



**VII CONFERÊNCIA  
INTERAMERICANA SOBRE  
EDUCAÇÃO EM FÍSICA**

**VII INTERAMERICAN  
CONFERENCE  
ON PHYSICS EDUCATION**

Porto Alegre (Canela),  
Brasil  
Julho 03-07, July 03-07,  
2000

**RELATÓRIO FINAL  
FINAL REPORT**

# APRESENTAÇÃO E AGRADECIMENTOS

## Presentation and acknowledgments

A VII Conferência Interamericana sobre Educação em Física foi realizada em Porto Alegre (Canela), Brasil, de 3 a 7 de julho de 2000, por iniciativa do Conselho Interamericano para Conferências sobre Educação em Física, tendo como copatrocinadores o Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Sociedade Brasileira de Física e contando com o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) do Brasil, da Comissão de Educação em Física da União Internacional de Física Pura e Aplicada (ICPE/IUPAP), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Ministério da Educação do Brasil (CAPES/MEC) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), Brasil.

O tema básico da Conferência foi "A Formação de Bacharéis e Professores de Física na Sociedade Contemporânea". Dentro desse tema foram enfocados os seguintes subtemas: "Uso de novas tecnologias na formação de bacharéis e professores de Física", "Pesquisa em educação em Física e formação de professores de Física", "História e filosofia da ciência na formação de professores de Física" e "Novos currículos para a formação de bacharéis e professores de Física".

As atividades desenvolvidas na conferência foram conferências, mesas redondas, apresentações orais, apresentações em pôsteres, "workshops", grupos de trabalho e demonstrações. As Atas, divulgadas em CD-ROM, incluem as versões integrais de todos os trabalhos apresentados oralmente, os resumos de todos os trabalhos apresentados em pôster, os resumos dos "workshops" oferecidos e a lista de participantes.

Este Relatório Final inclui as recomendações dos grupos de trabalho aprovadas pela Assembléia da VII CIAEF, os textos das conferências e participações em mesas redondas, bom como a programação, a lista de participantes e a prestação de contas. De um modo geral, os textos estão nas línguas em que foram originalmente apresentados, português, espanhol ou inglês. A versão eletrônica deste Relatório está disponível no sítio <http://www.if.ufrgs.br>.

*The VII Interamerican Conference on Physics Education has been held in Porto Alegre (Canela), Brazil, July 3-7, 2000, by initiative of the Council for Interamerican Conferences on Physics Education, having the Institute of Physics of the Federal University of Rio Grande do Sul and the Brazilian Society of Physics as co-sponsors, and the financial support of the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), the Commission on Physics Education of the International Union of Pure and Applied Physics (ICPE/IUPAP), the Coordination for the Development of Higher Education Personnel of the Brazilian Ministry of Education (CAPES/MEC), and the Research Support Foundation of the State of Rio Grande do Sul (FAPERGS), Brazil.*

*The basic theme of the Conference was “The Preparation of Physics Majors and Physics Teachers in Contemporary Society”. Within this theme the following subthemes were discussed: “The Use of New Technologies in the Preparation of Physics Majors and Physics Teachers”, “Research in Physics Education and the Preparation of Physics Teachers”, “History and Philosophy of Science in the Preparation of Physics Teachers”, and “New Curricula for the Preparation of Physics Majors and Physics Teachers”.*

*Conference activities included lectures, round tables, oral presentations, poster sessions, workshops, working groups, and demonstrations.*

*The Proceedings prepared in CD-ROM include full texts of all papers presented orally, abstracts of all papers presented in posters, as well as the abstracts of the workshops and the list of participants.*

*This Final Report includes the recommendations of the working groups, approved by the Assembly of the VII IACPE, full texts of lectures and round table presentations, as well as the program, the list of participants and the financial account. In general, these texts are in the languages in which they were originally presented, Portuguese, Spanish or English. The electronic version of this Report is available at the site <http://www.if.ufrgs.br>.*

A Comissão Organizadora da VII CIAEF esteve assim constituída (*The Organizing Committee was formed by*):

*Marco Antonio Moreira* (Coordenador), Vice-Presidente do CIACEF, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil;

*Anna Maria Pessoa de Carvalho*, membro do CIACEF, Universidade de São Paulo, Brasil;

*Deise Miranda Vianna*, membro do CIACEF, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil;

*Alberto Maiztegui* (Coordenador da VI CIAEF), membro do CIACEF, Academia Nacional de Ciências, Argentina;

*Maite Andrés*, Presidenta do CIACEF, Instituto Pedagógico de Caracas, Venezuela;

*James Conrad*, Secretário Executivo do CIACEF, Contra Costa College, Estados Unidos;

*Fernanda Ostermann*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil;

*Sayonara S. Cabral da Costa*, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brasil.

O Conselho Interamericano para Conferências sobre Educação em Física por ocasião da VII CIAEF tinha a seguinte constituição (*The Council of Interamerican Conferences on Physics Education at the time of the VII IACPE was constituted by*):

*Maite Andrés* - Venezuela (President);

*Marco Antonio Moreira* - Brasil (Vice-President);

*James Conrad* - Estados Unidos (Executive Secretary);

*Leonor Cudmani* - Argentina;

*Alberto Maiztegui* - Argentina;

*Ernesto Martínez* - Argentina;  
*Anna Maria Pessoa de Carvalho* - Brasil;  
*Deise Miranda Vianna* - Brasil;  
*Amarnath Kshatriya* - Canadá;  
*Maria Ligato Slobodrian* - Canadá;  
*Ricardo Buzzo* - Chile;  
*Rodrigo Covaleda* - Colômbia;  
*Jorge Antillón-Mata* - Guatemala;  
*Irene Aguilar* - Guatemala;  
*Héctor Riveros* - México;  
*Victor Latorre* - Peru;  
*Teodoro Halpern* - Estados Unidos;  
*John FitzGibbons* - Estados Unidos;  
*Amadeo Sosa* - Uruguai;  
*Celso Luis Ladera* – Venezuela.

Porto Alegre (Canela), Julho (*July*) 2001

Marco Antonio Moreira  
Coordenador – VII CIAEF (*Chair – VII IACPE*)

# ÍNDICE

## Summary

APRESENTAÇÃO (Presentation).....	03
PALESTRAS DE ABERTURA (Opening talks):	
A formação de físicos e professores de Física na sociedade contemporânea. <i>Fernando C. Zawislak</i> .....	09
Physics teaching and teacher education in Brazil. <i>Ernst W. Hamburger</i> .....	13
CONFERÊNCIA (Lecture):	
Bridging the gap between teaching and learning: the role of physics education research in the preparation of teachers and majors. <i>Lillian C. McDermott</i> .....	19
MESAS REDONDAS (Round Tables):	
Novas tecnologias na preparação de físicos e professores de Física. ( <i>New technologies in the preparation of physics majors and physics teachers</i> ):	
Una nueva tecnología aplicada a la educación en la Física. <i>Alberto Maiztegui, G. Chamorro, J. Tisera</i> .....	37
New technologies in the training of physicists and physics teachers. <i>Flávia Rezende</i> .....	41
Nuevas tecnologías en la preparación de físicos y profesores de Física. <i>Ricardo Buzzo Garrao</i> .....	47
Novos currículos para a preparação de físicos e professores de Física. ( <i>New curricula for the preparation of physics majors and physics teachers</i> ):	
Changes in undergraduate physics in the United States. <i>Ruth H. Howes</i> ..	51
Curriculum para el docente de Física. <i>M<sup>a</sup> Maite Andrés Z.</i> .....	55
Diretrizes curriculares para a formação de físicos e professores de Física no Brasil. <i>Marco Antonio Moreira, J.D.M. Vianna, F. Cerdeira</i> .....	61
História e filosofia da ciência na formação de professores de Física. ( <i>History and philosophy of science in the preparation of physics teachers</i> ):	
Historia de las ciencias y la formación de profesores de Física. <i>M<sup>a</sup> Mercedes Ayala M.</i> .....	71

Historia y filosofía de la ciencia en la formación de profesores de Física. <i>Diego de Jesús Alamino Ortega</i> .....	79
A história e a filosofia da ciência na formação do licenciado em Física. <i>Luiz O.Q. Peduzzi</i> .....	85

#### SESSÃO DE ENCERRAMENTO (Final Session):

Visões pessoais sobre ensino de Física à luz do tema e das atividades da VII CIAEF. (*Personal views on physics education in the light of the theme and activities of the VII IACPE*):e

Remarks at the Symposium Session of the VII IACPE. <i>Leonard Jossem</i> .	95
O ensino de Física no Brasil: olhando fenômenos distintos. <i>Anna Maria Pessoa de Carvalho</i> .....	97
Conference response – VII IACPE. <i>Ruth H. Howes</i> .....	99
Symposium panel presentation – VII IACPE. <i>Lillian C. McDermott</i> .....	101
Consideraciones en la sesión final de la VII CIAEF. <i>Leonor C. Cudmani</i> .....	103
Comments at the final session of the VII IACPE. <i>Marco Antonio Moreira</i> .....	105

#### RECOMENDAÇÕES DOS GRUPOS DE TRABALHO (Recommendations of the working groups):

Grupo I – Formação de professores. ( <i>Group I – Teacher preparation</i> ). <i>Deise M. Vianna (Coord.)</i> .....	109
Grupo II – La preparación de físicos. Físicos en un mundo cambiante. <i>Teodoro Halpern (Coord.)</i> .....	111
Group II – The preparation of physicists. Physicists in a changing world. <i>Teodoro Halpern (Coord.)</i> .....	113
Grupo III – Física en la enseñanza básica y media (Pre-universitária) – 6 a 17 años. ( <i>Physics education at elementary and secondary schools – 6 to 17 years.</i> ) <i>Amadeo Sosa (Coord.)</i> .....	115

#### PROGRAMAÇÃO

(Program).....	119
----------------	-----

#### LISTA DE PARTICIPANTES

(List of Participants).....	135
-----------------------------	-----

#### PRESTAÇÃO DE CONTAS

(Financial Account).....	145
--------------------------	-----

PALESTRAS DE ABERTURA  
Opening talks

Fernando C. Zawislak, Brasil  
Ernst Hamburger, Brasil

A FORMAÇÃO DE FÍSICOS E PROFESSORES  
DE FÍSICA NA SOCIEDADE  
CONTEMPORÂNEA.

*The preparation of physics majors and physics  
teachers in contemporary society.*



## A FORMAÇÃO DE FÍSICOS E PROFESSORES DE FÍSICA NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA

**Fernando C. Zawislak**

Instituto de Física – UFRGS  
Caixa Postal 15051  
91501-970, Porto Alegre, Brasil  
zawislak@if.ufrgs.br

No planejamento das políticas de educação é sempre destacada a necessidade e a importância da ciência. No entanto, antes da própria ciência é indispensável uma educação em ciência, já que o avanço da ciência somente existe quando há uma boa educação em ciência. Se desejamos que o nosso país tenha um real progresso com justiça social, então é essencial, além de promover a capacitação científica de nossos alunos, eliminar ou pelo menos diminuir o analfabetismo científico nacional. O poder da ciência para solucionar os grandes problemas econômicos e sociais do país somente é efetivo se estiver baseado num adequado programa de educação em ciência, pois a aquisição de conhecimentos científicos e tecnológicos e a busca do equilíbrio social dependem de uma educação universal baseada na ciência. Nestes termos é correto dizer que uma educação que não considera a ciência como fundamental não é uma educação para os tempos atuais.

Para discutir o tema da formação de físicos e de professores de física na sociedade atual e para o futuro, será útil comentar brevemente qual é hoje “o status” da física na Universidade ou melhor no Departamento de Física. Sob o ponto de vista do departamento ou mais apropriadamente da maioria dos professores do departamento, prevalece a definição da física que vem ainda do início do século XX, como um ramo do conhecimento limitado ao estudo de várias áreas: mecânica, acústica, ótica, calor, eletricidade, magnetismo, radiação, estrutura atômica e fenômenos nucleares. Esta definição, associada aos tópicos estudados é muito limitada e reflete o isolamento da física dentro da estrutura universitária. Na verdade, a importância da física está no seu método de trabalho, na abordagem quantitativa e reducionista dos fenômenos e no uso contínuo da abstração.

Um dos grandes problemas atuais na Universidade em nosso país é o isolamento dos departamentos. É importante esclarecer que a física continua a ter grandes sucessos e avanços nos seus diversos campos. Não é a física que está cristalizada, mas sim o departamento e a maioria de seus físicos é que estão isolados, com seus interesses focalizados quase que única e exclusivamente nos tópicos da própria física. É óbvio que devemos continuar a estudar as grandes áreas da física, mas com um olhar agudo e atento para “fora da física”. Neste sentido, o departamento deve incentivar as atividades interdisciplinares que envolvem a física, e que como todos sabemos, são muitas. Provavelmente hoje a física seja mais importante fora de seus próprios domínios do que voltada para si mesmo.

O problema do isolamento dos físicos é mais grave no Brasil porque aqui os físicos formados em nível de doutorado, (na maioria à imagem de seus orientadores), permanecem na Universidade e continuam a trabalhar em campos restritos quase que unicamente à própria física. A situação é diferente nos países mais desenvolvidos, como nos Estados Unidos, onde a grande maioria dos doutores em física (75%), trabalha na indústria e portanto, quase sempre, em áreas interdisciplinares. É absolutamente necessário que a formação do físico de hoje inclua esta nova visão de que sua atividade profissional poderá, e muito provavelmente deverá, desenvolver-se em campos fora da física e em ambientes não acadêmicos. O professor de física da escola secundária também deverá ter incorporado em sua formação o fato de que os avanços e as novas tecnologias são em sua maioria

Um exemplo onde a física tem tido sucesso é nas áreas das engenharias. Aliás sobre este assunto são interessantes os comentários de um executivo da Boeing Corporation, Dr. Joffrey Hunt, publicados no boletim APS News, em fevereiro de 1999. Tomo a liberdade de transcrever parte de seu texto em inglês:

*“There are somethings which every graduate student should know, but most professors will not tell you. I offer the following **“Seven Undeniable Facts”** :*

***Physicists cannot do:***

- electrical engineering as well as electrical engineers.*
- chemical engineering as well as chemical engineers.*
- software engineering as well as software engineers.*
- mechanical engineering as well as mechanical engineers.*
- optical engineering as well as optical engineers.*
- aeronautical engineering as well as aeronautical engineers.*
- mathematics as well as mathematicians.*

***Given these facts, why the hell would anyone want to hire a physicist?***

*The answer:*

***Physicists can do 80% as well as the experts on all these tasks, whereas each of the experts' abilities goes quickly to zero once outside their disciplines.***

*Even in my company, there are engineers of many types on many tasks, but the guys at the top are disproportionately physics PhDs. [Okay, there is a couple of engineers and may be even a chemist]. Why? Because they are the ones who can comprehend the big picture and make sure that all the disciplines are exchanging the right information with each other.”*

Além da engenharia, um físico pode trabalhar em muitas outras áreas, quase todas exigindo uma abordagem interdisciplinar como ecologia, microeletrônica, instrumentação para medicina e saúde, polímeros, origem da vida, funcionamento do cérebro, etc.

Em recente comentário na Physics Today, sob o título "Why do they leave physics" (setembro de 1999), o professor emérito de Princeton, Philip Anderson chama a atenção para o fato de que nos Estados Unidos os empregos fora da Universidade e dos próprios laboratórios governamentais, são mais atraentes e estão levando os melhores cérebros. Enquanto isso, as posições permanentes nos departamentos de física estão sendo preenchidas pelos pesquisadores menos criativos. Esta constatação de que os maiores desafios científicos e tecnológicos encontram-se longe das áreas clássicas acadêmicas, vem de encontro à imagem que John Ziman, professor emérito da Universidade de Bristol, faz da ciência de hoje ao dizer que: “o conhecimento científico fundamental está tipicamente distribuído em pequenas ilhas de quase conformidade rodeadas por oceanos interdisciplinares de ignorância”.

Estas considerações parecem mostrar que a boa luta dos físicos no Brasil é quebrar o isolamento em que vive o Departamento de Física, forçando nossas Universidades a promoverem estruturas interdisciplinares. Em outras palavras, isto significa transformar a Universidade em um sistema dinâmico adaptado aos dias de hoje, não somente no que se refere à ciência mas em todas as áreas do conhecimento.

É importante balizar a física do Brasil frente ao contexto apresentado e brevemente discutido acima. A física na Universidade pública teve em média um desempenho bom, tanto na graduação quanto em termos de pesquisa e pós-graduação. Os laboratórios, bem como a infra-estrutura em geral permitem que muitos grupos desenvolvam pesquisa básica de nível internacional em vários campos da física moderna. Contudo, no que concerne à pesquisa fora da Universidade, principalmente pesquisa industrial e desenvolvimento tecnológico, o desempenho do país é sofrível, agravado pelo

privado. É interessante comparar os investimentos em C&T do Brasil com os da Coréia do Sul um país também emergente sob o ponto de vista de C&T (mas, mais emergido do que nós). O Brasil e a Coréia do Sul investem em C&T, respectivamente 0,6 e 2,6% do PIB. Estes números corresponderam em 1997 a 6 bilhões de dólares no Brasil e 9 bilhões de dólares na Coréia do Sul. Contudo, enquanto no Brasil o investimento é 80% do governo e 20% do sistema privado, na Coréia do Sul é o contrário, 80% privado e 20% governo. Isto significa que há na Coréia do Sul um vultoso investimento em pesquisa industrial e em desenvolvimento tecnológico, enquanto que aqui no Brasil estas áreas recebem um apoio muito pequeno, para não dizer insignificante.

O resultado da situação descrita, é que o físico brasileiro não tem emprego na indústria, e sem pesquisa criativa na indústria não há geração de tecnologia moderna autóctone. Como consequência, a indústria em nosso país na maioria das vezes, restringe-se a desenvolver “tecnologia incremental”, melhorando produtos desenvolvidos e adquiridos em outros países. É urgente entendermos que unicamente pesquisa de fronteira, combinando os conhecimentos criados e desenvolvidos nas várias áreas da ciência, é que gera tecnologia própria.

No mundo de hoje os benefícios da ciência estão distribuídos de forma desigual, o que amplia o desnível entre países industrializados e em desenvolvimento. Somente uma educação universal com base na ciência é que pode diminuir esta distância e trazer progresso social e material para os países emergentes. No entanto, este objetivo somente será alcançado em nosso país através da participação efetiva, tanto da sociedade como do governo, propiciando condições e recursos para a sua implementação.



## PHYSICS TEACHING AND TEACHER EDUCATION IN BRAZIL

**Ernst W. Hamburger**  
 Instituto de Física  
 Universidade de São Paulo  
 Caixa Postal 66318  
 05315-970 São Paulo, SP  
 ehamburger@eciencia.usp.br

### 1. A Brief History

The universities in Brazil, where physicists are educated, were founded in the wake of the revolution of 1930; the first graduates at Universidade de São Paulo are from 1936. World War II accelerated industrialization and the educational system developed. The National Research Council was founded in 1951, as well as research institutes. A new Education Law was approved in 1962. At this time obligatory education was only five years, up to age 11, and illiteracy was common. A military coup in 1964 interrupted democracy for 21 years. Graduate studies were introduced in 1965 and financial support for research increased markedly. A period of tyranny, 1968-74, caused dismissal of top scientists and educators in various universities. Mandatory schooling was extended to 8 years in 1970, and the number of secondary schools (ages 15 to 17) and universities grew. Return to democracy, in 1985, brought a new Education Law. Today, 95% of children go to school, on average for 7 years. Since 1995, enrolment in secondary school is expanding rapidly. Dropout rates and retention rates are still high, but diminishing.

### 2. Physics

Physics research in Brazil started 1934 in São Paulo and Rio, led by Italian and German immigrant physicists; soon talented young Brazilians were publishing in international journals. After 1956 other centers outside Rio and São Paulo, such as here in Rio Grande do Sul, also started research activities. Today there are about 50 research institutes and 3000 researchers in the country. Physics teaching in schools, up to 1950, was bookish, with emphasis on rote learning and application of algebraic formulae such as  $V = RI$ , with little understanding and no practical applications or experiments. Almost no teachers had physics training. UNESCO inspired the creation of IBICC, an institute in São Paulo to encourage science curriculum reform and emphasise experiments. The curriculum projects triggered in the USA and other countries by the launching of the Sputnik by the Soviet Union in 1956 – PSSC, Harvard Project Physics, IPS, Nuffield – were partially translated and published in Brazil. UNESCO supported Pilot Project for curriculum development for Optics course in São Paulo in 1963. Brazilian projects were also established: *PEF – Projeto de Ensino de Física*, and *FAI – Física Auto Instrutiva* were two projects developed in São Paulo published 1970-75. In recent years physics books for high school students, written by smaller groups of teachers (e. g. Beatriz Alvarenga and Antonio Maximo; this year Alberto Gaspar, etc.), mostly by private publishers, and a government financed project directed at teachers (GREF in USP) appeared. Educational TV channels have produced physics courses for high school in 1975 (*Colégio 2 – TV2 Cultura, SP*), again in the eighties and once more in the nineties (*Telecurso 2000*).

### 3. Teacher Education

Teacher education in Brazil is done in Universities and Higher Education Institutes. Up to

take one year more of education courses (at least a total 4 years of study): the teaching degree was more than the Bachelor, and salaries were reasonable. At our university (USP), from 1962 to 1991 the Bachelor and the teaching degree required two basic common years of physics and mathematics, followed by two years of professional courses, different for bachelors and teachers. Teachers had specific courses developed to improve physics teaching, like Instrumentation for Physics Teaching, Technology for Physics Teaching, Practice in Physics Teaching, and others, as well as general psychology and education courses. During this time the university entrance exam for bachelors and teachers was the same and classes in first two years were also the same. Since 1992, entrance and classes, starting in the first year have been separated. Personally I was, and I am, against this separation: the common classes for students going on to do research, development or teaching are in the spirit of a University (which has the root Universal in its name). After all, the Introductory Physics to be taught is the same, and the students are all intelligent and interested. The ideal would be, as has occurred often in real life, that a teacher be also a researcher, and vice-versa. However, our Institute voted for the separation.

Physics teachers educated at the best Brazilian universities are very few; insufficient to meet the demand. This has to do with the low salaries paid to high school teachers since about 1975, upon recommendation of the World Bank, supposedly to decrease state deficits (which are actually caused by high interest rates on loans). In the state of São Paulo only a few percent of the teachers come from these universities; the majority come from small private colleges which often have poor standards.

During the eighties the federal government tried to meet the shortage of teachers by shortening the number of years at the university, diminishing syllabus and at the same time training teachers for “Integrated Science” instead of Physics, Chemistry, Biology, Mathematics. There was strong a reaction against these innovations in academic circles, and since they did not work in practice, they were abandoned in the nineties.

There has been considerable effort to have Continued Education courses for science school teachers. In the state of São Paulo, in 1985, there were in service courses for thousands of teachers. In the same year, the federal government started a program for Science Education, with World Bank support, known by the initials SPEC/PADCT, which supported many projects and teacher training courses. In the nineties another federal program (Pró-Ciências) and a private foundation, VITAE, also gave grants for such activities. In 1997, there was another World Bank grant in São Paulo. Many teachers have taken such courses. There is a positive effect, but not easy to detect on the general level of all schools in the country: the program is not large enough. Other limiting factors are: There is a large turnover rate; when a better job opportunity exists, teachers leave the profession. For many teachers, their degree does not mean good education, and the in service courses instead of a refresher or *mise au point* turn out being basic training courses. In physics, the almost absence of twentieth century physics knowledge is striking.

#### **4. National Course Examination (called *Prova*) in Physics**

I am a member of the National Commission responsible for setting the guidelines for this exam for the year 2000, together with Livio Amaral (UFRGS, Porto Alegre), José D. M. Viana (UnB, Brasília), Fernando S. Barros (UFRJ, Rio de Janeiro), Fernando Cerdeira (Unicamp, Campinas), Elcio Nogueira Vale (Univale, S. José dos Campos) and Jocimar Archangelo of the Ministry of Education.

We do not have the results yet. I will describe the group who is expected to take the exam and the recommendations of the Commission.

There are 88 courses in the whole country granting physics degrees, of which 24 are Science Teaching with major in physics (*Licenciatura em Ciências com Habilitação em Física*); these courses have very little physics content and are usually offered at small colleges or smaller towns. Because of this, the exam must be able to assess also students with relatively little knowledge of physics.

The total number of students who took the exam was 1529, probably larger than the number who will actually graduate in 2000. The number of graduates in these courses in 1998 has been 1059, of which 269 were bachelors degrees, 429 teachers (*Licenciados em Física*) and 361 science teachers with major in physics. The proportion of degrees, approximately 3 : 5 : 4, was probably similar to this year.

The Commission Report states the objectives of the exam for the physics courses, the objectives for the graduating students, the desired profile and abilities of the graduates. It recommends an exam in two parts:

I - Common to all degrees and worth 80% of the total score: 40 multiple choice questions about basic or introductory physics, such as taught in the first two years of most college or university courses.

II - Specific for either A) Bachelors or B) Teachers (both kinds), each consisting of five questions to be answered in writing in a few lines, worth 20% of the final score.

## 5. Public Image of Physics

To most people physics is difficult, mathematical, abstract, complex, has many formulae and is not attractive, rather boring. This probably mirrors most teaching. The general public does not see the beauty of our beloved subject. How can we show how interesting it is? The answer transcends the classroom and concerns Science Popularization and the media, particularly television, which is at present by far the most influential media in Brazil. I will now show some short video films produced for open channel TV by the educational channel in São Paulo, TV Cultura, and Estação Ciência, a science center at the University of São Paulo. There are ten one minute clips, each one about one physics concept, such as: Theory of Relativity, Black Holes, What are we made of? (Elementary Particles), Cosmic Rays, How Long is One Minute? They are made for the general public, including children, and aim at catching the viewers interest. It is surprising how much information you can transmit in one minute of television. These films were made by a professional TV team, directed by Cao Hamburger; scientists only suggested and checked the contents. The clips were quite successful and received several national and international prizes, and are an example of the kind of thing you can do to awaken interest in physics.

Brazil is one of the top countries in the world in football association. However, in science, and physics in particular, it is quite good, but not outstanding. One of the reasons for this difference in status in Science and in Soccer is that every young boy (in recent times, also girls) in Brazil plays soccer in his youth and, if he is interested and has talent, he can go on to become a professional player: the best players are selected from practically the whole population. To become a scientist, on the other hand, the young man or woman must have finished fundamental and middle school and entered a university before making the career choice, which reduces the

If science was as popular as soccer, so that people talking in a pub or other social occasion would talk about physics as they talk about other interesting subjects, probably competence in science in the country would be much higher.

## 6. Social Exclusion vs Inclusion

Education in Brazil has been highly selective from a social-economic point of view: up to 1968, poor people only had at most four years of schooling. Recently, this is improving. However one of the great problems of the country is to diminish and eliminate exclusion of social groups. Street children and children who spend most of their time on the streets belong to such groups. At Estação Ciência we have a program designed for these children, based on the use of the apparatus in the science center, specially microcomputers. The children learn to read and write using the computer, then arithmetic and other softwares. The program is called Clicar, is supported by the petroleum company Petrobras and has been very successful in attracting and educating hundreds of children who did not go to school. I will show you a short video showing the children and the operation of the project. The need to include excluded groups refers to all education, and in particular also to physics education.

## 7. Internet

The internet will become ever more important in science education in the future. Here I will only mention some Brazilian projects in this area. At Estação Ciência the site [www.eciencia.usp.br](http://www.eciencia.usp.br) has several physics clips, particularly an interactive Virtual Laboratory. Also at USP, in the Physics Institute site, there is an interactive site [www.if.usp.br/cepa](http://www.if.usp.br/cepa). In Santa Catarina, Nelson Canzian, [www.fsc.ufsc.br/~canzian](http://www.fsc.ufsc.br/~canzian), has interactive software on elementary mathematics (Oficina de Funções), applets on physics, and other materials. Science fair materials are at Leo Ferraz's site [www.feiradeciencias.com.br](http://www.feiradeciencias.com.br).

CONFERÊNCIA  
Lecture

Lillian C. McDermott, U.S.A.

*Bridging the gap between teaching and learning: the role of physics education research in the preparation of teachers and majors.*



# BRIDGING THE GAP BETWEEN TEACHING AND LEARNING: THE ROLE OF PHYSICS EDUCATION RESEARCH IN THE PREPARATION OF TEACHERS AND MAJORS

**Lillian C. McDermott**

Department of Physics, Box 351560  
University of Washington  
Seattle Washington 98195 U.S.A.  
lcmcd@phys.washington.edu

## ABSTRACT

Research can play a critical role in the development of instructional materials for precollege teachers, for students at the introductory level, and for students in more advanced physics courses. Examples from introductory physical optics are used to illustrate the use of research in identifying student difficulties, in developing instructional strategies to address these difficulties, and in assessing student learning. The implications for the design of instruction extend beyond the topic of physical optics and beyond introductory physics.

## INTRODUCTION

The Physics Education Group at the University of Washington has been engaged for many years in preparing elementary and secondary teachers to teach physics and physical science by inquiry.<sup>1</sup> We are also deeply involved in the calculus-based introductory course that is required for students majoring in physics, other sciences and engineering.<sup>2</sup> In addition, we participate in the instruction of more advanced courses.<sup>3</sup> All of these efforts are an integral part of the Physics Education Group's comprehensive program in research, curriculum development, and instruction. Our research focuses on investigations of student understanding in physics.<sup>4</sup> We try to identify specific difficulties that students encounter in studying a particular topic and use the results to guide the design of instructional materials for precollege teachers, for students at the introductory level, and for students in more advanced physics courses.<sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> See, for example, L.C. McDermott, P.S. Shaffer, and C.P. Constantinou, "Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry," *Phys. Educ.* **35**(6) (November 2000); L.C. McDermott and L.S. DeWater, "The need for special science courses for teachers: Two perspectives," an invited chapter in *Inquiring into Inquiry Learning in Teaching and Science*, J. Minstrell and E.H. van Zee eds., Washington, D.C., AAAS (2000), pp. 241–257; and L.C. McDermott "A perspective on teacher preparation in physics and other sciences: The need for special courses for teachers," *Am. J. Phys.* **58** (8) 734–742 (1990).

<sup>2</sup> See, for example, L.C. McDermott, P.S. Shaffer, and M.D. Somers, "Research as a guide for teaching introductory mechanics: An illustration in the context of the Atwood's machine," *Am. J. Phys.* **62** 46–55 (1994); L.C. McDermott and P.S. Shaffer, "Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding," *Am. J. Phys.* **60** 994–1003 (1992) and printer's erratum to Part I, *Am. J. Phys.* **61**, 81 (1993); and P.S. Shaffer and L.C. McDermott, "Research as a guide for curriculum development: an example from introductory electricity, Part II: Design of instructional strategies," *Am. J. Phys.* **60** 1003–1013 (1992).

<sup>3</sup> See, for example, S. Vokos, P.S. Shaffer, B.S. Ambrose, and L.C. McDermott, "Student understanding of the wave nature of matter: Diffraction and interference of particles," *Phys. Educ. Res., Am. J. Phys. Suppl.* **68** S42–S51 (2000) and R.N. Steinberg, G.E. Oberem, and L.C. McDermott, "Development of a computer-based tutorial on the photoelectric effect," *Am. J. Phys.* **64** 1370–1379 (1996).

<sup>4</sup> There is a growing body of research on the learning and teaching of physics at all levels of instruction. The references in this paper are all directly related to research and curriculum development by the Physics Education Group. For articles that report on other research at the university level, see L.C. McDermott and E.F. Redish, "Resource Letter: PER-1: Physics Education Research," *Am. J. Phys.* **67**, 755–767 (1999).

We are currently developing two types of curriculum, both of which are nationally distributed. *Physics by Inquiry* is a self-contained, laboratory-based curriculum designed for use by faculty to prepare precollege (*i.e.*, pre-university) teachers.<sup>6</sup> *Tutorials in Introductory Physics* is intended to supplement the lectures, laboratory experiments, and textbooks that characterize instruction in a standard university physics course.<sup>7</sup> Both sets of instructional materials are research-based.

In this paper, we discuss the role of research in the development of curriculum by the Physics Education Group. The discussion is based on results from a long-term, investigation of student understanding of geometrical and physical optics.<sup>8,9</sup> (Other topics could have served the same purpose.) To give a sense of the scope of the curriculum in introductory physical optics, the examples used as illustrations have been drawn from different sub-topics (single-slit diffraction, double-slit and multiple-slit interference).

The results from the part of the investigation discussed in this paper involved undergraduate and graduate students at our university. The undergraduates came from several courses: introductory calculus-based and algebra-based physics, sophomore-level modern physics, and junior-level quantum mechanics. The latter two groups consisted mostly of physics majors. The graduate students were enrolled in a weekly teaching seminar required for all teaching assistants in our physics department. Although none of the data were expressly collected from precollege teachers, some prospective high school teachers were included in almost all of the groups. Results from other topics indicate that their responses tend to be similar to those of science and engineering majors.<sup>10</sup>

## IDENTIFICATION OF WHAT STUDENTS CAN AND CANNOT DO

To be able to improve instruction in an efficient and cumulative manner, a systematic approach is necessary. Just as physicists do in any investigation, we focus attention on the phenomenon being studied. Extrapolating on the basis of one's own ideas and experience can be very misleading. The proper place to begin is to determine what students can and cannot do. This approach is illustrated by the examples that follow.

### *Single-slit diffraction*

The first two questions on diffraction described below were administered on examinations in the introductory calculus-based physics course at the University of Washington. The questions pose

---

301–315 (1991) and “Guest Comment: How we teach and how students learn—A mismatch?” *ibid.* **61** 295–298 (1993).

<sup>6</sup> L.C. McDermott and the Physics Education group at the University of Washington, *Physics by Inquiry, Vols. I and II* (John Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y., 1996).

<sup>7</sup> L.C. McDermott, P.S. Shaffer, and the Physics Education group at the University of Washington, *Tutorials in Introductory Physics, Preliminary Edition* (Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 1998).

<sup>8</sup> For articles by our group on geometrical optics, see P.R.L. Heron and L.C. McDermott, “Bridging the gap between teaching and learning in geometrical optics: The role of research,” *Opt. & Phot. News* **9** (9), 30–36 (1998); K. Wosilait, P.R.L. Heron, P.S. Shaffer, and L.C. McDermott, “Development and assessment of a research-based tutorial on light and shadow,” *Am. J. Phys.* **66**, 906–913 (1998); F.M. Goldberg and L.C. McDermott, “Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror,” *Phys. Teach.* **24** 472–480 (1986); and F.M. Goldberg and L.C. McDermott, “An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror,” *Am. J. Phys.* **55** 108–119 (1987).

<sup>9</sup> For articles by our group on physical optics, see B.S. Ambrose, P.S. Shaffer, R.N. Steinberg, and L.C. McDermott, “An investigation of student understanding of two-source interference and single-slit diffraction,” *Am. J. Phys.* **67** 146–155 (1999) and K. Wosilait, P.R.L. Heron, P.S. Shaffer, and L.C. McDermott, “Addressing student difficulties in applying a wave model to the interference and diffraction of light,” *Phys. Educ. Res., Am. J. Phys. Suppl.*

essentially the same problem. The difference in the way that many students treated the questions provides some insight into what they typically can and cannot do. The third question was posed in interviews with students to probe their understanding in greater depth than is possible in written questions.

### Quantitative question

The following quantitative question was given to about 130 students on an examination in the introductory calculus-based course. [See Fig. 1(a).] The question was posed after standard lecture instruction on diffraction. The students were told that light is incident on a single slit of width  $4\lambda$ . They were asked to state if any minima would appear on a screen and, if so, to calculate the angle to the first minimum. Since the slit width is larger than the wavelength, minima would occur. The required angle can be obtained by using the equation  $a \sin \theta = \lambda$ , which yields  $\theta = \sin^{-1}(0.25) = 14^\circ$ .

Approximately 85% of the students stated that there would be a first minimum. About 70% determined the correct angle. (See the first column in Table I.) However, the evidence given below indicates that success on this question was not commensurate with a functional understanding (i.e., the ability to do the reasoning necessary to apply concepts to situations that have not been memorized).

### Qualitative questions

In order to probe student understanding in depth, we administered written questions and conducted individual demonstration interviews. We were particularly interested in the reasoning that the students used to support their answers.

#### *Written question*

On one written question, the students were shown a single-slit diffraction pattern with several minima. [See Fig. 1(b).] They were told that the pattern results when a mask with a single vertical slit is placed between a laser (wavelength  $\lambda$ ) and a screen. They were asked to decide whether the slit width is greater than, less than, or equal to  $\lambda$  and to explain their reasoning. They could answer this question by using the equation that describes the angle  $\theta$  to the first diffraction minimum,  $a \sin \theta = \lambda$ , where  $a$  is the width of the slit. Since minima are visible, the angle to the first minimum is less than  $90^\circ$ . Therefore,  $\sin \theta < 1$  and  $\lambda/a$  is less than 1.

About 510 students in calculus-based physics have been asked this question after completing traditional instruction on single-slit diffraction. As shown in the second column of Table I, performance was poor. About 45% of the students made a correct comparison with only 10% giving a correct explanation. This same question was also posed in the graduate teaching seminar ( $N \sim 95$ ). About half of the participants responded correctly with correct reasoning. (See the third column of Table I.)

#### *Individual demonstration interviews*

In addition to written questions, we conducted individual demonstration interviews in which similar questions were asked. Of the 46 students who participated, 16 were from the introductory calculus-based course and 30 from the modern physics course. All were volunteers and they came from several lecture sections. They had earned grades at or above the mean in their respective courses. The interviews with the introductory students took place during the last week of the

the modern physics course, the students had reviewed this material and covered similar topics in the context of matter waves. The interviews, from 3/4 to 1 hour in length, were videotaped.

