme

As menores partículas (partículas elementares) são os prótons, nêutrons e elétrons?



<http://blogdequimica2014.blogspot.com/2017/02/tabela-periodica-e-numero-atomico.html>
Acessado em 10/01/2021

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 16 – 10º Slide da abordagem da física de partículas a partir do filme

- QUEM PESQUISA SOBRE ESSE ASSUNTO?
- ONDE ESSAS PESQUISAS ACONTECEM?
- TEMOS CIENTISTAS BRASILEIROS QUE PESQUISAM PARTÍCULAS?
- COMO CHAMAMOS O RAMO DA FÍSICA QUE ESTUDA AS PARTÍCULAS?

Fonte: elaborado pela autora (2021).

3.2. SLIDES PARA ABORDAGEM DA VIDA E OBRA DE CESAR LATTES

Figura 17 – Capa da apresentação da abordagem da vida e obra de César Lattes



Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 18 – 1ª Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes



Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 19 – 2ª Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes

QUEM FOI CESAR LATTES?

- Nascido em 11 de julho de 1924, em Curitiba, Paraná.
- Filho de Carolina e Giuseppe, ambos imigrantes italianos, Cesare Mansueto Giulio Lattes.
- Iniciou seus estudos, o então Curso Primário, no Instituto Menegati na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, no ano de 1929.
- Em 1930 estudo em uma Escola Pública de Torino, na Itália.

UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 20 – 3ª Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes

- Concluiu esse Curso na Escola Americana, em Curitiba em 1933.
- O Ginásio ele cursou no Instituto Médio Dante Alighieri, em São Paulo, de 1934 a 1938.
- Graduado Bacharel em Física pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo (USP), no ano de 1943.
- Conhecido mundialmente apenas como Cesar Lattes.

UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 21 – 4ª Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes

- A ironia era uma característica da sua personalidade, fato que ajuda a compreender os motivos que o levaram a escolha da profissão.
- Segundo ele iria ser professor, porque teria três meses de férias.
- A opção pela disciplina de física justifica-se pelo fato de Lattes ter facilidade com a mesma e não precisar estudar muito.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 22 – 5ª Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes

- Outros fatores também contribuíram para sua opção pela disciplina de física, entre elas a influência de seu professor Luís Borello, que lecionava a disciplina de Ciências Físicas e Matemática no Instituto Dante Alighieri.
- Por ironia do destino seu pai conheceu Gleb Vassielievich Wataghin e falou sobre seu filho.
- Lattes ao conversar com o físico ucraniano ficou sabendo que era possível não fazer o pré-vestibular.
- Cursando assim um ano a menos do ensino médio concluiu a faculdade de física aos 19 anos.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 23 – 6ª Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes

- Na sua graduação na FFCL, foi aluno de Wataghin e Guiseppe P.S. Occhialini, em disciplinas profissionais do Curso de Física.
- As aulas de Wataghin e Occhialini eram baseadas em seminários sobre temas publicados em revista especializadas em Física, fato que foi possível graças à excelente biblioteca que Wataghin organizou e manteve sempre atualizada, na FFCL.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 24 – 7ª Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes

- Lattes aprendeu bastante sobre a leitura de filmes de raios-X nas aulas ministradas por Occhialini, no seu terceiro ano de curso, fato que se explica pela maneira curiosa que as aulas eram ministradas.
- Tendo Lattes como seu único aluno, as aulas consistiam em fazer seu aluno destrinchar os filmes de raios-X que revelava.
- Occhialini quando parte do Brasil ainda deixa mais um legado para Lattes, que contribui para suas escolhas futuras, uma câmera de Wilson quebrada.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 25 – 8ª Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes

- Juntamente com Andrea Wataghin (1926-1984) e Ugo Camerini (1925-2014), jovens físicos, Lattes passou a estudar os chamados raios cósmicos.



Fonte: Museu Laboratório Cavendish Cambridge.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 26 – 9ª Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes

- Por volta de 1945 Lattes recebeu de Occhialini um novo tipo de detector: as emulsões nucleares.
- Lattes solicita para Occhialini que o leve para trabalhar em Bristol, onde inicia no começo de 1946.
- Inicia-se então sua incorporação ao grupo de pesquisas do físico britânico Cecil Powell.
- Quando chega a Inglaterra Lattes começa a trabalhar em seu projeto pessoal, empregar as emulsões nucleares para o estudo da radiação cósmica.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 27 – 10º Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes



Lattes e o Grupo de Bristol

https://www.researchgate.net/publication/336968191_Cesar_Lattes_-_Arrastado_pela_historia_edicao_70_anos_do_CBPF
Acesso em: 10/08/2020.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 28 – 11º Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes

- Occhialini entrou de férias, no outono de 1946, e foi passear nos Pirineus. Por solicitação de Lattes levou consigo chapas, com e sem boro, que ficaram expostas ao raios cósmicos, no observatório francês localizado no Pic du Midi, de Bigorre, nos Pirineus.
- Assim que regressa a Bristol ele e Lattes revelam as chapas e juntamente com Powell começam analisá-las.
- Após alguns dias de análise ao microscópio, Marietta kurz, encontrou um raro evento interpretado pelo grupo como um duplo-méson.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 29 – 12º Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes

- Em busca de novos resultados Lattes foi para Bristol e teve a ideia de expor as emulsões fotográficas em um lugar mais alto do que já haviam exposto.
- O monte Chacaltava, na Bolívia, a mais de 5.000 metros de altitude, foi o escolhido.
- Lattes deixa Londres num avião brasileiro rumo a América do Sul, trazendo consigo várias chapas de emulsão carregadas de boro.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 30 – 13º Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes

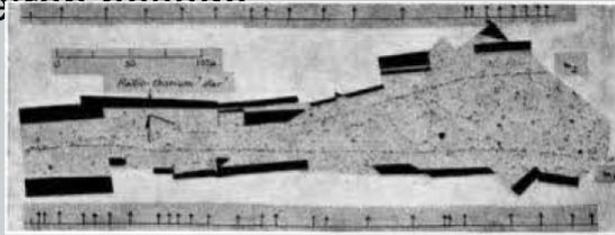


https://www.researchgate.net/publication/336968191_Cesar_Lattes_-_Arrastado_pela_historia_edicao_70_anos_do_CBPF
Acesso em: 10/08/2020.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 31 – 14ª Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes

- O grupo de Bristol conseguiu provar a existência de dois mésons: o méson pi, méson, previsto teoricamente por Hideki Yukawa em 1935, responsável pela força forte nuclear e o méson mi, que na verdade seria um elétron pesado.



https://www.researchgate.net/publication/336968191_Cesar_Lattes_-_Arrastado_pela_historia_edicao_70_anos_do_CBPF
Acesso em: 10/08/2020.

UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 32 – 15ª Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes

- Em 1948, Cesar Lattes vai para Berkeley, Califórnia, juntamente com Eugene Gardner (1901-1960), utilizando um acelerador de partículas capaz de produzir píons, por meio da técnica de emulsão nuclear.



https://www.researchgate.net/publication/336968191_Cesar_Lattes_-_Arrastado_pela_historia_edicao_70_anos_do_CBPF
Acesso em: 10/08/2020.

UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 33 – 16º Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes

- Apesar do reconhecimento da importância do feito histórico da observação do méson pi nem Lattes e nem seus colegas Sakata e Occhialini não receberam o Nobel.
- Receberam o Prêmio Yukawa em 1949 por presumir sua existência e Powell 1950 pela comprovação.
- Não existe um consenso no motivo pelo qual Lattes não recebeu o Nobel.
- Uma versão é de que a política interna do prêmio até o ano de 1960 premiava apenas o chefe da equipe que liderava uma descoberta.

UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 34 – 17º Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes

- Outra hipótese de Lattes não ter sido vencedor de um Nobel seria pelo simples fato de ser brasileiro.
- Lattes foi o físico brasileiro com maior número de indicações a um Nobel, foi indicado sete vezes.
- Lattes recebe várias propostas para permanecer trabalhando no exterior, mas resolveu retornar e trabalhar no Brasil.
- Em 1949 fundou o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, com apoio de outros brasileiros dedicados a ciência e alguns políticos.

UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 35 – 18º Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes

- Lattes colaborou com a criação de grupos de pesquisa em Física;
- Foi diretor científico do CBPF;
- Trabalhou na elaboração da criação do Conselho Nacional de Pesquisas;
- Foi membro de seu conselho deliberativo e implantou juntamente com o professor Ismael Escobar, o laboratório de física Cósmica da Universidade Mayor de San Andrés, na Bolívia.

UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 36 – 19º Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes

- Dentre as muitas homenagens que Lattes recebeu podemos destacar a plataforma Lattes em 1999 pela CNPq.
- No período que retornou ao Brasil Lattes foi enaltecido como herói nacional na área da ciência e até hoje é dito como o maior físico que já existiu no país.
- As pesquisas na área da física nuclear na época eram de interesse não só de cientista, mas também da indústria e dos militares nacionalistas que tinham interesse de explorar a energia nuclear.

UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 37 – 20ª Slide da abordagem da vida e obra de César Lattes

- Lattes no Brasil também encontrou momentos difíceis, como o escândalo do desvio de verbas do projeto do acelerador de partículas em 1954.
- Lattes regressa ao Brasil em 1957 e continua seus projetos para fortalecer a educação científica no



Lattes em palestra no auditório do Instituto de Física da USP no início da década de 1960

https://www.researchgate.net/publication/336968191_Cesar_Lattes_-_Arrastado_pela_historia_edicao_70_anos_do_CBPF
Acesso em: 10/08/2020.

UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

3.3. SLIDES PARA ABORDAR A HISTÓRIA DA FÍSICA DE PARTÍCULAS

Figura 38 – Capa da apresentação da abordagem da história da física de partículas

Campus Araranguá
Mestrado Nacional Profissional em
Ensino de Física

O ENSINO DE FÍSICA DE PARTÍCULAS POR MEIO DA
VIDA E OBRA DO FÍSICO BRASILEIRO CESAR LATTES

Tatiane Pacheco Zanette



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 39 – 1ª Slide da abordagem da história da física de partículas

A história da física de partículas: do átomo ao pión.

- A ideia de átomo teria sua origem com os gregos Leucipo e Demócrito por volta de 450 a.C. na busca da explicação pela constituição da matéria conhecida no universo.
- Mas suas ideias iam em contrário com as de Aristóteles que defendia que a matéria era formada dos quatro elementos: fogo, terra, ar e água, ideia que foi aceita por mais de 2000 anos.

UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 40 – 2ª Slide da abordagem da história da física de partículas



<http://entendendoquimica.blogspot.com/2012/06/modelo-atomo-de-democrito.html>
Acesso em: 15/05/2021.



<https://www.omundodaquimica.com.br/academica/atomistica>
Acesso em: 15/01/2021.

UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 41 – 3º Slide da abordagem da história da física de partículas

- A ideia da matéria formada por corpúsculos foi retomada no século XVII pelo físico e matemático inglês Isaac Newton.
- Ideia que se tornou popular a partir de 1802, quando John Dalton, químico e conterrâneo de Newton, formulou que tudo era feito de átomos, a menor parte da matéria que não poderia ser dividida.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 42 – 4º Slide da abordagem da história da física de partículas

- O grande interesse das pesquisas sobre eletricidade daquela época levou ao físico inglês Joseph Thomson concluir através da observação experimental que os raios catódicos eram partículas subatômicas de carga negativa, os elétrons.
- Essa fragmentação do átomo levou Thomson a um modelo atômico que ele descreveu como um pudim, cuja massa por ele considerada positiva estava recheada de ameixas, os elétrons.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 43 – 5º Slide da abordagem da história da física de partículas

- Dois modelos atômicos dividiam a atenção dos cientistas no início do século XX.
- O modelo de J.J.Thomson, que apresenta o átomo como uma esfera sólida de carga positiva igualmente distribuída, cravado de elétrons que pulsavam em seu interior.
- O modelo de Hantaro Nagaoka que descrevia o átomo como um caroço no centro de carga positiva contornado de anéis de elétrons girando com a mesma velocidade angular, próximo a imagem do planeta Saturno.

UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 44 – 6º Slide da abordagem da história da física de partículas

- Ernest Rutherford discípulo de Thomson na busca de resolver os problemas com os modelos atômicos apresentados inicia seus experimentos para análise.
- O experimento consistia em bombardear uma lâmina fina de ouro com um feixe de partículas e medir o ângulo. A medida angular do espalhamento dessas partículas apresentavam informações importantes sobre o modelo atômico.
- O experimento que levou Rutherford a contrapor-se ao modelo de Thomson foi realizado em 1911 por Ernest Marsden e Hans Geiger.
- Já era conhecida na época do experimento a existência dos elétrons e que o átomo era neutro.

UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 45 – 7º Slide da abordagem da história da física de partículas

- Em 1932 Chadwick descobriu a terceira partícula subatômica, o nêutron e o modelo de Rutherford passou a ter um núcleo onde ficam prótons e nêutrons e a eletrosfera onde ficam os elétrons.
- No início do século XX o questionamento sobre a estabilidade do átomo não conseguia ser explicado pela física clássica.
- Na busca para resolver essa questão surge a Mecânica quântica e a ideia de interação forte.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 46 – 8º Slide da abordagem da história da física de partículas

- Para explicar a estabilidade nuclear o físico japonês Hideki Yukawa em 1935 teoriza que deveria acontecer uma interação semelhante com a interação eletromagnética que é medida pela troca de fótons.
- Em sua teoria, a interação hadrônica ocorre através da troca de uma nova partícula, que ele chamou de méson, palavra de origem grega que convenientemente significa médio.
- Ainda supôs que os mésons tem carga ou podem ser neutros o que possibilitaria a troca necessária entre as partículas nucleares.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 47 – 9ª Slide da abordagem da história da física de partículas

- A partir de 1930 com a detecção de partículas baseado no processo de emulsões fotográficas, tem início uma nova fase, várias partículas elementares foram observadas.
- Em 1946 a equipe de pesquisa de Powell, da qual Cesar Lattes fazia parte, na universidade de Bristol conseguiu comprovar a observação do méson pi na natureza.
- Em 1948, Cesar Lattes vai para Berkeley, Califórnia, juntamente com Eugene Gardner (1901-1960), utilizando um acelerador de partículas capaz de produzir píons, por meio da técnica de emulsão nuclear, conseguiu detectar os primeiros píons em laboratório.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 48 – 10ª Slide da abordagem da história da física de partículas

- A criação da disciplina de física de partículas elementares é justificada na comprovação do pión de duas maneiras diferentes, pela natureza através das emulsões nucleares e artificialmente no acelerador de partículas.
- O pósitron não conseguiu esse feito por ter sido comprovado apenas para natureza e essa comprovação não foi considerada o suficiente para tal.
- Não podemos esquecer da participação do brasileiro César Lattes nos dois momentos da observação do pión.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

3.4. SLIDES PARA ABORDAR A FÍSICA DE PARTÍCULAS

Figura 49 – Capa da apresentação da abordagem da física de partículas



Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 50 – 1ª Slide da abordagem da física de partículas

Que imagens são essas que estamos vendo?
Qual a relação delas com a Física de partículas?

UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 51 – 2ª Slide da abordagem da física de partículas

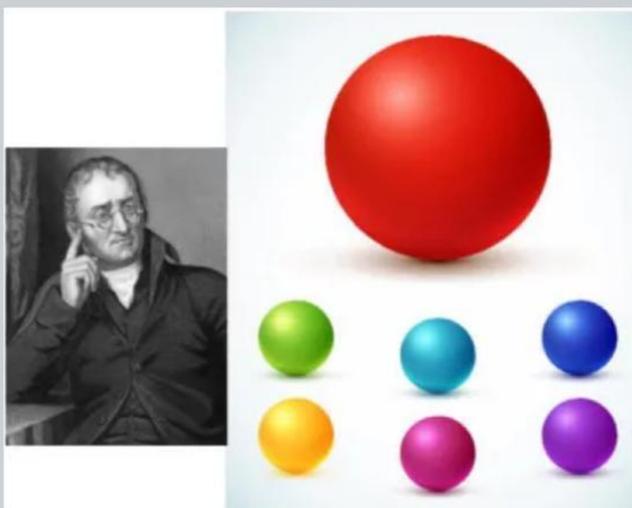
A ideia do indivisível

- A ideia de átomo teria sua origem com os gregos Leucipo e Demócrito na busca da explicação pela constituição da matéria conhecida no universo.
- A ideia da matéria formada por corpúsculos foi retomada no século XVII por Isaac Newton.
- Em 1802 John Dalton padroniza que tudo era feito de átomos.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 52 – 3ª Slide da abordagem da física de partículas

● Modelo atômico de Dalton



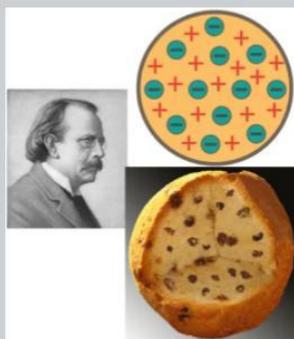
<https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/evolucao-dos-modelos-atomicos.htm>
Acesso em: 15/01/2021.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 53 – 4ª Slide da abordagem da física de partículas

A fragmentação do átomo

- O físico inglês Joseph Thomson concluiu através da observação experimental que os raios catódicos eram partículas subatômicas de carga negativa, os elétrons.
- O modelo atômico de Thomson



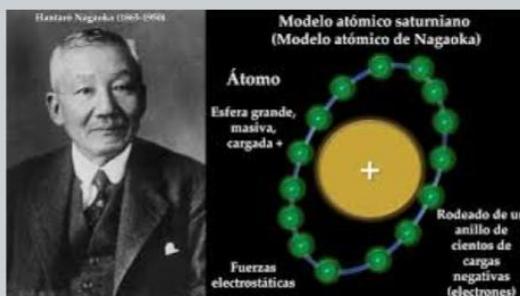
<https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/evolucao-dos-modelos-atomicos.htm>
Acesso em: 15/01/2021.

UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 54 – 5ª Slide da abordagem da física de partículas

- Em contrapartida estava o modelo de Hantaro Nagaoka que descrevia o átomo como um caroço no centro de carga positiva contornado de anéis de elétrons girando com a mesma velocidade angular, próximo a imagem do planeta Saturno.



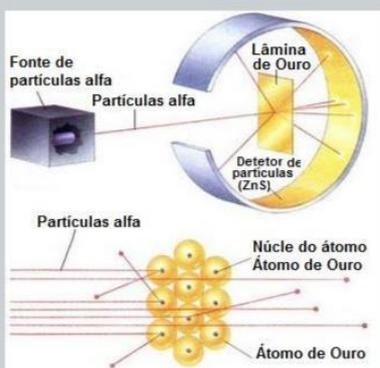
<https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/evolucao-dos-modelos-atomicos.htm>
Acesso em: 15/01/2021.

UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 55 – 6ª Slide da abordagem da física de partículas

- Ernest Rutherford discípulo de Thomson na busca de resolver os problemas com os modelos atômicos apresentados iniciou suas para análise.



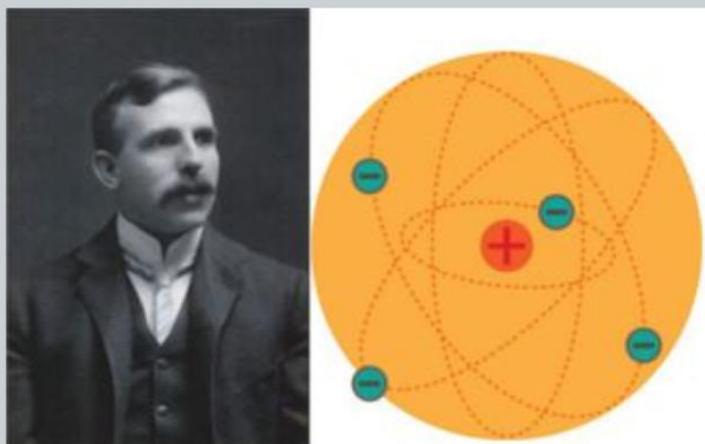
O experimento realizado em 1911 por Ernest Marsden e Hans Geiger.

