

UMA ATIVIDADE DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA PARA ENSINO DE FÍSICA DE PARTÍCULAS A ALUNOS DE ENSINO MÉDIO

A UNIVERSITY EXTENSION ACTIVITY FOR PARTICLE PHYSICS TEACHING TO HIGH SCHOOL STUDENTS

Rafael Alves Batista

Instituto de Física “Gleb Wataghin” - Universidade Estadual de Campinas,
rab@ifi.unicamp.br

Resumo

No presente trabalho descreve-se uma atividade de extensão universitária que consistiu em um mini-curso de Física de Partículas para um público composto integralmente por alunos de Ensino Médio de diversas cidades do Brasil. Como levantamento preliminar foi aplicado um questionário, a fim de identificar alguns conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema, e um levantamento posterior, visando verificar se houve alguma evolução do conhecimento destes alunos sobre o tema. Os resultados obtidos foram positivos. Os tópicos abordados foram trabalhados de forma a incluir elementos de CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), e História da Ciência, sendo alguns destes tópicos acompanhados de discussões de natureza epistemológica, zelando sempre pela correta transmissão da ideia do “fazer-Ciência” e do trabalho do cientista. A linha de trabalho adotada neste mini-curso pode ser adaptada para ser aplicada no contexto escolar.

Palavras-chave: Física de Partículas, Física Moderna e Contemporânea, Extensão Universitária.

Abstract

In this work it is described a university extension activity which consisted on a short duration course of Particle Physics for a public composed entirely by high school students of different cities in Brazil. It was performed a preliminary survey, aiming to identify possible previous knowledges of the students about the subject, and a postliminary survey, with the goal of verifying the evolution of the students due to the course. The results were positive. The topics covered were conceived in such a way to include some elements of STSE (Science, Technology, Society and Environment), and History of Science, and some of these topics were accompanied by discussions of epistemological nature, always ensuring the proper transmission of the idea of “making-Science” and of the work of the scientist. The working line of this course can be adapted to be applied in the school context.

Keywords: Particle Physics, Modern Physics, University Extension.

Introdução

Diversos pesquisadores da área de ensino de Física estão em consonância quanto à necessidade de se incluir conteúdos relacionados à Física Moderna e Contemporânea (FMC) no currículo do Ensino Médio (GRECA, 2000; GUERRA, BRAGA E REIS, 2007; KÖHNLEIN E PEDUZZI 2005; LOBATO E GRECA, 2006; MACHADO E NARDI, 2006; OLIVEIRA, VIANNA E GERBASSI, 2007; OSTERMANN E MOREIRA, 2000).

Conforme apontado por Torre (1998 *apud* Ostermann e Moreira, 2000), dentre as razões para a introdução de tópicos de FMC no Ensino Médio, destacam-se “despertar a curiosidade dos alunos e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano” e “contribuir para transmitir aos alunos uma visão mais correta dessa Ciência e da natureza do trabalho científico superando a visão linear do desenvolvimento científicos” (OSTERMANN E MOREIRA, 2000, p. 24).

A esta lista pode-se adicionar a ampliação da cultura geral dos estudantes e a compreensão de diversas tecnologias atuais, cujo desenvolvimento foi impulsionado pelos avanços da Física do século XX, particularmente da Mecânica Quântica. Ademais, noções de epistemologia da Ciência, como a perspectiva histórica de Kuhn (1975), mesmo que de forma implícita, podem proporcionar ao aluno uma melhor compreensão do desenvolvimento não-linear da Ciência, através do confronto de modelos clássicos e modernos, de forma a fornecer uma percepção da natureza dinâmica e dialógica da mesma, e particularmente da Física. Esta ideia é corroborada por trabalhos de Gil, Senent e Solbes (1988) e Gil e Solbes (1993).

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) brasileiros é previsto o ensino de tópicos de FMC no Ensino Médio (BRASIL, 1999). Um destes tópicos é a Física de Partículas, subárea da Física responsável pelo estudo dos constituintes fundamentais que compõem a matéria e radiação, além das suas interações e aplicações.

Esta área é pouco explorada no Ensino Médio, apesar de seu ensino ser previsto pelos PCN, no eixo temático 5 (Matéria e Radiação):

A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a Ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo de matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico (BRASIL, 1999, p. 77).

A mesma é explicitamente mencionada no eixo temático 6 dos PCN (Universo, Terra e Vida):

Nessa abordagem, ganha destaque a interação gravitacional, uma vez que são analisados sistemas que envolvem massas muito maiores que aquelas que observamos na superfície da Terra. Ao mesmo tempo, evidenciam-se as relações entre o mundo das

partículas elementares, assim como os métodos para investigá-lo, com o mundo das estrelas e galáxias. Lidar com modelos de universo permite também construir sínteses da compreensão Física, sistematizando forças de interação e modelos microscópicos. Esses assuntos podem permitir reconhecer a presença da vida humana no Universo como uma indagação filosófica e também das condições físicas, químicas e biológicas para sua existência, evidenciando as relações entre Ciência e filosofia ao longo da história humana, assim como a evolução dos limites para o conhecimento dessas questões. (BRASIL, 1999, p. 78).

Além das razões supracitadas, existem outras razões para se inserir tópicos de FMC no currículo do Ensino Médio. No entanto, dada a extensão de tal currículo e a dificuldade que os alunos já possuem com o restante dos temas de Física trabalhados, de que forma inserir tópicos de FMC sem que isto afete o ensino dos demais tópicos da ementa? Qual a melhor abordagem para o ensino dos mesmos?

Apesar do consenso existente entre os pesquisadores da área sobre a importância de se ensinar tópicos de FMC no Ensino Médio, particularmente Física de Partículas, poucos são os relatos de tentativas de aplicação no contexto escolar, e mesmo fora dele (SIQUEIRA, 2006). Visto isto, possíveis causas para este fenômeno devem ser identificadas. Dentre os possíveis fatores que contribuem para este quadro destacam-se a escassez de materiais didáticos adequados (OSTERMANN E CAVALCANTI, 1999), e as dificuldades relacionadas ao formalismo matemático necessário para sua compreensão (PINTO E ZANETIC, 1999).

Em pesquisas realizadas por Pereira (1997), Woff e Mors (2006), e Monteiro, Nardi e Bastos Filho (2009) verifica-se que os professores de Física do Ensino Médio, em geral, não estão capacitados e não se sentem preparados para trabalhar assuntos relacionados à FMC. Estes problemas estão atrelados a diversos outros, tais como a não atuação na área de formação, problemas curriculares nos cursos de licenciatura, e a falta de formação complementar. Algumas soluções para estes problemas incluem mudanças nos cursos de licenciatura em ciências e, particularmente, em Física, além de maior investimento em cursos de aperfeiçoamento docente.

Hoje, com a facilidade de acesso à informação, muitos jovens que se interessam por física leem sobre o assunto e se decepcionam, visto que o interessante assunto sobre os quais leem não é tratado na escola, conforme apontado por Barlow (1992), Stannard (1990), Wilson (1992) e Ostermann e Moreira (2000). Visto isto, é interessante introduzir tópicos de Física que despertem o interesse dos alunos, como por exemplo FMC, uma vez que ele está presente nos diversos meios de comunicação e, portanto, está mais próximo dos alunos.

Enquanto uma solução adequada para a inserção da FMC no Ensino Médio não é encontrada, é possível desenvolver algumas iniciativas para aproximar os alunos de Ensino Médio a temas contemporâneos de Física através de projetos de extensão universitária. Este é exatamente o intuito do presente trabalho.