The students were shown a small bulb, a screen, and a mask with a rectangular aperture 1 cm wide and 3 cm tall. (See Fig. 2.) They were asked to predict what they would see on the screen and how this would change as the aperture is gradually narrowed to become a slit. Initially, the geometric image of the aperture would be seen. Eventually, a single-slit diffraction pattern would appear.<sup>11</sup>

### *Identification of difficulties*

The difficulties revealed by the written questions and interviews were similar. Among the introductory students, there was a tendency to use a hybrid model with features of both geometrical and physical optics. For example, some students seemed to believe that light passing through the center of the slit forms a geometric image, while light striking the edges of the slit is bent to form other bright regions on the screen. [See Fig. 3(a).] Some modern physics students expressed a similar belief but used a hybrid model that incorporated photons. [See Fig. 3(b).] Their exposure to more advanced material seems to have introduced additional difficulties.

Students often misused comparisons between slit width and wavelength or amplitude. Many considered diffraction to be a consequence of whether or not light could “fit” through the slit. Among the introductory students, some claimed that if the slit *width* were greater than the wave *amplitude*, light would be able to pass through the slit but that if the slit width were less, no light could emerge. [See Fig. 3(c).] For these students, the amplitude of a wave had a spatial extent. The modern physics students carried some of the same ideas a step further by introducing photons distributed along sinusoidal paths. [See Fig. 4(a) and 4(b).] The diagrams that they drew indicated that the photons would not get through the slit if the amplitude of the wave were greater than the slit width.

Underlying the specific difficulties illustrated above was a more basic difficulty. Students often failed to relate diffraction effects to differences in path length ( $D$ ) or phase ( $\phi$ ). They had not developed a basic wave model that they could use to account for the diffraction of light through a narrow slit in the far-field limit.

Comparison of performance on quantitative and qualitative questions

As can be seen from Table I, student performance on the qualitative question was much poorer than on the quantitative question. Even the students ( $N \sim 130$ ) who had previously been given the quantitative question had difficulty with the qualitative question. When explanations were ignored, the success rate was about 45%. When explanations were considered, this percentage dropped to approximately 10%. These results support the following generalizations related to learning and teaching (in italics).<sup>12</sup>

- ❖ Facility in solving standard quantitative problems is not an adequate criterion for functional understanding. *Questions that require qualitative reasoning and verbal explanation are essential for assessing student learning.*

---

<sup>11</sup> The investigator tried to ensure, either tacitly or overtly, that certain simplifying assumptions would be made. If the students seemed to think of the bulb as an extended source, they were told to treat it as a point source. If they recognized that the light would be composed of many colors, they were told to imagine a red bulb.

### *Double-slit interference*

Double-slit interference provided another context for exploring student thinking about wave phenomena. Qualitative questions revealed that many students did not recognize that two slits are necessary to produce a double-slit pattern. Below is an example.

#### Qualitative question

The students were shown a photograph of the central portion of a double-slit interference pattern, in which all the maxima are of similar intensity. (See Fig. 5.) The students were asked to sketch what would appear on the screen if the left slit were covered. To respond correctly, they needed to recognize that the minima are due to destructive interference of light from the two slits and that each slit can be treated as a point source. After the left slit is covered, the interference minima would vanish and the screen would be (nearly) uniformly bright.

#### Identification of difficulties

This question was asked in several lecture sections of the calculus-based course ( $N \sim 600$ ) with similar results before and after standard instruction. In the section with the best results, about 40% of the students answered correctly. (See Table II.) Overall, about 45% gave answers reminiscent of geometrical optics. Many claimed that the pattern would be the same, but dimmer. Others predicted that the maxima on one side would vanish, leaving a dark region, or that every other maximum would vanish. In the graduate teaching seminar ( $N \sim 50$ ), about 55% of the participants stated that the screen would be uniformly bright. About 25% claimed that a single-slit diffraction pattern with minima would appear. However, since the interference maxima are of similar intensity, it can be inferred that the fringes lie within the central maximum of the diffraction pattern.

Questions on multiple-slit interference yielded similar results. Analysis of student responses for double and multiple slits led to the identification of two prevalent difficulties: (1) a failure to interpret the pattern as resulting from the interference of light from two (or more) slits and (2) a tendency to use ideas from geometrical optics to account for interference effects. At a still more fundamental level, the basic underlying difficulty was the failure of students to relate interference effects to differences in path length ( $D$ ) or phase ( $\phi$ ). As with single-slit diffraction, the students had not developed a wave model that can account for the interference of light.

## IMPLICATIONS FOR THE DESIGN OF INSTRUCTION

The results discussed in the preceding section are consistent with those from other studies by our group. They support several sets of generalizations on learning and teaching that have constituted a model for curriculum development by our group.<sup>12</sup> These generalizations are empirically based in that they have been inferred and validated through research. A few are listed below. Each set is followed by a short commentary.

- ❖ A coherent conceptual framework is not typically an outcome of traditional instruction. *Students need to participate in the process of constructing qualitative models and applying these models to predict and explain real-world phenomena*

There is by now ample evidence that many students emerge from introductory physics without having developed a coherent conceptual framework for some basic topics. Helping students build a

effective approach for helping students understand the relationships and differences among concepts is to engage them actively in the model-building process. Not only does this approach promote conceptual development, it also provides some direct experience with the nature of scientific inquiry.

- ❖ Growth in reasoning ability often does not result from traditional instruction. *Scientific reasoning skills must be expressly cultivated.*

Conceptual models in physics are often inseparably linked with particular lines of reasoning. We believe that conceptual models and the chain of reasoning through which they are developed and applied must be learned concurrently. A critical element in the development of a functional understanding is that students be given the opportunity to go step-by-step through the reasoning involved in the development and application of important concepts. We have found that when they do so, they can significantly deepen their understanding of even very difficult material.

- ❖ Certain conceptual difficulties are not overcome by traditional instruction. *Persistent conceptual difficulties must be explicitly addressed in multiple contexts.*

Some difficulties that students have in learning a body of material are addressed through standard instruction or gradually disappear as instruction progresses. However, research has shown that certain conceptual difficulties are persistent and highly resistant to instruction. For most students, explanations by an instructor are inadequate. They need a different type of assistance to bring about a significant change in their thinking.

- ❖ Teaching by telling is an ineffective mode of instruction for most students. *Students must be intellectually active to develop a functional understanding.*

We have found in a variety of topics that on certain types of questions, student performance in traditional courses is essentially the same: before and after instruction, in calculus-based and algebra-based physics, with and without a standard laboratory, with and without demonstrations, in large and small classes, and irrespective of the lecturer. The role of the lecturer is clearly important. He or she is the one who motivates the students and the one to whom they look for guidance about what they need to learn. The lecturer, however, cannot do the students' thinking for them. They must do it for themselves. Regardless of how lucid explanations are, significant conceptual change does not take place without a major intellectual commitment by the students.

## DEVELOPMENT OF A RESEARCH-BASED CURRICULUM

To illustrate the approach that our group takes to curriculum development, we give a brief description of *Tutorials in Introductory Physics*.<sup>13</sup> The emphasis in the tutorials is on constructing concepts, developing reasoning skills, and relating the formalism of physics to the real world, not on transmitting information and solving standard problems.

### *Instructional context*

Each tutorial sequence consists of a pretest, worksheet, homework assignment, and one or more examination questions. The 10-minute pretest helps focus student attention on the topic to be addressed in the tutorial. The pretest serves to *elicit* specific conceptual and reasoning difficulties that have been identified by research or teaching experience. During the subsequent 50-minute tutorial sessions, students work collaboratively in groups of 3 or 4. The structure is provided by worksheets that consist of carefully sequenced questions and exercises that guide students through the reasoning necessary to develop a functional understanding of important concepts. In designing

---

the worksheets, we strive to ensure that the steps in reasoning are neither too small nor too large to engage the students productively. The worksheets also help the students to *confront* and to *resolve* specific difficulties and to *apply* the concepts in different contexts. Tutorial homework assignments help students reinforce and extend what they have learned during the tutorial sessions. Besides providing additional practice in applying the concepts, the homework gives students the opportunity to *reflect* and to *generalize*. Questions based on the tutorials are included on every course examination and serve as post-tests.

During the sessions, graduate and undergraduate teaching assistants help the students by questioning, not by telling. Preparation of the tutorial instructors takes place in the required weekly seminar, in which the teaching assistants take the same pretests and work through the same tutorials as the students. We consider a tutorial to be reasonably successful when the achievement of the introductory students on post-tests matches (or surpasses) that of the graduate students on the corresponding pretests.

### ***Tutorial sequence***

The tutorials on physical optics guide students through the process of constructing a qualitative wave model that can account for interference and diffraction effects. The series of tutorials begins with interference in the context of water. Waves in a ripple tank are much less abstract than light waves. This environment forms a visual representation of wavefronts and provides a framework in which students can derive the mathematical relationships for locating the maxima and minima of an interference pattern. We knew from previous research that students often do not apply the principle of superposition properly. By investigating what happens when water waves combine under different conditions, we hoped that they might be better able to apply superposition to light.

After working through the tutorial on two-source interference in water, the students are guided in making an explicit analogy between water waves and light waves. Like other analogies that are obvious to physicists, we have found that this one often eludes students. Our experience supports the following generalizations.<sup>12</sup>

- ❖ Connections among concepts, formal representations (algebraic, diagrammatic, graphical, *etc.*) and the real world are often lacking after traditional instruction. *Students need repeated practice in interpreting physics formalism and relating it to the real world.*

The tutorials on double-slit interference are followed by tutorials on multiple-slit interference and on single-slit diffraction. The series culminates with a tutorial on the combined interference and diffraction pattern produced on a distant screen by two slits of finite width. A more detailed discussion of the tutorials on physical optics and of the rationale that guided their development can be found in previously published papers.<sup>9</sup>

## ASSESSMENT OF STUDENT LEARNING

The primary means of assessment of the tutorials has been through pretesting and post-testing, mostly with qualitative problems. Our experience indicates that simple, conceptually-based questions are often a better test of student understanding than more difficult problems that can be solved through direct application of formulas or algorithms.

Student performance on post-tests is compared to the results from the corresponding pretests. The post-tests may or may not be similar to the pretests. We have found that prior experience with

returned to the students. They are expected to be able to answer the questions by working through the tutorials.) The post-tests require an understanding of the concepts covered in the tutorials. However, they are designed so that they cannot be answered on the basis of problems that students have memorized.

In this paper, the data on student performance in introductory physics are from the calculus-based course. Results from the algebra-based course are similar. The pre- and post-test data from our university are supplemented by information obtained from pilot sites. This feedback helps us determine the effectiveness of the tutorials in different instructional settings and guides us in modifying the curriculum accordingly.

### ***Multiple-slit interference***

Ever since tutorials were introduced in the calculus-based physics course at the University of Washington, all examinations have included qualitative problems related to topics from the tutorials. Student performance on these problems has been the most common form of assessment. Below we describe a set of pretest and post-test questions to assess the tutorials on double-slit and multiple-slit interference.

#### Pretest

On the pretest, the students are shown the central portion of the pattern formed by light incident on a mask with two very narrow slits separated by a distance  $d$ . (See Fig. 5.) A point of maximum intensity,  $B$ , is marked. The students are told that the two-slit mask is replaced by a three-slit mask with the same separation  $d$  between adjacent slits. They are asked whether point  $B$  would still be a point of maximum constructive interference. This question requires application of the ideas of path length difference and superposition. From the pattern, it can be seen that light from two slits a distance  $d$  apart is in phase at point  $B$ . Since the distance between adjacent slits in the three-slit mask is also  $d$ , light from all three slits is in phase at point  $B$ . [See Fig. 6(a).] Thus point  $B$  will still be a point of maximum constructive interference but brighter than before. This question was given to about 560 students, either before or after lecture instruction. Since the results were similar, the data have been combined in the first column of Table III.

About 30% of the students have answered this question correctly. However, fewer than 5% have given correct reasoning. Most of the students have failed to consider path length differences and to reason in terms of superposition. About 60% of the participants in the graduate teaching seminar ( $N = 55$ ) have given the correct response. About 25% have given correct explanations. (See column 3 of Table III.)

#### Post-test

In one of the post-test questions, students are shown the same double-slit interference pattern as was used for the pretest. (See Fig. 5.) In this case, however, they are asked how the intensity at point  $B$  changes when a third slit is added a distance  $d/2$  to the right of the rightmost slit. The students need to recognize that the waves from the original two slits are in phase at point  $B$ . When the third slit is added, the waves from this slit are  $180^\circ$  out of phase with the waves from both of the other slits. [See Fig. 6(b).] Therefore, the intensity at point  $B$  decreases. This question requires students to extend their thinking to a situation beyond their experience, *i.e.*, when the slits are not evenly spaced.

The results of the post-test question are shown in the second column of Table III. About 80%

added. About 40% have given correct reasoning. The improvement indicates that the tutorial helps students learn how to take into account the path length (or phase) difference in a situation in which they could not resort to a formula. As shown in Table III, the introductory students did better on the post-test than the teaching assistants on the pretest, one of our criteria for a successful tutorial.

### *Effectiveness of the tutorials*

Physics examinations at our university consist mostly of quantitative problems. The inclusion of qualitative problems in the calculus-based introductory course has been largely due to the implementation of tutorials. As illustrated above, the tutorials have had a very positive effect on the ability of students to solve qualitative problems of the type illustrated. For most students, the post-tests have shown marked improvement over the corresponding pretests, with the undergraduates often matching (and sometimes surpassing) the graduate students on the pretests.

There is considerable evidence that time spent on developing a sound conceptual understanding does not detract from the ability of students to solve quantitative problems. In spite of less time devoted to practice on quantitative problem solving, students who have worked through the tutorials have done somewhat better on standard numerical problems than those who have not had this experience. On quantitative problems that cannot be solved by substitution in formulas but require understanding of the concepts, students who have worked through the tutorials have done much better than others. When we have been able to match performance on quantitative problems by tutorial and non-tutorial students, the tutorial students have done somewhat better (and sometimes much better), despite spending much less time on such problems.<sup>14</sup> Moreover, there is evidence that the type of intellectual effort demanded of students by the tutorials leads to a higher retention rate than that resulting from standard instruction.<sup>15</sup>

For the tutorials to be useful beyond our university, the results must be reproducible in other instructional settings. Several other universities and two-year and four-year colleges serve as pilot-sites at which we can assess effectiveness. In all instances for which we have data, the results have been consistent with those from our university.

## CONCLUSION

The results from the research discussed in this paper indicate that many students who have studied physical optics at the introductory and more advanced levels do not develop a coherent wave model that they can apply to account for the diffraction and interference of light. We have also identified similar difficulties about the wave nature of matter among students in more advanced courses.<sup>16</sup> For these and other topics, we have found that advanced study does not necessarily overcome serious conceptual and reasoning difficulties with basic material.<sup>17</sup> Unless these are explicitly addressed at the introductory level, they are likely to persist even after instruction in more advanced courses. The tutorials discussed in this paper have been developed in response to this need. They are one example of how, within a small allotment of time, a research-based curriculum

---

<sup>14</sup> For a specific example that documents this statement, see the second article in Ref. 9.

<sup>15</sup> See, for example, the first article in Ref. 1, the third article in Ref. 2, and G.E. Francis, J.P. Adams, and E.J. Noonan, "Do they stay fixed?" *Phys. Teach.* **36** (8), 488–490 (1998.)

<sup>16</sup> See the first article in Ref 3.

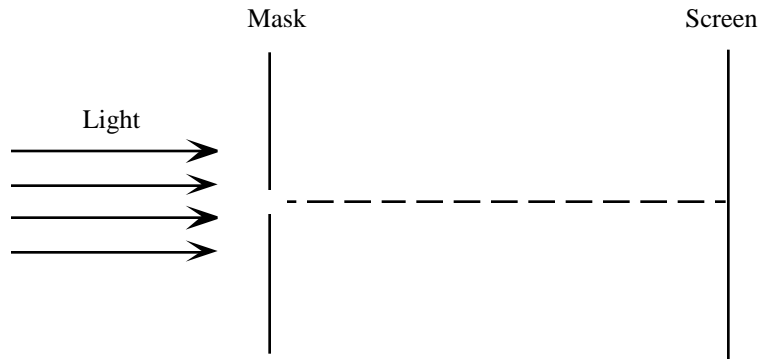
<sup>17</sup> Although graduate students do considerably better than introductory students on the tutorial pretests, their responses indicate that many have not resolved some serious conceptual difficulties. (Although these often do not prevent them from solving quantitative problems successfully, these difficulties can interfere with their effectiveness as instructors.) See, for example, the articles in Refs. 2 and 3 and the first two articles in Ref. 8. See also, T. O'Brien

can help students learn to do the kind of qualitative reasoning that can make physics meaningful to them and establish a sound basis for quantitative problem-solving.

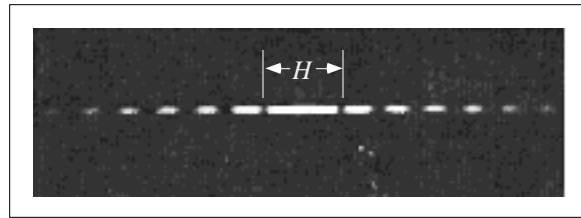
Meaningful learning connotes the ability to interpret and use knowledge in situations that differ from those in which it was initially acquired. Even when formulas and procedures are successfully memorized, they are likely to be forgotten after the course ends. An understanding of important physical concepts and the ability to do the reasoning necessary to apply these in a variety of situations is of greater lasting value. To this end, students need to learn to ask themselves the types of questions necessary to determine if they do or do not understand a concept. They also need to recognize what types of questions they must ask in order to develop to a functional understanding. Insights gained from research on the learning and teaching of physics can help achieve this goal, which is important for all students but especially for teachers and majors.

### **ACKNOWLEDGMENTS**

The work reported in this paper is the result of close collaboration by many members of the Physics Education Group, present and past. Substantive contributions were made by Paula R.L. Heron, Peter S. Shaffer, and Stamatis Vokos. The doctoral dissertations of Karen Wosilait and Bradley Ambrose provided the research base. Support by the National Science Foundation is also gratefully acknowledged.



(a)



(b)

Figure 1: (a) Diagram from quantitative question on single-slit diffraction. Students are told that the slit width  $D$  is equal to  $4\lambda$ . They are asked whether minima would appear on the screen and, if so, to calculate the angle to the first minima. (b) Diagram used in qualitative question on single-slit diffraction. Students are asked whether the slit width is greater than, less than, or equal to the wavelength.

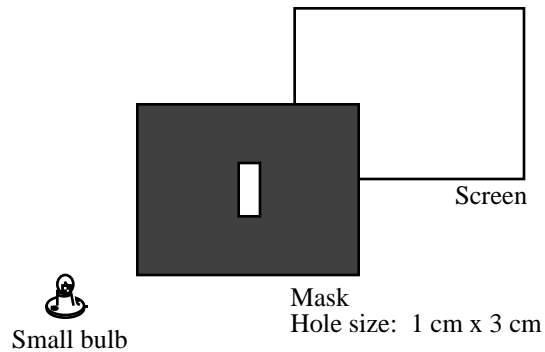
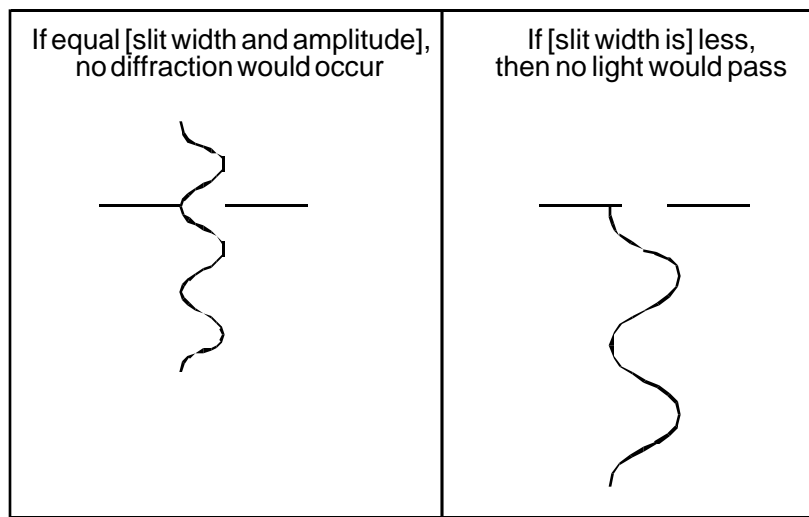
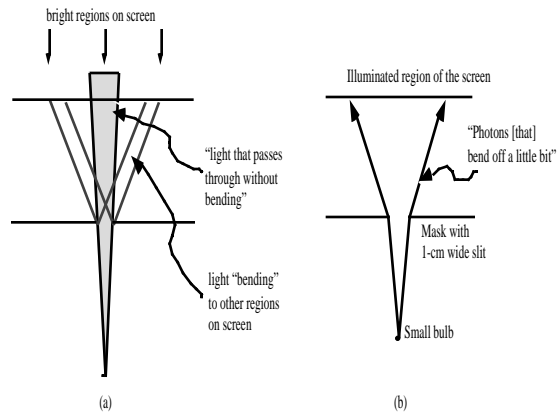


Figure 2: Apparatus used in individual demonstration interviews. Students are asked to predict what they would see on the screen: (1) for the situation shown, (2) for the situation in which the bulb is moved farther and farther from the mask, and (3) for the situation in which the slit is made narrower and narrower.



(c)

Figure 3: (a) Sketch by student who treated central bright region as geometric image and diffraction fringes as resulting from light bending at edges of slit. (b) Sketch by a modern physics student who believed that photons travel on straight paths that "bend" near the edges of a slit. (c) Sketch by student who treated light as a wave with an amplitude that is a spatial quantity.

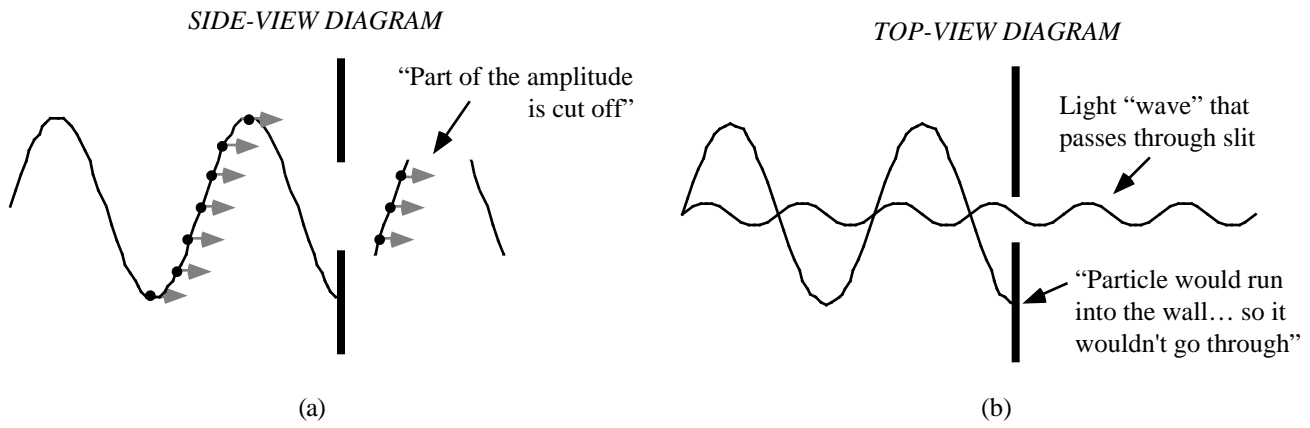


Figure 4: Sketches by modern physics students treating photons as traveling along sinusoidal paths.

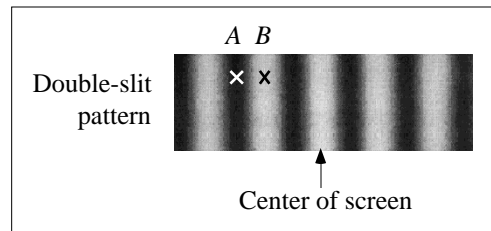
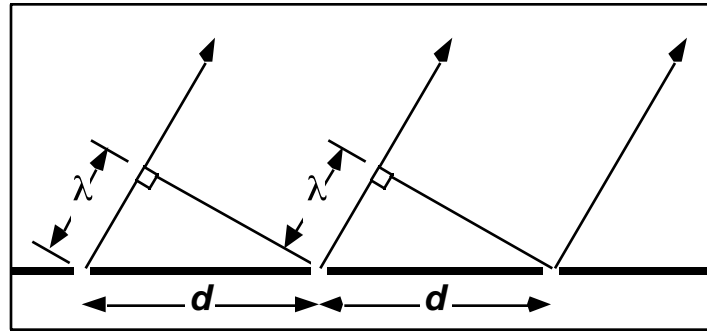
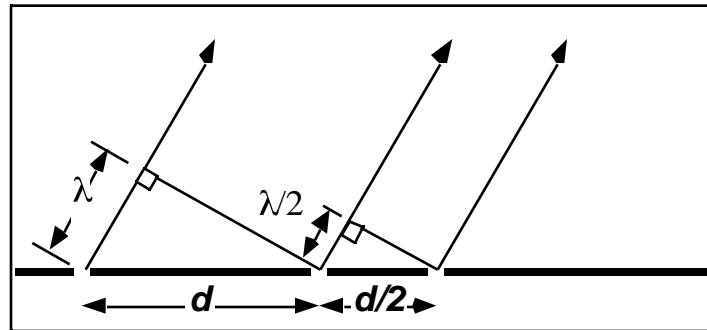


Figure 5: Diagram used in written questions on double-slit and multiple-slit interference.



(a)



(b)

Figure 6: Arrangement of slits in (a) pretest and (b) post-test for multiple-slit interference. The diagrams show a ray from each slit to a distant point  $B$ , which was a maximum for the two left slits before the third was added. The differences in distance from adjacent slits to point  $B$  are marked.

Table I: Results from quantitative and qualitative questions on single-slit diffraction posed after standard instruction in introductory calculus-based courses. On the quantitative question, students are asked whether any minima would occur for the situation shown in Fig. 1(a) and, if so, to calculate the angle to the first minimum. On the qualitative question, students are asked whether the slit that produced the diffraction pattern in Fig. 1(b) has width greater than, less than, or equal to the amplitude.

	Students in introductory calculus-based course		Graduate Students
	Quantitative question	Qualitative question	Qualitative question
	After standard instruction ( <i>N</i> 130)	After standard instruction ( <i>N</i> 510)	( <i>N</i> 95)
Minima exist (quantitative question) $a < \lambda$ (qualitative question)	85%	45%	80%
Correct angle (quantitative question) Correct reasoning (qualitative question)	70%	10%	55%

Table II: Results from question on double-slit interference based on Fig. 5, in which students were asked to sketch what would appear on the screen if one slit were covered.

	Students in introductory calculus-based course	Graduate Students
	After standard instruction ( <i>N</i> 600)	( <i>N</i> 50)
Correct: Screen is essentially uniformly bright	40%	55%
Incorrect: Interference minima remain when one slit is covered.	45%	--
Diffraction minima appear on screen	--	25%

to the right of the rightmost slit in the following ways: (1) with the original slit separation,  $d$  (pretest) or (2) with half the original slit separation,  $d/2$  (post-test). [See Figs. 2 and 7(a) and 7(b).]

	Students in introductory calculus-based course		Graduate students
	Pretest before tutorial  (N = 560)	Post-test after tutorial  (N = 405)	Pretest   (N = 55)
<i>distance between second and third slits</i>	$d$	$d/2$	$d$
Point B (maximum for two slits)  correct with correct reasoning	30% < 5%	80% 40%	60% 25%

MESA REDONDA  
Round Table

NOVAS TECNOLOGIAS NA PREPARAÇÃO  
DE FÍSICOS E PROFESSORES DE FÍSICA  
*New technologies in the preparation of  
physics majors and physics teachers*

**Alberto Maiztegui, Argentina**  
**Flávia Rezende, Brasil**  
**Ricardo Buzzo, Chile**



## UNA NUEVA TECNOLOGÍA APLICADA A LA EDUCACIÓN EN LA FÍSICA

**A.P. Maiztegui**

**G. Chamorro**

**J. Tisera**

F.A.M.A.F., Universidad Nacional de Córdoba

5000 Córdoba, Argentina

maiztegui@acad.uncor.edu

Dos de las tecnologías más destacadas empleadas en la Educación son la informática y los videos; y de ellas la más difundida es la informática. Nosotros creemos que los videos ofrecen posibilidades que aún no han sido suficientemente advertidas por los docentes, y por eso estamos interesados en llamar la atención sobre sus buenas propiedades.

Digamos en primer lugar que un video destinado a ser usado en una clase de Física no reemplaza al docente, ni al laboratorio ni a un libro de texto: lo consideramos un muy útil elemento complementario. Nuestra convicción sobre los beneficios de aplicar videos a la enseñanza se apoya en que no se trata de desarrollar un curso mediante videos, sino de usar un video en un curso cuando las circunstancias lo aconsejan y está disponible un video con las características requeridas.

También creemos necesario decir que para que verdaderamente sea útil, o para aprovechar sus virtudes potenciales el docente debe reflexionar acerca de cómo usarlo. Lo que sigue son nuestras sugerencias para aprovechar mejor el uso de un video en el aula de clase. Para ello dividimos nuestra propuesta en dos partes: primera parte "Cómo realizar un video" y segunda parte "Cómo usar un video en el aula".

### **Cómo realizar un video:**

1. De acuerdo con lo dicho, el tema de un video ha de ser **conceptualmente básico**, preferentemente de aquellos temas que por lo general se consideran como temas "ya sabidos" o "fáciles", y sin embargo encierran situaciones alternativas. Creemos que no se justifica el esfuerzo necesario para hacer un video si las dificultades didácticas del tema no lo justifican.
2. La elección del tema ha de acompañarse con la identificación de los destinatarios del video; es decir, de una descripción clara de aquellos estudiantes a los cuales estará dirigido el video, del nivel científico que se proponga, y de los medios disponibles en la institución escolar y también de sus carencias.
3. Una de las razones de ser de un video educativo de Física es la de servir de apoyo al docente cuando éste no dispone de un instrumental que el autor considera didácticamente eficiente. Esto le exige al autor el diseñar sus experimentos con sumo cuidado no sólo para que funcione en forma excelente en el estudio de filmación, sino para que el camarógrafo use técnicas y realice tomas que muestren con nitidez los aspectos del experimento que el autor desea que el estudiante vea con claridad.
4. En cuanto a la secuencia de las ideas a ser presentadas, el autor ha de asegurarse de avanzar desde las ideas más simples (simples desde el punto de vista racional y desde el punto de vista de la imagen televisiva ofrecida) a las progresivamente más complejas.
5. El autor podrá usar instrumental sencillo y "de bajo costo" pero también instrumental sofisticado cuando disponga de él. Nuestra idea es que el instrumental sencillo puede (aunque no siempre) mostrar mejor la esencia del concepto que se está construyendo y también puede servir de sugerencia para que el docente y el alumno se sientan capaces de reproducirlo con

También será útil presentar equipos muy desarrollados como ejemplo de aplicación muy elaborada del concepto o de la información tratada en el tema, equipos que sin la exhibición en un video generalmente quedan fuera del alcance del estudiante y también de muchos docentes. Esta línea de pensamiento incluye la incorporación a un video didáctico de equipos industriales donde se aplican tecnologías desarrolladas a partir del concepto científico que se está estudiando en esa clase.

6. El autor ha de estar atento a incluir relaciones del tema de Física en estudio, con otras ciencias, incluso con temas históricos o literarios.
7. Un recurso que consideramos útil para llamar la atención del estudiante y motivar su curiosidad es interrumpir la proyección de un video y plantear preguntas o problemas cualitativos al espectador. Puede promoverse así una situación de diálogos fructíferos entre el docente y sus estudiantes o, mejor aún, entre estos últimos.
8. Creemos conveniente que un video didáctico esté formado por bloques breves (de duración entre dos y cuatro minutos) cada uno de ellos referido a un concepto básico simple (simple en el sentido de "no complejo").
9. Encontramos aconsejable elaborar previamente un esbozo de guión donde se enumeren:
  - a) los experimentos a ser filmados;
  - b) se describan los diálogos entre los actores del video;
  - c) las representaciones gráficas a ser filmadas, asegurándose que luego, en la pantalla del televisor, **todos los detalles sean visibles desde el fondo del aula** (condición inexorable, pero muchas veces descuidada por excelentes científicos y docentes);
  - d) diseñando las visitas a lugares de interés y las entrevistas a realizar.
 El guión definitivo deberá estar "pensado en imágenes", aquellas que verán los estudiantes y docentes cuando miren y examinen el video producido.
10. Si el desarrollo de una película es cautivante, se produce una identificación entre el espectador y el actor. Por eso creemos aconsejable la participación como actores jóvenes que representen alumnos
11. Creemos conveniente que el autor favorezca la inclusión de diálogos espontáneos entre los actores, aún apartándose del texto escrito en el guión, siempre que se conserve apropiado el cambio.
12. Para aprender es necesario no sólo recibir el mensaje sino interpretarlo. Para lograrlo debe darse tiempo al televidente (tiempo que no es el mismo para todos). Para eso, además del tiempo destinado a una imagen en el guión, podrá aplicarse recursos propios del mecanismo televisivo tales como *detención* de la imagen, o retroceso y *proyectarla nuevamente*, o en *cámara lenta* o en *cámara rápida*.

Para lograr el propósito de que el alumno logre percibir lo que se le está ofreciendo, también habrán de aplicarse recursos televisivos como subrayar palabras o destacarlas con colores, incorporar música u otras señales auditivas apropiadas.

El autor también ha de considerar la gradual disminución de la perceptividad por cansancio.

### **Cómo usar un video en el aula**

1. Una tarea importante, a ser realizada por el docente que use videos, es la elección de uno de ellos por sus virtudes didácticas. Una vez elegido, el docente deberá verlo por lo menos una vez, cuidadosamente, antes de usarlo en el aula.
2. Si el autor del video lo ha dividido en bloques, ello será una ayuda importante para el docente. Si no, es éste, el docente, quien deberá preparar su proyección por bloques.
3. Creemos que difícilmente cumpla su misión educativa eficientemente un video presentado sin

Entre bloque y bloque el docente ha de promover:

- a) diálogos entre él mismo y sus alumnos, y entre los alumnos;
- b) la presentación de preguntas por parte de los alumnos, o por el docente mismo, y la discusión o análisis de las respuestas;
- c) que los alumnos tomen notas sobre la información del bloque observado, o dibujos de los experimentos;
- d) comentarios críticos de los alumnos, etc. ...

En otras palabras: el docente tratará de que cada alumno sea un espectador activo.

4. El docente encontrará bloques que justifiquen (por su interés didáctico) repetirlo, total o parcialmente, aprovechando la tecnología de la videocasetera (funciones "slow" –"still"):

- a) comparando tomas del video con ejemplos de la vida diaria, o promoviendo entre los alumnos la búsqueda de esos ejemplos;
- b) relacionando imágenes del video con temas afines de otras ciencias;
- c) imaginando otros experimentos, y excitando la imaginación de sus alumnos;
- d) proponiendo problemas (numéricos y no numéricos) y resolviéndolos con sus alumnos. Todo esto forma parte de la concepción de espectador activo.

5. Creemos deseable una culminación del uso del video en clase con su proyección ininterrumpida concebida como "función integradora" del trabajo realizado previamente

6. Un aspecto interesante pero difícil de llevar a la práctica es ofrecer al alumno la accesibilidad para ver el video:

- a) individualmente (así como se lee un libro en una biblioteca);
- b) en grupo, en horario extra-escolar convenido con las autoridades;
- c) en su casa. El video es un producto tecnológico que complementa didácticamente la tarea del aula, que posee un atractivo cautivante largamente comprobado, y que por ello merece atención como herramienta educativa.



## **NEW TECHNOLOGIES IN THE TRAINING OF PHYSICISTS AND PHYSICS TEACHERS**

**Flávia Rezende**

Laboratório de Tecnologias Cognitivas – NUTES-UFRJ

CCS, Bloco A – sala 26

Ilha do Fundão – Rio de Janeiro – CEP: 21949-900

frezende@nutes.ufrj.br

New technologies are being used in a wide variety of ways in the training of physicists and physics teachers in Brazil. We know that physics students start to use new technologies as soon as they begin to work on research programs, for example using material from the internet, controlling experiments, using computer calculus, statistics, simulation and modelling packages. The important point here is that they continue using these tools throughout graduate studies and into professional life.

In the case of physics teachers, new technologies can be used for learning and teaching. This is the crucial difference. Even when they use new technologies to control experiments, and for other purposes, in initial training, there may be a discontinuity in the use of such new technologies when they begin teaching. The reason for this discontinuity may lie in the constraints placed upon the use of new technologies in schools by the educational policies of successive Brazilian governments. Despite such teaching conditions in the schools, the use of new technologies by physics teachers could certainly be increased were they but trained adequately and had they access to quality educational software. Initiatives being undertaken at the Federal University of Rio de Janeiro concerning these two factors will be briefly presented as examples of the kinds of approach which should be adopted in Brazil to enhance perspectives in the use of new technologies in the teaching of physics.

### **New Technologies in Brazilian Schools**

The Brazilian government's first attempts at fostering the use of new technologies in education were made in the early 1980's, with the aims of protecting the Information Technology (IT) industry and of developing locally scientific and technological know-how. In such circumstances, it fell to the Ministry of Education to fulfil government objectives in extending the use of IT into society. Based on such premises, the Educom ("Education with Computers") program was launched by the government in 1983. Despite having suffered budget cutbacks, this program achieved a fair number of its goals. At the Federal University of Rio de Janeiro, one of the five public universities involved in the program, some 120 pieces of courseware were developed for high-schools in physics, biology, chemistry and mathematics, although they unfortunately became technologically obsolete very soon afterwards. However, material produced by the physics group based on that research and on the constructivist framework can still be considered helpful today in the teaching of physics. The results of the Educom program have guided later programs, such as the National Program for IT in Education (Proninfe) launched by the Brazilian government in 1989. This program proposed teacher-training courses on IT in education in association with the universities.

Another program, ProInfo, begun in 1997, built upon previous initiatives in teacher training by running state-administered, *lato sensu* courses as joint ventures with the universities. This program, still in existence today, aims to make IT universally available in state schools. Some of the goals set in 1997 and 1998 were to have 100,000 computers in schools, 200 Centers of Educational Technology and to provide training for 25,000 teachers.