<https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/evolucao-dos-modelos-atomicos.htm>
Acesso em: 15/01/2021.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 56 – 7ª Slide da abordagem da física de partículas

- Modelo atômico de Rutherford



<https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/evolucao-dos-modelos-atomicos.htm>
Acesso em: 15/01/2021.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 57 – 8ª Slide da abordagem da física de partículas

Em 1932 Chadwick descobriu a terceira partícula subatômica, o nêutron e o modelo de Rutherford passou a ter um núcleo onde ficam prótons e nêutrons e a eletrosfera onde ficam os elétrons.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 58– 9ª Slide da abordagem da física de partículas

- No início do século XX o questionamento sobre a estabilidade do átomo não conseguia ser explicado pela física clássica.
- Na busca para resolver essa questão surge a Mecânica quântica e a ideia de interação forte.
- A força forte age só a nível atômico e é 2000 vezes mais forte que a força eletromagnética porém de curto alcance.
- Ocorre em um raio de cerca de 10^{-15}m , para distâncias maiores ela praticamente desaparece.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

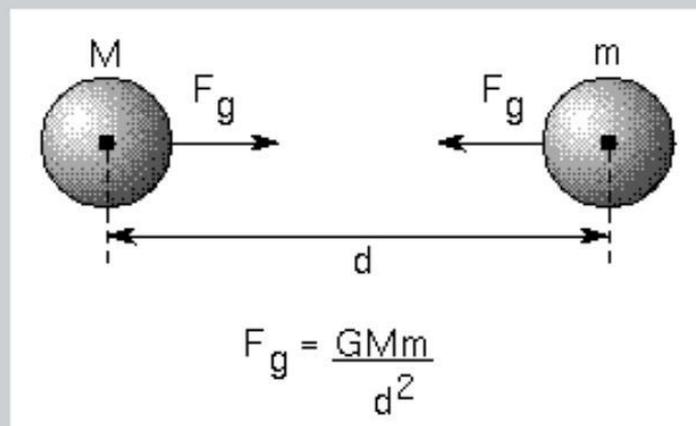
Figura 59– 10ª Slide da abordagem da física de partículas

- Até então eram conhecidas as forças eletromagnética e a gravitacional que não conseguiam explicar porque o átomo se mantinha estável.
- Surge então a explicação da existência de outra força da natureza que agiria em nível átomo, a força forte.
- Atualmente conhecemos quatro forças, também chamadas de interações fundamentais, são elas gravitacional, eletromagnética, nuclear forte e nuclear fraca.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 60– 11ª Slide da abordagem da física de partículas

FORÇA GRAVITACIONAL



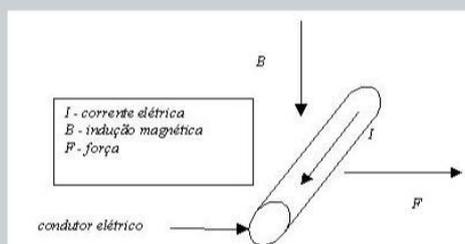
<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20032/Humberto/pagina3.htm>

Acesso em: 15/01/2021.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 61– 12ª Slide da abordagem da física de partículas

FORÇA ELETROMAGNÉTICA

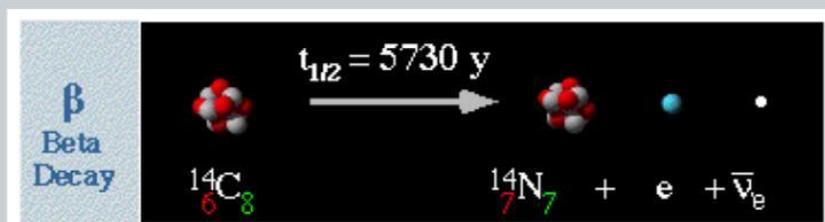


<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20032/Humberto/pagina3.htm>
Acesso em: 15/01/2021.l

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 62– 13ª Slide da abordagem da física de partículas