Um projeto de extensão universitária

No I Encontro Nacional de Pró-Reitores de Extensão, realizado em Brasília em 1987, estabeleceu-se a seguinte definição para Extensão Universitária:

A Extensão Universitária é o processo educativo, cultural e científico que articula o Ensino e a Pesquisa de forma indissociável e viabiliza a relação transformadora entre universidade e sociedade. A Extensão é uma via de mão dupla, com trânsito assegurado à comunidade acadêmica, que encontrará, na sociedade, a oportunidade de elaboração da práxis de um conhecimento acadêmico. (FÓRUM, 2001, p. 1)

A Lei de Diretrizes e Bases (LDB) da educação brasileira estabelece, em seu artigo 43, que as finalidades da educação superior são, dentre outras, “promover a divulgação de conhecimentos culturais, científicos e técnicos que constituem patrimônio da humanidade e comunicar o saber através do ensino, de publicações ou de outras formas de comunicação”, “estimular o conhecimento dos problemas do mundo presente, em particular os nacionais e regionais, prestar serviços especializados à comunidade e estabelecer com esta uma relação de reciprocidade”, bem como “promover a extensão, aberta à participação da população, visando à difusão das conquistas e benefícios resultantes da criação cultural e da pesquisa científica e tecnológica geradas na instituição” (BRASIL, 1996, p. 21). Devido ao caráter das atividades de extensão universitária de promover o conhecimento à sociedade e proporcionar, dentro das universidades, um ambiente propício ao estabelecimento de um diálogo entre a sociedade e a comunidade acadêmica, pode-se concluir que estas atividades podem contribuir indiretamente para o desenvolvimento do ensino de Física nas escolas. Particularmente, a existência de profissionais especializados, detentores e produtores de conhecimentos científicos, dentro das universidades, pode viabilizar o ensino de FMC a alunos do Ensino Médio.

Conforme comentado anteriormente, os professores de Física do Ensino Médio, em geral, não estão capacitados para tratar temas de FMC em sala de aula (PINTO E ZANETIC, 1999), além de não se sentirem preparados para fazê-lo (MONTEIRO, NARDI E BASTOS FILHO, 2009). Uma forma de contribuir para a capacitação destes docentes seria a promoção de cursos de aperfeiçoamento para professores de Física, focando especificamente em temas de FMC. Outra possibilidade seria promover atividades envolvendo diretamente os alunos de Ensino Médio, aproximando-os dos pesquisadores que produzem conhecimentos nas áreas em questão, apresentando uma visão mais realista da Ciência e despertando a curiosidade para a Física.

No presente trabalho é relatada uma experiência desenvolvida com alunos de Ensino Médio em um projeto de extensão ligado ao Instituto de Física “Gleb Wataghin” (IFGW) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Anualmente, no mês de julho, é realizado, nas dependências do supracitado instituto, um evento intitulado Física nas Férias (FiFe), promovido pelo Capítulo de Estudantes da Optical Society of America. Nos últimos anos este evento foi unido à Escola Avançada de

Física, iniciativa promovida pela Secretaria de Extensão do Instituto de Física. Com a junção dos dois eventos, uma experiência mais rica é proporcionada aos participantes.

O evento¹ teve duração de uma semana e recebeu estudantes de Ensino Médio de diversas partes do país, tanto de escolas da rede pública como da rede privada de ensino. Devido às limitações de logística e infraestrutura, nem todos os inscritos puderam participar havendo uma seleção dos candidatos, de forma a limitar o número total em oitenta participantes.

Na nona edição do evento, realizada entre 18 e 23 de julho de 2011, cerca de 145 estudantes se inscreveram, dos quais 80 foram selecionados e distribuídos em cinco cursos, que abordaram tópicos de FMC, sendo estes: “Como medir a velocidade da luz?” (relatividade); “Como funciona uma rede de comunicação óptica?” (lasers, fibras ópticas e espectroscopia); “Supercondutividade”; “O que existe além de prótons, elétrons e nêutrons?” (partículas elementares); “A luz é uma onda ou uma partícula?” (efeito fotoelétrico e difração por fendas).

Os participantes foram distribuídos entre os citados cursos em números iguais, sendo interessante notar que o curso de Partículas Elementares foi o mais escolhido pelos inscritos (66 dentre os 145), indicando o grande interesse por parte do público alvo.

Foi estabelecido no cronograma que os cursos, cuja carga horária total era de aproximadamente 20 horas, seriam enriquecidos com palestras proferidas por professores do IFGW, além de visitas a um observatório astronômico e ao Laboratório Nacional de Luz Síncrotron. Os cursos foram ministrados por alguns pós-graduandos do referido instituto, especialistas nas respectivas áreas de cada curso.

Um levantamento preliminar

No primeiro dia de curso foi realizado um levantamento preliminar com os doze alunos presentes (designados aluno A, ..., L) acerca dos conhecimentos prévios de cada um sobre o tema, por meio da aplicação de um pequeno questionário contendo as seguintes perguntas:

1. Do que é composta a matéria?
2. Do que são constituídos os prótons?
3. Do que são constituídos os nêutrons?
4. Do que são constituídos os elétrons?
5. Você já ouviu falar do múon? Se sim, o quê?
6. Você já ouviu falar do neutrino? Se sim, o quê?

¹ A página oficial do evento é: <http://www.ifi.unicamp.br/osa/fife/>.

7. Você já ouviu falar do Modelo Padrão da Física de Partículas? Se sim, o quê?
8. Você já ouviu falar dos raios cósmicos? Se sim, o quê?
9. Você já ouviu ou leu alguma notícia tratando do LHC?
10. O que você espera aprender neste curso? Você gostaria de aprender sobre algum tema específico relacionado à Física de Partículas? Se sim, qual tema?

Certamente, este levantamento está longe de estar completo e, devido ao reduzido número de alunos, não permite uma análise quantitativa. Destas perguntas, pode-se apenas obter um panorama geral sobre a familiaridade de cada aluno com o tema.

As respostas da maioria dos alunos à pergunta 1 foi que a matéria é constituída por átomos. No entanto, um dos alunos (aluno D) respondeu que “a matéria é formada por partículas elementares (prótons, elétrons e nêutrons)”. Nota-se aqui a concepção de que prótons e nêutrons são elementares. Curiosamente, este mesmo aluno mencionou, no mesmo questionário, estar ciente da existência de *quarks*² na estrutura de prótons e nêutrons. O aluno J forneceu uma definição de matéria como sendo “tudo aquilo que tenha massa e ocupa lugar no espaço”.

A segunda e terceira perguntas estão relacionadas à constituição dos prótons e nêutrons. Dentre os doze alunos presentes, sete mencionaram em suas respostas os *quarks*, dos quais quatro (alunos A, D, F e H) forneceram o número de *quarks* dos tipos *up* e *down* nos prótons. Para os nêutrons, apenas os alunos A e H apontaram a constituição destes como sendo dois *quarks down* e um *up*. A estas questões os alunos J e K responderam que prótons são compostos por “cargas elétricas positivas” e nêutrons por cargas neutras. Nota-se nestas respostas uma noção de carga elétrica como sendo associada a uma entidade fundamental capaz de constituir entidades maiores, e não como uma propriedade intrínseca das partículas.

