

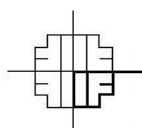
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE FÍSICA

**O ELETROMAGNETISMO ABORDADO DE FORMA
CONCEITUAL NO ENSINO MÉDIO**

MARCIA DE MELO BRAGA



**Porto Alegre
2004**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE FÍSICA

**O ELETROMAGNETISMO ABORDADO DE FORMA
CONCEITUAL NO ENSINO MÉDIO***

MARCIA DE MELO BRAGA

Dissertação realizada sob a orientação da Dra. Rejane Maria Ribeiro Teixeira e apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial aos pré-requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Porto Alegre

2004

* Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

AGRADECIMENTOS

“Apreendi que se depende sempre
De tanta muita diferente gente
Toda pessoa sempre é as marcas
Das lições diárias de outras tantas pessoas”
(Gonzaguinha – compositor popular Brasileiro)

Agradeço a minha família (a de sangue e a de coração),
Meus amigos, mestres, colegas, alunos e a todos:
Os que passaram pela minha vida e os que hoje aqui estão
Por tudo que me ensinaram e pelo que sou.

Agradeço em especial às Profas. Jane Machado e Rosani Girardi, Diretoras das Escolas nas
quais este trabalho foi desenvolvido, pela colaboração e incentivo, e à Profa. Rejane Ribeiro
Teixeira, minha orientadora, pelos ensinamentos e dedicação.

RESUMO

Este trabalho trata da aplicação de uma abordagem instrucional centrada nos aspectos conceituais, visando uma aprendizagem eficaz e significativa de situações físicas no Ensino Médio. O objetivo da metodologia aqui empregada é priorizar conceitos físicos em relação a instrumentos (como, por exemplo, a Matemática), que devem ter a conotação apenas de ferramentas, ou de coadjuvantes, no contexto do ensino de Física no Nível Médio. Como referencial teórico para o desenvolvimento dessa metodologia é utilizada a teoria dos campos conceituais de Vergnaud. A proposta é desenvolver um material instrucional que possa servir como texto de apoio na abordagem conceitual do Eletromagnetismo. Este material foi aplicado no decorrer do 3º trimestre do ano de 2003 aos 22 alunos da turma 3A do Colégio Estadual Piratini e, posteriormente durante o 2º bimestre, aos 20 alunos das turmas de 6º semestre da Escola Técnica em Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Como avaliação da aplicação dessa proposta pode-se citar que os alunos mostraram-se mais seguros no momento de aplicar os conceitos, quando da confecção dos experimentos, e menos ansiosos no momento formal da prova avaliativa, demonstrando uma maior motivação quando apresentados ao Eletromagnetismo contextualizado em situações do seu dia-a-dia. Acredita-se que tenha ocorrido uma aprendizagem mais significativa do Eletromagnetismo por ter sido este abordado com uma maior ênfase na parte conceitual. O produto educacional produzido neste trabalho de conclusão compreende o material didático impresso preparado para o desenvolvimento desta metodologia e entregue para os alunos, bem como os instrumentos de avaliação utilizados (Anexos A a F). Como complemento, é apresentado um CD com o objetivo de facilitar o acesso ao material instrucional e incluir as animações desenvolvidas pela autora usando o software Flash MX.

ABSTRACT

The application of an instruction approach centered on the conceptual aspects of Physics for High School is here described, with the hope of attaining an efficient and significant understanding of practical physical situations. The aim of this methodology is to emphasize Physics concepts instead of thought important devices like Mathematics, which should be considered as tools in the context of High School. The theory of conceptual fields of Vergnaud is used as a theoretical framework for the working out of this methodology. The intent here is to develop an instructional material which may be used to approach the Electromagnetism in a conceptual way. This material was used in the last quarter of the school year of 2003 with the 22 students of the 3A class of Colégio Estadual Piratini and, subsequently during the second bimester, with the 20 students of the sixth semester of Escola Técnica em Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre. As good results of this approach one may quote the increased confidence of students when using physics concepts, during the elaboration of experiments as well as in the final test. They also seemed very interested when faced with physical aspects of events. Electromagnetism aspects brought up in the context of everyday phenomena seem to contribute to motivation of the students. We believed that a rather meaningful learning has been attained with such conceptual approach of Electromagnetism. The educational product brought out here includes a written text, used as a guide of studies in the class, as well as the evaluation tools employed (Appendix A to F). A CD-ROM is included in order to allow an easier access to the instructional material and also to present some of the author's Flash MX animations.

SUMÁRIO

CAPITULO 1- INTRODUÇÃO.....	01
CAPITULO 2- REVISÃO DA LITERATURA.....	03
CAPÍTULO 3- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
CAPÍTULO 4- OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA DA METODOLOGIA.....	15
4.1 Objetivos.....	15
4.2 Justificativa da Metodologia.....	16
CAPÍTULO 5- APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ABORDAGEM CONCEITUAL DO ELETROMAGNETISMO EM DUAS ESCOLAS DE NÍVEL MÉDIO.....	20
CAPÍTULO 6- ANÁLISE DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA: ABORDAGEM CONCEITUAL DO ELETROMAGNETISMO NO NÍVEL MÉDIO.....	25
6.1 Resultados do Colégio Estadual	25
6.1.1 <u>Análise dos resultados da prova escrita realizada individualmente pelos alunos.....</u>	<u>25</u>
6.1.2 <u>Análise dos trabalhos realizados pelos alunos após a visita ao MCT/PUC-RS.....</u>	<u>35</u>
6.1.3 <u>Análise dos trabalhos experimentais construídos pelos alunos.....</u>	<u>38</u>
6.2 Resultados da Escola Técnica de Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre.....	41
6.2.1 <u>Análise dos resultados da prova escrita realizada individualmente pelos alunos.....</u>	<u>43</u>
6.2.2 <u>Análise dos experimentos construídos pelos alunos.....</u>	<u>50</u>
CAPÍTULO 7- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
REFERÊNCIAS.....	55
ANEXOS.....	57
ANEXO A- Texto didático elaborado para abordar o Eletromagnetismo de forma conceitual.....	58
ANEXO B- Prova Aplicada as turmas do Colégio Estadual Piratini	112
ANEXO C- Roteiro da visita ao Museu MCT/PUC-RS.....	120
ANEXO D- Roteiro para o trabalho de pesquisa a ser realizado após a visita ao Museu MCT/PUC-RS.....	125
ANEXO E- Prova aplicada as turmas da Escola Técnica em Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre.....	129