Despite the efforts of the ProInfo Program and the funds invested, the use of new technologies is still mainly restricted to the use of computers and videos in education, because students' access to the Internet is still very limited. A description of the current situation regarding the use of new technologies in schools would be that there are IT laboratories, chiefly in the independent schools; computer use is related neither to the curriculum nor to the teacher's work; the computer is used mainly for computer-literacy and learning reinforcement.

### **Educational Use of New Technologies**

One of the factors that influence the use of new technologies in education is the contribution of research to new theories concerning human cognition. An important milestone was reached with the migration from a behaviourist to a constructivist paradigm. Constructivism applied to instructional design changed the role of the computer in education: the computer was no longer "a tutor", as it had been under the behaviourist paradigm. Educational approaches derived from Constructivism, as exemplified by Cognitive Flexibility Theory (Spiro et al, 1992) and Situated Cognition (Brown et al., 1989) are also employed to guide the development of constructivist learning environments and hypermedia systems. A common aspect among these frameworks is the use of technology to simulate reality.

Constructivist learning environments challenge students to collaborate in seeking solutions to real-life problems (Brown et al., 1989, Wilson, 1996). These environments can provide realistic simulations using videodiscs or virtual reality in which students have to solve scientific problems as if they really were scientists. Students engage in the problem, gather data, formulate hypotheses for its solution and come to decisions and make judgements.

The design of hypermedia systems can be well-suited to the kinds of "landscape criss-crossing" as recommended by Cognitive Flexibility Theory and needed in ill-structured domains, as they can provide rearranged instructional sequences, multiple dimensions of knowledge representation and multiple interconnections across knowledge components, as provided by the following elements (Jacobson, 1994):

- (i) Cases and rich examples;
- (ii) Multiple forms of knowledge representation;
- (iii) Link abstract concepts to case examples;
- (iv) Demonstrate conceptual and thematic variability in ill-structured domains;
- (v) Interrelated and web-like nature of knowledge;
- (vi) Knowledge assembly from different conceptual/thematic and case resources;
- (vii) Promote active learning.

Although all these resources are available, little attention is being paid to the educational use of new technologies (including video) either by physics education researchers or by physics teachers in this subject, a fact reflected in the low number of papers being presented at recent Brazilian conferences on physics or science education (Table 1).

Table 1  
Papers discussing the Use of New Technologies presented  
in Physics or Science Education Brazilian Conferences

<i>Conference</i>	<i>Year</i>	<i>N<sup>o</sup> of Papers</i>	<i>% Papers</i>
XIII Simpósio Nacional de Ensino de Física	1999	204	10%
II Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências	1999	169	2%
VII Inter-American Conference on Physics Education	2000	131	10%
VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física	2000	108	9%

In addition to the relatively small number of papers presented on the educational use of new technologies, it is known that the transfer of academic research into practice is slow and far from simple. As a result, what we see in schools is that the software used consists of predominantly proprietary packages, (e.g. Excel, Word) and it is rarely related to subjects in the curriculum.

If we look at the Brazilian market in educational software, we see that commercial development of educational software is not based on the newer academic research. This results in low-quality software, much of which is still in the behaviourist paradigm, for example tutorials and “drill & practice”. Another problem with commercial software is that it lacks a description of the educational approach upon which it is founded, the recommended age and media used. An interesting point to note is that, although manufacturers are producing more and more educational packages, they are entertainment packages and are not designed with classroom use in mind.

### Teacher Training

If we were to ask what might be done in order to improve the educational use of new technologies by physics teachers, an answer would be to invest more in specific training. Both academic literature and everyday experience highlight the teacher as the crucial factor to the success of the use of technologies in schools (Collis, 1996). For this reason, physics teachers should take advantage of this opportunity to gain the necessary multi-disciplinary knowledge within the domain of physics, to learn new theories and IT, and if not actually develop their own materials, be in a position to ask for them. Furthermore, with such a background, they would be better able to assess the quality of existing software.

Training in the use of new technologies is an excellent opportunity for teachers to re-think their instructional practice. The question they should perhaps ask themselves is whether they would want to use new technologies to reinforce their practice, or to change it. Such a change would involve a new conceptualisation of learning, which in turn would mean a new role both for teachers and also for students.

Although some initiatives resulted from the ProInfo program having addressed teacher-training in this context, and although undergraduate physics teachers’ initial training-courses are now starting to include modules on the educational use of new technologies, there are hurdles yet to overcome in decreasing the discontinuity in the use of new technologies when physics teachers start teaching. One such is the fact that students’ use of the new technologies outside school is increasing but it is unrelated to what those students do at school. It is common knowledge that integrating new

important element of the problem, especially in Brazil, where teachers do not receive adequate remuneration for their work.

### **Initiatives to Foster the Use of New Technologies in the Teaching of Physics**

Physics teachers face many difficulties in attempting to incorporate new technologies into their teaching practice. Even when they consider it important, they rarely have the necessary instructional support or material. In the majority of cases, schools have IT laboratories, but do not have satisfactory educational software. We are encouraged to think that the use of new technologies by physics teachers could be increased if they could rely on high-quality educational software and if they had the opportunity to address this topic during their initial or in-service training. Two projects being carried out at the Federal University of Rio de Janeiro - one concerning the development of a hypermedia system for high school or introductory physics undergraduate courses, the other being an in-service distance course that serves to support physics teachers in conceiving technological innovations - are presented here as examples of steps aimed at stimulating the use of new technologies by physics teachers.

A hypermedia system was developed to help student overcome conceptual difficulties brought to light in a written test based on “Force Concept Inventory” (Hestenes et al., 1992) and sat by 120 freshmen students on the Science (Physics, Chemistry and Mathematics) Teaching Undergraduate Course. The hypermedia system, entitled “Force & Movement” (Rezende, 1996), presents simulations of phenomena and provides two different types of navigation: *one typically non-linear, in which students choose the path, visiting pages which deal with physical situations, concepts in Mechanics and Newton’s laws, and the second guided tours which discuss the students’ misconceptions revealed at the beginning of the tour.* The instructional design of the guided tour (Rezende, 1999) is based on the constructivist view of diSessa (1988), which tries to attribute a productive role to student’s knowledge. The sequence of arguments aims at the restructuring of students’ ideas regarding the concepts involved. In 1996, a group of 22 freshmen students used “Force & Movement” as part of regular activities in an introductory physics undergraduate course and it was possible to draw some conclusions about the kind of difficulties they had, the possible benefits that the interaction with the system could bring to restructuring of students’ ideas and what aspects of the system could be reviewed.

Based on these results, the interface design and other characteristics of the system are being reviewed so that the latest version can be submitted to a group of students on the same course. It is intended to continue the study into how students interact with the system and how they learn from simulations.

A distance in-service training course run as a joint venture between Cefet-Campos and the Federal University of Rio de Janeiro will be delivered via the internet for physics teachers from the north of Rio de Janeiro State (Reis et al., 1999, Rezende, 2000a). Distance education is considered adequate, as it can provide the necessary flexibility to keep teachers in service, while accommodating individual needs. Six physics teachers of Cefet-Campos have been trained to work as tutors on the course (Rezende et al., 2000b).

The development and evaluation of the course is proposed within a constructivist approach (Jonassen, 1996) addressing the necessary relationship between theory and practice. Problem-based learning is paramount for independent work, developing the capacity to solve problems cooperatively and with the support of tutors and virtual communication. The proposal involves the

Administration Package called “Universite” . This software is linked to a site whose design features (content, links and navigation objects) try to implement a constructivist learning environment (Schank & Cleary, 1995, Struchiner et al., 1998). The teachers, it is hoped, will solve practical problems and will become acquainted with, and able to evaluate, new materials and new technologies, *thereby encouraging the restructuring of contextual and interdisciplinary approaches of subject-matter, pedagogical innovations using results from physics education research and new technologies.*

## Closing Remarks

Improving the effective use of new technologies in physics education remains a challenge. The difficulties teachers experience in introducing the use of new technologies into their teaching practice may be due to the fact that they themselves have not brought technology into the schools as an answer to school’s needs. From a critical point of view, new technologies in education are sometimes seen as more of a problem than a solution (Apple, 1995). Collis (1996) argues that this is one of the reasons why educational use of new technologies fails to spread widely. Such was the case in the 1980’s regarding the use of computers in education, and it is happening again now, this time with the internet. It might well be thought that the educational use of the internet ought to be easier to exploit, because additional educational software is not necessary, but there is a stumbling-block in that this approach still requires teacher-training related to planning and information assessment.

## References

- Apple, Michael. *Trabalho docente e textos: economia política das relações de classe e de gênero em educação*. Porto Alegre, Artes Médicas, 1995.
- Brown, J. S., Collins, A. & Duguid, P. Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, V. 18, 32-42, 1989.
- Collis, Beth. The Internet as an educational innovation from experience with computer implementation. *Educational Technology*, November-December, 1996.
- diSessa, A. Knowledge in pieces. In G. Forman & P. Pufall (Eds.), *Constructivism in the Computer Age*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1988.
- Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G. Force concept inventory. *The Physics Teacher*, V.30, March, 1992.
- Jacobson, Michael J. Issues in hypertext and hypermedia research: toward a framework for linking theory-to-design. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, Vol 3(2), 141-154, 1994.
- Jonassen, D. O Uso das Novas Tecnologias na Educação a Distância e a Aprendizagem Construtivista. *Em Aberto*, Brasília, ano16, n.70, abr/jun., 1996.
- Reis, Ernesto M., Rezende, Flavia, & Souza Barros, Susana. *Proposta de ambiente construtivista de aprendizagem a distância para a atualização de professores de física do norte-fluminense*. Atas do VI Congresso Internacional de Educação a Distância, Associação Brasileira de Educação a Distância, Rio de Janeiro, 1999.
- Rezende, Flavia. *A Hipermídia no Ensino de Física facilitando a construção de conceitos de Mecânica Básica*. (Tese de Doutorado). Departamento de Educação, PUC-RJ, 1996.
- Rezende, Flavia. Design instrucional de um sistema hipermídia baseado em diagnóstico conceitual de Mecânica básica. *Atas do XIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 1999*.
- Rezende, Flavia, Souza Barros, Susana & Reis, Ernesto M. Aprendizagem baseada em casos na formação continuada a distância de professores de física: contribuições do estudo de uma

- situação presencial. *Anais do VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Florianópolis, SC, março, 2000a.*
- Rezende, Flavia, Souza Barros, Susana & Reis, Ernesto M. *Preparação de orientadores para a formação continuada a distância de professores de física de ensino médio.* Anais da VII Interamerican Conference on Physics Education, Canela, RS, julho, 2000b.
- Schank, Roger c. & Cleary, Chip. *Engines for Education.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Assoc. 1995.
- Spiro, Rand J., Feltovitch, Paul J., Jacobson, Michael J. & Coulson, Richard L. Cognitive Flexibility, Constructivism and Hypertext: Random Access Instruction for Advanced Knowledge Acquisition in Ill-Structured Domains. In T.M. Duffy & D.H. Jonassen (Eds.) *Constructivism and the Technology of Instruction: A Conversation.* NJ, Lawrence Erlbaum, 1992.
- Struchiner, Miriam, Rezende, Flavia, Ricciardi, Regina M. V. & Carvalho, Maria Alice P. Elementos Fundamentais para o Desenvolvimento de Ambientes Construtivistas de Aprendizagem a Distância. *Tecnologia Educacional*, v. 26(142), Jul/Ago/Set., 1998.
- Wilson, Brent G. What is Constructivist Learning Environment? In Brent G Wilson (Ed.) *Constructivist Learning Environments: Case Studies in Instructional Design.* Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications, 1996.

## NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA PREPARACIÓN DE FÍSICOS Y PROFESORES DE FÍSICA

**Ricardo Buzzo Garrao**  
Instituto de Física  
Universidad Católica de Valparaíso, Chile  
rbuzzo@ucv.cl

Lo que expresaré a continuación no es otra cosa que una reflexión respecto de las experiencias vividas en mi intento por incorporar el computador como herramienta de ayuda para aprender Física y para enseñar Física. Espero salir de esta Conferencia con una visión enriquecida producto de la interacción con ustedes.

En la preparación de Físicos la relación con las nuevas tecnologías fluye en una forma muy armoniosa como ha sucedido a través de la historia. Sin embargo en la actualidad y en el futuro aún más, el ritmo de avance de la tecnología es tan vertiginoso que es difícil predecir el ambiente tecnológico en el cual se va a desenvolver el futuro Físico.

Por este motivo, junto con familiarizar al estudiante de Licenciatura con todas las novedades tecnológicas que usará como herramientas de ayuda para el desarrollo de sus asignaturas, se deberá utilizar la máxima del constructivismo, “lograr que el alumno aprenda a aprender” de tal forma que en el futuro se familiarice rápidamente con innovaciones, fundamentalmente mirado desde mi punto de vista, en el área de la computación.

Un hecho importante es el cambio del ambiente de aprendizaje que se va dando en la Universidad ante el progreso de las tecnologías en red, especialmente Internet, que van cambiando el concepto fundamentalmente presencial de la Enseñanza. Es así como en diferentes Universidades se han creado programas que tratan de combinar los avances tecnológicos con una buena calidad de contenidos académicos incorporando los nuevos medios informáticos y de comunicación como por ejemplo el proyecto Innova en la Universidad de Guadalajara.

En nuestro Instituto de Física, que imparte servicio a todas las carreras de la Universidad Católica de Valparaíso, hemos instaurado un sistema de ayudantías virtuales que consiste en guías especialmente diseñadas, publicadas en la página WEB de nuestra unidad académica, de tal manera que puede ser consultada por los alumnos las 24 horas del día, y existe un intercambio de consultas y respuestas con el profesor a través de correo electrónico. Todo esto como complemento a la modalidad presencial en que se realizan las cátedras.

A través de las video-conferencias es posible asistir a la clase de un laureado profesor de cualquier centro de excelencia con un muy bajo costo y también se puede acceder en forma remota a los mejores laboratorios de la mejores Universidades del mundo.

Es tan evidente la ayuda de la componente tecnológica a la Física que respecto a la relación Física-Tecnología me detendré acá.

Punto aparte es la compleja tarea de la Formación de Profesores de Física.

Frente a la tarea de la Formación de Profesores, en la actualidad destacan dos diferencias

2) Capacidad de proyección en cuanto a determinar el escenario futuro en que se desarrollarán los nuevos docentes.

Quienes ingresan actualmente a Pedagogía, en su gran mayoría ya han tenido una aproximación a la computación y a otras tecnologías.

En Chile esta afirmación no sólo es válida para estudiantes provenientes de la educación privada, ya que el Ministerio de Educación a través del Proyecto Enlaces, ha implementado todo un plan informático a lo largo de todas las escuelas del país incluyendo aquellas correspondientes a minorías étnicas como aymaras, mapuches y habitantes de Isla de Pascua.

Esta realidad genera un desafío en cuanto a cambios curriculares en la formación de profesores de Física.

En mi país el gobierno a través del Ministerio de Educación crea el Proyecto de Mejoramiento de la Formación Inicial Docente y lo hace mediante el proceso de licitación, a través del cual la Universidad Católica de Valparaíso llega a participar en él.

Nuestro Instituto de Física, entidad formadora de profesores de Física, define como componente fundamental a estar presente en la malla curricular de la carrera, la informática educativa aplicada a la Enseñanza de la Física, y la incorpora en sus programas desde el primer semestre.

De partida, a su ingreso se abre para cada alumno una cuenta de correo electrónico. A continuación ya en el primer curso Introducción a la Física, los alumnos deben analizar y exponer diversos artículos de Física, utilizando componentes computacionales como Power Point, Word, Excel, búsqueda en Internet etc.

En los cursos siguientes como Mecánica, Electromagnetismo, Calor y Ondas etc., deben aprender a trabajar con software ad hoc, resolver problemas usando métodos numéricos con el computador y uso de software matemático como Maple, Mathematica, MathLab y otros. Además aparece como ramo obligatorio Informática Educativa aplicada a la Enseñanza de la Física.

Punto aparte corresponde lo concerniente a los laboratorios. Desde el primer laboratorio los alumnos aprenden a trabajar con toma de datos con sensores y software analizador de datos, de manera que la componente informática le vaya resultando algo natural en el trabajo experimental.

Un punto a tener en cuenta es la situación de los actuales profesores del sistema quienes en su mayoría no tienen la misma cultura informática que sus alumnos y que en algunos casos reniegan de ella como una forma de falsa protección.

Para ellos es necesario crear un plan de formación continua. Nuestro Instituto ha creado con este fin un programa de postítulo llamado Diplomado en Informática Educativa para la Enseñanza de Ciencias Experimentales el cual se desarrolló con éxito en el período 1999.

Creemos que con una acción combinada en la Formación Inicial Docente y el Plan de Formación Continua, llegaremos a integrar la Informática Educativa como una componente natural de nuestra formación cultural. Es nuestra esperanza y con ello estamos comprometido.

Por último, un problema observado son los distintos esfuerzos realizados por diversos colegas, de los cuales no se tiene conocimiento, por lo que es conveniente que a través de la página WEB de la Conferencia, se pudieran dar a conocer los trabajos realizados en distintos centros de estudios y puestos a disposición de quien quiera utilizarlos. El intercambio de ideas y resultados es indudable que resultará más fructífero que los logros obtenidos en forma aislada.

MESA REDONDA  
Round Table

NOVOS CURRÍCULOS PARA A  
PREPARAÇÃO DE  
FÍSICOS E PROFESSORES DE FÍSICA  
*New curricula for the preparation of  
physics majors and physics teachers*

**Ruth H. Rowes, U.S.A.**  
**Marco Antonio Moreira, Brasil**  
**M<sup>a</sup> Maite Andrés, Venezuela**



## CHANGES IN UNDERGRADUATE PHYSICS IN THE UNITED STATES

**Ruth H. Howes**

Ball State University  
Department of Physics and Astronomy  
47306 – Muncie – IN USA  
rhowes@bsu.edu

Undergraduate physics departments in the United States operate in a rapidly changing environment over which individual departments have little control. This new environment presents both challenges and opportunities. Departments that respond creatively and constructively to these changes will thrive in the 21st century. Those that continue business as usual will decline just as classics departments declined when Latin was no longer the language of educated men and women.

The number of bachelor's degrees in physics has plummeted to pre-Sputnik levels in spite of the doubling of the total number of bachelor's degrees granted. There are 762 colleges and universities in the U.S. which offer bachelor's degrees in physics. Sixty seven percent of them offer only the first degree; nine percent offer a master's degree in physics; and twenty four percent offer the Ph.D. In 1998, the median number of undergraduate physics bachelor's granted by Ph.D. institutions was seven, and for bachelor's only institutions, it was three. Sixty-three percent of BS-granting institutions and twenty-six percent of Ph.D.-granting institutions produced fewer than three undergraduate physics graduates, and many produced none at all. Deans have begun to notice that many physics departments have more faculty than undergraduate majors.

Physics departments have never produced large numbers of majors compared to departments like journalism or history. However, other disciplines, notably engineering and medicine, require physics courses, and most physics departments teach large numbers of students from other majors. Enrollments in these service courses are currently holding, however, new accreditation standards for engineering schools are being implemented. These new standards base accreditation not on specific courses required of students but on the performance of students who graduate. Thus engineering students still need a good understanding of basic physics, but they are not required to enroll in a year of calculus-based physics taught in a physics department. Engineering schools are demanding more responsive physics courses for their students with the threat of teaching physics themselves.

In addition to service teaching, large physics departments with few undergraduate majors have survived because they brought in large research grants with associated indirect costs that could support faculty and university infrastructure. If you remove the National Institutes of Health from consideration, funding for non-defense research and development in the U.S. has declined by six percent over the last six years. Physics has been particularly hard hit since many basic projects were funded by the military where funding for basic research has also experienced cuts. More and more physics faculty members are competing for less federal money.

These symptoms have forced physics departments to consider the environment in which they operate today. First, physics, as a discipline is changing. Just after World War II, physics was the nucleus about which other sciences orbited. Today, it is one of the atoms making up the complex molecule of interrelated scientific disciplines. Increasingly, state-of-the-art physics research requires large teams from several institutions. Many physicists travel to large user facilities instead of working in university laboratories.

In industry, physicists work as members of multidisciplinary teams. Industrial research increasingly focuses on product development and away from basic physics. Many of the major discoveries of the last century have been made at the interfaces of the traditional scientific disciplines. Independent subfields have grown up along these boundaries. Computers have changed the way we do research as well as teaching. Computational physics has joined theoretical and experimental physics.

Although physics produces a stream of exciting discoveries and lays the foundation for new technologies, the general public cannot understand these breakthroughs. Perhaps this is because physicists have traditionally done a poor job of explaining their discoveries to the public. Perhaps it happens because the introductory physics courses taken by engineers and other non-major students of physics rarely treat any discoveries in physics more recent than 1930. Certainly this lack of public understanding contributes to the impression among educated men and women that physics is a dead discipline.

Only thirty percent of physics majors go to graduate school in physics. Another thirty percent pursue further study in other fields such as engineering, medicine or even law. Forty percent go directly into the industrial job market where they will eventually be joined by about half of the students pursuing advanced degrees in physics. This is not new. What is new is the set of skills today's physics students need to survive in industry where work is conducted by teams from several disciplines including not only the various sciences but also business staff.

In the workplace of the 21st century, physics students will continue to need traditional skills in translating real-world problems into mathematical models. They need more advanced computer skills than their predecessors. Increasingly, they need a breadth of experience in science so they can work effectively with engineers, chemists, geologists and biologists. They need excellent communication skills: oral to present their ideas to committees and executives and written to prepare grant applications and reports. Very talented researchers who cannot work as members of a team will not thrive in modern industry. Finally, many physicists benefit from acquiring basic business skills and some training in management.

Not only is the workplace that physics graduates enter changing, the students entering introductory physics classes differ from students in those classes when we professors were students. More high school graduates enroll in college which is no-longer only for the elite. Many students consider education as a necessary ticket for a lucrative career. They resent courses that they consider extraneous to their career goals. Many students are older with family responsibilities. Even young, unmarried students work long hours to help finance their education. They consider work time as part of their preparation for their courses and spend less time in conventional studying.

College freshmen today can build a homepage, but they have never taken a motor apart. They handle computers skillfully but cannot do simple algebra. Eighteen-year-olds acquire information from videos not books. They absorb knowledge in short segments rather than concentrating for hours on a lengthy chapter. Modern physics textbooks use sidebars to provide information in the short bursts to which our students are accustomed. Physics faculty, who teach on the assumption that beginning students have worked with machines and have conventional math skills, find themselves frustrated by these newcomers. Many beginning physics students have succeeded in high school with minimal effort. They become quickly frustrated with the demands of typical college physics courses. This mutual frustration quickly leads to a bad climate in physics classrooms.

The students in our classes are more diverse than they were twenty years ago, and more of them will be ethnic minorities in the next twenty years. Physics has a poor track record in attracting ethnic minorities and women. The number of women who receive bachelor's degrees in physics has increased to nineteen percent but has remained nearly level for the last three years. Women currently earn more than half of all the bachelor's degrees in the life sciences and about forty percent of those in chemistry and mathematics. Many talented students share widespread perceptions that physics is not only an unexciting field in which to work but that all physicists are European males.

Undergraduate physics departments must respond constructively and creatively to these changes in physics, the workplace, and undergraduate physics students. Fortunately undergraduate physics departments have several advantages as they face the future. First, they are made up of physicists. Physicists are generally intelligent if a touch arrogant. They take a "can do" approach and work hard if they are committed to a project.

The job market for physics students has been very good for the last several years. In fact, the salaries offered by industrial employers are so high that it is difficult to retain new high school physics teachers. Undergraduate enrollments have stabilized in the last two years, particularly in the bachelors-granting institutions. Physics graduates are widely recognized as good candidates for graduate or professional school in a variety of disciplines as well as for jobs in industry. They are nearly all hard-working and generally intelligent.

Recent data indicate that 28% of high school students complete a course in physics, a significant increase from 20% ten years ago. This provides departments with better-prepared freshmen, but it implies that the introductory course in physics should not repeat material already covered in high school. Should the current trend towards teaching physics before chemistry or biology grow, the demand for secondary physics teachers will escalate and increase the existing shortage of well-prepared physics teachers.

Finally, over the last twenty years, a group of physicists within physics departments have undertaken the study of how students learn physics. Their work has evolved into a subdiscipline of physics, physics education research (PER). At present, PER has developed a body of knowledge about student learning of physics which has begun to form the base of new curricular material. The research also indicates that students learn best when they are actively engaging the material rather than passively listening to a lecture. We know a lot about helping students learn physics, and we can improve our courses and make physics accessible to a wider variety of students. The research base on learning physics prepared within physics departments by physicists is unique to physics. It gives our discipline a major advantage.

The physics community through its three major professional associations, the American Association of Physics Teachers (AAPT), the American Physical Society (APS), and the American Institute of Physics (AIP), has recognized the need for change within undergraduate physics. The three societies have organized conferences of physicists and department chairs to discuss the situation. From these activities, we have learned several lessons that will guide our efforts to respond to the changes in the environment of undergraduate physics.

Physicists recognize that we need to take action to improve undergraduate physics, both for non-majors and for majors. The declining enrollments have alarmed even those who deal primarily with graduate students since enrollment in first year graduate programs has begun to reflect the declining number of undergraduate physics majors. AAPT, APS and AIP have jointly formed the National Task Force on Undergraduate Physics to determine the best strategy for revitalizing

Within U.S. universities, the department is the basic instrument of change. Deans and presidents can encourage reform, but changes will not last more than the funding cycle unless a substantial minority of the faculty in the physics department really wants to change. The average lifetime of a dean in a university is three years. Faculty last much longer. We all know of instances where one superior faculty member has developed an excellent course that fades the minute he or she goes on sabbatical. Thus several faculty members need to work together to change the way undergraduate students experience physics. In addition, they need the support of other members of the department. Not all faculty will want to actively work with undergraduate students, but it is essential that the time-consuming work involved in mentoring undergraduates as well as revising undergraduate courses be valued by the department as a whole.

Real change in undergraduate physics must involve the entire undergraduate physics program, not just the curriculum. Revision of the introductory courses in physics is important both to improve public appreciation of physics and to satisfy the new engineering guidelines. Courses for students who will be teachers are particularly critical for the future of physics. The PER community and physicists in general have put a great deal of effort into developing several revised versions of such courses.

The new introductory courses provide exciting learning experiences for students enrolled in them. However, departments cannot afford to neglect the upper division curriculum for physics majors. In addition, departments must examine the needs of those who employ their graduates, provide adequate counseling for students, mentor undergraduates in research projects, work with departments whose students enroll in the physics service courses, and actively recruit physics majors. Healthy departments generally foster social interaction among faculty and students. Revitalizing undergraduate physics clearly involves much more than new curricula and the design of new introductory courses.

Finally, each undergraduate physics department is unique with a different mission, different types of students, and a different blend of faculty members. What works well at a private research university may not work at a regional university which offers only a masters program. All departments can benefit from sharing ideas with one another, but most departments adapt good ideas to fit their local environments. Like politics, effective changes in undergraduate physics will ultimately be local.

Undergraduate physics in the U.S. has just begun a process of change that will probably consume the next decade. We have much to learn from one another and from physics departments in other countries. Certainly we need to open channels of communication from one department to another and from one country to another. Good ideas turn up everywhere!

We physicists work hard, and we are capable. Working together, we can achieve our goal of excellent physics education for all undergraduate students.

## CURRICULUM PARA EL DOCENTE DE FISICA

**Ma. Maite Andrés Z.**

Dpto. Matemática y Física, Instituto Pedagógico de Caracas  
Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela  
mandres@fision.net

La exposición ha sido estructurada en tres partes, en primer lugar, nos referiremos a la situación actual del docente de física en servicio en Venezuela. En este punto nos centramos en los niveles educativos previos al universitario; sin dejar de reconocer que es una realidad que si bien el docente de física en el nivel de Educación Superior tiene formación en la disciplina, por lo general, no tiene formación en educación en física, prevaleciendo la creencia de que para enseñar es suficiente haber adquirido los saberes relacionados con la disciplina. En segundo termino, se expondrá en forma resumida una concepción de desarrollo profesional en relación con la carrera docente. Por último, se presentará un análisis de algunos aspectos que podrían ser considerados en futuros curriculum de formación inicial del docente de física.

### **El docente de física en servicio, caso Venezuela.**

Un reciente estudio realizado en Venezuela acerca de los profesores que administran los programas de física en la escuela secundaria, es decir, con estudiantes entre 15 y 18 años, en el cual, se consideraron variables socio-profesionales, laborales, y aspectos relacionados con sus concepciones epistemológicas, psicológicas y curriculares de los docentes, permite presentar una radiografía del docente que actualmente tiene la responsabilidad de enseñar física a nuestros jóvenes. (Andrés y Riestra, 1999)

#### *¿Cómo es su formación inicial?*

De los docentes con título universitario sólo un tercio tienen formación en Física. Ello crea una distorsión en cuanto a qué y cómo enseña, reflejándose también en su concepción epistemológica acerca de la naturaleza de la ciencia. (Cuadro 1)

Cuadro 1. Formación inicial y permanente de una muestra de docentes de Física en Venezuela..

<b>Dimensión</b>	<b>Resultados</b>
<b><i>Formación inicial</i></b>	Lic. en Educación o Profesor de física 80,7% (*) III. Con formación en física: 33,9% IV. Con formación en otras áreas: 66,1%
<b><i>Formación posgrado</i></b>	Con posgrado 10,2% I. En física: 1,7% II. En áreas no relacionadas con la enseñanza de la física: 98,3%

\* 19,3% no tienen formación universitaria.

En relación con la formación en educación en física y su integración con la formación en física, durante el pregrado, en opinión de los docentes que están en servicio, Michinel y otros (1999) encontraron que constituyen dos ejes de conocimientos que no convergen a un lugar común y que

formación no está muy relacionada con los requerimientos en el campo de trabajo, es decir, tienen dificultades para su transferencia en la acción educativa. Esta situación, lleva a pensar que la forma como enseñan física obedece más a la experiencia personal del docente que a su formación inicial.

*¿Cómo ha sido su formación permanente?*

La mayoría de los docentes del estudio no se ha mantenido actualizado, lo cual incide directamente en la calidad de la enseñanza que llevan a cabo. (Una actividad al año: 41,1%; Ninguna actividad en los últimos cinco años: 32,1%)

Otro aspecto a resaltar, se refiere al excesivo número de horas de clase que tienen bajo su responsabilidad los docentes de física ((39,7 ± 19,0) hs. semanales) Ello podría estar relacionado con el alto porcentaje de profesores que no ha realizado ninguna actividad de actualización en los últimos cinco años; habida cuenta que, generalmente en Venezuela, los talleres, jornadas, maestrías, etc. se ofertan en días laborales. Las condiciones laborales de los docentes de Física, muestran un panorama poco propicio para una praxis de calidad y menos aún, para una reflexión profesional.

*¿Qué concepciones epistemológicas, psicológicas y curriculares manifiestan los docentes de física?*

La situación descrita en cuanto a su formación inicial y permanente es consistente con los resultados encontrados en relación con sus concepciones y acciones en la enseñanza. Los resultados obtenidos muestran que el 42,4 % de los docentes no tiene una visión epistemológica coherente respecto a la ciencia, el 20,3 % tiene una visión racionalista-empirista, el 1,7% tiene una visión empirista radical y un 6,8 % tiene una visión pospositivista. En relación con su concepción de aprendizaje y de enseñanza, se tiene que los conciben como procesos independientes, en donde, el docente es responsable de la enseñanza, sin conexión con el aprendizaje, cuya responsabilidad recae en el estudiante.

Consideran al currículum oficial como la principal guía de su acción: selección y organización de contenidos, estrategias instruccionales, evaluación. Sin embargo, la actividad de los docentes en el aula se puede caracterizar como:

- Reproductora o normativa.
- Poca coherencia entre la enseñanza y la evaluación.
- Una evaluación centrada en productos.
- Una visión de ciencia empirista.
- Mezcla poco coherente de actividades y estrategias, más centradas en la transmisión de conocimientos acabados.
- Poca atención a los procesos de aprendizaje del estudiante.
- Poco trabajo de tipo experimental.
- Sin actividades de tipo investigativo.
- Un enfoque basado en heurísticas para la resolución de problemas.

Estos resultados, llevan a pensar que la actividad de enseñanza se efectúa de manera poco sustentada, y menos aún, con fundamentos provenientes de las teorías de enseñanza-aprendizaje. Unido a la poca claridad en cuanto a la naturaleza de la Ciencia y al conocimiento de la misma.

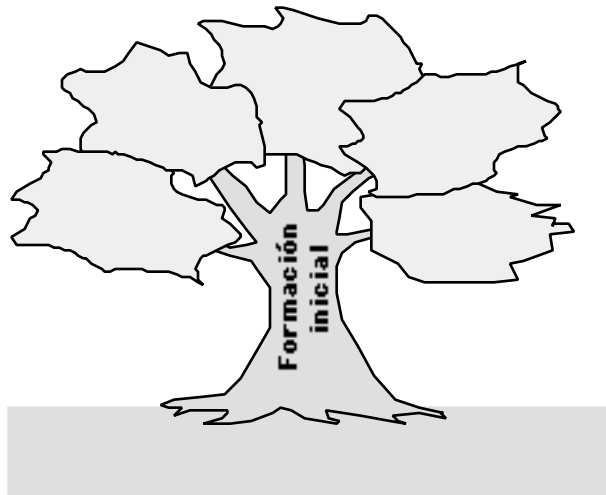
El panorama descrito viene siendo denunciado desde hace años; lamentablemente, en el año 2000, continúa siendo una generalidad, al menos en Venezuela. Sin embargo, pareciera que esta

entre los países iberoamericanos, o Neuschatz y McFarling (2000) en un estudio llevado a cabo en Estados Unidos.

### **El docente y su desarrollo profesional.**

Una forma de concebir el desarrollo profesional de un docente es considerándolo como un árbol compuesto por un tronco sólido formado por su formación inicial, el cual crece con un conjunto de ramas que contienen diferentes aspectos: sus actividades de actualización y/o capacitación, las cuales unidas a sus experiencias en el aula llevan al perfeccionamiento permanente, los aportes de la innovación e investigación, la promoción en el campo laboral y el componente afectivo propio del profesional. En la medida en que entre la copa del árbol y el tronco exista un continuo intercambio de elementos enriquecedores, se obtendrá mayor seguridad, compromiso y estabilidad como profesional. (Figura 1)

Figura 1. Concepción de Desarrollo Profesional en la carrera docente.



En esta visión de desarrollo profesional, es evidente el papel fundamental que tiene la formación inicial. Sin embargo, esta etapa necesaria para iniciar el ejercicio profesional, debe constituir, por un lado, un cuerpo coherente de conocimientos a fin de que no construyan un tronco fracturado, y por el otro, la formación inicial debe tener relación con las actividades a realizar en el campo laboral, de forma que los conocimientos adquiridos puedan ser aplicados en las situaciones que se le presentan durante la enseñanza.

Indudablemente que no es suficiente una formación inicial coherente internamente y relacionada con el campo de trabajo, se requiere de ofertas de actualización permanente por parte de los centros de formación de docentes y otras universidades, entre las cuales los docentes en servicio puedan seleccionar las que satisfagan sus necesidades y expectativas de perfeccionamiento durante su ejercicio profesional.

La actualización y el perfeccionamiento tienen que ir acompañadas de adecuadas condiciones laborales y promociones, ya que estos dos aspectos junto con el componente afectivo constituyen una triada que deben crecer en conjunto.

Otro aspecto incorporado en esta visión de desarrollo profesional se refiere a las innovaciones y resultados de investigación. El docente puede ser participe de los procesos generadores de cambios y conocimientos, trabajando en forma conjunta, desde su aula, con los centros de formación docente; o bien, puede ser un usuario crítico de estas producciones. En cualquier caso, es un aspecto relevante para su crecimiento y éxito como profesional.

### **Consideraciones para los nuevos currículum de formación de docentes de física**

La concepción de Desarrollo Profesional del docente descrita en la sección anterior, plantea la necesidad de una formación inicial diferente a la que en la actualidad se tiene, dado que parece que no está respondiendo a las exigencias cognoscitivas y laborales con la que se encuentra el docente en servicio de hoy. En este sentido, Fernández (1991) describió las tareas de la profesión como un ciclo

real. Estas tareas son: comprensión de la enseñanza, decisiones acerca de la programación, la metodología didáctica y la evaluación, organización en el ambiente escolar y la mejora permanente de la calidad/eficacia de la enseñanza (formación permanente, investigación e innovación).

Dada la complejidad del trabajo docente, diversos autores han caracterizado los saberes que debe tener un docente de ciencias. Así tenemos, a Shulman (1987) que origina el término “pedagogical content knowledge”, el cual representa una mezcla de contenidos a enseñar y pedagogía dirigidos a la comprensión de cómo particulares tópicos, problemas o temas son organizados, representados y adaptados a los intereses y habilidades de los estudiantes, y presentados en la instrucción. Este mismo concepto ha sido definido, por otros autores, como una integración de varios componentes, una revisión de ellas ha sido expuesta por Turner-Bisset (1999) las cuales se pueden resumir en: i) comprensión del conocimiento de los estudiantes, curriculum, estrategias instruccionales y propósitos de la enseñanza; ii) conocimiento de la disciplina, conocimiento pedagógico general y conocimiento pedagógico específico; iii) conocimiento de la disciplina para propósitos instruccionales, comprensión de los contenidos de la disciplina por parte de los estudiantes, medios para la instrucción y procesos instruccionales; iv) pedagogía, contenido de la disciplina, estudiantes y contexto; v) conocimiento sustantivo y sintáctico de la disciplina, creencias acerca de los contenidos de la disciplina, conocimiento pedagógico general, conocimientos de curriculum, modelos de enseñanza, conocimiento de los aprendices (cognitivo y empírico), conocimiento de si mismo, conocimiento del contexto educacional y de los fines educativos. En todos los casos, se sugiere la consideración de los diferentes componentes propuestos en el diseño de los cursos del curriculum del docente.