A quarta pergunta diz respeito à composição dos elétrons. Oito alunos responderam a esta questão mencionando termos dos quais já ouviram falar, como léptons³ e neutrinos⁴. Dois alunos (alunos D e F) disseram que elétrons eram compostos por *quarks*, e quatro não responderam. Apenas o aluno E apontou que elétrons não possuem subestrutura sendo, portanto, elementares. Nota-se aqui, novamente, a noção de que cargas elétricas são entidades constituintes das partículas e não uma simples propriedade das mesmas.

A quinta pergunta foi respondida afirmativamente por oito alunos (alunos A, C, D, E, F, H, J e L). Muitos alegaram familiaridade com o termo, porém

2 *Quarks* são partículas elementares fermiônicas, isto é, têm *spin* semi-inteiro ($1/2, 3/2, \dots$), que interagem através das quatro interações fundamentais da natureza (gravitacional, eletromagnética, nuclear fraca e nuclear forte).

3 Léptons são partículas fermiônicas que não sofrem interação forte.

4 O neutrino é um lépton de *spin* $1/2$ que interage fracamente.

desconhecimento sobre as características do múon. Um dos alunos disse que os múons seriam “a 'cola' que liga os prótons e os nêutrons”, enquanto outro disse que seriam “subpartículas componentes da matéria”. Uma resposta que chamou atenção, dada pelo aluno E, foi a de que o múon seria “uma partícula liberada em raios cósmicos”, indicando um certo conhecimento sobre o assunto.

A pergunta 6 foi respondida afirmativamente por sete alunos (C, D, E, F, H, I e L), sendo que o aluno H respondeu que o neutrino é “um dos produtos de determinadas reações nucleares”, enquanto o aluno L disse que “são partículas que derivam dos nêutrons”. O aluno E forneceu uma resposta interessantíssima, de que o neutrino “é a partícula liberada na radiação beta pelo decaimento da partícula W”, demonstrando um conhecimento mais profundo sobre o assunto.

A pergunta 7, relacionada ao Modelo Padrão, foi respondida positivamente pelos alunos A, que disse que este modelo estaria relacionado ao bóson⁵ de Higgs⁶, e G, que disse que este estaria associado às quatro forças fundamentais da natureza.

Na oitava pergunta os alunos foram questionados se sabiam algo a respeito de raios cósmicos. Sete alunos (A, C, D, E, F, I e L) responderam que leram, ou ouviram ou assistiram algo a respeito. O aluno A respondeu que raios cósmicos estariam associados a “partículas primárias e secundárias”, enquanto o aluno D disse que “os raios cósmicos atingem a todo momento a atmosfera”, demonstrando um conhecimento prévio sobre o tema. O aluno E respondeu que “são ondas e partículas em alta velocidade vindas do espaço”. O aluno L definiu raios cósmicos como sendo “raios contendo partículas e energia provenientes de estrelas”. Nota-se uma confusão com relação às propriedades corpusculares, que caracterizam uma partícula, e as propriedades ondulatórias.

A pergunta 9, relacionada ao LHC, foi respondida positivamente por dez dos doze alunos que participaram deste levantamento, que alegaram ter assistido e/ou lido alguma notícia a respeito.

A décima e última pergunta tinha o intuito de identificar os assuntos relacionados à Física de Partículas que mais despertavam o interesse dos alunos, a fim de trabalhá-los ao final do curso. Dentre as diversas respostas, algumas motivaram a preparação das aulas finais, e são apresentadas adiante.

_____ (Aluno D): *“o funcionamento mais detalhado do LHC; como as partículas elementares estão relacionadas e fazem parte da formação do universo”.*

_____ (Aluno E): *“como a relatividade afeta as partículas, quais são as partículas elementares ...”.*

5 Os bósons são caracterizados por possuírem *spin* inteiro (0, 1, 2, ...).

6 O bóson de Higgs é uma partícula elementar prevista teoricamente e ainda não confirmada experimentalmente que poderia estar associada à origem da massa de outras partículas elementares. Em meados de 2012 foi anunciada a descoberta de um bóson com massa próxima ao valor esperado para o bóson de Higgs. No entanto, novos resultados experimentais são necessários para confirmar se as propriedades da partícula detectada são as mesmas do bóson de Higgs.

_____ (Aluno F): *“de onde tudo e todos vêm, tudo que existe, existiu, ou existirá veio a partir das partículas elementares. Gostaria de saber se há ideia de como essas partículas surgiram e gostaria de saber se há meios de produzir energia a partir delas”.*

_____ (Aluno H): *“mais detalhadamente sobre as 12 partículas fundamentais da matéria, suas propriedades e características; interações da energia com essas partículas, como o efeito fotoelétrico, Compton e produção de pares; e alguma teoria sobre a teoria das cordas”.*

_____ (Aluno K): *“antimatéria”.*

O curso de Física de Partículas

O curso intitulado “O que existe além de prótons, elétrons e nêutrons?” que deveria, a princípio, restringir-se simplesmente à Física de Partículas, está relacionado a muitos outros temas interessantes e relevantes, que devem ser mencionados. No entanto, dado o curto período de tempo disponível para trabalhar o assunto, foi necessário selecionar cuidadosamente os tópicos a serem abordados, e esta foi a primeira dificuldade na preparação do mesmo. Os temas trabalhados foram concebidos independentemente pelo professor, sem fazer uso de nenhuma literatura sobre o assunto para amparar a escolha. Os módulos trabalhados foram: “O átomo através da História”; “O Modelo Padrão da Física de Partículas”; “A teoria da relatividade”; “Um pouco sobre raios cósmicos”; “O lado escuro do universo”; “A teoria das cordas”. Os dois últimos módulos (“O lado escuro do universo” e “A teoria das cordas”) foram preparados visando atender a demanda dos alunos por estes assuntos, acatando algumas sugestões do levantamento preliminar.

O primeiro destes temas abrangeu a evolução histórica do conceito de átomo, iniciando na Grécia Antiga e Índia, até o desenvolvimento do modelo atômico de Dalton. A descoberta dos raios X foi narrada desde os experimentos iniciais com tubos de Crookes. Neste ponto a narrativa foi interrompida para uma discussão sobre o impacto social e tecnológico da descoberta dos raios X, que impulsionou um rápido desenvolvimento de equipamentos médicos e ocasionou problemas de saúde em diversas pessoas, devido ao desconhecimento dos perigos desta radiação. O próximo tópico trabalhado foi a descoberta do elétron, incluindo a descrição do aparato experimental que levou à mesma, e a consequente formulação do modelo atômico de Thomson. Em seguida, apresentou-se, do ponto de vista histórico, a descoberta da radioatividade, mencionando a existência de controvérsias acerca da autoria de tal feito (MARTINS, 1990). Assim como na descoberta dos raios X, também foi abordado o impacto social da descoberta da radioatividade através de imagens da época de diversos produtos com elementos radioativos tais como cremes para cabelo e pele, relógios, dentre outros. Ainda neste tópico foi possível desenvolver uma discussão interessante citando a célebre e apócrifa⁷ referência de

⁷ Para mais detalhes veja o trabalho de Schulz (2007).

Lorde Kelvin ao “fim da Física”, a fim de apresentar a evolução do conhecimento científico e referenciar o desenvolvimento de duas importantíssimas teorias do século XX: a Relatividade e a Mecânica Quântica. Após este breve interlúdio epistemológico introduziu-se a noção de quantização, conforme proposta por Planck, e avançou-se até a descoberta do núcleo atômico, o modelo atômico de Rutherford e a descoberta do próton e do nêutron. Encerrou-se este primeiro módulo, apresentado em cerca de três horas, com a concepção atual (quântica) de átomo.