ANEXO F- Roteiro para a construção dos experimentos clássicos do Eletromagnetismo aplicado na Escola Técnica em Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre.....	137
ANEXO G- CD contendo material instrucional e as animações desenvolvidas pela autora usando o software Flash MX.....	142

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O trabalho ao longo destes anos como professora de Física em escolas de nível médio e a constante e incansável busca por novas metodologias, que facilitem e tornem mais significativo o aprendizado, foram os responsáveis pela escolha do tema desta dissertação.

Pensa-se que a aprendizagem seria mais significativa se a Física fosse abordada, no ensino médio, com uma maior ênfase na parte conceitual.

As experiências realizadas pelos alunos ou demonstradas a eles, bem como os recursos de informática e a própria álgebra desempenham um papel importantíssimo na aprendizagem da Física, mas, acredita-se que, neste nível de ensino, a eles deve ser dado papel de coadjuvante, e os conceitos físicos precisam ser os protagonistas no processo ensino-aprendizagem.

A abordagem é conceitual no sentido de priorizar os conceitos físicos em relação a outros recursos como, por exemplo, a Matemática, que devem ter a conotação apenas de ferramentas no contexto do ensino de Física nas Escolas de Nível Médio. Atualmente, as metodologias empregadas e apresentadas na maioria dos livros didáticos para o ensino médio evidenciam uma preocupação excessiva com as equações matemáticas (fórmulas), e com problemas que envolvem, em sua maioria, a resolução dessas equações, etc.

A motivação para o desenvolvimento desse trabalho parte da constante busca de novas formas de ensino, que venham a facilitar e dinamizar a aprendizagem da Física por alunos do ensino médio, que é uma preocupação inerente aos professores.

Parte-se da hipótese que uma abordagem instrucional centrada no aspecto conceitual contribuirá para uma aprendizagem mais eficaz e significativa de situações físicas no Ensino Médio.

A proposta deste trabalho é verificar a aprendizagem de conceitos do Eletromagnetismo por alunos do Ensino Médio, do Colégio Estadual Piratini e da Escola Técnica em Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, da rede pública de ensino do RS, através de um enfoque conceitual.

O produto educacional produzido neste trabalho de conclusão compreende o material didático impresso preparado para o desenvolvimento desta metodologia e entregue para os alunos (Anexo A), bem como os instrumentos de avaliação utilizados (Anexos B a F). O Anexo F inclui um roteiro das atividades usando o software Flash MX. Visando facilitar o

acesso ao material instrucional e incluir as animações, desenvolvidas em Flash MX pela autora, é apresentado como complemento um CD (Anexo G).

Inicialmente, no Capítulo 2, faz-se uma revisão da literatura, que inclui artigos de periódicos científicos, livros didáticos e livros de divulgação científica, que abordam o ensino da Física com um reduzido teor algébrico, apresentando um enfoque interdisciplinar e contextualizado, incluindo, algumas vezes, uma abordagem histórica ou filosófica da Física no nível médio.

No terceiro capítulo é discutida a fundamentação teórica do trabalho aqui apresentado. Foi usado como referencial teórico à teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud¹ para fundamentar a metodologia a ser desenvolvida.

No Capítulo 4, são apresentados os objetivos e a metodologia da proposta de ensino do eletromagnetismo com um enfoque conceitual.

A seguir, no Capítulo 5, é descrita a aplicação da abordagem conceitual do eletromagnetismo nas duas Escolas de Ensino Médio escolhidas para o desenvolvimento da presente proposta. No próximo capítulo é realizada uma análise dos resultados obtidos da aplicação da metodologia de ensino proposta.

Finalmente, no Capítulo 7 são apresentadas as considerações finais.

¹ (MOREIRA, 2002)

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

A pesquisa acadêmica em Ensino de Física está consolidada em termos de ensino superior aqui no Rio Grande do Sul há bastante tempo, como se pode observar pelas dissertações e teses produzidas e artigos publicados em revistas especializadas tanto de nível nacional, quanto internacional. As primeiras dissertações de mestrado na área de Ensino de Física, do Programa de Pós-Graduação em Física, foram apresentadas já na década de 70 por Moreira (MOREIRA, 1972) e Axt (AXT, 1973).

Artigos e resenhas de dissertações e teses ligadas à área de ensino de física têm sido divulgados em alguns periódicos científicos brasileiros, dos quais destacamos a Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) e o Caderno Brasileiro de Ensino de Física, ex Caderno Catarinense de Ensino de Física, (CBEF).

A consulta a esses periódicos tornou-se um elemento importante e fundamental para professores de Física e de Ciências em geral. E, na preparação deste trabalho a leitura de artigos das edições dos últimos anos, na busca de informações sobre trabalhos publicados, referências bibliográficas e aperfeiçoamento, foi de grande valia.

Podemos observar, através das publicações da RBEF e do CBEF que a preocupação com o Ensino de Física em todos os níveis e a busca de novas metodologias para o ensino é permanente.