En la misma dirección el grupo de enseñanza de las ciencias de Valencia, España (Daniel Gil, Carlos Furió, Jaime Carrascosa y otros colaboradores) señalan desde su realidad educativa, que es diferente a la de los países latinoamericanos o por lo menos de Venezuela, ocho aspectos que deben saber los docentes: la disciplina a enseñar, los conocimientos teóricos sobre aprendizaje y aprendizaje de las ciencias, conocer el pensamiento docente espontáneo y la enseñanza habitual, para saber preparar actividades, dirigirlas en el aula y evaluarlas, todo ello enmarcado en un proceso de construcción de conocimientos guiado por las características de la investigación científica (Gil y otros, 1991)

Hoy en día, hay consenso en cuanto a la necesidad que tiene un docente, de conocer y comprender la disciplina que va a enseñar, por tanto, denominaremos a este componente como conocimiento disciplinar. Al respecto cabe preguntarse, ¿qué incluir en este componente? Por un parte, estarán incorporados los hechos y conceptos de la disciplina, bajo una estructura global que permita la interrelación de los diferentes cursos propuestos. Por la otra, estos conocimientos deberían estar contextualizados desde la perspectiva histórica, mostrando el carácter social de la ciencia, y además, deberían incluir en forma explícita aspectos epistemológicos, como medio para enseñar a pensar como piensan los científicos y para comprender los procedimientos propios de la ciencia.

Otro componente respecto del cual no se discute su relevancia en la formación inicial del docente, es el relacionado con los aspectos pedagógicos, el cual será denominado como conocimiento pedagógico. Este componente incluiría, al igual que el anterior, los conocimientos básicos generales que constituyen las teorías acerca del proceso de enseñanza-aprendizaje; los cuales, generalmente, provienen de otros campos como la psicología, teorías de educación, y otros. Sin embargo, dentro del conocimiento pedagógico es de vital importancia el “saber hacer” en el aula de clase, por lo cual, se requiere de un conocimiento específico relacionado con los procesos de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, su vivencia consciente como aprendiz y como docente en formación, en ensayos

disciplinar y el conocimiento pedagógico, tanto general y como específico, para su posterior aplicación a situaciones particulares.

Reconociendo como un sector importante del desarrollo profesional del docente a la innovación y la investigación, no pueden desconocerse en la formación inicial. Dentro del modelo integrador, además, de los dos componentes anteriores, conocimiento disciplinar y pedagógico, deberían estar presentes tanto la innovación educativa como la investigación como proceso y producto. Las innovaciones educativas tienen que permear los contenidos de los cursos y las actividades docentes que se desarrollan para la formación del docente; igualmente, deben tener transcendencia en el trabajo en la escuela, cuya transferencia podría que ser resultado de proyectos conjuntos entre la universidad y la escuela, en los cuales se involucren: docentes en formación, docentes en servicio y formadores de docentes.

La investigación debe constituirse en parte natural de la actividad profesional del formador de docentes, en este sentido, el docente en formación participaría en el quehacer investigativo de su instituto o universidad, con el fin de que valore la actividad como proceso y como fuente generadora de comprensión y respuestas a los problemas educativos, y de que desarrolle actitudes científicas relevantes para su futura actividad profesional.

La propuesta obliga a repensar los currículum de formación de docentes actuales, llenos de cursos con cantidades importantes de conocimientos de diferentes tipos, presentados como parcelas aisladas, con poca o ninguna conexión con la realidad educativa, dando como resultado un profesional que al momento de actuar como tal tiene grandes dificultades para integrar y transferir los conocimientos adquiridos, llevándolo a desarrollar un estilo didáctico propio que probablemente, está relacionado más con su vivencia personal como aprendiz que con su formación científica inicial.

A modo de resumen, se puede decir que hay una necesidad urgente de cambiar la formación inicial del docente de física, así como de hacer propuestas de formación permanente que faciliten el desarrollo de los docentes en servicio. En ambos casos, esa formación debe incluir conocimientos sustantivos y sintácticos tanto de orden disciplinar como pedagógico en forma integrada, y que a su vez consideren el conocimiento de la realidad escolar: estudiante, ambiente escolar, otros. Por supuesto, que todo ello dentro de una concepción de docente como profesional, en cuyo desarrollo debe producirse el crecimiento conjunto de tres áreas: la cognitiva (actualización y perfeccionamiento), la afectiva (seguridad en si mismo, autoestima, compromiso,.. ) y la laboral (promoción, condiciones escolares, condiciones laborales).

## Referencias

- Andrés, Ma. y Riestra, J., 1999, Caracterización socio-profesional de los docentes de ciencias y su Modelo Didáctico, Fase I. Informe de Investigación No. 2, CONICIT, Caracas, Venezuela.
- Fernández P., M., 1991, Las tareas de la profesión de enseñar. Siglo Veintiuno de España Editores, S.A.
- García-Sípido, M.J. (coord.), 1994, Diagnóstico sobre la formación inicial y permanente del profesorado de ciencias y matemática (nivel medio) en los países iberoamericanos, Ministerio de Educación y Ciencia (España)-OEI, Madrid.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. y Mtnez-Torregosa, J. , 1991, La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. ICE, Horsori, España.
- Michinel, J.L., Lombardi, G. y Bravo,L. 1999 Informe Final de Proyecto de Investigación Agenda Educativa. CONICIT. Caracas. Venezuela.

- Neuschatz, M. y McFarling, M., 2000, Background and Professional Qualifications of High-School Physics Teacher, *The Physics Teacher*, vol 38 (Feb) pp 98-104.
- Shulman, L.S. 1987 Knowledge and teaching: foundations of the new reform, *Harvard Educational Review*, 57, pp 1-22.
- Turner-Bisset, R. 1999 The Knowledge of the expert teacher. *British Educational*

## DIRETRIZES CURRICULARES PARA A FORMAÇÃO DE FÍSICOS E PROFESSORES DE FÍSICA NO BRASIL

**Marco Antonio Moreira** <sup>18</sup>

Instituto de Física da UFRGS, Brasil  
moreira@if.ufrgs.br

**José David M. Vianna** <sup>19</sup>

Instituto de Física da UFBA e UnB, Brasil  
david@ufba.br

**Fernando Cerdeira** <sup>20</sup>

Instituto de Física da UNICAMP, Brasil  
fernando@ifi.unicamp.br

### Introdução

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB), de 20 de dezembro de 1996, diz em seu Artigo 53, item II, que as universidades, no exercício de sua autonomia, têm assegurada a atribuição de fixar os currículos de seus cursos e programas, *observadas as diretrizes gerais pertinentes*. Isso significa, na prática, que desde 1997 não há mais “currículo mínimo”, i.e., conjunto mínimo de disciplinas, com respectivos programas e carga horária. O chamado “currículo mínimo” foi substituído pelas denominadas “diretrizes curriculares” de modo a dar às universidades maior liberdade na organização de seus cursos de graduação.

Estando a lei em vigor, o Ministério da Educação do Brasil constituiu comissões de especialistas, nas mais diversas áreas, para elaborar as diretrizes curriculares para todos os cursos de graduação oferecidos pelas universidades brasileiras.

No caso da Física, a comissão de especialistas esteve constituída pelos autores desta apresentação. Esta comissão trabalhou durante vários meses na elaboração de *diretrizes curriculares para os cursos de graduação em Física no Brasil*, tendo recebido propostas de todas as mais importantes universidades nacionais e discutido devidamente o assunto com a comunidade acadêmica brasileira envolvida na formação de físicos e professores de Física, em uma reunião promovida pela Sociedade Brasileira de Física em São Paulo, em novembro de 1998, e no XIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, em Brasília, em janeiro de 1999.

As diretrizes curriculares resultantes deste trabalho, apresentadas a seguir, estão atualmente em apreciação no Conselho Nacional de Educação. Se aprovadas, servirão de referencial para os currículos de todos os cursos de graduação em Física no Brasil. No entanto, mesmo que não venham a ser aprovadas exatamente como estão, tais diretrizes curriculares, por serem produto de toda uma comunidade, certamente orientarão iniciativas que busquem formar físicos e professores de Física com perfis condizentes com as características da sociedade contemporânea. Nesse sentido, tais

---

<sup>18</sup> Professor de Física e pesquisador em Ensino de Física, membro da Comissão de Especialistas de Ensino do Ministério da Educação – Brasil, 1997 a 1999.

<sup>19</sup> Professor de Física e pesquisador em Física Teórica, membro da Comissão de Especialistas de Ensino do Ministério da Educação – Brasil, 1998 e 1999.

<sup>20</sup> Professor de Física e pesquisador em Física Experimental, membro da Comissão de Especialistas de Ensino do

diretrizes poderão ser úteis para referenciar a formação de físicos e professores de Física também em outros países.

### **Características Gerais dos Cursos de Física**

É praticamente consenso, entre as propostas recebidas, que a formação em Física, na sociedade contemporânea, deve se caracterizar pela flexibilidade do currículo, de modo a oferecer alternativas aos egressos. É, também, bastante consensual que essa formação deve ter uma carga horária mínima de 2000 horas-aula distribuídas, normalmente, ao longo de quatro anos. Deste total, aproximadamente a metade deve corresponder a um *módulo comum* e a outra metade a *módulos sequenciais especializados* definidores de perfis específicos. É igualmente consensual que, independente de perfil, a formação em Física deve incluir uma monografia (ou trabalho equivalente) de fim de curso, a título de iniciação científica. Em se tratando de cursos noturnos, a única diferença, em todas estas características gerais, é a de que a duração do curso deve ser de um a dois anos a mais.

### **Perfil Desejado do Formado**

O físico, seja qual for sua área de atuação, deve ser um profissional que, apoiado em conhecimentos sólidos e atualizados em Física, deve ser capaz de abordar e tratar problemas novos e tradicionais e deve estar sempre preocupado em buscar novas formas do saber e do fazer científico ou tecnológico. Em todas suas atividades, a atitude de investigação deve estar sempre presente, embora associada a diferentes formas e objetivos de trabalho.

Dentro deste perfil geral, pode-se distinguir perfis específicos que podem ser tomados como referenciais para o delineamento de perfis desejáveis dos formandos em Física, em função da diversificação curricular proporcionada através de módulos sequenciais especializados complementares ao módulo comum:

*Físico – bacharel:* ocupa-se preferencialmente de pesquisa, básica ou aplicada, em universidades ou centros de pesquisa. Este é o campo de atuação mais bem definido e o que tradicionalmente tem representado o perfil profissional idealizado na maior parte dos cursos de graduação que conduzem ao atual Bacharelado em Física.

*Físico - educador:* dedica-se preferentemente à formação e à disseminação do saber científico em diferentes instâncias sociais, seja através da atuação no ensino escolar formal, seja através de novas formas de educação científica, como vídeos, “softwares”, ou outros meios de comunicação. Não deve se ater, necessariamente, ao perfil da atual Licenciatura em Física que está orientada para o ensino médio formal.

*Físico - tecnólogo:* dedica-se predominantemente ao desenvolvimento de equipamentos e processos, por exemplo, nas áreas de opto-eletrônica, telecomunicações, acústica, ciência dos materiais, microeletrônica, informática, etc. Trabalha em geral de forma associada a engenheiros e outros profissionais, em microempresas, laboratórios especializados ou indústrias. Este perfil corresponderia ao esperado para o egresso de um Bacharelado em Física Aplicada.

*Físico - interdisciplinar:* utiliza prioritariamente o instrumental (teórico e/ ou experimental) da Física em conexão com outras áreas do saber como, por exemplo, Medicina, Oceanografia, Meteorologia. Geologia. Biologia. Química. Meio Ambiente. Comunicação. Economia.

pesquisa e/ou docência. No primeiro caso, o físico atua de forma conjunta e harmônica com especialistas de outras áreas; no segundo, atua como físico educador na área interdisciplinar correspondente.

### **Competências, Habilidades e Vivências Desejadas**

A formação do físico nas Instituições de Ensino Superior (IES) deve levar em conta tanto as perspectivas tradicionais de atuação dessa profissão, como novas demandas que vêm emergindo nas últimas décadas. Em uma sociedade em rápida transformação, como esta em que hoje vivemos, surgem continuamente novas funções sociais e novos campos de atuação, colocando em questão os paradigmas profissionais anteriores, com perfis já conhecidos e bem estabelecidos. Dessa forma, o desafio é propor uma formação, ao mesmo tempo ampla e flexível, que desenvolva habilidades e conhecimentos necessários às expectativas atuais e a uma capacidade de adequação a diferentes perspectivas de atuação futura.

A diversidade de atividades e atuações pretendidas para o formado em Física necessita de qualificações profissionais básicas comuns, as quais devem corresponder a objetivos claros de formação para todos os cursos de graduação em Física, bacharelados ou licenciaturas, enunciadas sucintamente a seguir, através das *competências essenciais* desses profissionais.

1. Dominar princípios gerais e fundamentos da Física, estando familiarizado com suas áreas clássica e moderna.
2. Descrever e explicar fenômenos naturais, processos e equipamentos tecnológicos em termos de conceitos, teorias e princípios físicos gerais.
3. Diagnosticar, formular e encaminhar a solução de problemas físicos, experimentais e teóricos, práticos ou abstratos, fazendo uso dos instrumentos laboratoriais ou matemáticos apropriados.
4. Manter atualizada sua cultura científica geral e sua cultura técnica profissional específica.
5. Desenvolver uma ética de atuação profissional e a conseqüente responsabilidade social, compreendendo a Ciência como conhecimento histórico, desenvolvido em diferentes contextos sócio-políticos, culturais e econômicos.

O desenvolvimento das competências apontadas nas considerações anteriores está associado à aquisição de determinadas *habilidades*, também básicas, a serem complementadas por outras competências e habilidades mais específicas, conforme os diversos perfis desejados de atuação. As *habilidades gerais*, que devem ser desenvolvidas pelos formandos em Física, independentemente da área de atuação escolhida, são as apresentadas a seguir:

1. utilizar a matemática como uma linguagem para a expressão dos fenômenos naturais;
2. resolver problemas experimentais, desde seu reconhecimento e realização de medições até a análise de resultados;
3. propor, elaborar e utilizar modelos físicos, identificando seus domínios de validade;
4. concentrar esforços e persistir na busca de soluções para problemas de solução complexa e demorada;
5. utilizar linguagem científica na expressão de conceitos físicos na descrição de

6. utilizar os diversos recursos da informática, dispondo de noções de linguagem computacional;
7. conhecer e absorver novas técnicas, métodos ou uso de instrumentos, tanto em medições como em análise de dados (teóricos ou experimentais);
8. reconhecer as relações do desenvolvimento da Física com outras áreas do saber, tecnologias e instâncias sociais, especialmente contemporâneas;
9. apresentar resultados científicos em formas distintas de expressão, tais como relatórios, trabalhos para publicação, seminários e palestras.

*As habilidades específicas dependem da área de atuação, em um mercado em mudança contínua, não sendo, portanto, oportuno especificá-las agora. No caso do físico educador, porém, as habilidades e competências específicas devem, necessariamente, incluir também:*

1. o planejamento e o desenvolvimento de diferentes experiências didáticas em Física, reconhecendo os elementos relevantes às estratégias adequadas;
2. a elaboração ou adaptação de materiais didáticos de diferentes naturezas, identificando seus objetivos formativos, de aprendizagem e educacionais.

*A formação do físico não pode, por outro lado, prescindir de uma série de vivências que tornam o processo educacional mais integrado. São vivências gerais, essenciais ao graduado em Física, por exemplo:*

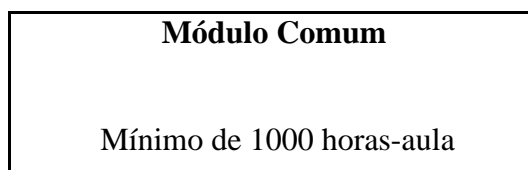
1. ter realizado experimentos em laboratórios;
2. ter tido experiência com o uso de equipamento de informática;
3. ter feito pesquisas bibliográficas, sabendo identificar e localizar fontes relevantes de informação;
4. ter entrado em contato com idéias e conceitos fundamentais da Física/Ciência, através da leitura e discussão de textos básicos de divulgação científica (cultura científica);
5. ter tido a oportunidade de sistematizar seus conhecimentos e/ou seus resultados em um dado assunto, através de, pelo menos, a elaboração de um artigo, comunicação ou monografia.
6. no caso do físico-educador, ter também participado da elaboração e desenvolvimento de atividades de ensino.

Em relação às habilidades e competências específicas, estas devem ser definidas pelas IES a fim de atender às exigências dos mercados nacionais e locais. Neste sentido, as diretrizes curriculares conferem toda autonomia às IES para defini-las, através dos conteúdos curriculares. Estes podem ser estruturados modularmente, de modo a atender às habilidades e competências gerais definidas, porém com mudanças nos módulos dos últimos semestres do curso que atendam ao tipo de especialização necessária para a inserção do formando na atividade almejada.

Para atingir uma formação que contemple os perfis, competências e habilidades já descritos e, ao mesmo tempo, flexibilize a inserção do formando em um mercado de trabalho diversificado, os currículos podem ser divididos em duas partes.

- I. Um Módulo Comum a todas as modalidades dos cursos de Física, não divisível em sub-módulos.
- II. Módulos Seqüenciais Especializados, nos quais será dada a orientação do final do curso. Estes módulos podem conter o conjunto de atividades necessárias para completar o Bacharelado ou a Licenciatura em Física, nos moldes atuais, ou poderão ser diversificados, associando a Física a outras áreas do conhecimento como, por exemplo, Biologia, Química, Matemática, Medicina, Tecnologia, Comunicações, etc., a critério de cada IES, seguindo interesses específicos e/ou regionais.

O esquema geral desta estrutura modular é mostrado a seguir.



#### Módulos Seqüenciais Especializados

<p><b>Físico-Bacharel</b> (Bacharelado em Física)</p> <p>Mínimo de 1000 horas-aula.</p>	<p><b>Físico-Educador</b> (Licenciatura em Física ou Física e Associada)</p> <p>Mínimo de 1000 horas-aula.</p>	<p><b>Físico-Interdisciplinar</b> (Bacharelado em Física e Associada)</p> <p>Mínimo de 1000 horas-aula.</p>	<p><b>Físico-Tecnólogo</b> (Bacharelado em Física Aplicada)</p> <p>Mínimo de 1000 horas-aula.</p>
---	--	---	---

## Conteúdos Curriculares

### Módulo Comum

O Módulo Comum deverá ser cumprido por todas as modalidades em Física, representando, aproximadamente, metade da carga horária necessária para a obtenção do diploma. Este módulo é caracterizado por conjuntos de disciplinas relativos a Física Geral, Matemática, Física Clássica, Física Moderna e Contemporânea e Ciência como atividade humana. Estes conjuntos são detalhados a seguir. O Módulo Comum, com os conteúdos curriculares essenciais, apresenta 1000 horas-aula, em um único módulo.

#### *A - Física Geral*

Aborda os conceitos, princípios e aplicações de todas as áreas da Física, enfatizando seu inarredável caráter experimental, contemplando práticas de laboratório, e introduzindo, gradativamente, o cálculo diferencial e integral como parte da linguagem matemática apropriada para sua completa formulação.

### ***B - Matemática***

É o conjunto mínimo de conceitos e ferramentas matemáticas necessárias ao tratamento adequado dos fenômenos em Física, composto por cálculo diferencial e integral, geometria analítica, álgebra linear, cálculo vetorial e equações diferenciais, conceitos de probabilidade e estatística e computação.

### ***C - Física Clássica***

São disciplinas com conceitos estabelecidos (em sua maior parte) anteriormente ao Séc. XX, envolvendo mecânica clássica, eletromagnetismo e termodinâmica.

### ***D - Física Moderna e Contemporânea***

É a Física desde o início do Séc. XX até o presente, compreendendo conceitos de mecânica quântica, física estatística, relatividade e aplicações, bem como tópicos de fronteira. Os conteúdos teóricos devem ser complementados por atividades experimentais.

### ***E - Disciplinas Complementares***

O Módulo Comum deve ter ainda um grupo de disciplinas complementares que amplia a educação do formando. Estas disciplinas abrangeriam outras ciências naturais, como Química ou Biologia e, também, as ciências humanas e sociais, contemplando questões como ética, filosofia e história da ciência, gerenciamento e política científica, etc.

## **Módulos Seqüenciais Especializados**

Uma das inovações da nova LDB são os cursos seqüenciais (Art. 44, I), formados por um conjunto de disciplinas afins, que podem caracterizar especializações em algumas áreas. A aprovação em um seqüencial possibilita o fornecimento de um certificado de conclusão. Os seqüenciais podem servir para catalisar programas interdisciplinares, minimizando os problemas relativos à criação de currículos estanques e difíceis de serem modernizados. Podem, também, contribuir para a educação continuada. Os certificados de conclusão deverão atestar etapas cumpridas com qualidade, o que é saudável para todos: alunos, IES e sociedade.

Conjuntos de cursos seqüenciais constituirão Módulos Seqüenciais Especializados. Estes módulos, definidores de perfis específicos, deverão totalizar igualmente o mínimo de 1000 horas-aula.

*Físico-bacharel* - O currículo da formação do físico-bacharel deve ser complementado por seqüenciais em matemática, física teórica e/ou experimental avançados. Estes seqüenciais devem constituir um módulo especializado com estrutura coesa e uma desejável integração com o curso de pós-graduação.

*Físico-educador* - No caso deste perfil, o módulo especializado estará voltado para o ensino da Física ou da Física e Associada e deverá ser acordado com os profissionais da área de Educação, quando pertinente. Os seqüenciais poderão ser distintos para, por exemplo, (i) instrumentalização de

ensino médio; (iii) produção de material instrucional; (iv) capacitação de professores para as séries iniciais.

*Físico-tecnólogo* - O módulo especializado que completará a formação deste profissional será definido pela opção particular feita pelo estudante e também pelo mercado de trabalho no qual ele deseja se inserir, dentro do elenco de possibilidades oferecidas pela IES (Instituto ou Departamento de Física). A cada escolha corresponderá um conjunto de cursos seqüenciais diferenciados.

*Físico-interdisciplinar* - Esta categoria se refere ao Bacharelado em Física e Associada. Por Associada entende-se a área (Matemática, Química, Biologia, Engenharia, etc) na qual os físicos possam atuar de forma conjunta e harmônica com especialistas dessa área. Desta forma, poder-se-á ter, por exemplo, o Bacharel em Física e Química, ou Física e Biologia, ou Física e Comunicação.

## **Duração dos Cursos**

### ***Carga horária***

É sugerida uma carga horária mínima para a obtenção do diploma, em qualquer dos perfis específicos em Física, de 2000 horas de atividades de sala de aula, ou de estudos programados supervisionados, e de laboratório.

Sugere-se também que, na confecção do currículo pleno pelas IES para quaisquer perfis em Física, devam ser contempladas atividades acadêmicas extra-classe, visando a instrumentalizar os alunos em técnicas modernas de acesso à informação científica, aprendizado de procedimentos científicos e técnicos em estágios de diferentes tipos, etc..

### ***Tempo de Integralização***

Os currículos de qualquer formação específica em Física devem ter uma duração total mínima de 4 anos.

No entanto, a nova LDB prevê a existência de alunos com aproveitamento excepcional (Art. 47. § 2º): *Os alunos que tenham extraordinário aproveitamento nos estudos... ..poderão ter abreviada a duração dos seus cursos.* Em vista disso, sugere-se que alunos com aproveitamento extraordinário possam concluir o curso em menos tempo. Contudo, no caso das Licenciaturas, este tempo não deverá ser inferior a três anos.

A duração máxima fica a critério da IES que levará em conta, na integralização, as diferentes possibilidades de formação específica.

## **Estruturação modular dos cursos**

A existência de um Módulo Comum e dos Módulos Seqüenciais Especializados já define *per se* uma estrutura modular para os cursos de formação em Física.

Estes cursos poderão ter seu diploma fornecido através da obtenção de um conjunto adequado de certificados de conclusão de distintos cursos seqüenciais complementares (Inciso II, Art. 3º, Resolução N° 1, Conselho Nacional de Educação, 27.01.99). Isto significa uma simplificação no processo de transferências. Os cursos seqüenciais complementares não precisam ser concluídos todos na mesma IES, podendo ser realizados em diversas IES e agrupados de forma a conduzirem a um diploma.

*O diploma seria expedido pela IES na qual aluno integralizasse o currículo pleno*

A passagem do Módulo Comum para o Módulo Especializado, dentro de uma dada IES, dependerá do número de vagas disponíveis e seguirá um processo de seleção estabelecido pela própria IES, assegurando vaga ao aluno em, pelo menos, um dos perfis específicos oferecidos pela IES. No caso em que o aluno deseje realizar o Módulo Seqüencial Especializado numa outra IES, sua aceitação dependerá de critérios de seleção estabelecidos pela IES receptora.

A critério da IES, um aluno poderá cursar, simultaneamente, disciplinas do Módulo Comum e de um ou mais Módulos Seqüenciais Especializados.

Os módulos seqüenciais poderão ser estruturados através de sub-módulos (cursos seqüenciais complementares) de modo a facilitar a educação continuada. A conclusão destes sub-módulos dará direito à obtenção de um Certificado de Conclusão, conforme a legislação sobre cursos seqüenciais.

### **Estágios e Atividades Complementares**

Os estágios realizados em instituições de pesquisa, universidades, indústrias, empresas ou escolas devem ser incluídos na confecção dos currículos plenos pelas IES.

Todas as modalidades de graduação em Física devem incluir em seu currículo pleno uma monografia (ou trabalho equivalente) de final de curso, associada, ou não, a estes estágios. Esta atividade curricular deve apresentar a aplicação de procedimentos científicos na análise de um problema específico.

MESA REDONDA  
Round Table

HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA  
NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES  
*Hystory and philosophy of science  
in the preparation of physics teachers*

**M<sup>a</sup> Mercedes Ayala, Colombia**  
**Diego A. Ortega, Cuba**  
**Luiz O. Peduzzi, Brasil**



## HISTORIA DE LAS CIENCIAS Y LA FORMACIÓN DE PROFESORES DE FÍSICA

**María Mercedes Ayala M.**

Departamento de Física Universidad Pedagógica Nacional

Calle 72 N°11-86

Santafé de Bogotá. Colombia

bautista@uni.pedagogica.edu.co

mariana@city.net.co

La pregunta sobre el papel de la historia de las ciencias en la formación de maestros de física puede ser resuelta de diversas formas; se puede abordar pretendiendo hacer un análisis de la temática en sí misma, asignándole un carácter general, o enfrentándola de una manera deliberadamente contextual y definiendo por tanto el espacio de validez del análisis. Yo he optado por esta segunda alternativa. Pienso así plantear la pregunta y esbozar un sentido para la historia de las ciencias para el contexto problemático que viven nuestros países latinoamericanos en el marco del Nuevo Orden Mundial. Para ello haré primero una caracterización grossa del mismo, centrando su incidencia en el campo educativo, y, luego, sí plantearé una posible orientación para la historia de las ciencias cuyo significado y pertinencia puede examinarse a la del contexto problemático expuesto.

### Esbozando un contexto problemático

En menos de diez años, y como consecuencia del así llamado Nuevo Orden Mundial, nuestros países han experimentado rápidas y profundas transformaciones en diferentes materias y niveles, en particular, en el ámbito educativo. La internacionalización económica, la globalización cultural, el predominio creciente del derecho internacional en el ámbito local, la limitación cada vez mayor de los espacios de decisión nacional, la pretensión y exigencia de currículos universales, los esfuerzos de acreditación de instituciones y programas educativos por pares internacionales, son todos rasgos de ese nuevo orden que se impone sin mayor resistencia sobre nuestros países.

Hoy, después de los intentos de transformación de las prácticas pedagógicas de los años setenta mediante la imposición de la tecnología educativa y de las fuertes críticas que se suscitaron en su contra con especial énfasis en los ochenta<sup>1</sup>, nos vemos enfrentados en Colombia y en Latinoamérica toda a una nueva reforma educativa con la misma inspiración tecnocrática pero aún más profundizada. Y al igual que en otras ocasiones, esta reforma se caracteriza por la **imposición** de un cierto modelo, de un cierto discurso, de un cierto modo de comprender y de ciertas prácticas,

---

<sup>1</sup> Podríamos decir que por cerca de dos décadas fue posible en nuestro país adelantar una reflexión sobre nuestros problemas y posibilidades en el campo de la enseñanza de la física con relativa autonomía. Fue para las comunidades académicas dedicadas a la educación una época de búsqueda de diferentes alternativas, caracterizada por una libertad de acción en tanto que no se asumía un paradigma específico y se sostenía un debate abierto entre diferentes perspectivas. No obstante, había un cierto consenso de que no era pertinente aplicar los métodos característicos de las ciencias experimentales al ámbito de lo social y lo educativo, que no era posible definir el así llamado, “método científico” y más aún comenzaba a aceptarse que las ciencias naturales compartían con las ciencias sociales el carácter “subjetivo y contextual”. De otra parte, en las instancias gubernamentales no se manifestaba una pretensión de agenciar la imposición de un paradigma particular en materia de educación.” Tomado de *Reflexiones sobre una Estrategia de Formación de Docentes: El caso de la Maestría en Docencia de la Física de la Universidad Pedagógica Nacional en Colombia*, ponencia presentada en la VII INTERNATIONAL CONFERENCE ON PHYSICS EDUCATION realizada en Porto Alegre (Canela), Brasil, July 3-7/00,

y, por el **desconocimiento** de las realidades educativas concretas que se pretenden intervenir. Y si bien estas reformas y políticas suelen fracasar en cuanto no se logran los propósitos de quienes las gestan y las imponen, no por ello dejan de producir efectos; efectos que usualmente también se desconocen y sólo comienzan a ser visibles a mediano plazo<sup>2</sup>. Al mismo tiempo que a través de los modelos y discursos que se imponen y políticas que se implementan se producen modos permisibles de ser y pensar, se descalifica y se imposibilitan otros y se afecta en diversos grados dinámicas existentes, Si se fuera más consciente de estos efectos, muy seguramente los diversos sectores de la sociedad estarían más alerta cuando se anuncia la implementación de una reforma.

Se refleja en este tipo de políticas y en este estilo de reformar una posición “objetivista” y “empirista”, que dictamina que estos países y sus sistemas educativos existen "allá afuera" para ser intervenidos y regulados desde el exterior. Se ha vuelto, así, una práctica común la contratación de expertos nacionales e internacionales (expertos en administración) para que definan el nuevo ordenamiento y las reglamentaciones que deben regular una dada institución escolar.

Lo cierto es que en pocos años un nuevo paradigma se ha impuesto. Retomando las palabras de Arturo Escobar<sup>3</sup> cuando se refiere a las formas mediante las cuales el *desarrollo-subdesarrollo* se instauró desde los cincuenta como la manera de comprenderse a sí mismos y de comprender a nuestros países, cada vez es más claro cómo la realidad ha venido quedando colonizada por el nuevo discurso y cómo quienes están insatisfechos con este estado de cosas son y se sienten obligados a luchar dentro del mismo espacio discursivo por "porciones de libertad", con la esperanza de que en el camino pueda construirse una realidad diferente.

"En este nuevo orden globalizante un nuevo *sentido común tecnocrático* ha venido penetrando sin mayores resistencias nuestros países e impregnando comunidades académicas y élites gobernantes; se ha asumido a las leyes del mercado, adjudicándoles el carácter de objetivas y universales, como las organizadoras de toda la actividad humana. Toda actividad, independiente de su carácter, se considera que es susceptible y necesario someterla a la exigencia de un control estricto a través de una medida objetiva de los logros alcanzados y evaluada según criterios de eficiencia, eficacia y calidad. Es así como hemos visto una profunda transformación de concepciones. Hemos visto cómo todas las necesidades son mercantilizadas y cómo de ciudadano - al que se le garantizaban constitucionalmente derechos como salud, educación, vivienda, trabajo, etc.- se pasa a ser *cliente, consumidor*; como, entonces, el ciudadano que activa y autónomamente participa en la voluntad común es desplazado por un individuo privado que elige, opta, compete para acceder a un conjunto de propiedades-mercancías de diversa índole; y como la educación anteriormente asumida como un derecho social de todos los ciudadanos por el acceso a la "cultura" y el desarrollo intelectual, y como el proceso de incorporación en una colectividad de los futuros

---

<sup>2</sup> Véase por ejemplo el impacto del establecimiento de las jornadas múltiples para solucionar problemas de cobertura en los 70. Se planteó la posibilidad de tres jornadas de 7a.m. a 12m de 1p.m. a 6 p.m.. y de 6p.m. a 10p.m.; lo cual se vio como una forma para utilizar los espacios físicos y recursos educativos con mayor eficiencia dando la posibilidad de que las instituciones escolares prestaran su servicio a un número mucho mayor de estudiantes son un incremento muy reducido en los costos; los maestros, por su parte, vieron la oportunidad de duplicar o incluso triplicar su salario. Dos décadas después para todos es claro: 1) que la asignación salarial del maestro ha bajado estruendosamente - un maestro debe dar por lo menos 45 horas escolares de clase a la semana para devengar un salario apenas aceptable, condiciones en las que resulta muy difícil que el maestro se comprometa con su actividad; 2) que estas condiciones propician una relación de exterioridad del maestro con su actividad, haciendo que el nexo preponderante sea el salario percibido; y 3) que la educación pública ha sufrido un notable deterioro, ofreciéndose una educación pobre para los pobres (los sectores medios optaron por la educación privada). Lo cierto es que hoy en día se ha vuelto a reivindicar la jornada única, para lo cual no hay una infraestructura disponible y un atraso sustancial en la inversión para estos efectos, a lo cual se adiciona una demanda creciente sobre la escuela pública de las capas medias debido a la crisis económica.

<sup>3</sup> Véase, ESCOBAR, A. *La invención del tercer mundo: construcción y deconstrucción del desarrollo*. Grupo Editorial

ciudadanos a través de la autoridad simbólica que han ejercido los estados-nación sobre la escolarización de las masas" se transforma "en una posibilidad de consumo individual, variable según el mérito y la capacidad de los consumidores". Hemos visto también la regularidad y semejanza del diagnóstico de la crisis educativa y de las políticas educativas desarrolladas en los diferentes países de la región, más allá y contra las diferencias específicas de cada caso nacional, y el papel cada vez más protagónico de organismos financieros internacionales – como el Banco Mundial, el FMI, el BID y los otros bancos regionales – en la definición de las políticas educativas para nuestros países. Por último, hemos visto como nuestras universidades se están convirtiendo en *empresas*<sup>4</sup>.

Así, a nivel educativo hay un diagnóstico único para la "crisis educativa" de nuestros países: los problemas de los sistemas educativos son problemas de eficiencia y de calidad<sup>5</sup>. El lenguaje del mercado ha penetrado el medio educativo y académico y con ello la comprensión de la actividad educativa y académica. Se la asimila a una actividad productiva (de producción de mercancías) y se la ve entonces como una actividad que puede y debe ser sometida a un control estricto a través de una medida objetiva de los logros (productos) y evaluada según criterios de calidad y eficacia; a la luz de metas definidas previa y exteriormente a la misma. Es ya un lugar común en el medio universitario la identificación de la *eficiencia* con la *privatización*, mirándose con buenos ojos la conversión de las instituciones escolares y universitarias en *empresas*, al parecer sin percatarse que de esta manera no se ha hecho otra cosa que mercantilizar y privatizar la educación pública, pues la estrategia seguida al respecto no se relaciona – como afirma Angulo Rascos<sup>6</sup> - con la titularidad del servicio sino con el funcionamiento del mismo. Se asume también como obvio que la *competencia* en todos los niveles (entre instituciones, entre programas, entre profesores, etc.) es el medio para garantizar la cualificación del servicio educativo y la actividad académica e investigativa; de modo que a quienes les vaya mejor (instituciones, programas, proyectos, profesores, etc.) en el mercado educativo y académico a la vez que aseguran mayores recursos económicos, aseguran también su reconocimiento por su calidad académica y su función social, identificándose el éxito mercantil con la idea de calidad y de eficiencia en el ámbito de lo académico, educativo y cultural.

---

<sup>4</sup> Tornado de Reflexiones sobre una Estrategia de Formación de Docentes: El caso de la Maestría en Docencia de *la Física de Universidad Pedagógica Nacional en Colombia*, ponencia presentada en la VII CONFERENCE ON PHYSICS EDUCATION realizada en Porto Alegre (Canela), Brasil, July 3-7/00, En el mismo texto se hace un esbozo de la estrategia seguida en la mercantilización de la educación: "La mercantilización privatización de la educación - nos dice Angulo Rasco - no se hace de manera directa, pues no se relaciona con la titularidad del servicio sino con el funcionamiento del mismo. Para que ello sea posible se requiere que el Estado intervenga asegurando la selección de los objetivos y del mecanismo de control; luego viene la desregulación del sistema educativo o des-implicación de Estado en su organización. Y ello se refiere a la falsa descentralización escolar, por la cual las instituciones se ven obligadas a asumir una "autonomía" en la que no viene asegurado los recursos presupuestarios y humanos. Las instituciones educativas tendrán que competir por su cuota de mercado, ofreciendo un servicio determinado según los objetivos que han de cumplir y bajo el control de un sistema de evaluación externo. La participación en el sistema - prosigue Angulo Rasco - se establece de dos maneras: los ciudadanos son ahora clientes que como individuos compran un servicio en un mercado competitivo; las instituciones escolares son unidades de producción que ofrecen el valor de sus servicios sometidas al control de calidad. Dichas instituciones retienen una cierta autonomía para seleccionar los medios de producción, pero no para elegir ni los objetivos, ni los procedimientos de control. La profesionalidad docente queda limitada por un lado a la creación de medios y, por el otro, a la venta de dichos medios a los clientes. En esta dinámica, claro está, los clientes reclaman acuciados por un mercado incierto, un tipo de educación que les asegure, lo más posible un acceso al mercado laboral. La calidad de la educación depende pues de las necesidades del mercado, de los requisitos cognitivos y actitudinales que demanden los empleadores; un mercado manejado por las transnacionales y organismos financieros internacionales. Es este, al parecer el esquema que se viene agenciando desde las diferentes instancias gubernamentales."