O segundo tópico trabalhado foi o Modelo Padrão da Física de Partículas, sob uma perspectiva histórica. Iniciou-se a discussão com a proposta teórica da existência da antimatéria, feita por Dirac, e sua posterior detecção por Anderson. Em seguida trabalhou-se o decaimento beta, que motivou a proposta teórica do neutrino por Wolfgang Pauli, que por fim culminou na detecção desta última por Cowan e Reines. Dedicou-se algum tempo à discussão de formas de detecção de partículas subatômicas, visto que posteriormente os alunos iriam ao laboratório para demonstrações de detecção de raios cósmicos. Em seguida, utilizou-se como tema motivador a estabilidade do núcleo, propondo a questão: “se cargas iguais se repelem, e o núcleo é formado de cargas positivas e neutras, como ele é estável?”. Com isto, foram introduzidas outras partículas menos conhecidas, como os mésons⁸.

Desta forma, foi possível apresentar o papel da Ciência brasileira neste desenvolvimento através da descoberta do méson pi (ou pión), por um grupo de cientistas que incluía o brasileiro César Lattes. Em seguida dedicou-se algum tempo à apresentação de várias outras partículas, incluindo vários bárions⁹ e mésons, para a posterior introdução do modelo a *quarks*. O objetivo de se tratar tal assunto é apresentar um exemplo de ideias que foram inicialmente rejeitadas pela comunidade científica, mas que acabaram sendo aceitas ao longo do tempo, mostrando assim o caráter não-linear e dinâmico da Física, a forma que uma teoria desacreditada por muito tempo pode passar a ser tida como adequada para explicar a realidade.

Uma vez apresentadas as partículas, foi explicado, superficialmente, as interações fundamentais entre as mesmas (fraca, forte, eletromagnética e gravitacional¹⁰), ligando este tema à atual busca pelo bóson de Higgs, no *Large Hadron Collider* (LHC), localizado no CERN (Centro Europeu de Pesquisas Nucleares), na Suíça. A este módulo dedicou-se cerca de quatro horas. Nesta aula também foi distribuído aos alunos um cartaz¹¹ na qual o Modelo Padrão está sumariado. Material semelhante em língua portuguesa foi apresentado por Ostermann e Cavalcanti (2001).

Por razões de completeza, visando estimular a curiosidade dos alunos, foram abordados tópicos sobre a teoria da relatividade. Dedicou-se cerca de uma hora e meia para trabalhar este tema, adotando uma perspectiva histórica do mesmo.

8 Méson são dubleto de quarks.

9 Bárions são tripletos de quarks.

10 A interação gravitacional não é descrita pelo Modelo Padrão da Física de Partículas, e deve ser tratada à parte, em termos de relatividade geral.

11 Disponível em <http://www.sprace.org.br/eem/files/image/cartaz.jpg>.

Diante disto foram apresentados os diversos experimentos para detectar o éter, contrapondo as visões opostas de Fresnel e Stokes sobre este. Desta forma, esperava-se que o aluno pudesse compreender o embate de ideias que ocorre até o estabelecimento de algumas teorias. Neste ponto é interessante dedicou-se algum tempo a atribuir os devidos créditos aos predecessores de Einstein¹², cujas contribuições foram cruciais para o desenvolvimento da teoria da relatividade especial. Foram introduzidos, em seguida, os postulados da relatividade, e trabalhados conceitos de dilatação do tempo e contração do espaço, juntamente com as transformações de Galileu e Lorentz. A ligação com o tema principal do curso, as partículas elementares, adveio da demonstração do clássico exemplo da vida média do múon, que é um efeito relativístico oriundo da dilatação do tempo no referencial próprio desta partícula. Por fim, o módulo foi encerrado apresentando alguns paradoxos curiosos provenientes da teoria da relatividade.

Neste ponto, a existência de partículas subatômicas provenientes do espaço já havia sido mencionada e o primeiro contato entre os alunos e os raios cósmicos já fora estabelecido. Isto permitiu introduzir o próximo módulo, sobre raios cósmicos, com maior facilidade. A natureza do tema desperta a curiosidade dos alunos, possibilitando comentar algumas questões de astrofísica, tais como a origem, propagação e mecanismos de aceleração dos raios cósmicos. A conexão entre raios cósmicos e as auroras polares foi inserido visando proporcionar discussões. Como um dos objetivos do curso é tratar de questões em aberto e temas largamente estudados atualmente, o assunto da radiação cósmica de altíssima energia foi tratado detalhadamente. Este módulo, que durou cerca de uma hora e meia, foi encerrado apresentando alguns aspectos interdisciplinares da Física de raios cósmicos, explanando os efeitos desta radiação sobre o corpo humano, especificamente pilotos de avião e astronautas, e possível relação com o clima terrestre.

Os dois últimos módulos, “o lado escuro do universo” e “teoria das cordas”, que duraram conjuntamente cerca de duas horas, foram concebidos atendendo a pedidos feitos por alunos no primeiro dia de atividades. Devido à complexidade destes temas, eles foram tratados de maneira superficial. O primeiro destes módulos tratou de matéria¹³ e energia escura¹⁴, temas muito difundidos na mídia e que carecem de melhores explicações. Como estes temas são atuais, aproveitou-se a oportunidade para apresentar resultados recentes, teorias alternativas e controvérsias, visando desmistificar o trabalho dos cientistas e apresentar a forma como a Ciência é feita.

Quanto à teoria das cordas, esta foi pouco trabalhada, apesar de tópicos tais

12 Para mais detalhes sobre a contribuição de outros cientistas para o desenvolvimento da teoria da relatividade, veja o trabalho de Martins (2005).

13 Matéria escura é o nome atribuído a um tipo de matéria ainda não detectada que interage fracamente com a matéria comum. Acredita-se que ela seja responsável por cerca de 22% da massa total do universo.

14 Energia escura é uma entidade hipotética, nunca detectada, responsável pela aceleração da expansão do universo (experimentalmente verificada). Acredita-se que sua massa seja responsável por cerca de 74% da massa total do universo.

como dimensões extras e superssimetria¹⁵ terem sido mencionados. Dedicou-se o final deste módulo ao debate sobre os limites da Ciência, a separação entre Física e Metafísica, além do Método Científico.

Durante o curso, um total de quatro horas foram dedicadas em visitas ao Laboratório de Léptons do Departamento de Raios Cósmicos e Cronologia (IFGW-Unicamp). Neste local foram apresentados alguns detectores de partículas ali disponíveis, tais como detectores de estado sólido, cintiladores, contadores Geiger, dentre outros. No caso do cintilador plástico, o mesmo foi exposto ao Sol, e percebeu-se a emissão de uma radiação na faixa do espectro visível, tendendo ao azul, o que despertou a curiosidade dos alunos para os processos de detecção de partículas. Assim, foi possível apresentar, com um certo grau de profundidade, como é feita a detecção de radiação em cintiladores.

O clímax desta aula experimental foi a demonstração da detecção de partículas utilizando uma câmara de nuvens (ou câmara de Wilson), mostrada na figura 1. Este aparato consiste em uma caixa vedada contendo vapor supersaturado de água ou álcool (neste experimento foi utilizado isopropanol) localizada acima de um reservatório térmico a baixa temperatura, resfriado com nitrogênio líquido. O ambiente supersaturado é gerado pelo gradiente de temperatura dentro do recipiente. Quando uma partícula atravessa a atmosfera no interior do mesmo, ela ioniza o vapor ali existente produzindo um rastro. A aplicação de um campo magnético à câmara permite inferir a carga das partículas que a atravessam.