Em um artigo publicado pela RBEF, intitulado: “Considerações sobre a Pesquisa em Ensino de Ciências - A interdisciplinaridade”, A. Villani aborda o tema da pesquisa em ensino de Física (VILLANI, 1981).

Segundo os físicos, nos primórdios da pesquisa em ensino de física, esta pesquisa tinha, entre outros aspectos, como relata Villani:

...o interesse principal das pessoas que se dedicam à pesquisa em Ensino de Física concentrava-se na aplicação de técnicas metodológicas em sala de aula, sem se preocupar com o conteúdo ministrado e com seu grau de refinamento. Por isso, sustentava-se que um pesquisador em ensino de física deveria ser também um pesquisador em física, para poder localizar na fonte os pontos mais significativos e os elementos mais intuitivos a serem ensinados. (VILLANI, 1981, p.70)

Para clarear o conceito de pesquisa em ensino de física o autor começa dizendo o que considera pesquisa indireta em ensino de física:

Qualquer tipo de atitude feita com o único intuito de melhorar a prática em sala de aula ou aumentar a motivação dos alunos, sem nenhum tipo de registro sistemático ou pelo menos reflexão que esclareça de alguma forma, para a comunidade científica a contribuição oferecida, não é pesquisa fundamental em ensino de física (mas pode

muito bem ser ótimo ensino de física). Qualquer tipo de produção escrita (livro-texto, apostilas,...) sem uma análise de bases teóricas ou de finalidades ou das condições de aplicabilidade não é pesquisa fundamental em ensino de física (mas pode ser um excelente subsídio para atividades de aula)... (VILLANI, 1981, p.73)

Ao contrário, escrever um texto com a finalidade de testar os efeitos de uma nova sequência do conteúdo ou de um novo enfoque ou de um conceito não usual e registrar os resultados, conseqüências e as conclusões é fazer pesquisa em ensino de física. (VILLANI, 1981, p.73)

Para Villani,

Enfim, fazer pesquisa em Ensino de Física é prioritariamente tentar entender a natureza do ensino, da aprendizagem e do seu conteúdo, relacionando a prática cotidiana com seus objetivos e com o contexto que define e/ou a limita. (VILLANI, 1981, p.74)

A idéia da complexidade da pesquisa educacional pode ser sentida, segundo Villani:

“...pois fundamentalmente a análise educacional é interdisciplinar no sentido em que seu objetivo deve ser estudado com o auxílio de metodologias próprias de várias disciplinas: História, Filosofia, Psicologia, Pedagogia, Epistemologia, etc...” (VILLANI, 1981, p. 78)

Para Villani,

A produção de um texto didático envolve sempre a explicitação de uma maneira de ver a física e de utilizar as analogias mais significativas, por isso é importante a colaboração de especialistas no campo das pesquisas teóricas e ou experimentais. No entanto a grande maioria de textos produzidos não tem utilizado a história da física e a análise de pressupostos epistemológicos.” (VILLANI, 1981, p. 83)

Em outro artigo publicado pela RBEF em 2000, intitulado: Ensino de Física no Brasil Retrospectivas e Perspectivas (MOREIRA, 2000), o autor faz uma análise de algumas metodologias que foram utilizadas para o ensino de física a nível médio no Brasil, e uma retrospectiva do ensino e da pesquisa em ensino de Física nestes últimos trinta anos.

Segundo o autor o ensino de física nas décadas de 60 e 70 esteve calcado e centralizado no livro-texto.”Eram bons livros, sem dúvidas, mas hoje podem ser considerados exemplares de um paradigma, o dos livros, que foi substituído por outro, o dos projetos. Por representar uma mudança de paradigma, é que a física do PSSC (Physical Science Study Committee – Projeto lançado nos Estados Unidos em 1956 visando levar para as escolas os últimos avanços da Física) é um bom referencial para início de conversa em relação ao ensino de física no Brasil” (MOREIRA, 2000, p. 94).

Em relação à metodologia predominante, ainda nos dias de hoje no ensino médio, Moreira comenta:

Digo “não deveria”, porque agora me referindo apenas a realidade brasileira, muito do ensino de física em nossas escolas secundárias está, atualmente outra vez referenciado por livros, porém de má qualidade-com muitas cores, figuras e fórmulas – e distorcido pelos programas de vestibular, ensina-se o que cai no vestibular e adota-se o livro com menos texto para ler. (MOREIRA, 2000, p. 95)

O autor diz também ver novas perspectivas para o ensino de Física na escola secundária com os novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio (BRASIL, 1999), que traça as competências e habilidades a serem desenvolvidas em física, entre as quais destacamos:

- Compreender a física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o “como funciona” dos aparelhos.
 - Construir e investigar situações, problemas, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões.
 - Articular o conhecimento físico com o conhecimento de outras áreas do saber científico.
- Trata-se, pois, de ensinar física como construção, modelagem, de significados. Física para cidadania, Física significativa. (MOREIRA, 2000, p. 98)

Mais adiante, na mesma página o autor comenta:

A grande maioria dos alunos do ensino médio não vai estudar física mais tarde. Por isso não tem sentido ensiná-los física como se fossem físicos em potencial. (Aliás, este talvez tenha sido um grande erro do PSSC e de outros projetos curriculares). Eles serão, sobretudo cidadãos e, como tal, a física que lhes for ensinada deve servir para vida possibilitando-lhes melhor compreensão do mundo e da tecnologia. (MOREIRA, 2000, p. 98)

A busca de novas metodologias para o ensino de física que fuja da receita tradicional:

- a) Aulas expositivas;
- b) Resolução de um grande número de problemas “algébricos”;
- c) Aulas de laboratório, expositivas ou direcionadas por um roteiro para obter um resultado determinado,

é algo comum nas publicações ligadas ao ensino de física.