<sup>5</sup> Véase: GENTILI, P., *El Consenso de Washington y la crisis de la educación en América Latina*. Archipiélago N° 29, España

Llegado a este punto, me interesa destacar y en cierta forma explicar la actitud pasiva y en muchos casos complaciente de nuestras comunidades académicas y educativas frente al proceso de transformación técnico-instrumental experimentado en la comprensión de lo educativo y académico, que orienta las formas de organizar las instituciones y actividades educativas que se han venido implementando en los últimos años.

Dado que la validez del conocimiento se ha solido vincular a la objetividad y por ende a la universalidad, parece ser, de una parte, que la pretensión de *lo universal*, de lo *objetivo*, sigue siendo un anhelo y una base de seguridades para quienes estamos vinculados a la actividad científica de alguna manera, en particular para los profesores de ciencias. Por ello la búsqueda de una mejor *calidad* y de una mayor *eficiencia* se considera no sólo una pretensión loable sino necesaria en si misma. De otra parte, se la ve como una necesidad atendiendo las circunstancias actuales: dado que se ha asumido como un precepto que en el Nuevo Orden Mundial la producción científica y tecnológica es la primera fuerza productiva, se suele considerar que la capacidad de un país para insertarse en la competencia del mercado depende de su grado de desarrollo científico y tecnológico. Y aquí la retórica del desarrollo sigue produciendo sus efectos en nuestros países: las comparaciones con los países desarrollados se vuelven inevitables. Se ve como indispensable el desarrollo educativo según los estándares internacionales y el fortalecimiento de una cultura académica mediante la formación de tradiciones investigativas ancladas en los trabajos de investigación que adelantan los países desarrollados científica y tecnológicamente. Los sistemas educativos y académicos de los países desarrollados se convierten en una referente de mejor calidad y eficiencia al que hay que tender.

La *calidad* y la *eficiencia* son ideas que comparten el mismo carácter con la *verdad*, en cuanto se constituyen en parámetros absolutos – independientes de todos los contextos – para la regulación de las actividades humanas, que si bien son inalcanzables establecen una dirección en ellas, una meta a la que deben tender; de allí que se pueda hablar de mejoramiento, de progreso. Las decisiones respecto a alternativas conflictivas son aceptadas confiadamente cuando se dictaminan mediante criterios que trascienden la mera subjetividad, no importa si, según la cultura, estos criterios son dados por el hígado de un animal sacrificado o por el juicio autorizado de un *experto*. Las imposiciones sociales son acatadas si provienen de alguien que encarna una realidad que trasciende la finitud humana, o que la representa<sup>7</sup>.

Y es que el ejercicio del poder para que sea efectivo, se legitima ideológicamente. Y para Investirse de legitimidad y cumplir sus efectos cabalmente, el ejercicio de poder siempre se remite a un tercero, sea éste la divinidad, la tradición, el conocimiento o la voluntad general; y éste comienza a tambalearse cuando la gente empieza a cuestionar este metanivel, o cuando las capacidades de los mediadores son puestas en duda, o cuando los criterios son vistos como fruto de la simple contingencia humana<sup>8</sup>. Por eso resulta muy difícil enfrentarse a la retórica de la calidad, de la eficiencia y de la verdad: ¿cómo podría uno negarse a que el sistema educativo fuera más eficiente y que la calidad de la educación filera mejor?, sin embargo comienza a quebrarse cuando las propuestas que se plantean con este propósito se analizan a la luz de un contexto específico: ¿es mejor para quienes? ¿para qué contexto?

Las contradicciones que surgen de la contraposición entre lo universal y lo local se hacen manifiestas. De una parte, al ser *calidad* y *eficiencia* ideas que comportan ese carácter universal y absoluto, se espera que los procedimientos para avanzar en la dirección que determinan estas ideas también sean universales y absolutos, y que sea posible establecer comparaciones entre los diferentes estados de calidad y eficiencia obtenidos cuando la educación y academia se encaminan

---

<sup>7</sup> IBAÑEZ, T., *Ciencia, retorica de la "verdad" y relativismo*. ARCHIPIÉLAGO, Cuadernos de Crítica de la Cultura, Nº 20, 1995, Barcelona

en esta dirección. Lo cual justifica el diseño e implementación de las mismas políticas así como la aplicación de un mismo sistema de evaluación para contextos diferentes. De otra parte, la compleja problemática que se presenta en el contexto específico en el cual se desarrollan estas actividades invalidan esas acciones y pretensiones: ¿cómo legitimar, por ejemplo, la concentración de recursos y de acciones que propenden por el mejoramiento de competencias en matemáticas, en localidades donde se vivencia un grave resquebrajamiento del tejido social?, como está ocurriendo en Colombia.

### **Sobre la historia de las ciencias en dicho contexto**

Es en esta contraposición entre lo universal y lo local donde yo veo un papel para la historia de las ciencias en la formación de docentes de física y de ciencias en general, cuya importancia se hace aún mayor en el contexto problemático arriba esbozado. Máxime si se asume la enseñanza de las ciencias como una actividad que genera condiciones y abre espacios para la construcción y reconstrucción de relaciones con la ciencia y el conocimiento, y de esta manera con el mundo, de acuerdo a las posturas epistemológicas e ideológicas que orienten las prácticas pedagógicas del maestro y del contexto cultural local en que se realice su labor; así, a través de la enseñanza de las ciencias se provee, o no, condiciones culturales para que individuos y colectividades puedan participar activamente en la producción de formas de representación de si mismos y de los otros, de lo social, del país en su relación con los otros países, del mundo "natural", etc., que permitan enfrentar favorablemente los múltiples y complejos conflictos que los afectan.

En las últimas décadas ha venido surgiendo un movimiento de recuperación de la historia de las ciencias para el ámbito de formación de docentes. En la gran mayoría de casos la historia se ha planteado como un *recurso* para el trabajo del maestro de ciencias, y por tanto se ve muy importante formar al maestro para que pueda hacer uso de la historia. Y este uso de la historia puede hacerse desde diferentes planos: desde el plano de la motivación – donde la ubicación local y cronológica así como la reseña de anécdotas sobre los descubrimientos y errores son rasgos de este uso – pasando por el plano del rescate de argumentos para mostrar la ciencia o la física como una actividad donde juega la razón; al plano de estrategia didáctica, en la medida en que el establecimiento de paralelos entre el desarrollo científico y el desarrollo del conocimiento individual permite derivar elementos para el diseño de actividades en el aula tendientes a la comprensión y uso de una determinada teoría o un aspecto de ella.

Pero también se ha visto la historia como una forma de incidir o transformar la imagen que de la ciencia tienen los maestros, teniendo en cuenta el importante papel que ésta juega en la orientación de su labor pedagógica. En este sentido hay quienes han encontrado en los enfoques contextuales de la historia de la ciencia, desarrollados por autores como Stephen Shapin, y los estudios socio-culturales de la ciencia, como los realizados por Bruno Latour, una manera de mostrar una ciencia totalmente diferente. Más que como una colección de productos – conceptos, teorías, procedimientos, etc. – la ciencia es presentada como la actividad misma de construcción de dichos productos, ligada, consecuentemente, a los contextos en los que se realiza y respondiendo a las exigencias e intereses generados en esos contextos específicos; donde los denominados “hechos científicos” a partir de los cuales edificamos nuestra certeza y designamos lo que llamamos realidad tienen una historia de constitución y son ante todo hechos sociales: en algún momento fueron solamente enunciados, la mayoría de las veces polémicos, que logran imponerse a través del despliegue – en términos de Shapin – de toda una *tecnología de socialización*<sup>9</sup>, difuminándose, así,

---

<sup>9</sup> RODRÍGUEZ, L. D. y ROMERO, A. *La construcción de la historicidad de las ciencias y la transformación de las*

las fronteras entre las ciencias sociales y naturales<sup>10</sup>. Se propone en este sentido, por ejemplo, escoger las clases prácticas de laboratorio en los programas de formación de maestros como espacios para la discusión, evaluación y redimensionamiento de las actividades científicas a través de la recuperación de estudios de casos producidos desde estos enfoques socio-culturales, para la superación de concepciones restringidas sobre la actividad científica.

No obstante las diferencias ostensibles entre estas dos formas de asumir la historia en su relación con la formación de los maestros de ciencias, comparten un mismo rasgo: el maestro se relaciona con una historia “dada”; fortaleciéndose así el carácter objetivante de los saberes que se suponen válidos y con ello el poder ideológico de los así considerados como *universales*.

La separación entre la actividad de conocimiento y los productos o resultados de la misma está a la base de esta problemática. Y es que cuando la historia o la ciencia es considerada como el resultado mismo de la investigación, sus *productos* – ya sean, para el caso de la historia, narraciones del pasado, metodologías, etc., o, para el caso de las ciencias leyes, conceptos, principios, etc – se objetivizan y se hacen universales; se les independizan de quienes las producen o las resignifican, de las polémicas que dan lugar a los mismos y de las que éstos generan, de los intereses a los que responden. Es mediante esta separación actividad-producto o resultado que el conocimiento científico es entendido como el corpus conformado por dichos resultados. “Desde esta imagen y teniendo en cuenta su relación en el tiempo, los productos de la actividad científica a lo largo de su historia suelen ser catalogados de las dos formas siguientes:

O son base de desarrollo de otros que los contienen y superan (la mecánica de Newton es considerada como el fundamento de toda la mecánica clásica, por ejemplo; en tanto que la mecánica Lagrangiana la abarca, al ser concebida ésta como una forma más general de la mecánica clásica), o los desarrollos posteriores hacen evidente su falsedad (así, la teoría del calórico suele ser considerada falsa mientras la teoría cinética del calor es considerada verdadera por lo menos más verdadera). Tal clasificación se constituye en un criterio de constitución del corpus de conocimiento denominado física<sup>11</sup>.

La “cosificación u objetivación” de los productos de la actividad de conocimiento, consecuencia de la separación actividad-producto, conlleva al planteamiento de dos contextos claramente diferenciados: uno, el de producción y validación del conocimiento y, otro, el de

---

<sup>10</sup> Las ciencias se suelen clasificar en ciencias sociales y naturales; clasificación que obedece a la diferenciación de base de los objetos a los que ellas hacen referencia: unas se refieren al mundo del hombre y las otras al mundo natural – a la naturaleza -. Pero esta clasificación tiene más implicaciones. En las ciencias sociales se acepta el carácter subjetivo de las mismas: los “hechos” que son objeto de tematización por las comunidades que desarrollan esta actividad se suponen que son contruidos, que no existen por fuera de quienes producen y resignifican este conocimiento. Entre tanto, los “hechos naturales” se suelen asumir como objetivos: la luz, la presión atmosférica, los átomos los electrones, etc. hacen parte de esta realidad que existe independiente del hombre, de los sujetos que la conocen, y que está disponible para ser conocida. Naturaleza y Cultura son asumidos como antagónicos: lo natural es opuesto a lo cultural. Lo natural es necesario, no debatible. Lo cultural es contingente, puede ser de otra forma. De ahí el efecto ideológico producido cuando las cosas se naturalizan. Pero si bien en los diversos contextos culturales se distingue entre cultura y naturaleza; lo que es considerado naturaleza depende de las particularidades del contexto cultural (sin irnos lejos de la física, véase lo que al respecto plantea Heisenberg en *Imagen de la naturaleza en la física actual*). Hay “naturalezas” distintas para culturas distintas; la naturaleza es, pues, un constructo cultural, es uno de los productos de la actividad humana. Así las cosas, las ciencias naturales más que hablarnos de un mundo que existe independiente de los hombres, nos habla del mundo de los hombres, de las maneras y actividad que realizan para organizar y reorganizar su experiencia.

<sup>11</sup> AYALA M. M. et al. “*De la Mecánica a la actividad de organizar fenómenos mecánicos: hacia la elaboración de propuestas alternativas para la enseñanza de la mecánica*”. Pre-impresos, Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional, Santafé de Bogotá, Colombia, 1998. Aceptado para su publicación en el N°7 de la *Revista Física*

difusión y uso del mismo. Las comunidades científicas o de historiadores se encargan de producir y validar el conocimiento y los maestros de divulgarlo. Se concibe, así, al maestro de ciencias como un transmisor o como un mediador en estos procesos de transmisión del conocimiento; concepción que le excluye de la construcción del conocimiento que imparte y que promueve en el maestro una relación de exterioridad, enajenación y subordinación con el mismo. Es común encontrar a maestros de ciencias que si bien pueden notar diferencias entre las formas de concebir el mundo físico a la base de teorías de la física<sup>12</sup>, difícilmente pueden tomar una posición al respecto; revelando la exterioridad que mantienen con el conocimiento científico.

Esas prácticas de formación de maestros de ciencias que se restringen a promover la comprensión y el uso de planteamientos, tanto en el campo de la ciencia como en el de la historia, terminan promoviendo, a su vez, unas prácticas de poder muy especial – que ha hecho notar Foucault en torno a la relación saber universal-poder – en tanto éste no es ejercido de manera violenta por alguien externo, sino que es ejercido *sobre uno mismo y para si mismo*, “un poder individualizante que va configurando un cierto *yo universal*; que obliga a los individuos a des-subjetivarse y a las colectividades a perder sus especificidades para acomodarse a ese designio de lo universal.

Pero si la historia o la ciencia se asumen como actividad y se promueve la vinculación a dicha actividad, los así llamados “productos” pierden su carácter de 'objetos' al ser considerados en íntima conexión con la actividad específica desarrollada para elaborarlos y por lo tanto haciendo parte del entramado de creencias, intereses, compromisos epistemológicos, estrategias cognitivas particulares puestas en juego, etc., de quienes lo producen o lo resignifican”.

Desde esta perspectiva<sup>13</sup>, en la formación de los maestros de física debe producirse un doble desplazamiento: uno, de la comprensión y uso de las teorías y conceptos para explicar fenómenos o resolver problemas a la actividad de organizar fenómenos y plantear problemas; y, dos, del manejo de las narrativas históricas a la construcción de la historicidad de las ciencias<sup>14</sup>.

En este orden de ideas, los profesores de ciencias (en formación y quienes los forman) han de vincularse a un proceso de recontextualización de saberes, que exige de ellos la elaboración de criterios de selección de un campo problemático, la toma de posición acerca de los fenómenos que intenta organizar (inquietudes, comprensión que tiene de ellos, etc) así como de los aportes que al respecto han hecho otros autores.

La recontextualización de saberes implica "situar o insertar un conocimiento de manera significativa en un contexto diferente al que se originó" tal como lo señala B. Berstein. Así, la recontextualización es una actividad de producción de significados en torno a algo; pero es importante tener en cuenta que sí no es posible separar el conocimiento de quienes lo elaboran y le dan significado y que están insertos en contextos culturales específicos, lo que es, como ya se dijo, una consecuencia inmediata de suponer la ciencia y el conocimiento como una actividad-se puede afirmar que no hay propiamente "un producto" para ser recontextualizado, por lo tanto, ese "algo"

---

<sup>12</sup> De cómo el electromagnetismo del corte de Maxwell supone una concepción de mundo físico muy diferente a la sustentada en una mecánica de corte newtoniano; o cómo la mecánica de Euler o la de Hertz sustenta un punto de vista sobre el mundo físico y sobre el conocimiento muy diferente al de Newton.

<sup>13</sup> El Grupo *Física y Cultura* está avanzando en esta perspectiva en los programas de *Maestría de la Docencia de la Física y de Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico*, del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia.

(un texto escrito por un autor, por ejemplo) que se pretende dar significado no son más que jeroglíficos, que sólo significan en la medida en que se elaboren su significado. No se trata, pues, de *encontrar* el significado de un texto, como si éste estuviera en él, ni de desvelar lo que ciertos autores (científicos) concebían acerca de fenómenos o problemáticas particulares de acuerdo al contexto en que fueron elaborados, ni de hacer seguimientos cronológicos de la evolución de una noción o concepto específico, ni de esclarecer los obstáculos por los cuales diferentes teorías no se han podido o tienen dificultades en ser transmitidas. Se trata más bien de establecer un *diálogo* con los autores a través de los escritos analizados con miras a construir una estructuración particular de la clase de fenómenos abordados y una nueva mirada que permita ver viejos problemas con nuevos ojos (característico de la construcción de formas de representación alternativas). La recontextualización de saberes es entonces y ante todo una *actividad constructiva y dialógica* de reconstrucción histórica de los saberes en busca de elementos para la elaboración o solución de un problema o la construcción de una imagen de una clase de fenómenos, etc., que depende inevitablemente de los intereses, conocimiento y experiencia de quien la realiza; vivencia que aporta, además, elementos para determinación de problemas y situaciones problemáticas relevantes para estudiantes que se inicien en esta actividad de construcción de representaciones del mundo natural y de la ciencia.

Una formación de profesores de ciencias en esta dirección, nos parece, provee condiciones para la vinculación de nuestras comunidades en los procesos de construcción y de-construcción de representaciones sobre nosotros mismos y nuestros países con relación a los otros, y, de esta forma, para incidir en la construcción de un futuro más aceptable para nuestras sociedades; a la vez que favorece una actitud más activa y crítica frente a esos procesos de imposición de representaciones que definen los ordenes de los discursos que se hacen hegemónicos, como los que estamos vivenciando hoy en día.

En síntesis, he mostrado de manera grossa los rumbos que desde las diferentes instancias de gobierno y de dirección se le está dando a la educación y la academia en nuestros países en un juicioso acatamiento de las políticas trazadas desde los organismos financieros internacionales, y como la formación que usualmente se da en ciencias – que favorece el papel ideológico de lo universal y de lo objetivo, mediante prácticas educativas que promueven a lo más la comprensión y uso de planteamientos científicos – há generado un espacio propicio para la imposición de ese nuevo paradigma técnico-instrumental que reduce todo a lo económico y asume las leyes del mercado como el elemento organizador de todas las actividades humanas. En este contexto he esbozado un sentido para la historia de las ciencias en la formación de los profesores de ciencias.

## HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LA CIENCIA EN LA FORMACIÓN DE PROFESORES DE FÍSICA

**Diego de Jesús Alamino Ortega**  
Universidad Pedagógica "Juan Marinello"  
Matanzas, Cuba.  
[odalys@ff.oc.uh.cu](mailto:odalys@ff.oc.uh.cu)

### Introducción

Trasmitir el conocimiento científico ha sido vital para la supervivencia y desarrollo de la especie humana, por eso sería redundante justificar la necesidad de la Enseñanza de las Ciencias, pero cuando se trata de vincular esta enseñanza con su historia aparecen puntos de vistas divergentes. Hay quiénes piensan que introducir elementos de Historia de la Ciencia en la Enseñanza de las Ciencias debilita la exposición de esta última o hace correr el riesgo de maltratar a la historia. Por esta razón la Enseñanza de las Ciencias y la Historia de la Ciencia han transitado por caminos de mutua ignorancia, aunque felizmente en los últimos años se ha producido una especie de reconciliación o acercamiento, no completamente exento de reservas, en particular de los que aún defienden a la Enseñanza de las Ciencias sin el *componente de la historia de la ciencia*.

### La historia de la ciencia y la enseñanza de las ciencias

Para despejar cualquier duda, lo primero que debe quedar esclarecido es que cuando se habla de la Historia de la Ciencia en la Enseñanza de las Ciencias, lo que se quiere expresar *no tiene que ver con el empleo del método histórico en la enseñanza*. Resultaría inviable recorrer en cada una de las clases el zigzagueante camino por el que ha transitado la ciencia para arribar a un nuevo conocimiento, quizás sea a esto a lo que se refieran los que piensan que se afecta la Enseñanza de las Ciencias, pues el tiempo lectivo no permitiría este tipo de exposición. No obstante, si analizamos los métodos y modelos de enseñanza-aprendizaje de la física que con gran profusión se han hecho presentes en los últimos cuarenta años, en ellos se revelan en diferentes formas los elementos de Historia de la Física.

El modelo de *Aprendizaje por Descubrimiento* que se promovió durante la década de los sesenta y setenta fue uno de los intentos de aproximar el aprendizaje de las ciencias a las características del trabajo científico. ¿Será posible sin el conocimiento de la Historia de la Ciencia lograr este propósito? Evidentemente no, para que el estudiante adquiera el conocimiento según este modelo hay que ponerlo en la situación del trabajador científico y eso puede lograrse si se conoce cuáles fueron las condiciones y cuestionamientos que condujeron al descubrimiento y a lo cual solo el conocimiento de la Historia de la Física puede dar respuesta.

El *Aprendizaje por Recepción Significativa*, que de cierto modo sustituyó al modelo anterior, tiene como elemento importante la detección de los conocimientos previos de los alumnos, los cuales en muchos casos se ha demostrado que coinciden con las concepciones ingenuas o a veces erróneas de la comunidad científica en determinado momento histórico, por lo que el conocimiento de la historia nos ayuda a estar prevenidos ante esta situación y a emplear los argumentos que permitieron a los científicos vencer aquellos escollos y arribar a las nuevas concepciones.

Con la *Orientación Constructivista* sobre la enseñanza-aprendizaje de la ciencia, se produce una evidente aproximación de la actividad de aprendizaje a la formación de los conocimientos

necesario tener una sólida comprensión de la forma en que la ciencia ha transitado hacia el conocimiento científico, por lo que aquí subyace, como algo imprescindible, el conocimiento de la historia y la epistemología.

De más reciente factura es la propuesta del modelo de *Enseñanza-Aprendizaje como Investigación*, el cual se reconoce completamente identificado con el seguimiento en el actuar del profesor de una actividad de enseñanza-aprendizaje, colocando al estudiante en una posición extremadamente cercana a la de un investigador novel. Se recomienda en esta propuesta, evitar transmitir concepciones erróneas sobre el trabajo científico durante la enseñanza de las ciencias. Nuevamente es necesario recalcar que tales propósitos se pueden lograr únicamente con un adecuado conocimiento de la Historia de la Ciencia.

Algo que puede ayudar a apoyar a lo que anteriormente se ha hecho referencia es que, prominentes filósofos de la ciencia como Gastón Bachelard y Thomas Kuhn llegaron a la filosofía de la ciencia a través del prisma de la enseñanza de la física.

Sin querer enjuiciar los modelos de enseñanza-aprendizaje se ha realizado un recorrido muy breve por ellos, con el propósito de demostrar la interrelación que existe entre las bases sobre las que se establece el modelo y el conocimiento de la Historia de la Ciencia.

Una aclaración estrictamente necesaria que es menester hacer, es que cuando en esta exposición se hace referencia a la Historia de la Ciencia o de la Física en particular, no se considera a esta como el relato verídico y cronológico de los hechos memorables del pasado, sino como *conocimiento del proceso de formación y desarrollo de la física conducente a revelar los nexos y las posibles concatenaciones causales entre los hechos*.

## **Significado humanista**

No es necesario hacer grandes esfuerzos para convencernos de que la ciencia en la actualidad es un componente integral de nuestro contexto social y que forma parte de los intereses personales, culturales, éticos, políticos, etc. La crisis energética con el discutido empleo de diferentes alternativas para la producción de energía es un asunto que acapara la atención de muy amplios sectores de la población. Los problemas medioambientalistas que se relacionan con la física no son solo asunto de especializadas revistas que llegan a un reducido número de lectores, ni siquiera el compromiso ético ante determinados avances de la ciencia. El desarrollo de armamentos desde hace mucho tiempo tiene una participación decisiva de los físicos, todo lo cuál trasciende, aún sin proponérselo cuando enseñamos la Física, por lo que es imprescindible dar respuesta, si no introducir, estas problemáticas en las clases. Hay múltiples ejemplos en los que con el tratamiento del contenido puede venir aparejada la valoración del hecho, promoviendo la reflexión y la actitud crítica del estudiante: la eficiencia de las máquinas térmicas, el uso de la cogeneración, el efecto invernadero, la energía nuclear, el peligro de una guerra nuclear, la tecnología militar, etc.

El deterioro de los valores humanos en las sociedades que conviven el momento actual es un fenómeno que afecta a todas las naciones en mayor o menor medida, en algunos de los casos incluso se emplea la palabra crisis de valores para calificar este estado de cosas, por el cual están preocupados desde el ciudadano común hasta las más altas autoridades. Pío Laghi mientras actuaba dirigiendo las proyecciones educativas del Vaticano advertía sobre: "la extendida reducción de la educación a los aspectos meramente técnicos y funcionales.... las mismas ciencias pedagógicas y educativas aparecen más centradas en los aspectos del conocimiento fenomenológico y de la práctica didáctica y no en los del valor propiamente educativo" . Es verdad que la formación de valores no es patrimonio exclusivo de la escuela ni de una asignatura en particular, pero esto no significa que se obvien las potencialidades de una asignatura y en particular la física, para trabajar

La primera acción que un docente de física debe desarrollar para contribuir a la formación de valores en sus educandos es hacer una presentación rigurosamente científica, en el más amplio sentido de la palabra, de los contenidos que imparte y comunicar la satisfacción por la tarea que realiza. En segundo lugar no debe dejar pasar por alto la inserción, en los momentos y lugares oportunos durante su clase, de comentarios sobre posturas mantenidas por físicos relevantes (positivas o negativas) para contribuir significativamente a estimular la actitud valorativa en el estudiante. Para no hablar en abstracto podemos referirnos al caso de Galileo de quién cuando se trata de la física no puede dejarse de mencionar. Este genio es un ejemplo de constancia y dedicación a la ciencia, a su trabajo, que mantuvo en las más difíciles circunstancias, tanto desde el punto de vista económico como por el rechazo que sus ideas tuvieron por parte de las autoridades eclesiásticas, que en aquella época se habían atribuido el poder de discernir entre lo correcto o incorrecto de una idea científica. Pudieran existir opiniones diversas en cuanto a la actitud asumida por Galileo ante el Tribunal del Santo Oficio, esto se presta para promover la actitud valorativa.

Newton es de esos reconocidos gigantes de la ciencia pero en su actuar ante determinadas situaciones ha recibido justificadas críticas, ¿por qué no aprovechar para fundir en una sola pieza lo que es algo indivisible, el hombre y el científico?

Identificar las siguientes palabras puede resultar un ejercicio interesante: "Guardémosno de predicar a los jóvenes el éxito en el sentido habitual como objetivo de la vida. Porque un hombre de éxito es el que recibe mucho de su prójimo, usualmente muchísimo más de lo que corresponde al servicio que presta. Sin embargo el valor de un hombre debería verse en lo que da y no en lo que pueda recibir". Estas reflexiones pudieran atribuirse a una personalidad política o religiosa y a pocos se les ocurre que se expresaran por un científico y en particular a uno de los autores de arriesgadas y casi ininteligibles teorías: Albert Einstein.

### **La historia de la física y la preparación del profesor**

Atendiendo a las argumentaciones antes presentadas, en Cuba se ha considerado incluir, desde los años ochenta, en el currículo de la formación de Licenciados en Educación, en la carrera de Física, la asignatura Historia de la Física. Esta asignatura por el fin que persigue en la preparación del Profesor forma parte de la disciplina Didáctica de la Física y se imparte en el último año de la carrera, debido a que en este momento ya el estudiante ha recibido toda la preparación en física y se pueden cumplimentar objetivos tales como:

- Profundizar, sistematizar y consolidar los conocimientos de Física, estudiados durante la carrera.
- Comprender las regularidades fundamentales del desarrollo de la Ciencia Física.
- Caracterizar cada una de las etapas fundamentales del desarrollo de la Ciencia Física.
- Mostrar la interrelación entre el desarrollo de la Física y el progreso social.
- Emplear el material histórico durante las clases de Física.
- Mostrar el carácter humanista del trabajo de los científicos a partir del estudio de algunas biografías de físicos notables.
- Conocer ideas pedagógicas de físicos relevantes.

Como se puede apreciar la asignatura tiene como propósito servir de generalización y de empleo didáctico y aunque evidentemente amplía el horizonte cultural del estudiante no se limita a

Pero no es suficiente que el alumno cuando llegue a quinto año se encuentre por primera vez con la Historia de la Física y se pretende, como ya se ha expuesto, darle un enfoque histórico a la Enseñanza de la Física, mediante un tratamiento puntual y sistemático a través de todo el curso de Física General y de la Didáctica de la Física, lo cual requiere de una adecuada estrategia para no cometer injusticias con la física ni con la historia. Esta estrategia por razones de tiempo no se detallará en esta exposición.

Una vez expuestas algunas ideas que pueden servir de fundamentación de la necesidad del conocimiento de la Historia de la Física por parte del Profesor de Física se expondrán a consideración los contenidos de un posible programa de esta asignatura:

### Tema introductorio: La Historia de la Física como Ciencia

Objeto de estudio de la Historia de la Física. Regularidades del desarrollo de la Física. Importancia del estudio de la Historia de la Física. Relación de la Historia de la Física con otras ciencias. La Historia de la Física y la Enseñanza de la Física. Periodización de la Historia de la Física.

Una vez impartido este tema se pueden escoger varias variantes para darle continuidad al curso, por ejemplo, una que atienda a la evolución histórica de la física y que entonces estará relacionada con la periodización que se ha realizado en el tema introductorio u otra que sin dejar de atender la periodización potencie determinados momentos del desarrollo de las diferentes ramas de la física.

#### Variante 1

Tema 2: Período preparatorio de la aparición de la Ciencia Física: desde la Antigüedad hasta Copérnico.

Tema 3: Período de formación de la Ciencia Física o del desarrollo del método experimental: desde Copérnico hasta Newton,

Tema 4: Desarrollo de la Física Clásica: siglo XIX

Tema 5: Etapa de la Física subatómica, cuántica y relativista: desde los umbrales del siglo XX hasta la actualidad.

#### Variante 2

Tema2: Estudio de la Física en la Antigüedad, la Edad Media y el Renacimiento.

Tema3: Estudio de la Mecánica a partir de los trabajos de Galileo.

Tema4: Estudio de la Optica en los siglos XVII al XIX.

Tema 5: Breve estudio de las leyes acerca del movimiento de los astros desde Copérnico hasta el siglo XIX.

Tema 6: Desarrollo histórico del Electromagnetismo.

## Tema 8: La física del siglo XX

Finalmente debe ser impartido un tema relativo a la Historia de la Física en el país donde se prepara al profesor, en el caso cubano se trata de: La historia de la Física en Cuba, con elementos de la Historia de la Enseñanza de la Física. También es recomendable, y de hecho ya se hace, introducir aspectos de la Historia de la Física en América Latina, donde pueden destacarse desde el estado de la ciencia en las culturas autóctonas hasta nuestros días, poniendo de relieve de este modo los modestos aportes de los países Latinoamericanos.

La forma de desarrollar el curso de Historia de la Física será mediante Conferencias, que deben ocupar un reducido tiempo y Seminarios, donde los estudiantes expongan las tareas de investigación de hechos, datos biográficos, experimentos relevantes, etc. Para evaluar la asignatura se tendrá en cuenta los Seminarios y la entrega y defensa de un trabajo referativo, que puede tratar:

- sobre historia de la enseñanza de la física.
- aplicación del historicismo a la enseñanza de la física.
- resultados de análisis de hechos históricos dentro del campo de la física.

Como la asignatura Historia de la Física es relativamente joven dentro del currículo de la formación del Profesor de Física, es conveniente habilitar cursos de postgrado, facilitar publicaciones relativas al tema y estimular a los docentes en ejercicio a que realicen investigaciones en el campo de la historia de la física donde hay innumerables temas que abordar, incluso llamar la atención sobre casos de seudohistorias o cuasi historias que comúnmente aparecen en muchos textos de Física con los que a diario trabajamos.

## **Conclusiones**

- La Historia de la Física en la Enseñanza de la Física, no es un elemento para edulcorarla sino un *componente esencial* que debe ser tenido en cuenta por el Profesor para conducir con eficiencia el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- La Historia de la Física puede actuar como fundamento del conocimiento científico, en casos de principios generales que resultan imposible ser demostrados a través de vías experimentales.
- El conocimiento de la Historia de la Física permite al docente darle a la Física una dimensión humanista.
- La Historia de la Física debe formar parte del currículo de la formación de los Profesores de Física.



## A HISTÓRIA E A FILOSOFIA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO DO LICENCIADO EM FÍSICA

**Luiz O.Q. Peduzzi**

Departamento de Física / Universidade Federal de Santa Catarina  
88040-900 - Florianópolis, SC, Brasil  
[peduzzi@fsc.ufsc.br](mailto:peduzzi@fsc.ufsc.br)

### Introdução

A disciplina Instrumentação para o Ensino de Física A, do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Santa Catarina, propicia ao futuro professor o envolvimento com um conjunto de conhecimentos bastante atualizados do ponto de vista da pesquisa atual em ensino de física. Em sua ementa, constam os seguintes itens:

“O processo de ensino aprendizagem de física, o papel e a influência das concepções alternativas, história da física, transposição didática e modelização no ensino da física. As relações CTS e o ensino da física, retrospectiva histórica do ensino da física no Brasil, o estudo de projetos de ensino de física (nacionais e estrangeiros) e suas influências no ensino da física no Brasil.”

A metodologia de trabalho consignada à disciplina incentiva uma participação ativa do estudante em sala de aula, incluindo aulas dialogadas, seminários e a realização de trabalhos em grupos.

É sobre a experiência de um grupo de alunos desta disciplina, incumbidos de mostrar a seus colegas a relevância da história da ciência no ensino da física, que centro minha participação nesta mesa redonda.

### O problema

Como é natural, foi com bastante preocupação que Edna, Fernanda (minhas ex-alunas), Rodrigo e Yuri receberam a tarefa de apresentar a seus colegas de Instrumentação A uma aula sobre o tema História da Ciência/Física, com base em três referências relativas ao assunto, sugeridas pelo professor da disciplina<sup>(1,2,3)</sup>.

Em função de meu interesse e envolvimento com o uso didático da história da física no ensino universitário, os alunos me procuraram, com muitas interrogações.

Como caracterizar apropriadamente esta história? Certamente, a menção pura e simples a datas, ilustrações e descrições sucintas dos feitos de personagens famosos, encontradas em muitos livros-textos, não é satisfatória. Uma informação descontextualizada é meramente descritiva e não pode contribuir para a compreensão de conceitos, leis e princípios. De forma análoga e em geral, belas imagens cumprem fins eminentemente comerciais e ou estéticos, mas não cognitivos.

O ensino tradicional da física, tanto em nível médio quanto universitário, ainda é,

trangimento, que “*não foram tanto as observações e experimentos de Galileu que causaram a ruptura com a tradição, mas sua atitude em relação a eles. Para ele, os dados eram tratados como dados, e não relacionados a alguma idéia preconcebida... Os dados da observação poderiam ou não se adequar a um esquema conhecido do universo, mas a coisa mais importante, na opinião de Galileu, era aceitar os dados e construir a teoria para adequar-se a eles*”<sup>(4)</sup>.

Ou seja, a natureza dá os fatos. É tarefa do cientista descobri-los. As teorias científicas são meras conseqüências dos fatos. A gênese e a justificação das mesmas estão circunscritas ao domínio observacional.

Dentro de uma lógica que entende que a atividade científica deve ser neutra, livre de pressupostos teóricos, e que admite, sem questionamentos, a validade do princípio da indução, a suposição da existência de um conjunto único de ‘regras’ tacitamente aceitas pelos cientistas em suas investigações (o método científico, com suas etapas de observação, formulação de hipóteses, experimentação, medição, estabelecimento de relações, conclusões, leis e teorias) não deve constituir surpresa.

Naturalmente, a crença na existência deste método não é exclusividade apenas do professor de física. Na área das ciências biológicas, por exemplo, em um livro bastante recente<sup>(5)</sup>, os autores ‘esclarecem’ ao leitor como trabalha o pesquisador: “*Ele faz uso do método científico, uma série de procedimentos dispostos de forma hierárquica e seqüencial, que direcionam e ordenam em etapas o seu trabalho.*” Em seguida, passam à sua descrição, afirmando que “*O método científico cumpre o seguinte roteiro:*

*Observação do fato: Um fato é qualquer acontecimento ou fenômeno observável ou ocorrido. A análise deste fato provoca algumas perguntas: Como e por que ocorre? Quais suas causas e conseqüências?”*

*Formulação do problema: O fato apresenta aspectos até então inexplicáveis. Tais aspectos constituem o problema.*

*Levantamento de hipóteses: O cientista começa a lançar idéias que talvez possam explicar os fatos. As hipóteses têm também a função de prever possíveis resultados para o mesmo problema sob outras condições ainda não observadas.*

*Experimentação: É o meio pelo qual o cientista testa suas hipóteses...*

*Análise dos resultados e conclusão: Os resultados deverão ser analisados para a confirmação ou não da hipótese. Em caso de não confirmação, a hipótese deverá ser reformulada ou até mesmo rejeitada. Não havendo argumentos que contradigam a hipótese, ela passará a ser considerada uma **teoria**. Caso os princípios estabelecidos por esta teoria venham a ser observados com uniformidade, sem variações em condições idênticas, tal formulação será reconhecida como uma lei.”*

Assim, qualquer exposição que discuta criticamente a utilização da história da ciência, e da física em particular, em qualquer nível de estudo, não pode deixar de fazer considerações explícitas sobre esta visão ultrapassada da atividade científica. O baconismo teve sua época e importância, certamente. Insistir, ainda hoje, em princípios de sua filosofia empirista, propositadamente ou não, é tolice.

Entre os alunos de Instrumentação A, existem professores que atuam na rede escolar, provavelmente com práticas inadequadas do ponto de vista de um ensino que, fazendo uso de uma

história não neutra, objetiva valorizar os processos de construção do conhecimento científico e não apenas seus produtos.

O convencimento pela força de uma argumentação solidamente construída, que procura mostrar o potencial da história da ciência/física para o ensino da física e que torna transparente à crítica a introdução desta história em sala de aula, enriquece o debate e propicia a mudança consciente, quando ela ocorre.