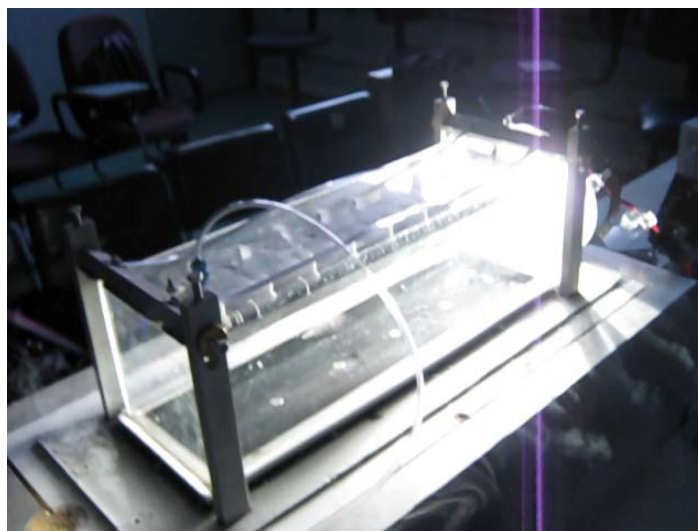


Figura 1 – Imagem da câmara de nuvens utilizada para a demonstração.

Um levantamento posterior

15 A superssimetria refere-se a uma hipotética simetria na qual toda partícula teria uma correspondente superssimétrica com *spin* diferindo de meia unidade. Isto significa que para todo bóson haveria um férmion superssimétrico correspondente, e vice-versa.

Ao final do curso aplicou-se um questionário semelhante ao questionário inicial. O intuito deste levantamento era verificar qualitativamente se o curso contribuiu para a evolução dos alunos.

1. Do que é composta a matéria?
2. Do que são constituídos os prótons?
3. Do que são constituídos os nêutrons?
4. Do que são constituídos os elétrons?
5. O que você já ouviu falar sobre os múons?
6. O que você já ouviu falar sobre o neutrino?
7. O que você já ouviu sobre o Modelo Padrão da Física de Partículas?
8. O que você já ouviu falar sobre raios cósmicos?
9. O que você achou do curso? Ele foi proveitoso? O que você acha que pode ser melhorado?

Este questionário é demasiado simplificado e evidentemente não reflete o real aprendizado dos alunos, mas permite verificar se houve ou não uma familiarização com o tema trabalhado.

A pergunta 1 foi respondida de diferentes formas. Os alunos B, E e G mantiveram a resposta de que a matéria é composta por átomos. Os alunos C e I limitaram-se a dizer que a matéria é formada por partículas. O aluno A respondeu que a matéria é “composta de moléculas que por sua vez de átomos e os átomos de *quarks*”. Os alunos D e L disseram que os átomos são compostos por *quarks*, léptons e bósons, demonstrando uma certa familiaridade com a hierarquia de classificação das partículas no Modelo Padrão, e a noção da importância das partículas mediadoras (bósons) na constituição da matéria. O aluno F respondeu que átomos contém *quarks* e elétrons, negligenciando as partículas mediadoras das interações. O aluno H disse que a matéria é formada por “átomos, que são compostos por partículas ainda menores”, enquanto a resposta do aluno K foi “átomos, formados de prótons, elétrons e nêutrons”, sem mencionar os *quarks* que compõem os prótons e nêutrons.

As perguntas 2 e 3 foram respondidas da mesma forma por todos os alunos, que disseram que prótons são compostos por dois *quarks* do tipo *up* e um do tipo *down*, e nêutrons por dois *quarks down* e um *up*. A quarta pergunta, relacionada à composição dos elétrons, foi respondida corretamente por quase todos os alunos, exceto o J, que respondeu que elétrons são compostos por *quarks*.

À quinta pergunta, apenas o aluno J forneceu uma resposta inadequada, afirmando que “múons são um tipo de *quark*”. Segundo os demais alunos, os múons seriam partículas elementares e alguns (alunos A, E e G) complementaram a resposta dizendo que o múon tem propriedades semelhantes às do elétron, exceto pela massa.

A pergunta 6 foi respondida de diversas formas pelos alunos, apesar de todos concordarem que o neutrino é uma partícula elementar. O aluno E disse que neutrinos são “partículas que participam do decaimento beta e são pouco interagentes”. Os alunos A e G também disseram que neutrinos participam do decaimento beta, e adicionaram que eles estariam associados a algumas reações envolvendo interações fracas. A maioria das respostas à pergunta 7 convergiu para a ideia de que o Modelo Padrão é o modelo utilizado para descrever as partículas elementares e suas interações.

A oitava pergunta teve respostas diversas, mas todas mencionavam que raios cósmicos são partículas provenientes do espaço que atingem a Terra. Alguns alunos (I e J) adicionaram que os raios cósmicos teriam alta energia, mas não forneceram valores numéricos referentes ao que consideram alta energia.

As duas últimas perguntas tiveram como objetivo obter um retorno sobre o curso e identificar pontos a serem melhorados futuramente. Algumas respostas dos alunos são mostradas abaixo.

_____ (Aluno A): *“Gostei bastante do curso e agora estou mais certo de que quero fazer Física. Foi muito interessante aprender sobre o Modelo Padrão e conhecer as partículas elementares, e compreender como estas interagem entre si. Acho que o curso está bom do jeito que está, não precisa mudar nada.”*

_____ (Aluno D): *“O curso foi legal e cobriu diversos temas interessantes. Eu queria saber mais sobre o LHC e buracos negros, e deu pra aprender um pouquinho sobre cada um. Mas mesmo assim poderia ter falado mais sobre o LHC.”*

_____ (Aluno E): *“O curso foi muito proveitoso. Abordou o modelo padrão, um pouco da teoria da relatividade, teve parte experimental. Eu, que quero fazer Física, acho que isto me deu uma boa base.”*

_____ (Aluno H): *“Gostei muito do curso, mas ele foi muito corrido e não deu tempo de aprender bem cada assunto. O assunto de partículas fora do modelo padrão, como matéria escura, poderia ter tido mais tempo.”*

_____ (Aluno I): *“Foi muito legal, principalmente ver a trajetória das partículas na câmara de nuvens. Mas podia ter mais experimentos.”*

_____ (Aluno K): *“Gostei muito do curso. Mas poderia ter falado um pouco mais sobre teoria das cordas. Faltou falar sobre a teoria da relatividade geral.”*

Algumas impressões sobre o curso

No desenvolver do curso foram realizadas algumas observações interessantes com relação às concepções prévias dos alunos. No início da primeira aula, por meio de discussões com os alunos, foi possível notar que a maioria deles já conhecia algo sobre o tema, enquanto alguns poucos eram totalmente leigos. Quando questionados sobre onde obtiveram tais conhecimentos, dois alunos disseram ler regularmente a revista “Scientific American Brasil”, e outros dois disseram ler

ocasionalmente esta mesma revista. Um aluno em particular, declarou ter lido os seguintes livros de divulgação científica: “O Universo Elegante”, de autoria de Brian Greene; “O Universo Numa Casca de Noz”, de Stephen Hawking; “Uma Breve História do Tempo”, de Stephen Hawking. Um outro aluno disse que também leu “Uma Breve História do Tempo” e outro livro de divulgação científica chamado “Hiperespaço”, de autoria de Micho Kaku. Dos doze alunos presentes durante todo o curso, quatro disseram que liam a revista “Superinteressante” frequentemente e um declarou ler a revista “Galileu”.