No artigo “Experimentação Seletiva e Associada à Teoria como Estratégia que Facilite a Reformulação Conceitual em Física” (AXT et al., 1990) podemos observar a preocupação com as novas metodologias para o ensino da Física, que levem a uma reformulação conceitual.

Nesse artigo os autores comentam:

As aulas tradicionais, com exposições orais, sessões de exercícios e de resolução de problemas, demonstrações experimentais, recursos audiovisuais, etc., parecem não ter eficácia para uma significativa parcela de alunos no que concerne à reformulação conceitual. O clima de pouca participação no processo faz com que as contradições freqüentemente passem despercebidas por alunos e professores. (AXT et al., 1990, p.141)

Nesse trabalho é proposto o uso de experimentos para evidenciar as contradições contextualmente errôneas (CCE) “contradições entre o pensamento do aluno e a realidade a fim de promover a mudança conceitual”. (AXT et al., 1990, p.142). Conforme é mencionado pelos autores eles pretendem usar os experimentos para: “colocarmos alunos diante de

situações concretas e de evidências que ativem seu pensamento e o tornem consciente de uma discrepância entre sua maneira de pensar e aquilo que a evidência está a indicar...”. Também é referido que: “Um experimento gerador de conflitos entre o pensamento do aluno e a realidade indissociada do conhecimento científico aceito, é útil para promover a reformulação conceitual no sentido de apropriação pelo aluno deste conhecimento científico”. (AXT et al., 1990, p.142).

Este trabalho foi aplicado a um grupo de alunos do 6º semestre da Licenciatura em Física da UFRGS. Foi feito um pré-teste sobre conceitos da eletrodinâmica, a seguir os alunos realizaram experimentos básicos de eletricidade e responderam novamente a um teste. Após a aplicação do trabalho, os alunos apresentaram o comentário a seguir:

A falta de um estudo anterior mais detalhado na parte conceitual, a predominância do formulismo (matemático) e das sessões de solução de problemas os quais muitas vezes mascaram a existência de falhas conceituais, condução dos cursos sempre no mesmo ritmo sem uma demora maior nos pontos problemáticos dos conteúdos, o fato de conseqüentemente terem conseguido aprovação em várias disciplinas sem que fosse exigido domínio de conceitos básicos são explicações que eles dão pelo fraco desempenho no pré-teste. (AXT et al., 1990, p.142).

O que ressalta, mais uma vez, que o domínio das soluções algébricas dos problemas de Física não está intrinsecamente associado a compreensão dos conceitos físicos no campo do conhecimento científico.

Na seção “Implicações para o ensino”, na qual os autores do artigo comentam o trabalho e fazem sugestões para metodologias de ensino de Física é interessante destacar:

É sabido muitas vezes que os próprios professores transmitem Concepções Conceitualmente Errôneas (CCE) e que o mesmo se verifica nos livros didáticos que adotam. O círculo vicioso, deve ser rompido sempre que haja oportunidade para tal. A formação de novos professores parece o lugar natural para isso acontecer, embora como já afirmamos, CCEs ficam facilmente mascaradas, sendo apenas reveladas quando adotamos critérios de avaliação diferentes daqueles baseados em formulismos matemáticos de pouca utilidade nos níveis elementares de ensino. (AXT et al., 1990, p.156)

Em outro artigo intitulado *Reflexões sobre o Ensino de Física no Brasil: Práticas, Conteúdos e Pressupostos*, é novamente abordada a algebrização excessiva da física no ensino médio. (VILLANI, 1984)

Nesse artigo, o autor expõe primeiramente os pressupostos existentes e que estão fortemente arraigados na concepção de ensinar Física, depois ele coloca sua opinião de como se pode ensinar Física: “A visão de ensino que regula a maioria de nossas atividades escolares parece ser fundamentada numa série de pressupostos...” (VILLANI, 1984, p. 78). Destaca-se o quarto pressuposto:

O quarto pressuposto diz respeito aos conteúdos a ser ensinados: ele deve ser claro, bem definido. É constituído por um “pacote” de fórmulas que representam as leis físicas fundamentais e, por exemplos, nas quais as leis são aplicadas. É marcado pela marginalização das situações experimentais e de exemplos extraídos do cotidiano. Esse pressuposto é particularmente importante pois de fato centraliza todo o ensino de Física. (VILLANI, 1984, p. 78)

Destaca-se, ainda:

“No segundo grau, na melhor das hipóteses, a matemática é reduzida à álgebra, os exercícios são para aplicações de fórmulas. Sem relação explícita com experimentos e teorias importantes. E o reino dos cursinhos e de seus métodos “eficientes”. Temos a impressão que se trata de uma “caricatura” da ciência, incapaz de resistir a passagem do vestibular e 1º ano da universidade.” (VILLANI, 1984, p. 79)

Villani, através do que ele convencionou chamar de elementos que contribuem para uma visão alternativa do ensino de física, expressa seu pensar do que pode ser o ensino de física. “O 4º elemento: A física como ciência não é somente um conjunto de fórmulas que funcionam em exemplos abstratos. Ela é constituída de teorias e experimentos como um todo, por sua vez são constituídos de fórmulas e exemplos significativos e da “heurística” (VILLANI, 1984, p. 85)

Entre os artigos publicados em periódicos estrangeiros consultados na presente revisão da literatura é relevante destacar *Science and Society... A New Idea?* (KIRWAN, 1985). Neste artigo, o autor comenta sobre a estruturação das ciências nos currículos escolares americanos, sobre a pouca relevância dada a parte conceitual e, principalmente, o distanciamento dos currículos escolares da ciência do cotidiano. Para ele os conceitos da Química, Física e Biologia seriam melhor assimilados se fossem contextualizados e debatidos em fóruns entre alunos e professor. Isto mostra que os pressupostos dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 1999; MENEZES, 2000) são uma preocupação que acompanha professores em todo o mundo.

