F_1 – UM MODULO DE RELATIVIDADE – CICLO BASICO

ANGOTTI, José André P., DELIZOICOV NETO, Demétrio, PERNAMBUCO, M. M. C. A e RUDINGER, Erik – Instituto de Física da USP – FINEP e CNPq.

Durante um curso ministrado por L.R.B.Elton no IFUSP em 1975, iniciamos a elaboração de um módulo para ensino de relatividade aos estudantes do primeiro ano.

A maioria dos textos disponiveis foi analisada e nenhum mostrou-se adequado.

Concluimos que o módulo deveria possibilitar ao aluno perceber a linha de evolução do pensamento científico; exercitar seu espirito critico; constatar a ligação entre o desenvolvimento da física e o social e filosófico, além de incentivar sua capacidade de discutir, ouvir outras pessoas e viver com algumas incertezas. Deveriamos também levar a consideração que a abstração surge passo a passo de elementos mais concretos, que para haver assimilação deve-se partir das experiências do aluno e se chegar novamente a aplicações práticas, e que a aprendizagem só ocorre com a participação ativa do aluno.

O curso sugerido difere dos tradicionais quanto a sua ordenação, começando pela Dinâmica através de evidência experimental obtida do filme "A velocidade limite" de W.Bertozzi - PSSC. Essa idéia foi sugerida por Uri Haber Schaim (The Physics Teacher, Fev. 71 pag. 75).

A cinemática é introduzida posteriormente a partir do experimento, mostrado no filme "Dilatação do tempo" de Friedman, Frich e Smith - PSSC. Quanto à técnica de ensino a ênfase principal está nas discussões em grupo, principalmente nos conceitos fundamentais e aparentes paradoxos da teoria.

A versão preliminar foi aplicada a três turmas ,

sendo feita uma avaliação formativa para posterior elaboração do material.

Durante o trabalho contamos com a colaboração de Amália Magalhães, Iberê L. Caldas, L.R.B. Elton e Ruth Loeweistein.

A idéia de elaborar um módulo de relatividade surgiu durante o curso Teaching and Learning in High Education-Relativity, ministrado pelo professor L.R.B.Elton (University of Surrey) em junho/agosto de 1975. Um dos objetivos desse curso era preparar material para ensino de Relatividade, pretendendo-se inicialmente elaborar guias baseados em método Keller, usando-se um dos textos já existentes.

No inicio do curso, discutiu-se sobre a necessidade de se ensinar Relatividade no ciclo básico universitário, chegando-se à conclusão que o tópico deveria ser introduzido, embora não necessariamente em igual profundidade para as diversas carreiras. O primeiro contacto com relatividade teria, portanto, por objetivo ampliar o espírito critico do estudante, além de ser um ponto importante de sua cultura geral, não se devendo portanto sobrecarregá-lo de informações, deixando-o confuso.

Analisamos os textos habitualmente utilizados para verificar aquele que mais se adaptaria aos nossos propósitos: Herman Bondi - Relatividade e Bom Senso; R.Resnick - Introdução a Relatividade Especial; Curso de Física de Berkeley - Vol. 1; L.R.B. Elton - Concepts of Classical Mechanics; Feynmann Lectures on Physics - vol. 2 e Langos-Einstein and the World Order (os dois últimos sobre relatividade geral).

Decidimos pela não utilização destes textos pois não se enquadravam nos objetivos propostos, além de serem extensos demais para aplicação em três semanas, tempo disponivel no curso de Física Geral e Experimental 2.

A alternativa seria então a elaboração do material necessário, ao contrário de se preparar somente guias de estudo baseados em texto já pronto. Os Participantes do curso

dividiram-se em dois grupos, decidindo o primeiro montar um texto. Nossa opção foi a construção de um módulo, pois acreditamos ser de extrema importância o fato do estudante passar por certas atividades consideradas fundamentais, e um texto dificilmente preenche esse requisito.

A dificuldade nurmalmente encontrada em relatividade é o nível de abstração exigido pelos conceitos, que são difíceis e transcendem a experiência do estudante.

Em geral, os conceitos são introduzidos através de experiências idealizadas e/ou desenvolvimento histórico, trazendo dificuldades de pré-requisitos (Ótica e eletromagnetismo). Estas dificuldades acabam por desviar o aluno das partes fundamentais da teoria.

Assim, decidimos por um método que procura evitar esse problema, iniciando o estudo de Relatividade' através de uma "experiência concreta" referente à parte de Dinâmica Relativística, como foi proposto por Uri Haber Schaim (The Physics Teacher, fev/71 pag.75).

O MÓDULO

A - Esquema

Unidade I - Dinâmica Relativística.

- Filme: A velocidade Limite
- Discussão em grupo: Questões em aberto sobre a experiência.
- Dedução da expressão da Energia Cinética pelo gráfico.
- Dedução da expressão do Momento.
- Uma possível interpretação da expressão do momento: variação da massa.
- Série de exercícios - equivalência entre massa e energia.
- Discussão de fundo social: Uso da massa como fonte de energia.

Unidade II - Dilatação do Tempo e Contração do Espaço

- Filme: A dilatação do Tempo
- Texto: Três hipóteses para interpretar os dados obtidos.