Há, sem dúvida, muitas questões abertas à pesquisa no que se refere a mesclar, de uma forma mais sistemática, conteúdos específicos de uma disciplina de física com aspectos históricos do desenvolvimento destes conteúdos.<sup>(6)</sup>

Por exemplo, de um lado se tem o físico, voltado para a objetividade do fenômeno; do outro o historiador da ciência, interessado na riqueza e detalhes dos fatos. Encontrar no ensino da física ou de qualquer outra ciência natural o meio termo ou o equilíbrio entre compromissos de pesquisa com especificidades tão distintas, nem sempre é fácil. Isto é, uma história da ciência ‘simplificada em demasia’ pode apresentar grandes lacunas e se mostrar de má qualidade; uma história da ciência explorada com muitos detalhes pode chatear e desinteressar o estudante.

O fato concreto é que a história da física, seja como disciplina específica ou integrada a outras disciplinas do currículo, não pode mais ser relegada a um segundo plano (como ocorre em muitos cursos de Física, onde a disciplina de ‘Evolução da Física’ é optativa). Nas diretrizes traçadas para a elaboração da prova do Exame Nacional dos Cursos de Física<sup>(7)</sup>, entre os conteúdos específicos para a Licenciatura, consta o seguinte: “História e evolução das idéias da Física: cosmologia antiga; a física de Aristóteles; a física medieval; as origens da mecânica e o mecanicismo; evolução do conceito de calor e da termodinâmica no período pré-industrial; a teoria eletromagnética de Maxwell e o conceito de campo; os impasses da mecânica clássica; radioatividade e as origens da física contemporânea; as teorias da relatividade e da mecânica quântica.”

Ao final da segunda reunião com Edna, Fernanda, Rodrigo e Yuri, pude perceber que as incertezas e a ansiedade inicial dos estudantes haviam cedido lugar a um sentimento geral de maior confiança quanto à realização, a contento, da tarefa. A discussão de vários outros pontos diretamente ligados ao assunto contribuiu decisivamente para isto. Entre eles, é claro, estavam boas razões para defender o uso didático da história da ciência/física no ensino de física. Assim, esta história pode<sup>(3)</sup>:

propiciar o aprendizado significativo de equações (que estabeleçam relações entre conceitos, ou que traduzam leis e princípios) que o utilitarismo do ensino tradicional acaba transformando em meras expressões matemáticas que servem à resolução de problemas;

ser bastante útil para lidar com a problemática das concepções alternativas;

incrementar a cultura geral do aluno, admitindo-se, neste caso, que há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais que ocorreram na história do pensamento científico (como a revolução científica dos séculos XVI e XVII, por exemplo);

desmistificar o método científico, dando ao aluno os subsídios necessários para que ele tenha um melhor entendimento do trabalho do cientista;

mostrar como o pensamento científico se modifica com o tempo, evidenciando que as teorias científicas não são ‘definitivas e irrevogáveis’ mas objeto de constante revisão.

chamar a atenção para o papel de idéias metafísicas (e teológicas) no desenvolvimento de teorias científicas mais antigas;

contribuir para um melhor entendimento das relações da ciência com a tecnologia, a cultura e a sociedade;

tornar as aulas de ciência (e de física) mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico;

propiciar o aparecimento de novas maneiras de ensinar certos conteúdos;

melhorar o relacionamento professor-aluno;

levar o aluno a se interessar mais pelo ensino da física.

Mas... como organizar a apresentação? Esta questão foi respondida pelos próprios alunos, com criatividade e originalidade.

### **A solução, engenhosa, criativa!**

A forma de apresentação escolhida pelos estudantes foi a do debate mediado. Sentados em torno de uma mesa, Rodrigo, Yuri e Fernanda, representando os papéis de um professor pesquisador em física (Contra 1), de um professor do ensino médio (Contra 2) e de um professor pesquisador em ensino de física (Favorável). Em pé, um pouco afastada e ao lado de um retroprojetor, Edna, com a função de dar início as atividades e de fazer comentários adicionais ao debate.

Os alunos criaram uma atmosfera bastante agradável para o desenvolvimento dos trabalhos, que despertaram o interesse e a atenção dos presentes, como pude testemunhar, sendo um dos assistentes. Sobre a mesa onde se processavam as discussões pendia verticalmente uma pequena lâmpada, que se apagava quando a apresentadora entrava em cena, de modo a deslocar para ela o foco das atenções. As demais luzes da sala permaneceram desligadas.

Cada uma das intervenções ocorreu na forma de leitura, de acordo com um roteiro bem estruturado. As falas procuraram exprimir o que as linhas sugeriam: discordância, perplexidade, dúvida, convicção...

A seguir, reproduzo o debate em sua íntegra e a essência da mediação da apresentadora, que abre os trabalhos com uma transparência que mostra a presença da história da física entre os conteúdos selecionados para o Exame Nacional dos Cursos de Física/Licenciatura. Continuando, afirma que, mesmo sem ser consenso entre os professores (que conhecem o assunto), é crescente o interesse que a história da ciência vem despertando junto ao ensino e que ela pode se constituir em uma importante 'ferramenta' para lidar com muitos de seus problemas. O retroprojetor é desligado, e o debate começa.

***Contra1:** Esse discurso de ensinar HF é muito bonito, mas minha pergunta é: que história que você vai ler? Porque não sei se você está ciente, mas nós podemos ter mais de uma versão de um fato histórico. Exemplo: a história de uma guerra geralmente é contada do ponto de vista do vencedor. Será que a HC corre o risco de ser contada sob o ponto de vista do paradigma vigente?*

***Favorável:** Na minha opinião não me preocuparia com que história porque as leituras*

tornasse a física mais humana, mais passível de contradições, tendo várias leituras e interpretações.

**Contra2:** *Vocês estão discutindo história, mas história já existe em praticamente todos os livros!!!!!!* [O aluno, aqui, dá um exemplo típico, fazendo menção a um cientista, dizendo quando nasceu e quando morreu.]

**Favorável:** *Espera aí...estamos falando de HC ou de arremedos de história?!?!? Sim, porque esta história descrita pelo colega não tem nenhuma das características que eu julgo relevantes na história, como por exemplo contextualização, tanto filosófica quanto social.*

**Contra1:** *Segundo Klein [um historiador da ciência] uma razão pela qual é difícil fazer-se com que a HF atenda as necessidades do ensino da física é a diferença fundamental que há entre a perspectiva do físico e a do historiador. É tão difícil imaginar-se a combinação da riqueza de complexidade do fato, ao qual anseia o historiador, com o simples corte agudo do fenômeno que a física procura (KLEIN). Essa citação sugere que a história seja de uma complexidade muito grande. Eu defendo que se deve evitar uma simplificação da história, ou seja, uma história de má qualidade.*

**Favorável:** *O fato de que a HC seja simplificada não se torna um argumento decisivo contra ela. A tarefa da pedagogia é então a de produzir uma história simplificada que não seja uma mera caricatura do processo histórico.*

**Contra1:** *Considero uma perda de tempo ensinar HC quando se quer formar cientistas. Julgo inconcebível, por exemplo, que um estudante sério de literatura não tenha lido Shakespeare, Machado de Assis ou outros clássicos; mas um estudante sério de física, por outro lado, pode perfeitamente ignorar os escritos originais de Newton, Faraday, Maxwell e outros, sem comprometer a sua formação acadêmica.*

**Favorável:** *Mas veja bem, você defende que a física seja apresentada de forma bonita, perfeita e linear, mas no entanto você sabe que não se faz física desse jeito. A HC me parece um caminho de como trazer à tona o real processo de construir a ciência, de fazer e aprender a ciência. A gente acaba fazendo da física uma ciência bastante operacional na medida em que desconsidera a filosofia e a história, julgando-as incômodas, uma perda de tempo.*

**Contra2:** *Você falou em construir ciência? Sempre achei que o método científico nos serve de referência.*

**Favorável:** *A discussão sobre o método científico acaba se resumindo numa visão empirista extremamente ingênua. Essa visão se resume em afirmar que os cientistas observam e descrevem fatos empíricos para a seguir organizá-los de tal forma a facilitar a transposição dos mesmos para uma linguagem matemática auto-consistente.*

A luz se apaga sobre a mesa. A apresentadora pergunta o que é o método científico. Para caracterizá-lo, cita o que consta no livro de ciências biológicas a que me referi anteriormente. A seguir, fala de Bacon e de algumas concepções errôneas sobre o trabalho científico<sup>(8)</sup> (que o método científico começa com a observação, que envolve uma seqüência rígida de etapas, que tem base segura na indução, que o conhecimento científico é cumulativo, que o conhecimento científico é definitivo). As discussões recomeçam.

**Contra2:** *Acho que esse tipo de conhecimento (HC) enfatiza as fraquezas da ciência ao*

**Favorável:** *Quando se forma um cientista, este tem que saber como a ciência é construída, e não apenas o resultado final. A imagem que fica do cientista quando se dá enfoque descontextualizado, ahistórico, é de um ser anormal, isso não corresponde à realidade, o cientista é uma pessoa normal, susceptível a erros. Conforme Koyré: "A HC nos revela o espírito humano no que ele tem de mais alto, em sua busca incessante, sempre insatisfeita e sempre renovada, de um objetivo que sempre lhe escapa: a busca da verdade...O caminho na direção da verdade é cheio de ciladas e semeado de erros e neles os fracassos são mais freqüentes do que os sucessos. Fracassos, de resto, por vezes tão reveladores e instrutivos quanto os êxitos. Assim cometeríamos um engano se desprezásemos o estudo dos erros; é através deles que o espírito progride em direção à verdade".*

**Contra1:** *Concordo, aprendemos mais com erros do que com acertos!*

**Favorável:** *Além do mais, eu vejo a utilidade do conhecimento histórico para o professor de física no sentido dele ser capaz de ensinar melhor o conteúdo do que está nos livros.*

**Contra1:** *A nossa colega chegou ao ponto em que eu considero o ápice da discussão: como a HC pode ajudar na aprendizagem. Agora sugiro direcionarmos a discussão para o ensino em nível secundário.*

**Contra2:** *Mas espere um momento, como ensinar HC se o tempo didático disponível no ensino médio não permite ensinar o desenvolvimento histórico da ciência?*

**Favorável:** *Mas meu caro, não ensinamos todo o conhecimento científico produzido, também não pretendemos que toda a HF seja ensinada.*

**Contra2:** *Eu sei que não ensinamos todo o conhecimento produzido mesmo em uma única ciência, como a física...*

**Favorável:** *Pois então, dentro desse conteúdo selecionado podemos adequar o ensino histórico ao tempo didático, enfatizando a filosofia da comunidade científica da época, um pouco do contexto social, político e econômico, enfim, o contexto histórico. Você não considera importante que esses professores que irão ensinar física no 1º e 2º graus, ou seja, ensinar física para a população em geral, conheçam a HF? Aí vocês têm que saber porque ensinar física e que física? Quando se pensa no segundo grau vem à cabeça a física que prepara para o vestibular. No entanto, a maioria dos alunos não tem acesso à universidade e mesmo os que lá chegam, em sua maioria, não irão estudar física. Então é preciso discutir que física e como ensiná-la, com ou sem HF? Realmente é preciso que se discuta como inserir neste ensino a HF para passar ao aluno muito mais do que simples fórmulas matemáticas sem sentido, algo que eu chamaria de cultura científica. É evidente, no entanto, que a HF não deve substituir a formação conceitual.*

As luzes da sala se acendem. É o fim de um debate e o começo de um outro que certamente extrapolará os limites físicos da sala de aula.

## **Referências bibliográficas**

1. MATTHEWS, M.R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 12(3): 164-214, 1995.

2. ZANETIC, J. Física também é cultura. Tese de doutorado, FEUSP, São Paulo, 1989.

3. PEDUZZI, L.O.Q. Sobre a utilização didática da história da ciência. In.: PIETROCOLA, M. (Org.) Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Editora UFSC (no prelo).
4. CHALMERS, A.F. O que é ciência, afinal. São Paulo, Brasiliense, 1993.
5. MARCZWSKI, M. & VÉLEZ, E. Ciências biológicas, volume 1. São Paulo, FTD,1999.
6. MESA-REDONDA: Influência da história da ciência no ensino de física. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 5(Número Especial): 7-22, 1988.
7. REVISTA DO PROVÃO , n.5, Brasília, 2000.
8. MOREIRA, M.A. & OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 10 (2): 108-117, 1993.



SESSÃO DE ENCERRAMENTO  
Final Session

VISÕES PESSOAIS SOBRE ENSINO DE  
FÍSICA À LUZ DO TEMA E DAS  
ATIVIDADES DA VII CIAEF

*Personal views on physics education in the light  
of the theme and activities of the VII IACPE*

**E. Leonard Jossem, U.S.A.**

**Anna Maria Pessoa de Carvalho, Brasil**

**Ruth H. Howes, U.S.A.**

**Leonor C. Cudmani, Argentina**

**Lillian C. McDermott, U.S.A.**

**Marco Antonio Moreira, Brasil**

**REMARKS AT THE SYMPOSIUM SESSION OF THE VII IACPE**

**Leonard Jossem**  
Ohio State University  
Columbus, USA  
jossem@mps.ohio-state

Why do we have international conferences on physics education? When one looks for financial support to come to conferences such as this, the question is sometimes asked: "You have international journals and e-mail and the Internet to provide communication, so why have international conferences, and why spend so much money and time to travel to them?" The answer, as we all know, is that these conferences serve a unique and irreplaceable function. They provide for the face-to face renewal of old friendships, for the face-to-face formation of new friendships, and for the face-to-face discussion of new ideas and of common concerns. These are important matters that can be achieved in no other way.

So I hope that you will join me in expressing our appreciation and our best thanks to Marco and all of the other Conference Organizers who have worked so hard to make this conference possible, and to make it the success that it is.

Others in this Symposium will talk about specific concerns, so I want only to say a few words about what I see as common concerns in the conference. They are mostly concerns about how to adapt to changing conditions in the world.

A primary concern has to do with the changing social and technological context of education. In recent years we have seen the commercialization of education - of education becoming a commodity. This has brought with it changes in the nature of educational administration, and an increase in institutional impediments to the improvement of instruction. It has brought with it also increasing demands for assessment and accountability, not always in ways that are appropriate to the educational process.

Other concerns include the *effective* use of the powerful new technologies of communication and visualization, both for local and distance teaching, and the clear need for more and better research in physics education.

There are concerns with the relations of the physics education community with the rest of society. How to bring about public recognition that a well educated population with a good background in science and technology is important for national progress, and is well worth the price of achieving it?

I am reminded of a cartoon in which a man speaking on the telephone says "We have high quality and low prices. Which do you prefer?"

And there are the concerns within the physics education community itself.

There is the changing focus and the increasing concern with student learning. "How do you know?" "What is the evidence?" There is the continuing and increasingly recognized need for research and renewal for instructional strategies and tactics.

Increased ease of communication makes it easier for mutual support across boundaries. As

In my view, the future of physics and physics education is to a large extent in our own hands. The question is: do we have the wisdom and the courage to act together to make it what we would like it to be?

Thank you.

## O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL: OLHANDO FENÔMENOS DISTINTOS<sup>15</sup>

**Anna Maria Pessoa de Carvalho**

Faculdade de Educação

Universidade de São Paulo, Brasil

ampdcarv@usp.br

O ensino de Física tem muitas facetas. Podemos olhar o seu desenvolvimento desde o curso fundamental, onde é ensinado com a denominação de “Ciências”, juntamente com os conteúdos de Biologia, Química e as vezes também Geologia e Astronomia, passando pelo curso médio, já como Física e com professores preferencialmente formados em cursos superiores de Física, e chegando ao curso superior quer seja o de licenciatura (formação de professores) quer seja o bacharelado (formação do físico) que em muitas universidades são cursos diferentes, em outras tem muitas disciplinas em comum e, em outras ainda, são dois cursos idênticos. Esse desenvolvimento, no Brasil, é extremamente caótico: um ciclo não prepara para o outro e por inúmeros motivos, cada professor dá a sua disciplina de forma isolada, sem se preocupar com o que veio antes e sem se importar com o que vai ser ensinado depois.

Podemos olhar a influência nesse ensino da nova legislação – a Lei de Diretrizes e Bases da Educação -, dos novos pareceres do Conselho Nacional de Educação, dos novos cursos de formação de professores, dos novos parâmetros curriculares, dos novos projetos pedagógicos, dos novos.....É tanta novidade que os professores, de todos os níveis, estão bastante inseguros sobre o que ensinar e como ensinar.

Podemos olhar as pesquisas que se faz sobre esse ensino. Vimos sua extensão e qualidade durante esse Congresso. E a pesquisa em ensino de física vai bem porque, quem sabe, seja a comunidade dos pesquisadores em ensino de física a mais estável e a melhor estruturada nesses tempos de mudanças. Seus objetivos pouco sofreram com as alterações na legislação, e ainda melhor, seu campo de ação foi ampliado pois os órgãos financiadores, como por ex. CNPq, CAPES, FAPESP, estando preocupados com os problemas educacionais abriram linhas especiais para as pesquisas e as intervenções de pesquisadores em ensino de ciências – e aqui se inclui o ensino de física - na realidade das escolas e na formação continuada de professores. Também organizações não governamentais, por ex. a VITAE, com as mesmas preocupações sobre a má qualidade do ensino de ciências, nos diversos níveis, tem se aberto para os grupos de pesquisadores em ensino para que esses intervenham e modifique as escolas.

É interessante registrar o fenômeno da influências dos grupos de pesquisa em ensino de ciências na interação entre ONGs e fundações governamentais, na procura de equacionar soluções para as escolas fundamental e média. Várias ONGs já tinham organizados projetos de intervenção, principalmente para o primeiro ciclo de escolas fundamentais sendo que vários desses projetos não apresentaram bons resultados. De outro lado as Fundações, e aqui cito a FAPESP que abriu uma linha de pesquisa denominada “Escola Pública”, estão procurando estudar cientificamente os problemas de nossas escolas. Os grupos de pesquisas foram então estimulados a não só organizarem propostas de intervenção, pondo em prática suas idéias e os resultados de suas investigações, como avalia-las e estuda-las em profundidade.

Entretanto é difícil estudar uma faceta desvinculada da outra porque felizmente ou infelizmente, elas estão muito interligadas. A pesquisa indo para escola e procurando intervir no ensino sofre com a desestruturação dessa escola. Não podemos investigar o que se passa em sala de aula, isto é, o ensino propriamente dito, sem considerar a influência da política que o estrutura. A

transposição das diretrizes da política educacional para a realidade de cada escola merece um estudo particular, pois ela apresenta, entre os dois pólos – o que legislador propões e o que a unidade escolar entende -, uma distância maior do que a transposição didática, entre as descobertas e sistematizações científicas e o livro didático.

Os resultados que temos obtidos nas pesquisas que estudam as intervenções nas Escolas Públicas e que tem por base as investigações no ensino de física, podem se modificar completamente pois, alguns elementos fundamentais do ensino em sala de aula, estão em plena mudança, como por exemplo:

1 - o professor: A formação dos professores, tanto a inicial como a permanente está mudando completamente, e em sentidos opostos. Para a inicial a proposta é de curso não universitário (Como serão os professores a serem formados pelos novos Institutos de Formação Docentes?) e para a formação continuada é de curso profissionalizante em nível de pós-graduação (Esses cursos poderão incluir professores formados em nível terciários?). Como estará nossas Escolas Públicas daqui alguns anos? Tenho receio de que para elas se dirijam os professores formados nos IFD e aqueles provenientes das universidades e com pós-graduação em Ensino de Física se dirijam às escolas particulares aprofundado, ainda mais, a diferença social em nosso país.

2 - o número de aulas de física. As novas legislações que dão origem à novas diretrizes das secretarias de educação estaduais tem levado a um inchaço no currículo das escolas médias. Além disso, algumas interpretações do significado do conceito de “área” introduzido pelos Parâmetros Curriculares tem acarretado uma diminuição expressiva do número de aulas de física. Encontramos, muito freqüentemente em São Paulo, escolas estaduais com apenas uma aula por semana (O que os alunos podem aprender, de uma maneira significativa nesse tempo?).

3 - o conteúdo. Na discussão do projeto pedagógico das escolas dois conceitos estão bastante confusos e interferem no planejamento das disciplinas, aonde se inclui a física: o conceito de interdisciplinaridade e o de integração com a realidade do aluno. Essas são influências vindas dos Parâmetros Curriculares e que precisamos em conjunto discutir com profundidade para dar diretrizes mais claras aos formadores de professores, pois hoje está se exigindo que os professores ensinem conteúdos nos cursos fundamental e médio que eles nunca estudaram e que não é ensinado nem no melhor curso universitário.

A melhoria do ensino de física só acontecerá se existir uma plena união de esforços entre todos os seguimentos – professores do ensino fundamental e médio, do ensino universitário e/ou aqueles que serão os formadores dos futuros professores e os pesquisadores em ensino de física – sem preconceitos e arrogâncias visando discutir os principais problemas deste ensino.

**CONFERENCE RESPONSE – VII IACPE****Ruth Howes**

Ball State University  
Department of Physics and Astronomy  
47306 - Muncie - IN USA  
rhowes@bsu.edu

During this conference week, I have been impressed by the likenesses and the differences in the challenges and opportunities facing physics education in our countries. It is clear that no one nation has a monopoly on good ideas and that we have much to learn from one another.

Physics departments in all our countries are seeing a declining number of undergraduate physics majors. Prior to this meeting, I thought the problem existed only in the United States, but clearly it extends to most other countries as well. In all our countries, many physics departments have valued research productivity and the ability to attract research funding above providing excellent undergraduate education in physics. Faculty have focused on graduate education and neglected the needs of undergraduates.

Second, all our countries face a shortage of qualified secondary level physics teachers. The primary reason in all countries appears to be poor pay. In Brazil, secondary teachers barely earn a living wage. In the U.S., competent physics teachers are hired by industry at much higher salaries than those of teachers. The result of the shortage is high school graduates who have poor introductions to physics and little interest in studying it at the universities.

Finally, the educated public in all our countries seems to perceive physics as a finished and relatively uninteresting science. This contrasts sharply to the situation in astronomy, at least in the United States. The roots of this problem are well-hidden. Perhaps it arises because few undergraduates take more than one year of physics. In that one year, they learn no science finished after the first decade or two of the last century. No wonder that they think of physics as a finished and dead subject!

Perhaps it arises because physics courses have long been hurdles that talented students must clear to get into engineering or medical school. Many university faculty have neglected their teaching to advance their research, leaving these bright students and future opinion leaders with a distinctly poor impression of physics and physicists. Perhaps it arises because researchers in physics have not taken the time to explain their results to the public. Up until 10 years or so ago, we were all confident that our research would continue to be funded as a matter of national security. Some of us even denigrated such expert publicizers of science as Carl Sagan. Or perhaps the problem in public perception of physics arises from the lack of qualified secondary physics teachers.

These three issues in physics education cross national borders. When we seek solutions, we find that the physics education communities in our countries face different problems. In the first place, many American countries have uniform national curricula established by an agency of the central government. To change physics curriculum, reformers must convince that one federal agency. For example, the careful and excellent study presented by Marco Antonio Moreira on the requirements for training physicists in Brazil has a very good chance very good chance of influencing national education policy. In contrast, each university in the United States jealously guards the right to establish an individual curriculum to meet the needs of its particular students or

national curriculum. The current effort to implement national standards in secondary schools that fall far short of a curriculum has provoked major controversy. Thus reform of the physics curriculum must be done by persuasion and examples of success.

In the United States, the majority of students who graduate with bachelors degrees in physics find employment in industry where they are often called engineers or software specialists. Another large group of graduates pursue advanced studies in other fields such as computer science, medicine or even law. A mere handful enter secondary teaching and the remainder, about 30%, pursue graduate studies in physics. Of those, half enter industry after receiving a Ph.D. Roughly 15% of undergraduate physics majors enter college and university teaching. Because they employ physics graduates, industries strongly influence physics education in the United States, and this influence is growing.

In contrast, physics graduates from universities in South and Central American countries generally pursue careers in academia, either in colleges and universities or in secondary schools. The stress on skills needed for jobs in industry has not permeated physics departments to the extent it has in the United States. Departments in South and Central American universities graduate many more majors than those in the United States, where departments graduate an average of 5 majors each year. Even Ph.D. granting departments average 10 majors each year.

Yes, physics teachers in different countries face different environments. We must use different tactics to solve our common problems. Nevertheless, the fundamental solution to the problems facing physics education seems to transcend national boundaries. Clearly we all need to encourage better learning by physics students at all levels. Physics departments must pay attention not only to instruction in physics courses for majors and non-majors but also to the entire education of physics majors. We will need to develop flexible tracks within the physics major to meet the needs of students with different ambitions.

This conference has convinced me that we have much to learn from one another. I have collected a number of new ideas, and I expect that I am not alone. We need to support IACPE as a conduit for this valuable communication. If we learn from and support one another's efforts, we can achieve our mutual goal of providing excellent physics education for all students.

**SYMPOSIUM PANEL PRESENTATION – VII IACPE****Lillian C. McDermott**

Department of Physics, Box 351560  
University of Washington  
Seattle Washington 98195 U.S.A.  
lcmcd@phys.washington.edu

The need for improvement in the quality of physics education has been a dominant theme in this and other Inter-American Conferences. The following comments are a distillation of reflections on the conference and of personal experience.

In all of the countries represented at this conference, there has been widespread concern about science education from elementary school through the university level. The preparation of teachers to teach physics in the schools is recognized as an urgent problem. At many universities, physicists have been dismayed over the steady decline in the number and quality of physics majors. This conference has focused on physics teachers and physics majors, but there are also serious issues related to other student populations that have impact beyond the physics community. In the U.S., more than 95% of the students taking introductory physics are majoring in other sciences, mathematics, and engineering. Therefore, the quality of instruction is of concern to other departments and professional societies. Physics courses for non-science majors also deserve attention. As citizens in a democratic society, these students may someday determine funding priorities and affect the direction of scientific research.

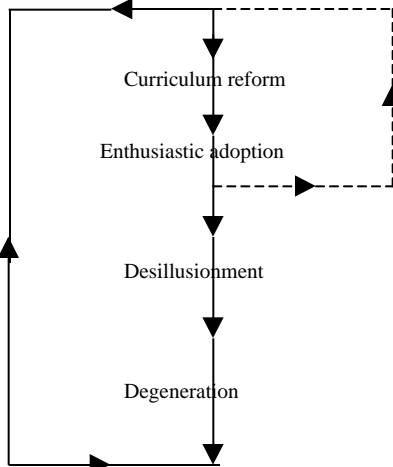
In planning for the future, it is useful to reflect on past reform efforts. Recurring periods of dissatisfaction with the state of physics teaching have motivated the development of new curricula. The pattern is almost always the same. A new curriculum is developed and initially is adopted enthusiastically. With the passage of time, enthusiasm wanes and disillusionment sets in. Eventually, the situation degenerates sufficiently to give rise to another round of effort and the beginning of another cycle. This pattern characterized the post-Sputnik era in elementary and secondary science education in the U.S. and led to the beginning of the present cycle of reform, which extends to the university level. (See solid lines in Fig. 1.)

It is not desirable that reform be a terminal process. We are never really where we would like to be. However, neither is it fruitful to repeat the entire cycle. Instead, we would like to intervene before disillusionment sets in and to try to bring about continuous incremental improvement. (See dashed lines in Fig. 1.)

The question arises: Are we likely to be more effective in the future than in the past? The discussions at this conference suggest several reasons for an optimistic response: awareness in the physics teaching community of the problems in physics education, recognition that different types of students may need different types of instruction, and recognition that teachers need better preparation. Particularly significant has been the gradual acceptance by physics departments that it is their responsibility to prepare teachers to teach physics in the schools and to prepare graduate students to become effective instructors at the university level.

The strongest reason for optimism, however, is the steadily increasing number of faculty who approach the teaching of physics as a science, not solely as an art. They have been conducting systematic investigations to identify and address student difficulties. They are using the results

They have been assessing the effects of instruction and documenting the results in papers presented at professional meetings and in peer-reviewed journals. Cumulative progress has thus become possible.



Physics education research as a field for scholarly inquiry by physicists is gradually becoming accepted by the physics community. With increasing frequency, departments are sponsoring colloquia and seminars in this field. Several major universities grant Ph.D.'s in physics for research on the learning and teaching of physics. Faculty with this specialization are obtaining tenure-track positions. Professional societies, such as the American Physical Society and the American Association of Physics Teachers, have endorsed research in physics education as a desirable activity in physics departments. International conferences, such as the IACPE7, are featuring talks and workshops on physics education

research. All of these developments hold promise for the future.

Figure 1: Cycles of reform

## CONSIDERACIONES EN LA SESIÓN FINAL DE LA VII CIAEF

### Leonor Cudmani

Departamento de Física - Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología  
 Universidad Nacional de Tucumán  
 Av. Independencia, 1800  
 4000 - Tucumán - ARGENTINA  
 lcudmani@herrera.unt.edu.ar

Si me pidiera resumir en una palabra clave la importante problemática que se plantea hoy en la enseñanza de la Física, a la manera de aquella famosa frase de Ausubel “investigue lo que el estudiante ya sabe”, diría “trabajemos para lograr la integración”.

Son múltiples las situaciones en que los problemas para un aprendizaje y una enseñanza eficiente derivan de la falta de una debida integración, de una necesaria “reconciliación integrativa” de saberes, procedimientos, componentes de comportamientos, modelos teóricos, estrategias de aula,...

- Hay que integrar las distintas áreas de las disciplinas. Cinemática-Dinámica-Electromagnetismo-Termodinámica-...son sistematizaciones necesarias y no compatimientos estancos. La Física es una ciencia fáctica,natural,los hechos y la naturaleza no reconocen nuestros casilleros.

Los fenómenos que estudiamos “son”, “no están” en algunos de nuestros casilleros. De allí la búsqueda de ejes estructurados eficientes que organicen los conocimientos.

- Hay que integrar fines, métodos y contenidos. Integrar las componentes de un contenidos curricular en actividades que dinamicen y desarrollen todos los campos armónicamente es un permanente desafío para el docente y para el investigador.
- Hay que integrar significativamente las diferentes representaciones de un campo fáctico con las conceptualizaciones, con la representación espacio-temporal y con las formalizaciones que las simbolizan. Las actuales prácticas docentes que se organizan en tres tipos de actividades (clases teóricas, problemas de lápiz y papel, trabajos de laboratorio), con poca o ninguna coordinación entre ellas difícilmente permitirán la eficiente integración de los campos mencionados. En la investigación educativa hay muchos trabajos sobre las estrategias educativas centradas en la resolución de problemas significativos, abiertos, encarados generalmente a la manera de investigación orientada por el docente. Pero hay un largo camino a recorrer hasta concretar en las aulas estas estrategias. En general los docentes, estudiantes e investigadores no estamos preparados para hacerlo.
- En los diseños curriculares, además de las integraciones longitudinales y transversales de sus contenidos científicos, entendiendo contenido en todas las dimensiones de sus componentes, se presenta el desafío de la integración con las condiciones socioculturales de dicho contexto. Para ello es necesario incorporar a los planes de estudio disciplinas integradoras, como la historia y la epistemología de la física (integración transversal) y módulos donde se haga una eficiente reconciliación integrativa de materias que se cursan paralelamente (integración longitudinal).
- En la formación docente –se impone la integración de la formación en la propia disciplina con la formación pedagógica- es necesario integrar la investigación en enseñanza de la física y la

- Docentes e investigadores deben estar preparados para interactuar fecundamente generando propuestas que trasciendan las fronteras multidisciplinarias para alcanzar auténtica interdisciplinaria.

Son múltiples los obstáculos que las viejas prácticas institucionalizadas, tanto en la docencia como en la investigación, oponen a estos procesos de integración.

Ello se pone claramente de manifiesto en las pautas con que se evalúa habitualmente el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

Pero hay una toma de conciencia cada vez mayor acerca de esta problemática. Y tomar conciencia del problema es haberse puesto en camino para resolverlo.

**COMMENTS AT THE FINAL SESSION OF THE VII IACPE**

**Marco Antonio Moreira**  
Instituto de Física, UFRGS  
91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil  
moreira@if.ufrgs.br

At the close of this VII Interamerican Conference on Physics Education I would like to use this last opportunity to express my deep concerns with the present state of physics education, and with the preparation of physics majors and physics teachers, in many of our countries.

Regarding physics education, I am specially worried about what is happening at secondary school level. Within a few months we will enter the 21st century whereas the physics taught in our secondary schools usually does not go beyond the 19th century. Within a short period of time there will be a one century gap between contemporary physics and the physics we teach to our students. Besides teaching a chalk and blackboard physics, full of formulae and of problems which are not much more than rote exercises, we teach an "old physics", not aiming at citizenship and with little use of new technologies.

The secondary school physics curriculum must be updated, urgently, in at least three aspects: 1) the incorporation of modern and contemporary physics topics; 2) the taking into account that the vast majority of secondary school students are not going to be physicists; 3) the effective use of new technologies as teaching and learning aids.

We have to dismiss arguments such as the one that assumes it is not possible to teach modern and contemporary physics topics because students are not prepared or because these topics are too abstract (abstract is the always taught mechanics) and we have to find ways of inserting such topics into the secondary school curriculum leaving aside, of course, some classical topics. Examples that this is possible might be found in papers presented in this meeting and in the workshops on laser applications and on the use of charts and materials from the Contemporary Physics Education Project. Obviously, this implies teacher preparation, a subject I will comment later on.

It is also necessary to teach physics with a different approach, presenting it as a way of modelling nature, as a live science useful for citizenship in contemporary society, abandoning, definitely, the old habit of teaching it as if all students were undergoing scientific. Scientific education is one thing, scientific training is a different one.

We must also change our instructional strategies as a consequence of the availability of new technologies, recognizing that today's world is not just the old world plus the new technologies, it's a new world. Thus, teaching today must be thought not as the old teaching plus the new technologies, but rather as a new teaching. Of course, I am not talking about just using the most fashionable softwares, or of just making old texts, and the ubiquitous lists of problems, available in the internet, but rather about teaching in a different way.

No doubt, these three points are three big challenges for secondary school physics: contemporary physics, physics for citizenship, and physics teaching with new technologies.

Regarding the preparation of physics majors and physics teachers, my concerns have to do

majors and physics teachers as if there were no other possibilities for the physics major than going to graduate school and eventually doing research in physics, and for the physics teacher no other alternative than teaching classical physics in a traditional classroom.

In the same way that the secondary school physics curriculum must be updated and reformulated, the undergraduate physics curriculum must be reexamined, modified, and made flexible in order to offer more alternatives to its graduates. Of course, we must proceed with the preparation, almost handcrafted, of the prospective physics researcher, the physicist properly said. However, at the same time, we must also prepare the physics major that will work in industry, technology, computer science, medicine, popularization of science, science education, as well as the physicist that will work and do research in inter and multidisciplinary fields of knowledge. This means that the undergraduate physics curriculum must provide for different profiles of graduates. Those majoring in physics should not necessarily be future researchers nor physics teachers. They must have more than these two alternatives.

In developing countries - and I suspect in developed countries as well - the job possibilities for the traditional physicists are becoming more and more restricted. The solution seems to be the search for new areas where physicists can work and be useful to society. They certainly exist but they require new profiles of physicists.

On the other hand, independently of how many physicists profiles we might be able to design, all of them must have a common core that will identify their background as being, unequivocally, in physics. This common basis must be developed in Departments, Centers or Institutes where physics is done, that is, where there is research, teaching, and extension in physics. Specially in the case of teacher preparation it seems to me that whenever possible it must be conducted in Universities and, within them, in units where they do physics. To experience a physics environment seems to me an indispensable ingredient in the preparation of a physics teacher I am strongly concerned about the possibility of preparing physics teachers in a school of higher education alien, if not opposite, to physics.





## VII CIAEF GRUPOS DE TRABALHO

### *GRUPO 1: FORMAÇÃO DE PROFESSORES*

**Coordenadora: Deise Miranda Vianna, Brasil**  
deisemv@if.ufrj.br

No primeiro dia tivemos cerca de 30 participantes. Decidimos então separar em 3 subgrupos assim distribuídos:

1. Formação inicial e continuada - coord. Fábio Bastos - Brasil
2. Caráter disciplinar/interdisciplinar - coord. Maite Andrés - Venezuela
3. Condições de trabalho - coord. Maria José Almeida - Brasil

#### RECOMENDAÇÕES

##### **Quanto à Formação Inicial dos Professores:**

Deve estar centrada na relação professor - aluno, ser presencial e ter os meios de comunicação à distância apenas como apoio.

De caráter disciplinar, deve promover uma sólida formação nas áreas de Física, Educação em Física, com uma compreensão funcional de conceitos de outras áreas (Biologia, Química, Geologia, etc). Esta formação disciplinar deve implementar-se com uma interrelação explícita e intencional entre as áreas.

Deve oferecer aos futuros docentes de Física a oportunidade de trabalharem em grupos/projetos multidisciplinares.

Deve ser incorporada a leitura em três línguas (português, espanhol e inglês), tendo em vista o acesso a novos materiais bibliográficos e novas tecnologias.

##### **Quanto à Formação Continuada dos Professores:**

Deve ser facilitado o intercâmbio entre pares e com professores de nível superior. As Universidades devem incentivar as formas de organização, considerando os diferentes meios de acesso à comunicação que têm os professores.

Deve ocorrer na forma presencial utilizando-se os meios disponíveis de comunicação para a forma à distância.

Deve compreender conteúdos específicos e pedagógicos proporcionando a atualização nestas áreas de pesquisa.

Novos programas de educação continuada devem levar em conta as experiências já existentes e respeitar estudos de factibilidade.

Deve ter em vista o impacto em sala de aula, com posterior acompanhamento e avaliação dos programas visando o aperfeiçoamento dos mesmos.

Não deve ser uma repetição de conteúdos da estrutura curricular da formação inicial, sem respeitar as vivências do professor e seus tempos profissionais. A escolha curricular cabe aos professores.

Deve possibilitar a titulação. E esta deve garantir melhorias na carreira.

## Condições de Trabalho

As condições de trabalho do professor são fundamentais para qualquer política educacional, e inclusive para o desenvolvimento de investigações sobre ensino. Incluem tanto as condições de trabalho propriamente ditas quanto as condições de vida do professor.

Recomenda-se aos Ministérios de Educação, conselhos de educação e sociedades de professores que se façam estudos sobre os dois aspectos citados acima, nos moldes do que foi feito na Venezuela (condições sócio-profissionais e modelos didáticos), incluindo as condições econômicas. E que as políticas implementadas como consequência desses estudos incorporem a participação representativa dos professores.