A primeira aula, que tratou do desenvolvimento do conceito de átomo através da História, não teve, no início, grande participação por parte dos alunos, talvez por ser a primeira aula, na qual prevalecia a timidez, ou talvez devido ao tema. No entanto, no decorrer desta, os alunos começaram a interagir e questionar mais, principalmente quando o tema tratado foi a radiação X. O parênteses feito aqui para apresentar o impacto social da descoberta dos raios X no final do século XIX e início do século XX, foi o tema motivador das primeiras discussões do curso. Várias perguntas acerca da periculosidade desta radiação foram feitas, juntamente com questões sobre o impacto de grandes doses desta à saúde humana. A discussão, que durou cerca de 15 minutos, contou com ampla participação de quase todos os alunos e, a partir deste ponto, eles sentiram-se confortáveis para questionar qualquer que fosse o tema.

O tema da descoberta da radioatividade também foi relevante, pois dele surgiram várias questões relacionadas a bombas atômicas, e principalmente sobre o acidente nuclear no Japão, que acontecera alguns meses antes. Foi apresentado aos alunos algumas das controvérsias acerca da autoria da descoberta da radioatividade, e neste ponto iniciou-se o trabalho paralelo de apresentar o desenvolvimento histórico da Ciência, seus erros, acertos e dinamismo.

Durante todo o desenvolvimento histórico da ideia de atomismo, sempre foi questionado após a apresentação de cada modelo atômico, se a teoria estaria finalizada. Isto foi feito visando mostrar que novas ideias e teorias científicas sempre podem sobrepular suas predecessoras. Quando o modelo atômico de Bohr foi apresentado, os alunos foram questionados se finalmente um modelo atômico adequado havia sido encontrado. Neste momento, vale interromper a narrativa e transcrever parte da discussão.

_____ (Aluno H): *“(...) o modelo atômico de Bohr ainda está vigente hoje, mas em breve vai aparecer um novo no lugar.”*

_____ (Aluno A): *“Vocês esqueceram do modelo de Sommerfeld? Ele veio depois do do Bohr.”*

_____ (Aluno C): *“Nunca ouvi falar nele.”*

_____ (Aluno H): *“Nem eu.”*

_____ (Aluno A): *“É aquele das órbitas elípticas.”*

_____ (Aluno C): *“Ah! Sei qual é.”*

_____ (Aluno H): “(...) então o modelo de Sommerfeld é válido hoje, mas logo aparece um novo”.

_____ (Aluno E): “Mas na verdade todos estes modelos estão errados. Na Física Quântica o modelo atômico é diferente destes aí, e não tem órbitas definidas, e é isto que se acredita hoje, eu acho”.

Este diálogo entre os alunos demonstra que modelos atômicos como o de Bohr e Sommerfeld são apresentados desacompanhados dos devidos comentários, sendo considerados verdadeiros por muitos alunos. Mas é interessante notar que o aluno H insistia que poderia surgir um novo modelo para substituir o anterior, demonstrando compreender, mesmo que superficialmente, o dinamismo da Ciência. Nesta situação, o aluno E demonstrou uma bagagem de conhecimento diferente dos demais, provavelmente devido à grande quantidade de material de divulgação científica que havia lido.

Na aula que tratou do Modelo Padrão da Física de Partículas, houve uma discussão interessante desencadeada por perguntas sobre a existência de partículas da segunda e terceira gerações do Modelo Padrão, transcrita parcialmente a seguir.

_____ (Aluno L): “(...) onde estão estas partículas que nós não vemos? Por que somos feitos só de quarks up e down, e elétrons? Cadê os quarks strange, os múons (...)?”

_____ (Aluno H): “Mas você não ouviu ele falando que acham algumas destas partículas nos raios cósmicos?”

_____ (Aluno L): “Mas existem seres humanos feitos desses quarks strange e top?”

_____ (Aluno H): “Claro que não, né. Elas decairiam.”

_____ (Aluno L): “Ainda não saquei. Então estas partículas se transformam em outras?”

_____ (Aluno H): “Sim... Elas decaem”.

_____ (Aluno L): “Então se elas decaem em outras partículas, por que são elementares?”

_____ (Aluno E): “As duas são elementares, mas uma tem mais energia que a outra, e uma se transforma na outra e emite energia, mas ela não é formada pela junção de duas partículas”.

As perguntas formuladas pelo aluno L são importantes, e de difícil compreensão. Graças à ajuda do aluno E, aparentemente o aluno L conseguiu aceitar e entender, de forma satisfatória, a resposta.

A aula sobre tópicos da teoria da relatividade foi peculiar, visto que este tema foi apresentado de uma maneira não convencional, do ponto de vista histórico¹⁶. Foi mencionada a importância de diversos cientistas que contribuíram para o

16 Para mais detalhes veja o trabalho de Martins (2005).

desenvolvimento da teoria, desmistificando a ideia de que a teoria foi obra integral de Einstein. Ao longo da aula surgiram algumas questões interessantes acerca da dilatação do tempo e contração do espaço. Felizmente, a demonstração matemática destes efeitos para observadores em diferentes sistemas de referência é simples e pode ser integralmente compreendida pelos alunos do Ensino Médio com a bagagem matemática disponível. Isto permitiu que estes cálculos fossem desenvolvidos, juntamente com os alunos, na lousa. Alguns assuntos inseridos para despertar a curiosidade dos participantes foram os paradoxos aparentes decorrentes da teoria da relatividade. Foram apresentados aos alunos dois paradoxos: o paradoxo da escada e o dos gêmeos.

O paradoxo da escada consiste na tentativa de se colocar uma escada de tamanho L_e (no referencial de repouso da escada) dentro de um celeiro de tamanho L_c (no referencial próprio do celeiro), sendo $L_e > L_c$. Para um observador em repouso em relação ao celeiro (observador A), se a escada estivesse em movimento, seu comprimento diminuiria e, portanto, ela caberia no celeiro. No entanto, como todos os referenciais inerciais são equivalentes, poder-se-ia realizar o mesmo experimento assumindo um observador em repouso em relação à escada (observador B), de forma que o celeiro teria seu tamanho diminuído e, portanto, a escada não caberia inteiramente dentro do mesmo. Este aparente paradoxo pode ser compreendido considerando a relatividade da simultaneidade, visto que mesmo se as duas portas forem simultaneamente fechadas no referencial A, o mesmo não ocorre no referencial B, de forma que sempre deveria haver uma parte da escada para fora do celeiro no instante em que as duas portas estiverem totalmente fechadas. Em termos práticos isto é equivalente a dizer que a escada não caberia no celeiro no referencial do observador B e, portanto, não há paradoxo.