- Diálogo fictício de dois personagens em diferentes referências.
- Nova interpretação da expressão do momento.
- Discussão sobre o diálogo e o texto.
- Experiência de Rogers (Physics For Inquiring Mind): obtenção da expressão de dilatação do tempo a partir da conservação do momento.
- Ênfase para referênciais diferentes e para as definições de tempo próprio, espaço próprio, contração de espaço e dilatação do tempo.
- **Lista de exercícios.**

Unidade III - Simultaneidade
- Discussão sobre sincronização.
- Velocidade da luz independe do movimento da fonte e do observador.
- Conceito de Simultaneidade.
- Discussão em grupo: Tentativa de compreensão da dilatação e contração a partir do conceito relativo da simultaneidade.

Unidade IV - Histórico da Teoria
- Problemas que levaram à teoria = adaptação do livro Evolução dos conceitos de Física - Jun'ichi Osada - Edgard BlUcher - USP. cap. **6.**
- Retorno às hipóteses a partir do início do problema.

Unidade V - Avaliação
- Discussão sobre o curso, criticas.

ABORDAGEMETEXTO

A primeira unidade é baseada em evidência experimental, obtida do filme "A velocidade limite" de W.Bertozzi - PSSC. No filme é mostrada a impossibilidade de um feixe de elétrons acelerados ultrapassar uma velocidade (limite), não se discutindo a esta altura se tal velocidade é ou não a da luz.

Após assistir o filme, os alunos recebem o texto da primeira unidade, que procura levantar questões para serem discutidas em grupo, deixando os estudantes à vontade para justificar a experiência, cujos resultados a mecânica clássica não prevê. Não é exigida uma resposta exata sendo mais importante a discussão e criatividade.

A seguir, o texto fornece pista para dedução da expressão da energia cinética através do gráfico obtido experimentalmente, chegando-se a partir desta, à expressão do momento relativístico dos elétrons.

A segunda unidade também é introduzida por uma experiência filmada: "A dilatação do tempo" de Friedman, Frich e Smith - PSSC. Trata-se da medida do tempo necessário para decaimento de mesons-μ na base e no cume de uma montanha, concluindo-se que estatisticamente um número de mesons muito maior que o previsto consegue chegar à base do monte antes de decair. O filme é cortado em sua parte final, onde os autores concluem sobre a dilatação do tempo e sua expressão. O texto da segunda unidade é então distribuido onde se levantam possíveis hipóteses para explicar os resultados obtidos. Cada hipótese é discutida separadamente, e conclui-se que o efeito da dilatação do tempo e uma alternativa para explicar a expressão do momento vista na unidade 1.

A terceira unidade continua explorando a idéia de tempos diferentes para referenciais diferentes, após introdução da idéia de sincronização. No estudo de simultaneidade como conceito relativo, propõe-se a compreensão dos efeitos de contração e dilatação do tempo através da simultaneidade.

Na quarta unidade, é feito um desenvolvimento histórico da teoria, tentando mostrar o porquê da Relatividade de Einstein e não a de Lorentz.

As transformações de Lorentz são vistas em unidade optativa, havendo ainda uma unidade final para avaliação do curso.

Devemos ressaltar que para incentivar a discussão, as unidades são divididas em partes, a fim de que os estudantes sejam motivados a formularem respostas próprias, uma vez que eventualmente os textos seguintes podem encaminhar as respostas.

CRÍTICAS E PERSPECTIVAS

Uma versão preliminar foi elaborada e aplicada em 1975 a três turmas, sendo a experiência fonte para detecção das dificuldades oferecidas pela abordagem e pelo texto.

Notamos algumas falhas no aspecto de comunicação, deficiência das séries de exercícios, dificuldade na construção de diálogos fictícios, e ausência de uma maior ênfase na idéia de simetria dos referenciais.

Segundo a opinião de alguns alunos, a obtenção da expressão da energia cinética foi muito dirigida.

Finalmente, acreditamos que na versão final possa ser alcançada uma melhor continuidade e um melhor planejamento das discussões.

De uma maneira geral houve interesse e participação dos estudantes, que avaliados por uma prova tradicional mostraram resultados satisfatórios.

Da experiência obtida, percebemos a viabilidade da proposta e a necessidade da elaboração de uma versão final para avaliação dos objetivos.

Uma possível falha na utilização do módulo é a dependência de cópia dos filmes que pode ser contornada pela preparação de um texto inicial extraido dos artigos de Friesh, D.H. e Smith, J.H., "The measurement of relativist time dilations using μ -mesons (1963)- American Journal of Physics vol. 31 pp 343/345 e Bertozzi, W. "Speed and Kinetic Energy of Relativistic Electrons" (1964)- American Journal of Physics vol 32 pp 551/555.

A proposta de se partir de situações mais palpáveis para a realidade do aluno e elaborar textos com linguagens

e situações que possibilitam maior discussão parece-nos aplicável a outros tópicos, principalmente de Física Moderna.

Durante o trabalho contamos com a valiosa colaboração de Iberê L.Caldas, Amália Magalhães, Ruth Loeweistein e L.R.B.Elton.