Que haja um equilíbrio entre a carga horária, o número de estudantes e os salários, de forma que permita a participação dos docentes nas atividades de formação continuada e nos ensaios e reflexão na atividade profissional.

Deve ser garantido o direito à participação de professores de ensino fundamental e médio em encontros científicos, com suporte financeiro e sem perdas trabalhistas.

## Recomendações Gerais

Em cada Conferência as recomendações das Conferências anteriores devem ser fornecidas aos grupos de trabalho.

Listas como PHYS-L e PHYS-1rnr nas três línguas específicas devem ser estabelecidas, para o diálogo entre os professores de Física nos distintos países.

## Participantes

Beny Richter  
 Alberto Maiztegui  
 Alejandro Hernandez  
 Deise Miranda Vianna  
 Diego de Jesús Alamino Ortega  
 Dolores Ayala  
 E. Leonard Jossem  
 Eliane Angela Veit  
 Estela Alurralde  
 Fábio da Purificação de Bastos  
 Fernanda Ostemann  
 Gordon Aubrecht  
 Héctor Riveros  
 Hernán Miguel  
 Itamar José Moraes  
 João Batista S. Harres

José Luis Michinel  
 Luci Braun  
 Maite Andrés  
 Marcos Pires Leodoro  
 Maria Cecília Gramajo  
 Maria José P.M. de Almeida  
 Maria Mercedes Ayala  
 Maria Rosa Prandini  
 Patsy Ann Johnson  
 Rejane Aurora Mion  
 Ricardo Buzzo  
 Sayonara S. Costa  
 Shirley Takeco Gobara  
 Silvia Moreira Goulart  
 Susana de Sousa Barros  
 Suzana Maria Coelho

## ***GRUPO 2: LA PREPARACIÓN DE FÍSICOS (Físicos en un mundo cambiante)***

**Coordinador: Teodoro Halpern, U.S.A.**  
thalpern@ramapo.edu

Historicamente, los físicos han abierto varias areas interdisciplinarias, como la biomecánica, la geofísica y las ciencias de materiales, por nombrar algunas, tanto como algunos aspectos de la enseñanza de la ciencia.

De hecho, la enseñanza de la física ha obtenido como resultado, frecuentemente, la producción de individuos capaces de reconocer regularidades, causas y simetrías que aparecen en eventos complejos.

En tiempos recientes, presiones externas han hecho distraer a los profesores de física y sumergirlos en campos de investigación especializada, con el consecuente detrimento de la enseñanza significativa y de calidad.

Por lo tanto, al extento de que esto es verdad, la física se presenta frecuentemente como una materia “ya terminada” y poco interesante, con poco entendimiento, reflexión, y discusión de relevancia para la vida de los estudiantes.

El enrolamiento en las clases de física ha decrecido a nivel mundial y, simultaneamente, el entrenamiento de físicos y profesores de física competentes ha sido insuficiente.

Aunque la manera en que se enseña la física no es solamente la única razón por la que esta situación existe, es con seguridad una importante contribución al problema.

La VII IACPE, tomando en cuenta las cualidades imprescindibles que un físico debería tener – como se lista más abajo (ver 6) – recomienda:

1. Que los departamentos de física apoyen firmemente a sus profesores y alumnos en el desarrollo de un currículum flexible y abierto, capaz de ser adaptado para satisfacer las necesidades locales de países e incluso regiones de los mismos.
2. Que los departamentos de física transmitan a todos sus miembros la importancia de fomentar el interés por la física en la comunidad, a través de la participación de profesores y alumnos.
3. Que los departamentos de física luchan para apoyar las actividades delineadas en (2), para beneficio de sus estudiantes.
4. Que los departamentos de física deben establecer un proceso de educación continua de sus profesores, apoyando actividades tales como concurrir a talleres y conferencias así como acceder a ser la sede de tales eventos.
5. Que las escuelas y facultades de ciencias que ofrecen maestrías y doctorados en cualquier disciplina de la Física, incluyan maestrías y doctorados específicamente en enseñanza de la Física. (Moción en el Plenario hecha por Alejandro González de México).
6. Que los documentos presentados por Marco Antonio Moreira de Brazil, en referencia a las Habilidades Generales, Competencias Esenciales y Vivencias sean consideradas como de validez general para la preparación de Físicos idóneos. (Ver página 61.)

Alberto Gattoni  
Celia Chung Chow  
Celso Luis Ladera  
Ileana Greca  
Lighia B. Horodynski-Matsushigue  
Maria Antonieta Almeida  
Maria Emilia Baltar Bernasiuk  
Michel Betz  
Pablo Longi  
Paulo Pascholati  
Rodrigo Covalada  
Ruth Howes  
Simon George  
Teodoro Halpern  
Zwinglio Guimarães Filho

## ***GROUP 2: THE PREPARATION OF PHYSICISTS*** ***(Physicists in a changing world)***

**Chair: Teodoro Halpern, U.S.A.**  
thalpern@ramapo.edu

Historically physicists have opened up several interdisciplinary areas such as biomechanics, geophysics and materials science, to name a few, as well as several aspects of science education.

In fact, physics education has very often resulted in producing individuals able to recognize regularities, causes and symmetries that appear in complex events.

In recent times, external pressures have diverted physics faculty into specialized research fields to the detriment of significant, quality teaching

Thus, to the extent that this is true physics is often presented as a “finished” and unexciting subject without fostering understanding, reflection and discussion with little relevance to students' lives.

Enrollment in physics courses has decreased worldwide and simultaneously the output of competent physicists and physics teachers has been insufficient.

Although the way physics is being taught is certainly not the only reason for this situation to exist it certainly is an important contribution to the problem.

The VII IACPE, taking into account the necessary competencies a physicist should have -- as listed below (See 6) -- recommends:

1. That physics departments should strongly support their faculty and students in the development of a strong, solid, flexible and open curriculum, capable of being adapted to fulfill the local needs of countries and, even, regions within countries.
2. That physics departments should transmit to all its members the importance of raising the interest in physics by the community, through the permanent participation at faculty and students alike.
3. That physics departments should strive to support the activities delineated in (2) above, for the betterment of its students.
4. That physics departments foster the continuing education of their faculty by supporting activities such as attending workshops and conferences as well as hosting such types of events.
5. That departments of physics at schools and universities that offer Master and PhD degrees shall include, among its specialties, courses of study and projects in Physics Education (Floor motion by Alejandro González of Mexico)
6. That the recommendations presented by Marco Antonio Moreira of Brazil regarding General Skills, Essential Competencies and Experiences be considered as having general validity for the preparation of qualified physicists. (See page 61).

**Participantes**

Alberto Gattoni  
Celia Chung Chow  
Celso Luis Ladera  
Ileana Greca  
Lighia B. Horodynski-Matsushigue  
Maria Antonieta Almeida  
Maria Emilia Baltar Bernasiuk  
Michel Betz  
Pablo Longi  
Paulo Pascholati  
Rodrigo Covalada  
Ruth Howes  
Simon George  
Teodoro Halpern  
Zwinglio Guimarães Filho

## ***GRUPO 3: FÍSICA EN LA ENSEÑANZA BÁSICA Y MÉDIA (PRE-UNIVERSITARIA) 6 A 17 AÑOS***

**Coordinador: Amadeo Sosa, Uruguay**  
asosa@varela.reu.edu.uy

### **1. La enseñanza de la física en los distintos niveles**

La situación de la educación secundaria en algunos de los países de esta región, por ejemplo Argentina y Uruguay, es que a partir de la reforma educativa la Física ha perdido presencia, pasando a formar parte del bloque de ciencias junto con Biología y Química, en el ciclo básico común. En el caso de Argentina, en los últimos años de la escuela secundaria (polimodal) las instituciones pueden optar por dos de las tres asignaturas: Física, Química o Biología.

En el caso de Brasil, se puntualiza la discontinuidad existente en la enseñanza de la Física; entre los 7 y 10 años se enseñan conceptos de Física y luego, se vuelve a tener enseñanza de la Física, en 5° y 8° grados (11 y 14 años); el programa pide Física y Química, a los 15, 16 y 17 años, lo que presenta una dificultad en la enseñanza de las mismas.

#### **RECOMENDACIONES:**

- La Física debe enseñarse desde los primeros años de la educación primaria con conceptos empíricos más prácticos que teóricos. Los contenidos deben establecerse de acuerdo con el nivel matemático y con el nivel de abstracción del educando. Por supuesto, es importante considerar el nivel de preparación del docente de primaria, para lo cual hay que pensar en cursos de perfeccionamiento para el mismo.
- En la actualidad es necesario tener conceptos de Física Moderna que nos permitan interpretar o entender fenómenos o dispositivos de la vida diaria, por ejemplo: energías alternativas, informática, electrónica. Por lo cual se considera que la Física Moderna debe figurar en los programas de enseñanza media en los últimos años (15 a 17 años). Debería impartirse de manera general, sin demasiados cálculos matemáticos que hagan perder interés por la misma.
- La Física debería tomar importancia dentro de los currícula, y con la carga horaria adecuada para abordar los contenidos que se ajusten a los requerimientos de la sociedad actual.

### **2. Ensino fundamental. Sugestões curriculares**

É necessário manter um caráter disciplinar mais específico no ensino das ciências (Biologia, Química e Física) nas classes de ensino fundamental visando um melhor entendimento dos assuntos pertinentes nas séries posteriores.

#### **RECOMENDAÇÕES:**

- **No ensino de crianças entre 7 e 10 anos.** O ensino nesta faixa etária é extremamente biológico deixando os conceitos físicos de lado. Se recomenda que a conceituação seja através de

- **No ensino de jovens entre 11 e 14 anos.** O ensino continua com forte influência biológica. Se recomenda um enfoque fenomenológico e qualitativo. Introdução do reconhecimento qualitativo dos fenômenos físicos (fenômenos: térmicos, ópticos, elétricos, magnéticos e fenômenos relacionados a estrutura da matéria). Cursos desenvolvidos por professores específicos de cada disciplina e maior quantidade de aulas práticas.
- **No ensino de jovens entre 15 e 17 anos.** Muitos assuntos referentes à disciplina de Física estão sendo desenvolvidos de forma superficial pela Química. Se recomenda um enfoque quantitativo, experimental e teórico, com tempo específico nos cursos para aulas práticas (obrigatórias) e aulas teóricas. Nas aulas práticas devemos ter o cuidado quanto à relação professor x número de alunos, procurando grupos pequenos que assegurem um bom aprendizado.

Sugestão de conteúdos mínimos: mecânica, princípios de conservação da energia, do momentum e do momentum angular, calor, termodinâmica (Primeira e Segunda Leis), eletromagnetismo (circuitos de corrente contínua, comportamento dos materiais frente aos campos elétricos e magnéticos), ondas, óptica (Física), Física Moderna, Introdução à Física Quântica.

### 3. Utilización de nuevas tecnologías

El uso de nuevas tecnologías supone, principalmente, el uso de computadoras y de Internet en las escuelas (tanto primarias como secundarias). La utilización de Internet tanto para:

- comunicaciones (e-mail),
  - investigación
  - laboratórios.
- ✓ El uso del computador con interfases, para tomar medidas, de este modo es posible hacer una mejor distribución del tiempo de clase, con poco tiempo para toma de datos y más tiempo para análisis. Además, en una sola unidad se dispone de todas las posibilidades del laboratorio, logrando un menor costo y mayor facilidad.
  - ✓ Softwares especiales:
    - Tutoriales
    - Simulaciones
    - Mapas Conceptuales
    - Exámenes (sólo en caso de educación a distancia)
    - Traductor
    - Networking
    - Paquetes de presentación en computadoras, especialmente debido a su posibilidad de incorporar video, sonido, etc.
- Calculadora programable, com pantalla gráfica que permite:
- ✓ Resolución de problemas con cálculos simples.
  - ✓ Interfases para toma de datos.

Estos instrumentos son de menor costo que las computadoras y, además, son portátiles.

Equipamiento de laboratório:

- ✓ Laser:
  - Para demostraciones en óptica (interferencia, difracción), com laseres de bajo costo.
  - A niveles superiores, también permite el almacenamiento de información y comunicaciones.

- ✓ Video
- ✓ Proyector de transparencias o cañón
- ✓ Interfases
- ✓ Osciloscopios
- ✓ Bibliotecas multimedia (CD)

#### RECOMENDACIONES:

- Enfatizar el uso de computadoras desde edades tempranas (5 o 6 años).
- Incorporar a las escuelas nuevas tecnologías que permitan un acercamiento del alumno con la realidad tecnológica de la sociedad actual, sin que esto implique necesariamente altos costos, dada la posibilidad de ser abordada y desarrollada por los propios docentes.
- Incentivar el involucramiento de los docentes en el uso de las nuevas tecnologías, acompañado de la investigación sobre los recursos didácticos que ofrece.

#### **Participantes:**

Alberto Jardón  
Alejandra Delgado  
Amadeo Sosa  
Anderson Alvarenga de M. Meneses  
Andrea Cabot  
Claire Gottlieb  
Claudia Benitez  
Elizabeth Chesik  
Enrique Gómez  
Harry Manos  
Herbert Gottlieb  
Leda Roldán  
Marcos Hermi Dal'Bó  
María Jesus Elejalde  
María Manganiello  
Plamen Neichev Nechev  
Rafael Zamora  
Zoraida Viera



# VII CONFERÊNCIA INTERAMERICANA SOBRE EDUCAÇÃO EM FÍSICA

## VII INTERAMERICAN CONFERENCE ON PHYSICS EDUCATION

# PROGRAMAÇÃO/PROGRAM

### ABERTURA (OPENING)

Julho 03/July 03/2000; 9:00 – 10:30h

**Teatro/Auditório (Theater)**

A FORMAÇÃO DE FÍSICOS E PROFESSORES DE FÍSICA NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA. / PREPARATION OF PHYSICS MAJORS AND PHYSICS TEACHERS IN CONTEMPORARY SOCIETY.

*Fernando C. Zawislak, Federal University of Rio Grande do Sul, Brasil;  
Ernest W. Hamburger, University of São Paulo, Brasil.*

### MESAS REDONDAS (ROUND TABLES)

Julho 04/July 04/2000, 9:00 – 10:30h

**Teatro/Auditório (Theater)**

NOVAS TECNOLOGIAS NA PREPARAÇÃO DE FÍSICOS E PROFESSORES DE FÍSICA. / THE USE OF NEW TECHNOLOGIES IN THE PREPARATION OF PHYSICS MAJORS AND PHYSICS TEACHERS.

*Alberto Maiztegui, National Academy of Sciences, Argentina; Flávia Rezende, Federal University of Rio de Janeiro, Brasil; Ricardo Buzzo, Catholic University of Valparaíso, Chile.*

Julho 05/July 05/2000; 9:00 – 10:30h

**Teatro/Auditório (Theater)**

NOVOS CURRÍCULOS PARA A FORMAÇÃO DE FÍSICOS E PROFESSORES DE FÍSICA./ NEW CURRICULA FOR THE PREPARATION OF PHYSICS MAJORS AND PHYSICS TEACHERS

*Marco Antonio Moreira, Federal University of Rio Grande do Sul, Brasil; Ruth H. Howes, American Association of Physics Teachers, U.S.A.; M<sup>a</sup>. Maite Andrés, Universidad Pedagógica El Libertador, Venezuela*

Julho 06/July 06/2000; 9:00 – 10:30h

**Teatro/Auditório (Theater)**

HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA./  
HISTORY AND PHILOSOPHY OF SCIENCE IN THE PREPARATION OF PHYSICS  
TEACHERS.

*M<sup>a</sup>. Mercedes Ayala, National Pedagogical University, Colombia; Diego Alamino Ortega,  
Pedagogical University of Matanzas, Cuba; Luiz Orlando Q. Peduzzi, Federal University of Santa  
Catarina, Brasil.*

**PALESTRA (LECTURE)**

Julho 03/July 03/2000; 18:30 – 20:00h

**Teatro / Auditório (Theater)**

BRIDGING THE GAP BETWEEN TEACHING AND LEARNING: THE ROLE OF PHYSICS  
EDUCATION RESEARCH./ DIMINUINDO A BRECHA ENTRE ENSINO E  
APRENDIZAGEM: O PAPEL DA PESQUISA ENSINO DE FÍSICA.

*Lillian C. McDermott, University of Washington, U.S.A.*

**DEMONSTRAÇÕES/ SHOW AND TELL**

Julho 03/July 03/2000; 17:00 – 18:30h

**Salão Implúvio (Implúvio room)**

**ASSEMBLÉIA DA VII CIAEF (VII IACPE'S ASSEMBLY)**

Julho 07/ July 07/2000; 17:00 – 18:30h

**Teatro/Auditório (Theater)**

RECOMENDAÇÕES DOS GRUPOS DE TRABALHO./  
RECOMMENDATIONS OF THE WORKING GROUPS

**SESSÃO FINAL/FINAL SESSION**

Julho 07/July 07/2000; 17:00 – 20:00h

**Teatro/Auditório (Theater)**

VISÕES PESSOAIS SOBRE O ENSINO DE FÍSICA HOJE./PERSONAL VIEWS ON PHYSICS  
EDUCATION TODAY

*Lillian C. McDermott, University of Washington, U.S.A.; Anna Maria Pessoa de Carvalho,  
University of São Paulo, Brasil; Ruth Howes, American Association of Physics Teachers, U.S.A.;  
Marco Antonio Moreira, Federal University of Rio Grande do Sul, Brasil; Leonard Jossem, Ohio  
State University, U.S.A.; Leonor Cudmani, National University of Tucumán, Argentina.*

## WORKSHOPS

Julho 04/July 04; 14:30 – 18:30h

O CONHECIMENTO FÍSICO NO PRIMEIRO CICLO DO ENSINO FUNDAMENTAL./PHYSICAL KNOWLEDGE IN GRADES 1<sup>ST</sup> TO 4<sup>TH</sup>.

Anna Maria Pessoa de Carvalho, University of São Paulo, Brazil.

MELHORANDO A APRENDIZAGEM DE FÍSICA ATRAVÉS DE DEMONSTRAÇÕES E ATIVIDADES PRÁTICAS./IMPROVING PHYSICS LEARNING THROUGH DEMONSTRATIONS AND PRACTICAL ACTIVITIES.

Daniel Lottis, Federal University of Paraná, Brasil.

LA FORMACIÓN DE PROFESORES DE FÍSICA Y LA HISTORIA DE LA CIENCIA./TEACHER PREPARATION AND HISTORY OF SCIENCE.

Diego de Jesús Alamino Ortega, Pedagogical University of Matanzas, Cuba.

UNA POSIBLE RESPUESTA A COMO PREPARAR UN PROFESOR DE FÍSICA./A POSSIBLE ANSWER ON HOW TO PREPARE A PHYSICS TEACHER.

Diego de Jesús Alamino Ortega, Pedagogical University of Matanzas, Cuba.

UTILIZAÇÃO DE UM “SOFTWARE” DE AUTOR EM ENSINO DE FÍSICA./THE USE OF AN AUTHOR SOFTWARE IN PHYSICS TEACHING.

Eliane Angela Veit, Paulo Machado Mors, Federal University of Rio Grande do Sul, Brasil.

TEACHING WITH THE CHARTS AND MATERIALS FROM THE CONTEMPORARY PHYSICS EDUCATION PROJECT./ENSINANDO COM TABELAS E MATERIAIS DO PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA CONTEMPORÂNEA

Gordon J. Aubrecht II, Ohio State University at Marion, U.S.A.

TEACHING ABOUT ELECTROSTATIC./ENSINANDO ELETROSTÁTICA.

John D. FitzGibbons, Syracuse University, U.S.A.

BRIDGING THE GAP BETWEEN TEACHING AND LEARNING: A WORKSHOP ON THE ROLE OF PHYSICS EDUCATION RESEARCH./DIMINUINDO A BRECHA ENTRE ENSINO E APRENDIZAGEM: O PAPEL DA PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA.

Lillian C. McDermott and Paula R.L. Heron, University of Washington, U.S.A.

APPLICATIONS OF LASERS FOR TEACHING PHYSICS IN CONTEMPORARY SOCIETY./APLICAÇÕES DO LASER PARA O ENSINO DA FÍSICA NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA.

Simon George, California State university, U.S.A.; Herbert Gottlieb, City College of New York, U.S.A.

## APRESENTAÇÕES ORAIS/ ORAL PRESENTATIONS

Julho 03/July 03/2000; 11:00 – 12:30H

**Sala Chile (Chile room)**

Chair: Sayonara Salvador Cabral da Costa

UMA EXPERIÊNCIA INTERDISCIPLINAR NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES.

Alice Helena Campos Pierson, Denise de Freitas, Alberto Villani, Marisa Franzoni

APRENDIZAGEM DO ENSINO NOS ESTÁGIOS PEDAGÓGICOS: MUDANÇAS NAS CONCEPÇÕES DE ENSINO DE FÍSICA

Ana Maria Freire

CONNECTING RESEARCH IN PHYSICS EDUCATION WITH TEACHER EDUCATION.

Anna Maria Pessoa de Carvalho, Susana L. de Souza Barros, E. Leonard Jossem

**Sala Brasil (Brasil room)**

Chair: Fernanda Ostermann

LA ENSEÑANZA DE LA ASTRODINÁMICA EN LA PREPARACIÓN DE FÍSICOS.

*Alejandro González y Hernández*

MISCONCEPTIONS IN TEACHING INTRODUCTORY PHYSICS AND SOME SUGGESTIONS.

*Celia Chung Chow*

STUDENT'S MOTIVES AND STRATEGIES OF REACTION IN RESPONSE TO SOUND STIMULI IN A VIRTUAL ENVIRONMENT.

*Paulo R. de Oliveira Frota, José A. Peres Angotti*

**Sala Argentina (Argentina room)**

Chair: Deise Miranda Vianna

FÍSICA Y TECNOLOGÍA: UNA RELACIÓN EN DESARROLLO EN LA SOCIEDAD ESCOLAR.

*María Silvia Stipcich, Marta Massa*

MODELOS ALTERNATIVOS PARA EXPLICAR LA FLOTACIÓN.

*Estela Alurralde, Julia Salinas*

REDES E CONHECIMENTO EDUCACIONAL EM FÍSICA NA ESCOLA.

*Fábio da Purificação de Bastos, Rejane Aurora Mion*

**Sala Uruguai (Uruguai room)**

Chair: Teodoro Halpern

EL TRATAMIENTO DE CUESTIONES ÉTICAS EN EL CURRÍCULUM DE FÍSICA: UNA PROPUESTA PARA EL DEBATE.

*Alberto Gattoni, Pedro W. Lamberti*

ACTIVE LEARNING COMBINED WITH CLASSROOM RESEARCH: AN EFFECTIVE METHOD FOR THE PREPARATION OF PHYSICS TEACHERS AND PHYSICS MAJORS.

*Jose R. Lopez, Deborah Moore, Jaydi Aguirrechea*

ASSESSING IN THE LABORATORY: CAN IT BE SIGNIFICANT?

*L.B. Horodyski-Matsushigue, E.M. Yoshimura, Z.O. Guimarães-Filho, M. Amaku, R. M. de Castro, E.W. Cybulska, N.H. Medina e P.R. Pascholati*

CULTURAL IMPACT ON THE NUMBER OF PHYSICS MAJORS.

*M. J. Ponnambalam*

Julho 04/July 04/2000; 11:00 – 12:30h

**Sala Chile (Chile room)**

Chair: Amadeo Sosa

O CONHECIMENTO DOS PROFESSORES SOBRE O CONHECIMENTO DOS ALUNOS: O CASO DAS CONCEPÇÕES SOBRE O FORMATO DA TERRA.

*João Batista Siqueira Harres, Verno Krüger*

RETO A LA INTUICIÓN FÍSICA PARA CONSTRUIR Y RECONSTRUIR LAS IDEAS.

*Douglas Figueroa, Ma. Maite Andrés*

PREPARAÇÃO DE ORIENTADORES PARA A FORMAÇÃO CONTINUADA À DISTÂNCIA DE PROFESSORES DE FÍSICA DE ENSINO MÉDIO.

*Flavia Rezende, Susana de Souza Barros, Ernesto Macedo Reis*

**Sala Brasil (Brasil room)**

Chair: Celso Ladera

ELABORACIÓN DE TEXTOS DE FÍSICA.

*Hernán Jamett Carrasco*

*Ileana María Greca, Victoria E. Herscovitz*

STUDENT VIEWS OF QUANTIZATION AND THE INTERACTION OF MATTER WITH LIGHT.

*Gordon Aubrecht, David B. May, Thomas J. Kassebaum, Seth A. Rosenberg*

**Sala Argentina (Argentina room)**

Chair: Graciela Utges

A MEDIAÇÃO DE UM TEXTO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM AULAS DE FÍSICA SOBRE GRAVITAÇÃO NO ENSINO MÉDIO.

*Henrique César da Silva, Maria José P. M. de Almeida*

QUE AVALIAÇÃO SE PRÁTICA? UMA ANÁLISE CRÍTICA DOS PROCEDIMENTOS AVALIATIVOS.

*Jomar Barros Filho, Dirceu da Silva*

**Sala Uruguai (Uruguai room)**

Chair: José Lopez

EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CONSTANTES FÍSICAS Y SU PAPEL EN EL DISEÑO CURRICULAR.

*Leonor C. de Cudmani, Marta A. Pesa*

A CONSERVAÇÃO DA ENERGIA: HISTÓRIA E PROBLEMAS.

*Luiz O.Q. Peduzzi*

STEADY DECAY AND SLOW RECOVERY OF ARITHMETIC SKILLS.

*M. J. Ponnambalam*

TEACHING ACOUSTICS ON THE INTERNET.

*Paul A. Wheeler, Thomas D. Rossing*

05/07/2000, 11h – 12h30min

**Sala Chile (Chile room)**

Chair: Paulo Mors

¿QUIERO MEJORAR MI CLASE DE FÍSICA? SÓCRATES Y EL ARTE DE PENSAR.

*Héctor G. Riveros*

LA ORGANIZACIÓN TEÓRICA DE LA MECÁNICA CLÁSICA EN EL DOCENTE DE FÍSICA

*Beny Richter Richter*

TEACHERS TEACHING TEACHERS: THE PHYSICS TEACHING RESOURCE AGENTS PROGRAM.

*John D. FitzGibbons*

**Sala Brasil (Brasil room)**

Chair: Daniel Lottis

CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UN INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN DE TEXTOS DE MECÁNICA BÁSICA UNIVERSITARIA.

*Hernán Jamett Carrasco*

RADIOACTIVITY: A STUDY OF STUDENT IDEAS AND DEVELOPMENT OF A CURRICULUM BASED ON THE FINDINGS.

Gordon J. Aubrecht, David A. Torick

LA ANALOGÍA COMO HERRAMIENTA EN LA GENERACIÓN DE *IDEAS PREVIAS* .

*Hernán Miguel*

**Sala Argentina (Argentina room)**

Chair: Paul Wheeler

PHYSICS FIRST IN SECONDARY SCHOOL.

*Elizabeth B. Chesick*

UM PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA CENTRADO EM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS, NA INVESTIGAÇÃO E NA FÍSICA INTERATIVA.

*M. E. B. Bernasiuk, C. Galli, L.F.M. Braun, E. E. Streck*

OSCILAÇÕES: RESSONÂNCIA E COERÊNCIA.

*Maria Antonieta Teixeira de Almeida, Marta Feijó Barroso*

**Sala Uruguai (Uruguai room)**

Chair: Rodrigo Covaleda

ENSEÑANZA DE LA FÍSICA MÁS ALLÁ DEL 2000. UNA REESTRUCTURACIÓN NECESARIA.

*Alberto Jardon, Graciela Utges, Patricia Fernández*

EL TRABAJO EXPERIMENTAL EN LOS TEXTOS ESCOLARES Y EN LA PRÁCTICA DOCENTE. DESAFÍOS PLANTEADOS PARA LA FORMACIÓN DEL PROFESOR DE

*María Eugenia Doña, María Cecilia Gramajo*

O FUNCIONAMENTO DE ELEMENTOS DE PESQUISA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA. *Maria José P. M. de Almeida*

Julho 06/July 06/2000; 11:00 – 12:30h

**Sala Chile (Chile room)**

Chair: Alejandro González

“O EXERCÍCIO DO SARILHO” NAS PRIMEIRAS SÉRIES DO ENSINO FUNDAMENTAL: ANÁLISE DA DISCUSSÃO.

*M.C. Barbosa Lima, A. M. P. de Carvalho*

DIRECTED FIELD EXPERIENCE: AN ESSENTIAL PART OF THE PREPARATION OF PHYSICS TEACHERS. *Patsy Ann Johnson*

**Sala Brasil (Brasil room)**

Chair: Alberto Gattoni

O FUNCIONAMENTO DA LEITURA DE TEXTOS DIVERGENTES REFERENTES A CALOR E ENERGIA: ESTUDO COM ALUNOS DA LICENCIATURA DE FÍSICA.

*José Luis Michinel M., Maria José P.M. de Almeida*

ESTRUTURANDO ATIVIDADES DE ENSINO DE TECNOLOGIA USANDO PRÁTICAS DO ENSINO DE CIÊNCIAS.

*Jurandy C. N. Lacerda Neto, Jomar Barros Filho, Dirceu da Silva, Caio Glauco Sanchez, Norton de Almeida*

EL PROFESOR DE FÍSICA: UN ESTUDIO DIAGNÓSTICO EN VENEZUELA.

*Ma. Maite Andrés, Jeannette Lejter de Bascones*

**Sala Argentina (Argentina room)**

Chair: Enio Silveira

MICROWAVES, X RAYS, AND GAMMA RAYS—HARMFUL TO HEALTH? WHAT PHYSICS STUDENTS THINK.

*Gordon J. Aubrecht, David May, Tom Kassebaum, James H. Stith*

TEACHING NON-RELATIVISTIC QUANTUM MECHANICS IN THE 1990'S

SIMULACIONES EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA. UN ANÁLISIS DE SUS APORTES EN LA COMPRENSIÓN CONCEPTUAL A PARTIR DE UNA EXPERIENCIA EN ELECTROMAGNETISMO.

*Jorge Hisano, Graciela Utges*

**Sala Uruguai (Uruguai room)**

Chair: Amadeo Sosa

THREE JOINT ACTIONS AIMING AT THE IMPROVEMENT OF PHYSICS TEACHING AT THE SECONDARY SCHOOL LEVEL: THE EXAMINATION FOR ACCESS TO THE UNIVERSITY, THE IN-SERVICE TEACHER TRAINING AND THE FORMATION OF THE PHYSICS TEACHER.

*Luiz C. Jafelice, Marcio R. G. Maia, Walter E. de Medeiros, José Ferreira Neto, Gilvan Luiz Borba, José M. Moreira, Ezequiel S. de Souza, Osman R. Nelson, Ciclamio L. Barreto, Marcílio C. Oliveros, Rui T. de Medeiros, Carlos Chesman*

ENSINO DE UMA NOVA FÍSICA: CONTEXTUALIZAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO; REALIDADE E CIDADANIA.

*Marisa Almeida Cavalcante, Cristiane R. C. Tavolaro*

LA ARGUMENTACIÓN EN LOS LIBROS DE FÍSICA: UN MODO DE PRODUCIR SIGNIFICADOS.

*Marta Massa, Hilda D'Amico*

IMPORTANCIA PEDAGOGICA DE LA INFORMATICA EDUCATIVA EN EL LABORATORIO DE FISICA DE LA ESCUELA SECUNDARIA.

*Plamen Neichev Nechev*

Julho 07/July 07/2000; 11:00 – 12:30h

**Sala Chile (Chile room)**

Chair: Sayonara Salvador Cabral da Costa

MODELOS PARA UNA DIDÁCTICA DE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.

*Consuelo Escudero, Margarita García, Sonia González, Marta Massa*

PERSPECTIVAS SOBRE A FORMAÇÃO EM SERVIÇO DE PROFESSORES DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO. *Sergio de Mello Arruda, Alberto Villani*

LIGHT AND SOUND: TWO IMPORTANT SUBJECTS FOR TEACHERS.

*Thomas D. Rossing, Christopher J. Chiaverina*

ERRORES CONCEPTUALES ASOCIADOS CON EL CONCEPTO DE ENERGÍA.

*Viki Estevan González, Jesús Rodríguez Cármon*

**Sala Brasil (Brasil room)**

Chair: Fernanda Ostermann

PLANNING AN INTRODUCTORY LABORATORY FOR PHYSICS FRESHMEN: TEN YEARS OF GROWING UNDERSTANDING AT SÃO PAULO UNIVERSITY.

*L.B. Horodynski-Matsushigue, P.R. Pascholati, E.M. Yoshimura, M. Amaku, R.M. de Castro, Z.O. Guimarães Filho, E.W. Cybulska, N.H. Medina, J.H. Vuolo, J.F. Dias, M.L. Yoneama*

RELEVANCE OF PHYSICS TO JAMAICA.

*M. J. Ponnambalam*

LA ENSEÑANZA EXPERIMENTAL EN LA UAMI.

*María de los Dolores Ayala Velázquez*

**Sala Argentina (Argentina room)**

Chair: Alberto Gattoni

LA FORMACIÓN DE PROFESORES DE MÉTODO EXPERIMENTAL.

*Pablo Alejandro Lonngi-Villanueva*

USO DE ASPECTOS DA HISTÓRIA E DA EPISTEMOLOGIA DAS CIÊNCIAS PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES.

*Dirceu da Silva, Jomar Barros Filho*

EPISTEMOLOGÍA EN LA FORMACIÓN DE PROFESORES EN FÍSICA E INVESTIGADORES EN FÍSICA Y EN ENSEÑANZA DE LA FÍSICA.

*Leonor Colombo de Cudmani, Julia Salinas de Sandoval*

**Sala Uruguai (Uruguai room)**

Chair: Celso Ladera

HIPERTESTS COMO ELEMENTOS DE EVALUACIÓN FORMATIVA Y ANÁLISIS DE PRECONCEPTOS EN FÍSICA.

*Ricardo Buzzo Garrao, Angel Romero Pérez*

DEVELOPMENT OF A NATIONAL TASK FORCE ON UNDERGRADUATE PHYSICS EDUCATION.

*Ruth H. Howes*

PROPOSTA DE UMA FERRAMENTA HIERÁRQUICA PARA O GERENCIAMENTO E CRIAÇÃO DE CURSOS NA WWW.

*Rafael Humberto Scapin, Euclides Marega Jr*

SUPORTE MULTIMÍDIA AO ENSINO DE FÍSICA.

*Raúl H. Tabares, Enio F. da Silveira*

## APRESENTAÇÕES EM PAINEL/ POSTER PRESENTATIONS

Julho 03/July 03/2000; 14:30 – 16:30h

**Salão Implúvio (Implúvio room)**

UNA PROPUESTA PARA FORMACIÓN DE DOCENTES DE EDUCACIÓN MEDIA: EL CASO DE MÉRIDA VENEZUELA.

*Alejandro Noguera*

LA FORMACIÓN DE EDUCADORES O LA FORMACIÓN DE FORJADORES DE ESTRUCTURAS MENTALES. *Alfonso Suárez Gómez*

AS DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA A FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: CONTEÚDOS, LINGUAGEM, COTIDIANO ESCOLAR E ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS.

*Anderson Alvarenga de Moura Meneses, Deise Miranda Vianna*

A AVALIAÇÃO CONCEITUAL DE FORÇA E MOVIMENTO.

*Arthur Marques Moraes, Itamar José Moraes*

VÍDEOS DIDÁTICOS E EXPERIMENTOS DE LABORATÓRIO NO ENSINO DE FÍSICA.

*Bernardo Buchweitz, Dalva Aldrighi Vergara, Angelita de Pinho Tavares, Virgínia Mello Alves*

OFICINAS INTERDISCIPLINARES EM UM CURSO DE FORMAÇÃO EM SERVIÇO PARA PROFESSORES DO ENSINO MÉDIO DA ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA, MATEMÁTICA E SUAS TECNOLOGIAS.

*Carlos E. Laburu, Irinéa L. Batista, Sergio M. Arruda, Denise T. Moreira, Luciana G. S. Souza, Marcia C. C. T. Cyrino, Marinez M. Passos, Olivio Weber, Regina L. C. Buriasco, Ulisses Sodré, Álvaro Lorencini Jr., Marcelo de Carvalho, Tania Ap. Silva, Vera L. Bahl de Oliveira, Eliana Ap. S. Bueno, Flaveli Ap. Almeida, Marcos R. da Silva*

O MOVIMENTO CTS E A FORMAÇÃO DO PROFESSOR DE FÍSICA.

*Cássio Alberto Dias da Silva*

A SIMPLE SET-UP FOR HOLOGRAPHIC INTERFEROMETRY AND ITS APPLICATIONS

*Celso Luis Ladera G., Johnny H. Contreras*

A RELAÇÃO UNIVERSIDADE-ESCOLA: DANDO APOIO AOS PROFESSORES DE FÍSICA

*Claudia Benitez Logelo, Viviane Queiroz Lima, Deise Miranda Vianna*

LAS REPRESENTACIONES DE LOS NIÑOS SOBRE LAS IMÁGENES ÓPTICAS

*Claudia M. Romagnoli, Alejandra M. Romagnolli, Marta Massa*

SISTEMAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS NO ENSINO DE FÍSICA

*Cristiane R. C. Tavoraro, Marisa Almeida Cavalcante*

LA EXPLICACIÓN EN CIENCIA, UN ANÁLISIS DE LA EXPLICACIÓN DEL POTENCIAL ELÉCTRICO

*Daniel Córdoba, Cecilia Gramajo*

ABORDAGEM DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

*Délcio Basso*

LA TECNOLOGÍA MULTIMEDIAL COMO RECURSO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA

*Elena Llonch, Patricia Sánchez, Marta Massa*

LA FORMACIÓN DE LOS PROFESORES DE FÍSICA A NIVEL MEDIO SUPERIOR EN MÉXICO

*Enrique A. Gomez Lozoya, Rafael Zamora Linares*

LA FÍSICA EN LA BIOLOGÍA

*Estela Civit, Mirta Iuretig, Ana Fóppoli, Miguel Segura*

UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE A ÁREA DE PESQUISA “FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO”

*Fernanda Ostermann, Marco A. Moreira*

¿PODEMOS MEJORAR EL PROCESO DE ADMISIÓN ESCOLAR?