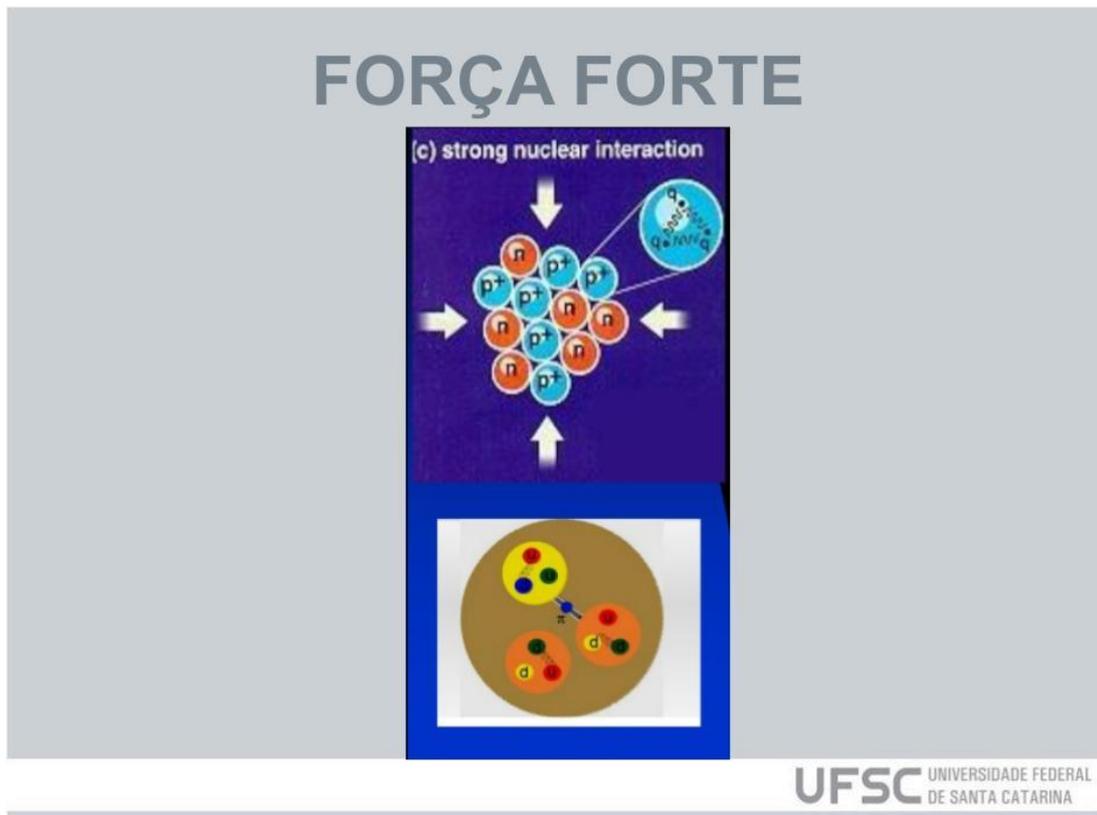
FORÇA FRACA



<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20032/Humberto/pagina3.htm>
Acesso em: 15/01/2021.l

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 63– 14ª Slide da abordagem da física de partículas

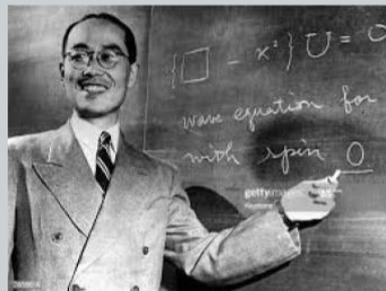


Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 64– 15ª Slide da abordagem da física de partículas

Como explicar a estabilidade do átomo?

- Para explicar a estabilidade nuclear o físico japonês Hideki Yukawa em 1935 teoriza que deveria acontecer uma interação semelhante com a interação eletromagnética que é medida pela troca de fótons.



<https://www.britannica.com/biography/Yukawa-Hideki>

Acesso em: 20/08/2020.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 65– 16ª Slide da abordagem da física de partículas

- Em sua teoria a interação hadrônica ocorre através da troca de uma nova partícula, que ele chamou de méson, palavra de origem grega que convenientemente significa médio.
- Supôs que os mésons tem carga ou podem ser neutros o que possibilitaria a troca necessária entre as partículas nucleares.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 66– 17ª Slide da abordagem da física de partículas

Mas o que o César Lattes tem haver com isso?

- A partir de 1930 com a detecção de partículas baseado no processo de emulsões fotográficas, tem início uma nova fase, várias partículas elementares foram observadas.
- Alguns autores atribuem a criação da disciplina de física de partículas elementares na comprovação do pión de duas maneiras diferentes, pela natureza através das emulsões nucleares e artificialmente no acelerador de partículas.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 67– 18°Slide da abordagem da física de partículas

MÉSON PI (π)

É uma partícula mais pesada que o múon e que decai no méson mi e mais uma partícula sem carga, o neutrino do múon, conforme representação a seguir:

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \text{neutrino do múon.}$$

CAPÍTULO 4

4. ROTEIRO DO EXPERIMENTO

Neste capítulo apresentamos o roteiro de experimento que o professor utilizará em sala de aula para aplicação deste produto educacional que se encontram disponíveis no site <https://sites.google.com/view/ensino-de-fisica-de-particulas/in%C3%ADcio>.

4.1. ROTEIRO

Título do experimento: Câmara de Nuvens

Conteúdo: Física de Partículas

Objetivo: Observar partículas elementares.

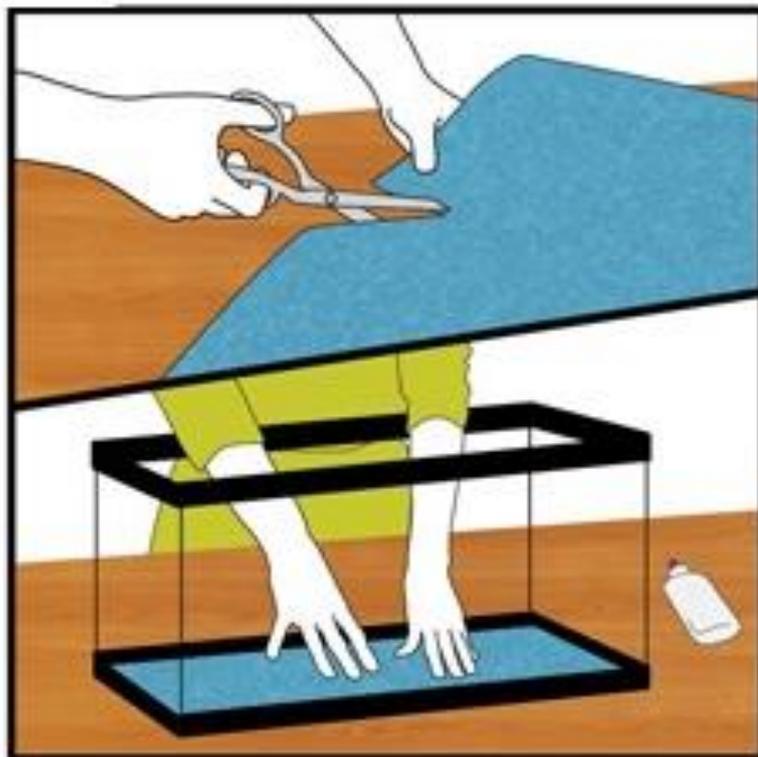
Material utilizado:

- Recipiente de acrílico ou vidro em formato retangular (como um aquário) transparente e com tampa de metal ou plástico de cor preta.
- Feltro preto.
- Álcool isopropílico (90% ou mais).
- Gelo seco.
- Caixa de madeira com base maior que o recipiente e laterais com 2 centímetros de altura.
- Isopor.
- Lanterna.
- Luvas de borracha.
- Óculos de proteção.