O paradoxo dos gêmeos consiste na ideia de que todos os referenciais inerciais são equivalentes. No entanto, se um dos gêmeos partisse para uma viagem especial em uma nave que se move com velocidade próxima à da luz, devido à dilatação do tempo, o tempo pareceria transcorrer mais lentamente. Mas se seu irmão gêmeo, que ficou na Terra, envelhecesse normalmente, quando os dois se encontrassem, seu irmão estaria muito mais velho, e ele pouco teria envelhecido. Entretanto, no referencial de repouso do gêmeo na nave, o mesmo aconteceria: a Terra estaria se afastando da nave e, devido à dilatação do tempo, seu irmão envelheceria menos. O paradoxo aqui é apenas aparente, uma vez que foi formulado em termos de relatividade restrita, considerando apenas referenciais inerciais. Para que os irmãos se encontrem é necessário que, em algum momento da viagem, haja uma aceleração envolvida para mudar o sentido que a nave viaja e fazer com que ela volte à Terra. Sendo assim, há um referencial sofrendo (des)aceleração. Como a inconsistência surge assumindo equivalência de referenciais, não há paradoxo, uma vez que há um referencial não inercial.

Após a explicação dos dois paradoxos, foi solicitado que os alunos identificassem o erro de cada raciocínio responsável pelo surgimento do paradoxo. A discussão durou cerca de quinze minutos, mas certamente foi proveitosa, visto que os alunos foram

forçados a pensar nos vários conceitos envolvidos (contração do espaço, dilatação do tempo, postulados da relatividade, impossibilidade da simultaneidade, questão dos referenciais). A participação dos alunos foi total, e todos queriam expor suas ideias. Eles conseguiram, sem nenhuma intervenção externa, identificar o erro do paradoxo da escada. Quanto ao paradoxo dos gêmeos, apesar de vários comentários sobre o problema de sincronizar os relógios dos dois irmãos, eles não conseguiram identificar o erro do aparente paradoxo.

A aula de raios cósmicos teve uma grande aceitação. Surgiram muitas perguntas relacionadas às possíveis formas de detecção destas partículas, o que foi útil para motivar a discussão sobre as atividades experimentais que seriam realizadas posteriormente, no laboratório. Neste ponto do curso também foi interessante observar as reações dos alunos ao perceberem que existem muitas questões ainda em aberto nesta área, demonstrando que a Ciência está constantemente em construção, e que há muito para ser feito. Um dos participantes até mesmo declarou que deseja ser físico para estudar os raios cósmicos. Ocorreu uma discussão acerca da energia dos raios cósmicos, que é mostrada em parte a seguir.

_____ (Aluno D): *“Se estas partículas vêm do espaço com tanta energia, e se tem tantas delas, por que elas não nos acertam?”*

_____ (Aluno H): *“Mas elas acertam sim, só que não sentimos”.*

_____ (Aluno D): *“Se tem tantas destas partículas como disseram, certamente a gente ia sentir alguma nos acertando”.*

_____ (Aluno H): *“Mas a atmosfera diminui o efeito porque as partículas interagem com a atmosfera antes de chegar no solo”.*

_____ (Aluno C): *“Mas se elas interagem com a atmosfera, então por que estas partículas têm tanta energia? Elas iam perder energia e chegariam aqui bem fracas.”*

Aluno A: *“Mas é isto que acontece. Ele (o professor) deve falar daqui a pouco sobre isto”.*

_____ (Aluno H): *“Ah! Então esses são os tais chuviros que eu já ouvi falar?”*

_____ (Aluno F): *“Mas e no espaço? Lá não tem atmosfera”.*

_____ (Aluno A): *“É verdade. O que acontece com os astronautas?”*

_____ (Aluno E): *“Hum! Uma vez eu li na Veja que raios cósmicos vêm do Sol e atingem os satélites, e por isto dá problema na comunicação”.*

Nota-se no diálogo acima que, novamente, sem nenhuma intervenção externa, eles conseguiram responder à pergunta de um dos colegas. Além disto, eles também foram capazes de fazer ligações entre o tema em questão e assuntos do cotidiano. Isto também pode ser visto no outro trecho de diálogo transcrito abaixo, relacionado ao tema das auroras boreais.

_____ (Aluno L): *“Então a aurora boreal é causada por raios cósmicos? (...)”*

- _____ (Aluno L): *“E eles estão vindo do Sol?”*
- _____ (Aluno D): *“Como que estas partículas causam a aurora boreal?” (...)*
- _____ (Aluno H): *“Por que não tem aurora aqui?” (...)*
- _____ (Aluno E): *“Acho que é porque chega menos partículas aqui.”*
- _____ (Aluno L): *“Por quê?”*
- _____ (Aluno E): *“Deve ter alguma coisa a ver com o polo norte”.*
- _____ (Aluno H): *“Não tem aurora no polo sul?”*
- _____ (Aluno L): *“Acho que tem”.*
- _____ (Aluno E): *“Tem nos dois polos, eu acho. Mas perto do polo norte é mais famoso porque tem mais gente pra ver, lá na Sibéria e Groelândia”.*
- _____ (Professor): *“Mas o que tem de diferente nos polos que não tem aqui?”*
- _____ (Aluno E): *“A bússola aponta pra lá, deve ter algo especial... Provavelmente algo a ver com o magnetismo”.*
- _____ (Professor): *“Sim. E porque o magnetismo faz chegar mais partículas lá?”*
- _____ (Aluno H): *“Por que raios cósmicos são como ímãs?”*
- _____ (Professor): *“De certa forma, sim. Explique melhor”.* (...)
- _____ (Aluno E): *“Alguns destes raios cósmicos são íons, eles são atraídos pra lá”.*

Com este diálogo é possível perceber novamente, que os alunos após discutirem foram induzidos a encontrarem a resposta às suas próprias perguntas. O professor não respondeu, apenas conduziu a discussão para que, sozinhos, eles compreendessem o assunto e encontrassem a resposta às suas próprias questões.

Durante a realização dos experimentos, particularmente a observação da trajetória de partículas na câmara de nuvens, foram registrados alguns comentários e impressões dos alunos. Estes comentários foram importantes para que houvesse uma intervenção do professor, que realizou algumas perguntas a fim de motivar e direcionar a discussão.

- _____ (Aluno A): *“Por que forma esta fumacinha?” (...)*
- _____ (Aluno H): *“Olha que traço enorme! Por que alguns têm traços maiores que outros?”*
- _____ (Professor): *“Me diga você. O tamanho do traço depende do quê?”*
- _____ (Aluno H): *“Não sei. Da velocidade?”*
- _____ (Professor): *“Sim, de certa forma sim. Mas tem uma outra grandeza, que você poderia utilizar, que está relacionada à velocidade mas não é a velocidade propriamente dita”.*

_____ (Aluno E): “Energia?” (...)

_____ (Aluno A): “Por que tem alguns tracinhos saindo do traço maior? São outras partículas sendo criadas”.

As perguntas do aluno A demonstram uma aguçada curiosidade pelo tema. Sua segunda pergunta indica uma possível analogia entre a câmara de nuvens e atmosfera terrestre, indicando que o aluno fez uma transposição da lógica dos processos físicos que ocorrem na atmosfera para o ambiente simulado (câmara).

Considerações Finais

A proposta de aproximar o grande público, particularmente alunos de Ensino Médio, a cientistas, os produtores do conhecimento, é extremamente importante para proporcionar à sociedade um panorama mais realista acerca da Ciência, e como ela é desenvolvida. Além disto, atividades de extensão universitária como a aqui exposta podem contribuir para o ensino de Física no Brasil, despertando a curiosidade dos alunos para esta ciência, e complementando o currículo do Ensino Médio que muitas vezes não abarca temas de FMC, como a Física de Partículas.