No trabalho: *High school physics should be taught before chemistry and biology* (HABER-SCHAIM, 1984) do Physics Teacher é abordado como os currículos dos cursos de graduação poderiam ser estruturados para que ocorresse uma maior difusão e interdisciplinaridade das disciplinas de Física, Química e Biologia, considera-se a existência de um atrelamento forte apenas na Física com a Matemática e na Química com a Biologia. Defende-se, então, que esta integração poderia ser difundida para além das fronteiras das ciências exatas. E, na opinião do autor, a crise existente no ensino das ciências passa por uma revisão dos currículos que possibilite uma maior integração entre os conteúdos das ciências e outras disciplinas.

No artigo, publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física: *As Concepções de Ensino de Física e a Construção da Cidadania* (CARVALHO JUNIOR, 2002), o autor cita a importância de se fazer uma abordagem de cunho social no ensino da Física a nível médio, em contraposição a abordagem altamente matematizada que ocorreu principalmente nas décadas de 60 e 70 e que ainda perdura atualmente em currículos de muitas escolas.

Há várias concepções de ensino de Física nos níveis fundamental e médio. No entanto, pode-se dicotomizá-las em **conceitual** e **matematizada**. Apesar de tal polarização representar uma simplificação da realidade, não se perde em precisão quanto aos objetivos básicos dos projetos de ensino de Física. A linha conceitual quer trabalhar, fundamentalmente, a compreensão de fenômenos físicos através da discussão, do debate e do enfrentamento de posições. Acredita-se que a utilização de fórmulas matemáticas pode auxiliar a quantificação dos fenômenos, mas que só deve ser utilizada a partir do momento em que os alunos compreendem os conceitos envolvidos. (CARVALHO JUNIOR, 2002, p. 55)

Ao longo dos anos 60 e 70, por exemplo, as competências maiores de um aluno no campo da Física estavam relacionadas à resolução de problemas numéricos em que a dificuldade não estava centrada no conceito físico e, sim nas relações matemáticas exigidas, nas operações efetuadas e na criatividade em desenvolver expressões algébricas para atingir resultados. Essas competências, ao serem desenvolvidas, propiciavam a criação de uma mentalidade pragmática em relação à Ciência que, até hoje percebemos ser muito forte por parte de alguns alunos e de suas famílias. (CARVALHO JUNIOR, 2002, p. 56)

Como exemplo, novamente, da presença excessiva da álgebra no ensino de física o autor descreve um fato que ocorreu quando da visita do Físico Richard Feynman ao Brasil:

Quando o saudoso físico americano Richard Feynman visitou o Brasil, ele teve contato com estudantes do ensino médio da cidade do Rio de Janeiro. Feynman ficou impressionado com a excelente capacidade que os alunos tinham de resolver problemas numéricos de Física. No entanto, ao serem indagados a respeito de fenômenos físicos cotidianos, os mesmos alunos não conseguiram estabelecer conexões entre as fórmulas matemáticas que sabiam de cor e seu dia-a-dia. Havia, sem dúvida alguma, algo errado. (CARVALHO JUNIOR, 2002, p. 57)

Para enfatizar a abordagem conceitual em que a Física deve ser trabalhada no nível médio, o autor cita o professor Pierre Lucie:

Fuço tanto quanto possível, do formalismo matemático... Cada dia mais. Não por teimosia idiota. Por convicção. Esclareço: não sou contra a Matemática na Física. Seria tão imbecil, como ser contra o tear mecânico na tecelagem. Conheço bastante a Física para saber que o formalismo matemático é uma linguagem, uma ferramenta indispensável. mas cujo o domínio deve suceder e não anteceder, a percepção. (LUCIE¹ apud CARVALHO JUNIOR, 2002, p. 57)

No artigo *A Matemática como Estruturante do Conhecimento Físico* (PIETROCOLA, 2002), o autor aborda a relevância que deve ser dada a Matemática no ensino de Física nos cursos de nível médio.

¹LUCIE, P. Disponível em: http://www.cen.g12.br/f2g/jornal/vol_01_n04/jornal0104.htm. Acesso em: 20 mar 2000.

No ensino de Física, a linguagem matemática é muitas vezes considerada como a grande responsável pelo fracasso escolar. É comum professores alegarem que seus alunos não entendem a Física devido a fragilidade de seus conhecimentos matemáticos. Para muitos, uma boa base matemática nos anos que antecedem o ensino de Física é garantia de sucesso no aprendizado. (PIETROCOLA, 2002, p. 94)

Aprendemos a ver as leis físicas expressas em linguagem matemática. Embora pareça natural que isso seja assim, uma incursão pela história pode nos mostrar outras formas de expressar leis sobre o mundo. Na Antiguidade, na Idade Média e no renascimento, também se pensava sistematicamente sobre os fenômenos físicos levando à proposição de leis, sem que, no entanto, isso fosse feito em linguagem matemática. Se quisermos saber as leis do movimento propostas por Buridan e outros escolásticos, devemos inferi-las a partir dos tratados que foram escritos em latim. O mesmo acontece com a Física Aristotélica, espalhada por uma dezena de textos em grego arcaico, que ainda hoje são objetos de investigação de filósofos e historiadores da ciência. Foi com o advento da ciência moderna, no século XVII, com Galileu, entre outros, que os fenômenos naturais começaram a ser sistematicamente expressos através das relações matemáticas, vindo a tornar-se, tal prática, um critério de cientificidade. (PIETROCOLA, 2002, p. 97)