Procedimentos:

1. Corte o feltro para que fique do tamanho do fundo do recipiente e cole o tecido no recipiente. Conforme observamos na figura 67.

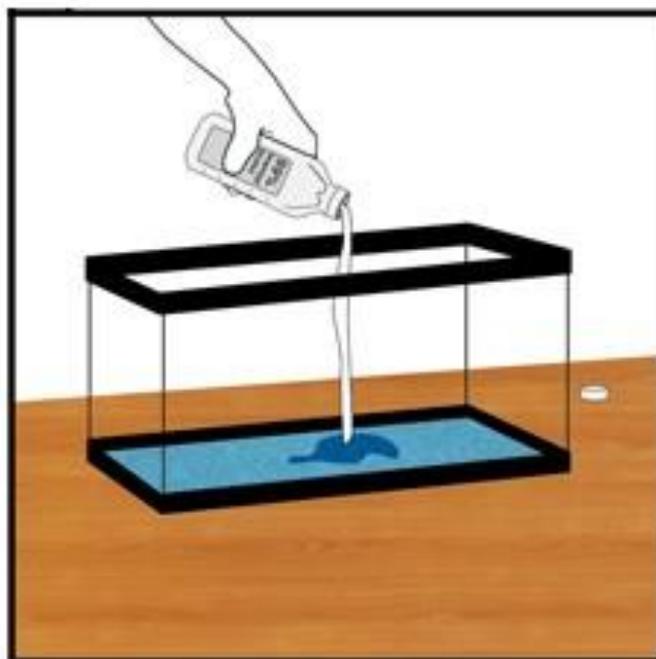
Figura 68– corte e fixação do feltro



Fonte: disponível em <https://medium.com/@eltonwade/como-construir-seu-pr%C3%B3prio-detector-de-part%C3%ADculas-b96059decb82>. Acesso em: 15 jun. 2020.

2. Certifique-se que o feltro está fixado no fundo e enxarque o mesmo com o álcool isopropílico. Certifique-se para que o feltro esteja saturado com o álcool porém sem formar poças (não pode pingar ou escorrer pelas laterais), conforme mostra a figura 68.

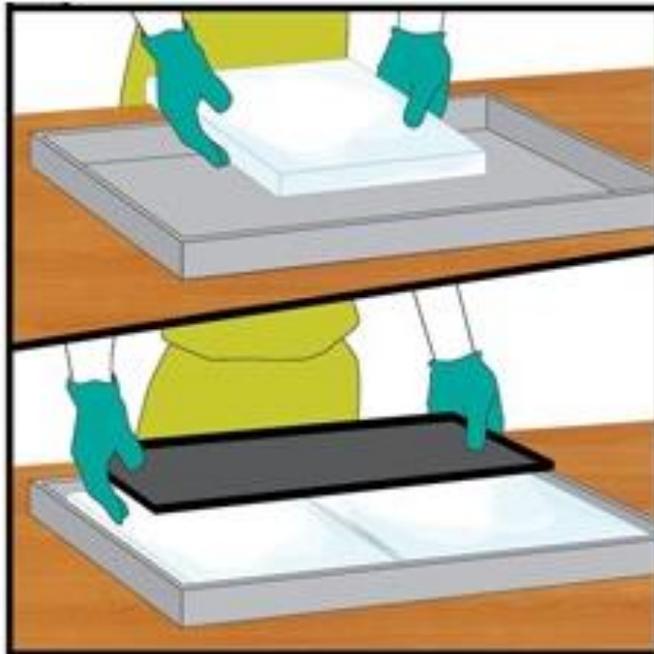
Figura 69– aplicação do álcool isopropílico no feltro



Fonte: disponível em <https://medium.com/@eltonwade/como-construir-seu-pr%C3%B3prio-detector-de-part%C3%ADculas-b96059decb82>. Acesso em: 15 jun. 2020.

3. Recorte o isopor para que fique do tamanho do fundo da caixa de madeira e encaixe na caixa. Em seguida coloque o gelo seco em cima do isopor, cubra todo o isopor com gelo. Coloque a tampa do recipiente em cima do gelo seco, de acordo com a figura 69.