O levantamento preliminar por meio de um questionário mostrou que muitos participantes tinham conhecimentos prévios sobre o tema, adquiridos através da leitura de jornais, revistas, páginas da internet, programas de televisão, dentre outros. A comparação entre os levantamentos preliminar e posterior indicou uma evolução no conhecimento de todos os alunos sobre o tema. Neste sentido, os resultados foram excelentes, visto que praticamente todos os participantes adquiriram noções elementares de Física de Partículas e temas correlatos de FMC, conforme indicado pelas respostas questionários.

O registro de alguns trechos de diálogos ocorridos durante o curso demonstrou que os alunos por si só são capazes de responder a muitas de suas próprias perguntas, de forma que estimular a discussão entre eles, a partir de algumas perguntas centrais, pode fornecer excelentes resultados, em termos de aprendizagem.

Com este relato de experiência fica claro o poder e importância das atividades de extensão universitária, que além de estimular o interesse dos alunos e complementar o currículo escolar formal, também proporcionam um ensino de qualidade dos temas propostos, uma vez que é feita por especialistas das respectivas áreas. No entanto, as atividades de extensão não deveriam se limitar a atingir somente os alunos, mas principalmente os profissionais da educação, dado que muitos professores do ensino básico não são capacitados para tratar temas de FMC. Projetos de extensão universitária, como este, focados na formação de professores, certamente seriam muito mais produtivos, dado o papel multiplicador destes profissionais.

Os tópicos abordados durante o curso mostraram-se adequados. A apresentação da evolução histórica do conceito de átomo, integrada à descoberta da

radioatividade e raios X, trabalhada de uma forma histórica, e levando em conta aspectos de CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), visava proporcionar aos alunos uma ideia adequada da constante evolução da Ciência, como ela é construída, e como ela se relaciona à sociedade, às novas tecnologias e ao meio ambiente, e isto pareceu ter sido bem recebido.

A abordagem do tópico de teoria das cordas, mesmo que superficialmente, foi central para o desenvolvimento da discussão sobre os limites do conhecimento científico, e para a apresentação do Método Científico. No entanto, não é possível avaliar o real impacto deste tópico sobre o aprendizado dos alunos, visto que análise realizada foi apenas qualitativa e o número de alunos do curso reduzido, além de não constarem perguntas sobre este tema no questionário.

A linha principal do curso foi a Física de Partículas. Verificou-se que os tópicos escolhidos para a abordagem foram adequados para introduzir conceitos da maioria dos assuntos de FMC, incluindo Relatividade e Mecânica Quântica. Tais tópicos, quando trabalhados de maneira histórica, apresentam de forma fidedigna o desenvolvimento da Física, incluindo acertos e erros, novas teorias em ascensão e outras em declínio. Ademais, os tópicos escolhidos também permitem tratar diretamente aspectos de CTSA. Visto isto, conclui-se que a Física de Partículas, como tema gerador, tem um grande potencial, pois permite desenvolver diversos conceitos de Física Geral, e FMC. Tendo em vista o sucesso do curso, os tópicos e as abordagens apresentadas neste relato de experiência didática, pode-se concluir que os mesmos são factíveis de serem adaptados parcialmente para a realidade escolar e aplicados no Ensino Médio.

Agradecimentos

Agradeço à Debora Princepe, organizadora do evento, pela disposição em ajudar neste trabalho, e pela oportunidade de participar do evento. Estendo os agradecimentos ao Prof. Jose Joaquín Lunazzi pelo empréstimo da câmara de nuvens, construída pela aluna Nataly Horner Hoe de Castro, sob a orientação do Prof. Jun Takahashi, para uma disciplina de instrumentação aplicada ao ensino. Por fim, agradeço a Bruno Daniel pelo auxílio no desenvolvimento das atividades experimentais.

Referências

BARLOW, R. **Particle Physics: from school to university**. Physics Education, Bristol, v. 27, p. 92-95, 1992.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n.248, 23 dez.1996.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica.

Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN): Ensino Médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, 1999.

FÓRUM DE PRÓ-REITORES DE EXTENSÃO DAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS BRASILEIRAS. **Plano Nacional de Extensão (1999-2001).** Brasília. SESU/MEC, 1999. Disponível em: <<http://www.renex.org.br/documentos/Colecao-Extensao-Universitaria/01-Plano-Nacional-Extensao/Plano-nacional-de-extensao-universitaria-editado.pdf>>. Acesso em 24 jan. 2012.

GIL, D. P.; SENENT, F.; SOLBES, J. **Análisis de la introducción de la física moderna em la enseñanza media.** Revista de Enseñanza de la Física, Rosario, v. 2, n. 1, p. 16-21, 1988.

GIL, D. P.; SOLBES, J. **The introduction of modern physics: overcoming a deformed vision of science.** International Journal of Science Education, London, v. 15, n. 3, p. 255-260, 1993.

GRECA, I. M. **Construindo significados em mecânica quântica: resultados de uma proposta didática aplicada a estudantes de Física Geral.** 2000. Tese (Doutorado em Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

GUERRA, A.; BRAGA, M. A.; REIS, J. C. **Teoria da Relatividade restrita e Geral no programa de mecânica do Ensino Médio: uma possível abordagem.** Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 575-583, 2007.

KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, L. O. Q. **Uma discussão sobre a natureza da ciência no Ensino Médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 36-70, 2005.

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas.** São Paulo: Perspectiva, 1975.

LOBATO, T.; GRECA, I. M. **Análise da inserção de conteúdos de teoria quântica nos currículos de Física do Ensino Médio.** Ciência & Educação, Bauru, v.11, n.1, 2006.

MACHADO, D. J. E.; NARDI, R. **Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia.** Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 473-485, 2006.

MARTINS, R. A. **Como Becquerel não descobriu a radioatividade.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.7, p. 27-45, 1990.

MARTINS, Roberto de Andrade. **Física e história: o caso da teoria da relatividade.** Ciência e Cultura, Campinas, v. 57, n. 3, p. 25-29, 2005.

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; BASTOS FILHO, J. B. **A Sistemática Incompreensão da Teoria Quântica e as Dificuldades dos Professores na Introdução da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.** Ciência & Educação, Bauru, v. 15, n. 3, 2009.

OLIVEIRA, F. F. de; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. **Física moderna no Ensino**

Médio: o que dizem os professores. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 29, n. 3, 2007.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. **Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais.** Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, v. 16, n. 3, 1999.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. **Um pôster para ensinar Física de Partículas.** Física na Escola, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 13-18, 2001.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”.** Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

PEREIRA, O. S. **Raios cósmicos: introduzindo Física moderna no 2o grau.** 1997. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

PINTO, A.C.; ZANETIC, J. **É possível levar a física quântica para o ensino médio?** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 16, n.1, 1999.

SCHULZ, P. A. **Dois nuvens ainda fazem sombra na reputação de Lorde Kelvin.** Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 29, n. 4, 2007.

SIQUEIRA, M. R. P. **Do Visível ao Indivisível: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio.** 2006. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

STANNARD, R. **Modern physics for the young.** Physics Education, Bristol, v. 25, n. 3, p. 133, 1990.

TORRE, A. C. **Reflexiones sobre la enseñanza de la Física Moderna.** Educación en Ciencias, v. II, n. 4, p. 70-71, 1998.

WILSON, B. **Particle physics at A-level - a teacher's viewpoint.** Physics Education, Bristol, v. 27, n. 2, p. 64-65, 1992.

WOFF, J. F. de S.; MORS, P. M. **Relatividade no Ensino Médio: uma experiência com motivação na história.** Experiências em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 14-22, 2006.