Mais adiante o autor aborda novamente as relações existentes entre a matemática e a física:

Ao dizer que a Matemática se constitui na linguagem da Ciência, devemos analisá-la como expressão de nosso próprio pensamento e não apenas como instrumento de comunicação. A Matemática é a maneira de estruturarmos nossas idéias sobre o mundo físico, embora possa, em determinados momentos, assemelhar-se a uma simples descrição de objetos. Nesse sentido, pode-se pensar em um uso descritivo para a linguagem matemática... Nesse caso, admite-se um mundo físico previamente estruturado, descrito através de resultados anteriores da pesquisa científica. No entanto, sua maior importância está no papel estruturante que ela pode desempenhar no processo de produção de objetos que irão se constituir nas interpretações do mundo físico. (PIETROCOLA, 2002, p. 106)

E, para concluir, o autor expressa sua idéia como deve ser trabalhada a Matemática na Física:

A minha experiência como professor de Física do ensino médio e universitário tem me mostrado que não basta ao aluno conhecer a Matemática no seu campo próprio de validade para obter um bom desempenho em Física. Isto é, não é suficiente conhecê-la enquanto “ferramenta” para poder utilizá-la como estruturante das idéias físicas sobre o mundo.....Assim, um dos atributos essenciais ao educador com relação a esta questão é perceber que não se trata apenas de saber Matemática para poder operar as teorias físicas que representam a realidade, mas de saber apreender teoricamente o real através de uma estruturação matemática. (PIETROCOLA, 2002, p. 111)

Nos livros didáticos de Física para o ensino médio adotados como livros-texto na grande maioria das escolas de ensino médio, que usam o livro como metodologia para o ensino da física, o que se pode observar é que a abordagem da Física segue a seguinte linha:

- a) Apresentação dos conceitos físicos a serem trabalhados no capítulo;
- b) Exposição e/ou demonstração matemática de um bloco de fórmulas que representam as leis físicas dos conceitos do capítulo;

- c) Exercícios resolvidos;
- d) Sessões de exercícios a serem resolvidos envolvendo em sua grande maioria cálculos algébricos, e onde o grau de dificuldade dos exercícios envolve os recursos matemáticos necessários para a resolução dos mesmos;
- e) Em alguns livros encontramos sugestões de experiências a serem feitas pelo professor ou pelo aluno com recursos acessíveis;
- f) E, por vezes, encontramos textos contextualizando os conceitos Físicos do capítulo.

Em alguns livros existe uma ênfase maior na parte conceitual e na contextualização da Física, mas sem deixar de fazer a abordagem algébrica, podemos citar: *Curso de física* (LUZ; ÁLVARES, 2000), *Física* (GASPAR, 2001), *Física 3* (CABRAL; LAGO, 2004), dentre outros.

O livro *Física Conceitual* (HEWITT, 2002) é tradução de um livro didático elaborado para ensinar a Física no ensino médio nos Estados Unidos. Neste texto é feita uma abordagem fundamentalmente conceitual e contextualizada dos conceitos Físicos. Sendo assim, esta foi uma das literaturas utilizadas como consulta e enriquecimento na elaboração do material dos textos apresentados aos alunos na aplicação do presente projeto. Citando Hewitt:

Com relação a problemas: eu sempre achei a ênfase na resolução de problemas o maior desatino da formação em física.... Para quem não é estudante de ciências, a física é de um enorme interesse e fundamental para uma educação abrangente. Mas quando ela é abordada paralelamente com a resolução de problemas, o preço a pagar é simplesmente muito alto para a maioria destas pessoas. (HEWITT, 2002, p. xii)

Ainda:

Por física eu quero me referir ao estudo das conexões existentes na natureza. Toda pessoa bem instruída não deveria compreender bem a conexão que existe entre o movimento linear e o movimento de satélites? Não deveria saber sobre a conexão dos átomos radioativos e o poder dos vulcões? Não deveria saber que a eletricidade e o magnetismo estão conectados, para haver a luz? Esses conceitos e suas várias conexões formam a base das demais ciências. Porém, quando o foco de um curso está em aprender técnicas de resolver problemas algébricos, a fascinação da física se perde. (HEWITT, 2002, p. xii)

No trabalho “Uma abordagem Histórico-Filosófica para o Eletromagnetismo no Ensino Médio” (GUERRA et al., 2004), os autores relatam a aplicação de uma proposta curricular com uma abordagem histórica e filosófica que leve a uma aprendizagem interdisciplinar mais significativa dos conceitos do Eletromagnetismo no nível médio, desenvolvida em escolas do Rio de Janeiro. Aqui, também, pode-se verificar uma preocupação dos autores na busca de alternativas para a abordagem tradicional bi-disciplinar (Física e Matemática) dos conceitos físicos na escola de nível médio. Este trabalho é

enriquecido por uma extensa lista de referências bibliográficas, que remetem a uma abordagem histórica e filosófica da primeira fase do Eletromagnetismo (1820-1832).

No presente trabalho, o Eletromagnetismo é abordado de forma instrucional centrada no aspecto conceitual e fundamentado na teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud (VERGNAUD² *apud* MOREIRA, 2002) visando uma aprendizagem mais significativa desses conteúdos no Ensino Médio.

² VERGNAUD, G. B. *Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives*. Atelier International d'Eté: Recherche en Didactique de la Physique. La Londe les Maures, França, 26 de junho a 13 de julho. 1983.