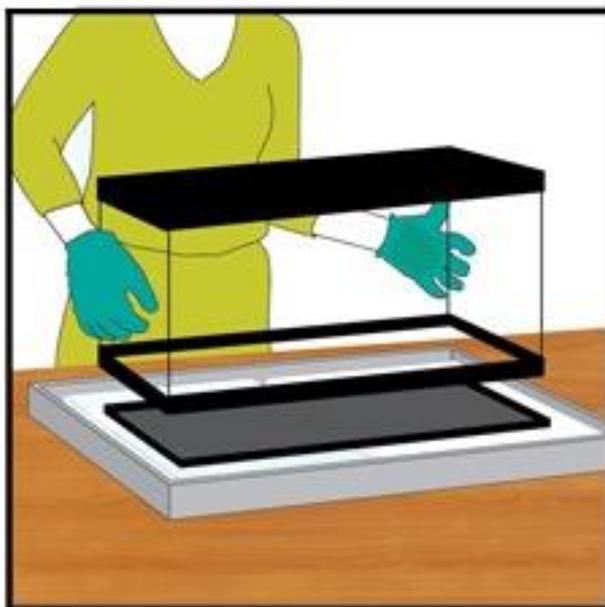
Figura 70– posicionamento do isopor, gelo e tampa.



Fonte: disponível em <https://medium.com/@eltonwade/como-construir-seu-pr%C3%B3prio-detector-de-part%C3%ADculas-b96059decb82>. Acesso em: 15 jun. 2020.

4. Encaixe o recipiente na tampa. Colocando o recipiente de cabeça para baixo de modo que a parte com o feltro fique para cima, como podemos observar na figura 70.

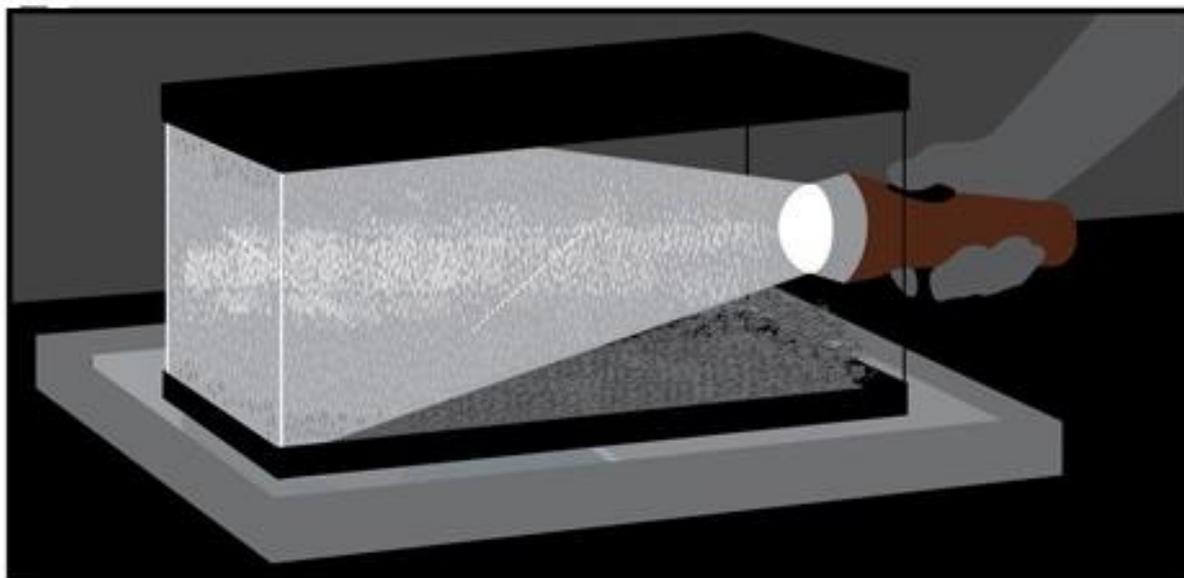
Figura 71– encaixe do recipiente na tampa



Fonte: disponível em <https://medium.com/@eltonwade/como-construir-seu-pr%C3%B3prio-detector-de-part%C3%ADculas-b96059decb82>. Acesso em: 15 jun. 2020.

5. Aguarde uns 10 minutos, apague a luz e acenda a lanterna em direção ao tanque, conforme observamos na figura 71.

Figura 72– lanterna iluminando tanque



Fonte: disponível em <https://medium.com/@eltonwade/como-construir-seu-pr%C3%B3prio-detector-de-part%C3%ADculas-b96059decb82>. Acesso em: 15 jun. 2020.

Observação: as luvas e os óculos são materiais de segurança que devem ser utilizados para manusear o gelo e o álcool isopropílico em segurança.

CAPÍTULO 5

5. AVALIAÇÃO SOMATIVA INDIVIDUAL

Neste capítulo abordamos as questões elaboradas para aplicação da avaliação somativa individual.

5.1. QUESTÕES DA AVALIAÇÃO SOMATIVA INDIVIDUAL

1. Sabemos que a ciência é uma construção humana, cheia de percalços, uma das grandes discussões é sobre a constituição da matéria. No início do século XX alguns modelos atômicos foram descritos por diferentes físicos, disserte sobre eles e suas contribuições para física de partículas?
2. A estabilidade do núcleo atômico foi outro mistério que deixou os físicos intrigados e foi motivo de pesquisa, qual foi a explicação encontrada e como encontraram?
3. A partir de 1930 várias novas partículas foram observadas, quais as técnicas utilizadas que permitiram tal feito? Como essas técnicas funcionam? E hoje essas técnicas ainda são utilizadas?
4. Uma partícula ganhou destaque pela sua importância para física de partículas, qual é essa partícula?
5. Qual foi a contribuição de Cesar Lattes para física de partículas? Como a sua pesquisa em física impactou o Brasil?