*Héctor Riveros Rotgé, Emma Jiménez Cisneros*

FORMAÇÃO CONTINUADA: PREPARANDO O PROFESSOR DE FÍSICA PARA O SÉCULO XXI

*Isa Costa, Marly da Silva Santos*

EQUIPOS DE DEMOSTRACIÓN PARA LA ENSEÑANZA DE LA MECÁNICA

*José Alberto Torres R.*

FORMACIÓN DE DOCENTES EN FÍSICA PARA LA ESCUELA BÁSICA Y EL CICLO DIVERSIFICADO EN EDUCACIÓN DE LA FACULTAD DE HUMANIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. MÉRIDA-VENEZUELA

*José Alberto Torres, Marlene Castro, Alejandro Noguera, Orlando Escalona*

JUGANDO CON LA FÍSICA

*José Alberto Torres R.*

LA FÍSICA DE LA BICICLETA

*José Alberto Torres R.*

EXPERIMENTOS IMPACTANTES: UNA ALTERNATIVA PARA LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA EN EL NIVEL MEDIO

*José Colado Pernas, Héctor Riveros*

CONCEPCIÓN CUÁNTICA DE LA CREATIVIDAD

*José Peña, Manuel Reyes, Teodosio Rodríguez*

CONCEPTOS DE FÍSICA QUE LE SON MÁS DIFÍCILES A LOS ESTUDIANTES DEL COLEGIO CIENTÍFICO COSTARRICENSE

*Leda María Roldán S.*

LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS CIENTÍFICOS EN LAS FERIAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

*Leda María Roldán S.*

ENSINO DE FÍSICA: CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE

*Lenilda Austrilino*

FÍSICA NA TERRA ENCANTADA

*Leonardo Peres da Silva, Deise Miranda Vianna*

ESTUDIO DE LAS ONDAS SONORAS APROVECHANDO LAS PECULIARIDADES DEL RECINTO EN EL QUE SE IMPARTE LA DOCENCIA

*M. J. Elejalde-García, E. Macho-Stadler, J. Janariz-Larumbe*

LA FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN FÍSICA: TRANSFERENCIAS DE UN GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA

*M. M. Manganiello, C. Speltini, M. C. Menikheim, I. Iglesias, H. Santilli, J. Cornejo, E. Aveleyra*

RELAÇÕES ENTRE A FÍSICA E A MATEMÁTICA E SUAS IMPLICAÇÕES NO ENSINO

*Marcos Pires Leodoro*

BLINDAGEM ELETROSTÁTICA

*Maria Antonieta Teixeira de Almeida, Ana Maria Ferraz Bastos*

ARGUMENTAÇÃO NAS AULAS DE FÍSICA

*Maria Candida Varone de Moraes Capecci, Anna Maria Pessoa de Carvalho*

A UTILIZAÇÃO DA INTERNET DURANTE O PROCESSO DE APRENDIZAGEM DO ENSINO DE FÍSICA E QUÍMICA

*Mariana Pereira, Ana Freire, Conceição Vilela*

FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES DE FÍSICA NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA

*Marília Paixão Linhares, Marly da Silva Santos, Ana Paula Damato Bemfeito*

CONCEPTS OF SPECIAL RELATIVITY: AN ANIMATED HYPERTEXT

*Michel Betz*

O GRUPO DE AÇÃO COORDENADA

*Paulo de Faria Borges, Kátia Nunes Pinto*

LA FORMACIÓN DOCENTE EN EL ÁREA DE FÍSICA DE LA PREPARATORIA AGRÍCOLA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

*Rafael Zamora Linares, Enrique A. Gomez Lozoya*

LITERATURA E CIÊNCIA: LIVROS DE SAGAN EM AULAS DE FÍSICA

*Picardo Roberto Plaza Teixeira*

EL PERFIL DEL FÍSICO EN COLOMBIA

*Rodrigo Covalada*

O PAPEL DA MODELAGEM DOS ENUNCIADOS NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM FÍSICA

*Sayonara Salvador Cabral da Costa, Marco Antonio Moreira*

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO USO DE MICROCOMPUTADORES NAS ALTERAÇÕES DAS CONCEPÇÕES ESPONTÂNEAS NÍVEL UNIVERSITÁRIO BÁSICO

*Shirley T. Gobara, Paulo Ricardo da S. Rosa, Umbelina G. Piubéli*

PERFIL CONCEITUAL E SITUAÇÃO-PROBLEMA. UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O PROCESSO DE APRENDIZAGEM DA NOÇÃO DE PERIODICIDADE EM FÍSICA

*Shirley Takeco Gobara*

CONTRIBUIÇÃO DA APRENDIZAGEM INFORMAL NO PROCESSO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA

*Silvia Moreira Goulart*

CONSTRUÇÃO DE OBJETIVOS E ESTRATÉGIAS VISANDO A AQUISIÇÃO DE UMA PRÁTICA CIENTÍFICA EXPERIMENTAL

*Suzana Maria Coelho, Eno Kohl, Silvia Di Bernardo, Lilian Cristina Nalepinski Wiehe*

REFLEXIONES SOBRE UNA ESTRATEGIA DE FORMACIÓN DE DOCENTES: EL CASO DE LA MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL EN COLOMBIA. Ma. Mercedes Ayala, Jernán Bautista R.

# VII Conferência Interamericana sobre Educação em Física

## Estrutura da Conferência

	Domingo	Segunda-Feira	Terça-Feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
09:00		Conferência de Abertura	Mesa Redonda	Mesa Redonda	Mesa Redonda	Grupos de Trabalho	Saída
10:30		CAFÉ					
10:30		Apresentações Orais	Apresentações Orais	Apresentações Orais	Apresentações Orais	Apresentações Orais	
11:00							
11:00		Apresentações Orais	Apresentações Orais	Apresentações Orais	Apresentações Orais	Apresentações Orais	
12:30							
12:30		ALMOÇO					
14:30							
14:30	Chegada e inscrições	Pôsteres	"Workshops" (4h)	LIVRE		"Workshops" (4h)	Assembleia da VII CIAEF
16:30		Café					Café
16:30		Demonstrações	Grupos de trabalho			Grupos de Trabalho	Simpósio
17:00		Palestra					
17:00		Jantar e Atividades Sociais					
18:30							
18:30		Jantar e Atividades Sociais					
20:00							
20:30		Jantar e Atividades Sociais					
23:30							

# VII Interamerican Conference on Physics Education Conference Structure

	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday
09:00		Opening Conference	Roundtable	Roundtable	Roundtable	Working Groups	Departure
10:30		COFFEE BREAK					
11:00		Papers	Papers	Papers	Papers	Papers	
12:30							
12:30		LUNCH					
14:30							
14:30		Posters	Workshops (4h)	FREE	Workshops (4h)	Assembly of the VII IACPE	
16:30		Coffee break				Coffee break	
17:00		Show & tell	Working Groups		Working Groups	Symposium	
18:30		Lecture					
18:30		Dinner & Social Activites					
20:00							
20:30		Dinner & Social Activites					
23:30							

## VII CONFERÊNCIA INTERAMERICANASOBRE EDUCAÇÃO EM FÍSICA

## VII INTERAMERICAN CONFERENCE ON PHYSICS EDUCATION

# LISTA DE PARTICIPANTES/ LIST OF PARTICIPANTS

Alberto Gattoni  
Faculdade de Matemática, Astronomia y Física  
Universidade Nacional de Córdoba  
Ciudad Universitaria  
5000 - Córdoba - ARGENTINA  
scout@mail.famaf.unc.edu.ar

Alberto Jardon  
FCEIy A - Universidad Nacional de Rosario  
Av. Pellegrini, 250  
2000 - Rosario - ARGENTINA  
ajardon@fceia.unr.edu.ar

Alberto Maiztegui  
Academia Nacional de Ciencias  
Casilla Correo 36  
Av. Vélez Sarsfield 229  
5000 - Córdoba - ARGENTINA  
maiztegui@acad.ancor.edu

Alejandra Gisselle Delgado Pujadas  
Liceo N° 26 del Consejo de Educación Secundaria  
Joaquín Requena 3005  
Montevideo - URUGUAY  
adelgado@montevideo.com.uy

Alejandro González y Hernández  
Departamento de Física. F.C. UNAM  
Ciudad. Universitaria  
04510 - México D.F. - MÉXICO  
agh@hp.fciencias.unam.mx

Alfonso Suarez Gómez  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Bogotá - COLOMBIA  
asuarez@javercol.javeriana.edu.co

Alice Helena Campos Pierson  
Universidade Federal de São Carlos  
CECH/DME  
Via Washington Luiz, Km 235  
13565-905 - São Carlos - SP - BRASIL  
apierson@power.ufscar.br

Amadeo Sosa Santillan  
Planeamiento Educativo  
Universidad del Trabajo del Uruguay  
Magallanes 1674, of. 30  
Montevideo - URUGUAY  
asosa@varela.reu.edu.uy

Ana Maria Freire  
Depto. de Educação, Faculdade de Ciências  
Universidade de Lisboa  
Campo Grande, Edifício C1, 2º Piso

Anderson Alvarenga de Moura Meneses  
R. Dr. Leal, n° 785/301  
Engenho de Dentro  
20730-000 - Rio de Janeiro - RJ - BRASIL

Anderson Beatrici  
 Centro Universitário La Salle  
 Av. Victor Barreto 2288  
 Centro  
 92010-000 - Canoas - RS - BRASIL  
 ande@lasalle.tche.br

Anna Maria Pessoa de Carvalho  
 Faculdade de Educação da USP  
 Av. da Universidade, 308  
 05508 - 900 - São Paulo - SP - BRASIL  
 ampdcarv@usp.br

Bernardo Buchweitz  
 UFPEL  
 Faculdade de Educação  
 Rua Almirante Barroso 1734  
 96010-280 - Pelotas - RS - BRASIL  
 bbuch@ufpel.tche.br

Cássio Alberto Dias da Silva  
 Universidade Estadual de Campinas  
 Faculdade de Educação  
 R. Bertrand Russel 801  
 13081-970 - Campinas - SP - BRASIL  
 cassio@obelix.unicamp.br

Celso Luis Ladera  
 Universidad Simón Bolívar  
 Departamento de Física  
 Apdo.89000  
 1080 A - Caracas - VENEZUELA  
 clladera@usb.ve

Claudia María Romagnoli  
 Escuela Parroquial N° 1345  
 9 de Julio 860  
 S2122  
 Pujato - Pcia. Santa Fe - ARGENTINA  
 clau\_romag@yahoo.com

Daniel Lottis  
 Depto. De Física-  
 Universidade Federal do Paraná  
 Caixa Postal 19081  
 81531-970 - Curitiba - Paraná - BRASIL

Andrea Cabot Echevarría  
 Consejo de Educación Técnico Profesional  
 Universidad del Trabajo del Uruguay  
 Magallanes 979  
 11200 - Montevideo - URUGUAY  
 acabot@adinet.com.uy

Beny Richter Richter  
 UPEL-Maracay  
 Av. Las Delicias  
 Depto. de Física  
 Maracay - VENEZUELA  
 britcher@ipmar.upel.edu.ve

Carolina Abs da Cruz  
 Av. João Pessoa, 41/420  
 Centro  
 90040-000 - Porto Alegre - RS - BRASIL  
 carolinaabs@yahoo.com.br

Celia Chung Chow  
 International Education Committee  
 American Association of Physics Teachers  
 Central Connecticut State University  
 06050 - New Britain - CT - USA  
 chow@mail.ccsu.edu

Claudia Benitez Logelo  
 Universidade Federal do Rio de Janeiro  
 Av. Brigadeiro Trompowski, s/n° - CT  
 Cidade Universitária- Ilha do Fundão  
 - Rio de Janeiro - RJ - BRASIL  
 cblogelo@openlink.com.br

Cristiane Rodrigues Caetano Tavolaro  
 GoPEF/PUC-SP  
 Rua Marquês de Paranaguá 111  
 Consolação  
 01303-050 - São Paulo - SP - BRASIL  
 cris@exatas.pucsp.br

Deise Miranda Vianna  
 Instituto de Física - UFRJ  
 Bloco A - Centro de Tecnologia - sala 307  
 Depto. de Física Nuclear - Ilha do Fundão  
 21945-970 - Rio de Janeiro - RJ - BRASIL

Délcio Basso  
 Faculdade de Física - PUCRS  
 Av. Ipiranga, 6681  
 90619-900 - Porto Alegre - RS - BRASIL  
 dbasso@pucrs.br

Dirceu da Silva  
 Faculdade de Educação – UNICAMP  
 Rua Bertrand Russel, 801  
 Cidade Universitária "Zeferino Vaz"  
 13083-970 - Campinas - SP - BRASIL  
 dirceu@obelix.unicamp.br ou  
 dirceuds@uol.com.br

Elizabeth B. Chesick  
 Baldwin School  
 701 Montgomery Avenue  
 19010 - Bryn Mawr - Pennsylvania - USA  
 echesick@aol.com

Eno Kohl  
 Faculdade de Física  
 PUCRS  
 Av. Ipiranga, 6681  
 Caixa Postal 38071  
 90619-900 - Porto Alegre - RS - BRASIL  
 ifipucrs@pucrs.br

Ernesto W. Hamburguer  
 Instituto de Física-USP  
 Rua do Matão, s/nº  
 05508-000 - São Paulo - SP - BRASIL  
 ehamburguer@if.usp.br

Estela Civit  
 Universidad Nacional de La Plata  
 Funes 3350  
 Complejo Universitario  
 Mar del Plata - ARGENTINA  
 ecivit@mdp.edu.ar

Fernanda Ostermann  
 Instituto de Física - UFRGS  
 Av. Bento Gonçalves, 9500  
 Caixa Postal 15051  
 91501-970 - Porto Alegre - RS - BRASIL

Diego de Jesus Alamino Ortega  
 Calle 17 n° 5802 c/ 58 y 60  
 Jagüey Grande  
 Matanzas - CUBA  
 odalys@ff.oc.uh.cu

Eliane Angela Veit  
 Instituto de Física - UFRGS  
 Av. Bento Gonçalves, 9500  
 Caixa Postal 15051  
 91501-970 - Porto Alegre - RS - BRASIL  
 eav@if.ufrgs.br

Enio F. da Silveira  
 PUC-Rio  
 Rua Marquês de S. Vicente, 225  
 Gávea  
 22452-970 - Rio de Janeiro - RJ - BRASIL  
 enio@fis.puc-rio.br

Enrique A. Gómez Lozoya  
 Suelos # 8 Co. Marte R. Gómez  
 56230 - Chapingo - Estado de MÉXICO  
 engomez@taurus1.chapingo.mx

Estela Alurralde  
 Departamento de Física - Facultad de Ciencias Exactas  
 Universidad Nacional de Salta  
 Avda. Bolivia 5250  
 4400 - Salta - ARGENTINA  
 ealurral@ciunsa.edu.ar

Fábio da Purificação de Bastos  
 Universidade Federal de Santa Maria  
 CE/MEN/PPGE  
 Campus Universitário Camobi  
 97105-900 - Santa Maria - RS - BRASIL  
 fbastos@ce.ufsm.br

Fernando Zawislak  
 Instituto de Física - UFRGS  
 Av. Bento Gonçalves, 9500  
 Caixa Postal 15051  
 91501-970 - Porto Alegre - RS - BRASIL

Flavia Rezende  
 Av. Bartolomeu Mitre, 647/404  
 Leblon  
 22431-000 - Rio de Janeiro - RJ - BRASIL  
 frezende@nutes.ufrj.br

Graciela Rita Utges  
 Depto. de Física y Química  
 Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y  
 Agrimensura -UNR  
 Avda. Pellegrini, 250  
 2000 - Rosario - ARGENTINA  
 graciela@fceia.unr.edu.ar

Harry Manos  
 2000 Hollyvista Ave.  
 90027 - Los Angeles - CA - USA  
 hmanos@aol.com

Herbert H. Gottlieb  
 City College of New York  
 New York - NY - USA  
 herbgottlieb@juno.com

Hernán Miguel  
 Universidade CAECE  
 Av. Mayo 1396  
 1085 - Buenos Aires - ARGENTINA  
 herny@mail.retina.ar

Inoue Tokuya  
 Faculty of Education  
 Tokyo Gakugei University  
 4-1-1 Nukuikitamachi Koganei  
 184-8501 - Tokyo - JAPAN  
 tokuya@yk.rim.or.jp

João Batista Harres  
 UNIVATES  
 Caixa Postal 155  
 95900-000 - Lajeado - RS - BRASIL  
 jbarres@fates.tche.br

Gordon J. Aubrecht  
 Ohio State University at Marion  
 1465 Mt. Vernon Ave.  
 43302-5695 - Marion - OH - USA  
 aubrecht@mps.ohio-state.edu

Guillermo Becerra Córdova  
 Universidad Autónoma Chapingo  
 Km. 38.5 Carretera México  
 56230 - Texcoco - Chapingo - MÉXICO  
 gbecerra@taurus1.chapingo.mx

Héctor G. Riveros  
 Instituto de Física - UNAM  
 Apartado Postal 20-364  
 01000 - México DF - MÉXICO  
 riveros@fenix.ifisicacu.unam.mx

Hernán Jamett Carrasco  
 Res. El Padrino Apto. 4A  
 Urbanización Juanico s/n°  
 Maturin - VENEZUELA  
 hernanjamett@telcel.net.ve

Ileana Maria Greca  
 Instituto de Física da UFRGS  
 Av. Bento Gonçalves, 9500  
 Caixa Postal 15051  
 91501-970 - Porto Alegre - RS - BRASIL  
 ilegreca@terra.com.br

Itamar José Moraes  
 Instituto de Física – UFG  
 Caixa Postal 131  
 74001-970 - Goiânia - GO - BRASIL  
 itamar@fis.ufg.br

John D. FitzGibbons  
 Syracuse University  
 Physics Department  
 201 Physics Building  
 13244-1130 - Syracuse - NY - USA  
 jdfitzgi@suhep.phy.syr.edu

José Alberto Peña Echezuría  
 UPEL-Instituto Pedagógico de Miranda “José  
 Manuel Siso Martínez”  
 Departamento de Ciencias Naturales y  
 Matemática  
 VENEZUELA  
 joseal@cantv.net

José André Peres Angotti  
 Dep. de Metodologia de Ensino  
 Centro de Ciências - Campus Trindade  
 UFSC - Caixa Postal 476  
 88040-900 - Florianópolis - SC - BRASIL  
 angotti@ced.ufsc.br

José R. Lopez  
 Department of Physics  
 University of Puerto Rico at Mayagüez  
 P.O. Box 9016  
 00681-9016 - Mayagüez - PUERTO RICO  
 lopez@shuttle.uprm.edu

Leda Maria Roldán  
 Escuela de Física  
 Universidad de Costa Rica  
 Ciudad Universitaria Rodrigo Facio  
 San José - COSTA RICA  
 lroldan@cariari.ucr.ac.cr

Leonard Jossem  
 Department of Physics  
 The Ohio State University  
 174 W, 18th Ave.  
 43210-1106 - Columbus - OH - USA  
 jossem@mps.ohio-state.edu

Lighia B. Horodynski-Matsushigue  
 Instituto de Física da Universidade de São Paulo  
 Caixa Postal 66318  
 05315-970 - São Paulo - SP - BRASIL  
 lighia@if.usp.br

Luci Fortunata Motter Braun  
 PUCRS  
 Av. Ipiranga, 6681  
 Partenon  
 90619-900 - Porto Alegre - RS - BRASIL  
 Lbraun@pucrs.br

José Alberto Torres R.  
 Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias  
 Depto. de Física, 2° Piso  
 La Hechicera  
 Mérida - VENEZUELA  
 beto@ciens.ula.ve

José Luis Michinel Machado  
 Faculdade de Educação - UNICAMP - Cidade  
 Universitária "Zeferino Vaz"  
 Rua Bertrand Russell, 801  
 Barão Geraldo  
 13081-970 - Campinas - SP - BRASIL  
 jmichine@obelix.unicamp.br

Jurandyr C.N. Lacerda Neto  
 Faculdade de Educação - UNICAMP  
 Cidade Universitária Zefferino Vaz  
 Barão Geraldo  
 13081-970 - Campinas - SP - BRASIL  
 jua@lexxa.com.br

Lenilda Austrilino  
 Universidade Federal de Alagoas  
 TFE/CEDU/UFAL  
 Cidade Universitária  
 57049-740 - Maceió - AL - BRASIL  
 lenilda@fapeal.br

Leonor Colombo de Cudmani  
 Departamento de Física - Facultad de Ciencias Exactas  
 y Tecnología  
 Universidad Nacional de Tucumán  
 Av. Independencia, 1800  
 4000 - Tucumán - ARGENTINA  
 lcudmani@herrera.unt.edu.ar

Lillian C. McDermott  
 University of Washington-Department of Physics  
 Box 351560  
 98195-1560 - Seattle - WA - USA  
 lcmcd@phys.washington.edu

Luiz Carlos Jafelice  
 Departamento de Física - UFRN  
 Caixa Postal 1641  
 59078-970 - Natal - RN - BRASIL  
 jafelice@dfte.ufrn.br

Luiz O. Q. Peduzzi  
 Depto. de Física - UFSC  
 Campus Universitário Trindade  
 88040-900 - Florianópolis - SC - BRASIL  
 peduzzi@fsc.ufsc.br

M. Cecilia Pocovi de Cardon  
 Universidad Nacional de Salta  
 Buenos Aires 177  
 4400 - Salta - ARGENTINA  
 cpocovi@unsa.edu.ar

Manuel Reyes Barcos  
 Universidad Pedagógica Experimental  
 Libertador  
 Instituto Pedagógico de Miranda "José Manuel  
 Siso Martínez" - Depto. de Ciencias Naturales y  
 Matemática  
 VENEZUELA  
 reyesbar@cantv.net

Marco Antonio Moreira  
 Instituto de Física da UFRGS  
 Av. Bento Gonçalves, 9500  
 Caixa Postal 15051  
 91501-970 - Porto Alegre - RS - BRASIL  
 moreira@if.ufrgs.br

Marcos Pires Leodoro  
 Centro Federal de Educação Tecnológica de São  
 Paulo  
 Rua Dr. Pedro Vicente, nº 625  
 Ponte Pequena  
 01109-010 - São Paulo - SP - BRASIL  
 mktpvi@uol.com.br

Maria Cecilia Gramajo  
 Departamento de Física- Facultad de Ciencias  
 Exactas  
 Universidad Nacional de Salta  
 Buenos Aires, 177  
 4400 - Salta - ARGENTINA  
 gramajo@if.usp.br

Maria de los Dolores Ayala Velázquez  
 Departamento de Física de la Universidad  
 Autónoma Metropolitana  
 Unidad Iztapalapa  
 Apartado Postal 55534, Delegación Iztapalapa  
 09000 - México D.F. - MÉXICO  
 dav@xanum.uam.mx

Luz Amalia Ordoñez  
 Universidad Pedagógica Nacinoal  
 Calle 72 kr. 11  
 Bogota - COLOMBIA  
 Lao@uni.pedagogica.edu.co

M.J. Ponnambalam  
 University of the West Indies  
 Physics Department, UWI  
 7 - Kingston - JAMAICA  
 ponnam@uwimona.edu.jm

Marcia Langaro Passarinho  
 Rua 4, nº 261  
 Centro  
 76300-000 - Ceres - GO - BRASIL  
 bird@cultura.com.br

Marcos Hermi Dal'Bó  
 Centro Universitário La Salle  
 Rua das Araras, 1512  
 5 Colônias  
 92320-820 - Canoas - RS - BRASIL

Maria Antonieta Teixeira de Almeida  
 Rua Conde de Bonfim, 100/203  
 Tijuca  
 20520-053 - Rio de Janeiro - RJ - BRASIL  
 antoniet@if.ufrj.br

Maria da Conceição de Almeida Barbosa Lima  
 Instituto de Física  
 Universidade do Estado do Rio de Janeiro  
 Rua São Francisco Xavier, 524, 3º andar  
 20559-900 - Rio de Janeiro - RJ - BRASIL  
 barbosa@uerj.br

Maria Emília Baltar Bernasiuk  
 Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul  
 Av. Ipiranga, 6681 - Caixa Postal 1429  
 Bairro Partenon  
 90619-900 - Porto Alegre - RS - BRASIL  
 mebbarnasiuk@pucrs.br

María Jesús Elejalde García  
 Departamento de Física Aplicada 1  
 Escuela Superior de Ingenieros - Universidad del  
 País Vasco (UPV/EHU)  
 Alameda de Urquijo s/n  
 48013 - Bilbao - ESPAÑA  
 wupelgam@bi.ehu.es

Maria M. Manganiello  
 Facultad de Ingeniería  
 Universidad de Buenos Aires  
 Paseo Colón 850  
 Buenos Aires - ARGENTINA  
 mmangan@fi.uba.ar

María Mercedes Ayala  
 Departamento de Física  
 Universidad Pedagógica Nacional  
 Call. 72 Carr. 11, Oficina B-207  
 Bogotá - COLOMBIA  
 bautista@uni.pedagogica.edu.co

Maria Virgínia dos Santos Silva  
 Rua Quintino Bocaiúva 366/602  
 97010-400 - Santa Maria - RS - BRASIL

Marisa Almeida Cavalcante  
 Rua Marques de Paranaguá, 111  
 Consolação  
 01306-000 - São Paulo - SP - BRASIL  
 marisac@exatas.pucsp.br

Marta Beatriz Massa  
 Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y  
 Agrimensura  
 Universidad Nacional de Rosario  
 Avda. Pellegrini, 250  
 2000 - Rosario - ARGENTINA  
 mmasa@fceia.unr.edu.ar

Michel Betz  
 Instituto de Física - UFRGS  
 Caixa Postal 15051  
 91501-970 - Porto Alegre - RS - BRASIL  
 betz@if.ufrgs.br

Maria José P.M. de Almeida  
 Grupo de Estudo e Pesquisa em Ciência e Ensino  
 Faculdade de Educação - UNICAMP  
 Caixa Postal 6120  
 13083-970 - Campinas - SP - BRASIL  
 mjpma@obelix.unicamp.br

María Maite Andrés Zuñeda  
 UPEL, Instituto Pedagógico de Caracas  
 Depto. de Matemática y Física  
 Av. Páez, El Paraíso  
 Caracas - VENEZUELA  
 mandres@fision.net

Maria Rosa Prandini  
 Ejido 1319  
 Apto. 702  
 11100 - Montevideo - URUGUAY

Marinez Meneghello Passos  
 Departamento de Matemática  
 Universidade Estadual de Londrina  
 Caixa Postal 6001  
 86051-990 - Londrina - PR - BRASIL  
 arrudas@sercomtel.com.br

Marly da Silva Santos  
 Rua Belizário Augusto, 91/504  
 Icaraí  
 Niterói - RJ - BRASIL  
 marly@if.uff.br

Marta Feijó Barroso  
 Instituto de Física - UFRJ  
 Caixa Postal 68528  
 Cidade Universitária  
 21945-970 - Rio de Janeiro - RJ - BRASIL  
 marta@if.ufrj.br

Osmar Haddad Filho  
 Av. Napoleão Selmidei, 1162  
 Vila Harmonia  
 Araraquara - SP - BRASIL  
 ohaddaf@uol.com.br

Pablo Alejandro Lonngi-Villanueva  
 Departamento de Física, División de Ciencias  
 Básicas y Ingeniería  
 UAM - Iztapalapa  
 Apartado Postal 55-534  
 09300 - México DF - MÉXICO  
 plov@zanum.uam.mx

Paul Wheeler  
 Utah State University  
 Old Main Hill 4120  
 84341 - Logan - UT - USA  
 paul@wheeler.com

Paulo A. Soave  
 Rua Giordano Bruno, 388/901  
 Rio Branco  
 90420-150 - Porto Alegre - RS - BRASIL  
 soave@if.ufrgs.br

Paulo Machado Mors  
 Instituto de Física  
 UFRGS  
 Caixa Postal 15051  
 91501-970 - Porto Alegre - RS - BRASIL  
 mors@if.ufrgs.br

Paulo Rômulo de O. Frota  
 UFPI  
 Depto. de Física  
 Campus da Ininga  
 64050-060 - Teresina - PI - BRASIL  
 prfrota@hotmail.com

Rafael Humberto Scapin  
 Rua 15 de Novembro, 272  
 13690-000 - Descalvado - SP - BRASIL  
 rafael@if.sc.usp.br

Raul Acosta Duarte  
 Ybyrayú 3367 esq 2da  
 Barrio San Pablo  
 Asunción - PARAGUAY  
 rad@telesurf.com.py

Patsy Ann Johnson  
 Slippery Rock University of Pennsylvania  
 Department of Secondary Education  
 Foundations of Education  
 16057-1326 - Slippery Rock - PA - USA  
 patsy.johnson@sru.edu

Paula R.L. Heron  
 University of Washington-Department of Physics  
 Box 351560  
 98195-1560 - Seattle - WA - USA  
 lcmcd@phys.washington.edu

Paulo de Faria Borges  
 Centro Federal de Educação Tecnológica Celso  
 Suckow da Fonseca  
 Av. Maracanã 229  
 Maracanã  
 20271-110 - Rio de Janeiro - Rio de Janeiro - BRASIL  
 pborges@mail.cefet-rj.br

Paulo Reginaldo Pascholati  
 Instituto de Física da USP  
 Caixa Postal 66318  
 05315-970 - São Paulo - SP - BRASIL  
 pascholati@if.usp.br

Plamen Nechev  
 Universidad Pedagógica Nacional  
 Departamento de física  
 Calle 73 n° 11-95  
 Bogotá - COLOMBIA  
 pnechev@uni.pedagogica.edu.co

Rafael Zamora Linares  
 Universidad Autónoma Chapingo  
 Km 38.5 Carretera México  
 Departamento de Preparatoria Agrícola  
 CP 56230 - Texcoco - Chapingo - MÉXICO  
 rzamora@taurus1.chapingo.mx

Raul Hernandez Tabares  
 PUCRJ-UFRJ  
 Rua Padre Leonel Franca 408 sala 21-B  
 Gávea  
 22453-900 - Rio de Janeiro - RJ - BRASIL  
 tabares@openlink.com.br

Rejane Aurora Mion  
UEPG  
Praça Santos Andrade s/n°  
84010-330 - Ponta Grossa - PR - BRASIL  
ramion@mepg.br

Ricardo Roberto Plaza Teixeira  
CEFET-SP  
R. Pedro Vicente, 625  
01109-010 - São Paulo - SP - BRASIL  
rteixeira@if.usp.br

Ruth Howes  
Ball State University  
Department of Physics and Astronomy  
47306 - Muncie - IN - USA  
rhowes@bsu.edu

Sergio de Mello Arruda  
Departamento de Física  
Universidade Estadual de Londrina  
Caixa Postal 6001  
86051-990 - Londrina - PR - BRASIL  
arrudas@sercomtel.com.br

Silvia Moreira Goulart  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Rodovia BR 465, km 7  
Seropédica  
23851-970 - Rio de Janeiro - RJ - BRASIL  
smgoulart@ufrj ou ilona@painet.com.br

Sônia S. Peduzzi  
Depto. de Física-UFSC  
Campus Universitário Trindade  
88040-900 - Florianópolis - SC - BRASIL  
fsccef@fsc.ufsc.br

Suzana Maria Coelho  
Av. Itaquí, 252/204  
90460-140 - Porto Alegre - RS - BRASIL  
coelho@puers.br

Ricardo Buzzo Garrao  
Universidad Católica de Valparaíso  
Instituto de Física  
Av. Brasil, 2950  
Valparaíso - CHILE  
rbuzzo@ucv.cl

Rodrigo Covalada  
Universidad de Antioquia-Fac. de Cs. Exactas y  
Naturales  
Departamento de Física  
Ciudad Universitaria  
A. A. 1226 - Medellín - COLOMBIA  
covalada@epm.net.co

Sayonara Salvador Cabral da Costa  
PUCRS  
Av. Ipiranga, 6681  
90619-900 - Porto Alegre - RS - BRASIL  
sayonara@voyager.com.br

Shirley Takeco Gobara  
CCTE-UFMS  
Cidade Universitária-C/P 549  
79070-29 - Campo Grande - MS - BRASIL  
gobara@dfi.ufms.br ou shirley@nin.ufms.br

Simon George  
California State University  
905840 - Long Beach - CA - USA  
georges@csulb.edu

Susana de Souza Barros  
Instituto de Física, Bloco A, CT  
Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Ilha do Fundão  
21945-970 - Rio de Janeiro - RJ - BRASIL  
susana@if.ufrj.br

Teodoro Halpern  
Ramapo College of NJ  
505 Ramapo Valley Road  
7430 - Mahwah - NJ - USA  
thalpern@ramapo.edu

Teodosio Enrique Rodríguez Sosa  
Universidad Pedagógica Experimental  
Libertador  
Instituto Pedagógico de Miranda "José Manuel  
Siso Martínez"  
VENEZUELA  
teodosio@cantv.net

Yuly Esteves  
UPEL- Intituto Pedagógico Miranda "J.M. Siso  
Martínez"  
Final Av. Principal de la Urbina, cruce com  
Rómulo Gallegos,  
Ed. Miraje, piso 1, VENEZUELA  
yulyesteves@hotmail.com

Zwinglio de Oliveira Guimarães Filho  
Instituto de Física da USP  
Caixa Postal 66318  
05315-970 - São Paulo - SP - BRASIL  
zwinglio@if.usp.br

Thomas Rossing  
Department of Physics  
Northern Illinois University  
60115 - Dekalb - IL - USA  
rossing@physics.niu.edu

Zoraida Viera  
Apfu-Uruguay  
Gaboto 1435  
Of. 002 - Montevideo - URUGUAY  
apfu@adinet.com.uy

## VII CONFERÊNCIA INTERAMERICANA SOBRE EDUCAÇÃO EM FÍSICA

### VII INTERAMERICAN CONFERENCE ON PHYSICS EDUCATION

# PRESTAÇÃO DE CONTAS/ FINANCIAL ACCOUNT

#### I - APOIOS RECEBIDOS (Financial Aids):

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) do Brasil; <i>Brazilian National Council of Scientific and Technological Development.</i>	R\$ 30.000,00	US\$ 16,667.00
Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), Brasil; <i>Research Support Foundation of the State of Rio Grande do Sul, Brazil</i>	R\$ 7.000,00	US\$ 3,889.00
União Internacional de Física Pura e Aplicada; <i>International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP)</i>	R\$ 13.611,00	US\$ 7,561.00
Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/Ministério da Educação e do Desporto do Brasil; <i>Coordination for the Development of Higher Education Personnel/Brazilian Ministry of Education</i>	R\$ 5.718,00	US\$ 3,177.00
Saldo da VI CIACEF; <i>balance from the VI IACPE</i>	R\$ 2.502,00	US\$ 1,390.00
Taxas de inscrição; <i>registration fees</i>	R\$ 20.340,00	US\$ 11,300.00
Total	R\$ 79.171,00	US\$ 43,984.00

#### II - DESPESAS (Expenses)

Atas em CD-ROM; <i>proceedings in CD-ROM</i>	R\$ 2.919,00	US\$ 1,622.00
Aluguel de salas de conferência; <i>conference room rental</i>	R\$ 4.680,00	US\$ 2,600.00
Aluguel de equipamento; <i>equipment rental</i>	R\$ 2.888,00	R\$ 1,604.00
Confecção de pastas;	R\$ 1.260,00	US\$ 700.00
Traslado de participantes Porto Alegre/Canela/Porto Alegre; <i>participants transfer</i>	R\$ 2.530,00	US\$ 1,406.00

Música e show; <i>music and show</i>	R\$ 1.800,00	US\$ 1,000.00
Livro de resumos; <i>book of abstracts</i>	R\$ 1.492,00	US\$ 829.00
Serviços de apoio durante o evento (secretaria, recepção, motorista); <i>clerical aid during the event (secretary, receptionists, driver)</i>	R\$ 2.100,00	US\$ 1,167.00
Passagens aéreas para participantes convidados; <i>air tickets for guests speakers</i>	R\$ 14.920,00	US\$ 8,289.00
Apoio financeiro a participantes para hotel e alimentação; <i>financial support to participants for hotel and meals</i>	R\$ 22.860,00	US\$ 13,367.00
Reunião da Comissão Organizadora em dez/99; <i>meeting of the Organizing Committee in dec/99</i>	R\$ 1.354,00	US\$ 752.00
Despesas pré-evento (material de consumo, correio, impressos); <i>pre-event expenses (office supplies, mailing, printing)</i>	R\$ 5.201,00	US\$ 2,889.00
Frete de materiais para a conferencia vindos do exterior; <i>freight of conference materials from abroad</i>	R\$ 1.594,00	US\$ 885.00
Serviços de secretaria pré-evento (out/99 a jun/00); <i>pre-event secretarial services (oct/99 to jun/00)</i>	R\$ 6.500,00	US\$ 3,611.00
Pequenas despesas durante o evento; <i>small expenses during the event</i>	R\$ 1.012,00	US\$ 562.00
Serviços de secretaria pós-evento (jul a dez/00); <i>post-event secretarial services (jul to dec/00)</i>	R\$ 1.800,00	US\$ 1,000.00
Total	R\$ 75.705,00	US\$ 42,058.00
III – SALDO (Balance)		
Receita ( <i>income</i> )	R\$ 79.171,00	US\$ 43,984.00
Despesa ( <i>expenses</i> )	R\$ 75.705,00	US\$ 42,058.00
Saldo ( <i>balance</i> )	R\$ 3.466,00	US\$ 1,926.00

Este saldo será usado para despesas de confecção, impressão e envio do relatório final. Qualquer saldo existente após essa etapa será encaminhado à organização da VIII CIAEF. *This balance will be used to cover expenses of editing, printing, and mailing the final report. Any remaining balance after this will be forwarded to the organization of the VIII IACPE.*