CAPÍTULO 3

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O ensino de Física em escolas de nível médio é tradicionalmente estruturado em uma abordagem expositiva dos conteúdos curriculares, em uma parcela reduzida de escolas é acrescida de uma abordagem experimental e, em uma parcela ainda menor, são utilizados, também, recursos de informática (Internet, aplicativos, simulações, etc...).

É importante dissociar a idéia de resolução de problemas da álgebra. Resolução de problemas tem o sentido mais amplo de confronto com situações onde os conceitos abordados aparecem de forma clara ou oculta conforme a dificuldade da situação.

A teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud tem a conceitualização como premissa para o desenvolvimento cognitivo. A simplificação desta teoria ao ensino de conceitos explícitos e formalizados deve ser de início evitada. “Não é, no entanto, uma teoria de ensino de conceitos explícitos e formalizados. Trata-se de uma teoria psicológica do processo de conceitualização do real que permite localizar e estudar continuidades e rupturas entre conhecimentos do ponto de vista de seu conteúdo conceitual.” (MOREIRA, 2002)

Vergnaud que foi discípulo de Piaget, tem como base de sua teoria muito da teoria de Piaget, mas redirecionada para o estudo dos fenômenos cognitivos do “sujeito em situação”.

Vergnaud toma como premissa que o conhecimento está organizado em campos conceituais cujo domínio, por parte do sujeito, ocorre ao longo de um longo período de tempo, através de experiência, maturidade e aprendizagem. Campo conceitual é, para ele, um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição (VERGNAUD¹ apud MOREIRA, 2002).

O domínio do campo conceitual não ocorre em alguns meses, nem mesmo em alguns anos. Ao contrário, novos problemas e novas propriedades devem ser estudados ao longo de vários anos se quisermos que os alunos progressivamente os dominem. De nada serve tentar contornar dificuldades conceituais; elas são superadas na medida em que são encontradas e enfrentadas, mas isto não ocorre de um só golpe.” (VERGNAUD² apud MOREIRA, 2002)

Sendo assim a construção do conhecimento pelo aluno alicerça-se no conhecimento prévio que este tem sobre o tema em questão, encontramos aqui algumas semelhanças com a

¹ VERGNAUD, G. *A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems*. In Carpenter, T., Moser, J. & Romberg, T. Addition and subtraction. A cognitive perspective. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum. 1982. p. 39-59.

² VERGNAUD, G. *Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives*. Atelier International d'Eté: Recherche en Didactique de la Physique. La Londe les Maures, França, 26 de junho a 13 de julho, 1983. p. 401.

Teoria de Ausubel. Então, partindo dos conceitos prévios que os alunos apresentam e que em outras teorias eram vistos como errôneos, agora, na teoria de Vergnaud, eles são a base para construirmos o conhecimento científico do tema em questão. É tarefa do professor apresentar situações diferentes que permitam ao aluno ir modificando seus conceitos em direção ao conceito científico. O papel do professor como mediador desta transformação é fundamental.

Nesta concepção de ensino-aprendizagem a construção do conhecimento parte dos conhecimentos prévios do aluno, que através de uma diversidade de situações, conceitos, relações, etc... vão sendo conectados e interligados durante este processo de aquisição. E, no decorrer de um espaço de tempo geralmente longo o aluno vai elaborando o seu campo conceitual na construção do conhecimento científico em substituição aos seus conhecimentos prévios não-científicos.

A diversidade de situações a serem vivenciadas pelo aluno para a construção do conhecimento, que é fundamental segundo a teoria de Vergnaud, ainda é apresentada de forma restrita no processo de ensino-aprendizagem vigente. Esta situação talvez se deva à coletivização, multiplicação e diversificação do ensino nos dias de hoje.

Vemos ainda o ensino centralizado em aulas tradicionais e as diferenças ficam por conta da pedagogia e das idiossincrasias dos professores. Mas a essência do processo de construção do conhecimento continua engessada no tripé conceitos científicos –formulismo – resolução de problemas com enfoque algébrico.

Na grande maioria dos livros-texto de Física para o ensino médio é refletida a estrutura do processo ensino–aprendizagem vigente.

“A construção do conhecimento pelo aprendiz não é um processo linear, facilmente identificável. Ao contrário, é complexo, tortuoso, demorado, com avanços e retrocessos, continuidades e rupturas.” (MOREIRA; REDONDO, 1993, p. 241)

Atualmente, a visão que predomina no ensino é a cognitivista, associada ao construtivismo.

Ser construtivista significa, antes de tudo, ver o aluno como um construtor do seu próprio conhecimento. Assim como a ciência é uma construção humana, o aprendizado da ciência é uma construção na mente de cada aluno. O sujeito deixa de ser visto como receptor de conhecimentos, passando a ser o agente de uma construção que é a sua própria estrutura cognitiva. Acredita-se que a estrutura cognitiva de um indivíduo - é uma completa organização de seus conceitos e de suas idéias - não é uma estrutura estática e nem arbitrária. Acredita-se que os conhecimentos não estão empilhados na memória. Ao contrário, imagina-se que a organização cognitiva tem uma certa dinâmica, que os conhecimentos nela existentes estão relacionados e são importantes para aquisição de novos conhecimentos. (MOREIRA; REDONDO, 1993, p. 241)

É importante lembrar que o construtivismo não é um método, é uma postura. Ser construtivista é considerar o aluno como um construtor de sua estrutura de conhecimento. (MOREIRA; REDONDO, 1993, p. 241)

Embora o conceito de situação tenha, na teoria dos campos conceituais, o significado de tarefa, podemos supor que no âmbito das ciências situação significa também problema. Ou podemos falar em situações e problemas como faz o próprio Vergnaud ao dizer que “a aquisição de conhecimento é moldada pelas situações e problemas previamente dominados e, portanto, o conhecimento do sujeito tem muitos aspectos locais”.(VERGNAUD³ apud MOREIRA, 2002)

A construção do conhecimento, segundo Vergnaud, é um processo lento, como já foi citado anteriormente e se processa pela resolução de problemas. É importante dissociar a idéia de resolução de problemas da álgebra, resolução de problemas tem o sentido mais amplo de confronto com situações onde os conceitos abordados aparecem de forma clara ou oculta conforme a dificuldade da situação.

Fórmulas, geralmente, sintetizam o construto de um conhecimento feito por cientistas. A fórmula é, por assim dizer, a síntese de uma teoria. Ao apresentarmos ao aluno uma fórmula e ao centrarmos nosso trabalho na resolução de problemas algébricos envolvendo esta fórmula, estamos queimando etapas importantes no processo ensino-aprendizagem, tornando a aquisição do conhecimento científico mecânica e, por conseguinte, volátil.

Sendo assim, a abordagem da física no ensino médio em uma forma situacional, ou seja, em termos de situações problemáticas, poderá facilitar a construção destes conceitos pelos alunos, bem como tornar a aprendizagem mais significativa, deixando o “algebrismo” para um nível superior, oportunizando ao aluno uma riqueza maior de situações que o ajudem na construção do conhecimento científico.

³ VERGNAUD, G. *Multiplicative conceptual field: what and why?* In: Guershon, H. and Confrey, J. (Eds.). The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics. Albany, N.Y.: State University of New York Press. 1994. p. 42.

CAPÍTULO 4

OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA DA METODOLOGIA

4.1 Objetivos

A busca por novas metodologias, que facilitem e tornem mais significativo o aprendizado, foram os responsáveis pela escolha do tema desta dissertação.

Pensa-se que a aprendizagem seria mais significativa se a Física fosse abordada, no ensino médio, com uma maior ênfase na parte conceitual.

O tema escolhido para o desenvolvimento desta metodologia foi o Eletromagnetismo e foi aplicado aos alunos de turmas de ensino médio de duas escolas pertencentes a rede estadual de ensino público do Estado do Rio Grande do Sul: Colégio Estadual Piratini e Escola Técnica em Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre.

Buscou-se a aprendizagem dos conceitos do eletromagnetismo através de uma abordagem conceitual, ou seja, um enfoque de situações problemáticas do campo conceitual do Eletromagnetismo estabelecendo uma dialética entre as situações e os conceitos de modo a favorecer a conceitualização.

As experiências realizadas pelos alunos ou demonstradas a eles, bem como os recursos da Informática e a própria Álgebra desempenham um papel importantíssimo na aprendizagem da Física, mas, acredita-se que, neste nível de ensino, a eles deve ser dado papel de coadjuvante, e os conceitos físicos precisam ser os protagonistas no processo ensino-aprendizagem.

A abordagem é conceitual no sentido de priorizar os conceitos físicos em relação a outros recursos, por exemplo, a Matemática, que devem ter a conotação apenas de ferramentas. Atualmente, as metodologias empregadas na maioria dos livros didáticos para o ensino médio apresentam uma preocupação excessiva com as fórmulas, com resolução de equações, etc.

O aluno, ao ingressar no ensino médio, está se deparando pela primeira vez com a Física de modo formal, apesar de que ao longo de sua vida ele já tenha vivenciado vários dos conceitos que constituem o currículo da Física, e para todos estes ele tenha elaborado seus conhecimentos prévios oriundos do “Cientista Aristotélico”³ que parece ser inato ao ser humano. Deste aluno é esperado que, em apenas três anos letivos, ele transforme em

³ Segundo Ben-Dov- trabalhos recentes de psicologia tendem a confirmar o caráter intuitivo das concepções aristotélicas, mostrando que a representação do mundo físico na criança é bastante próxima das idéias de Aristóteles. (BEN-DOV, 1996, p.15)

conhecimento científico seus conhecimentos prévios sobre os conteúdos da Física, apresentados no ensino médio, e, acrescida de toda a abstração matemática que a parte formal que muitas teorias da Física carregam. Do professor é esperada a magia de transmitir (na escola mais tradicional) e (na escola mais aberta) facilitar a construção deste conhecimento em um tão curto espaço de tempo.

Este trabalho não é uma proposta *de reinvenção da roda* para os alunos que ingressam no ensino médio, mas sim a tentativa de uma abordagem que permita uma aprendizagem significativa dos conceitos físicos, ancorada na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, partindo dos conhecimentos prévios dos alunos através da vivência de um conjunto de situações significativas pertinentes ao conceito científico em questão para ajudar o aluno a elaborar este conhecimento.

O processo ensino-aprendizagem necessita o comprometimento do professor e do aluno, antes de tudo, é preciso que quem aprenda queira aprender. Sendo tarefa do professor a busca incansável por metodologias que facilitem, dinamizem e tornem significativa a aprendizagem.

4.2 Justificativa da Metodologia

Na criança e no adolescente está presente o cientista-físico no seu nível mais elementar, talvez nesta idade o caráter científico de compreender seja externado em seu maior potencial. Nesta fase a curiosidade pela ciência e a conseqüente construção das concepções científicas estão mais aguçadas. A criança e o adolescente perante a ciência têm o comportamento que poderíamos denominar: “Cientista Aristotélico” nos apropriando do termo usado pelo professor Yoav Ben-Dov (1996):

... Assinalemos a este respeito que alguns trabalhos recentes de psicologia experimental tendem a confirmar o caráter intuitivo das concepções aristotélicas, mostrando que a representação do mundo físico na criança é bastante próxima das idéias de Aristóteles. Talvez isso explique certas dificuldades encontradas pelos alunos do secundário na aprendizagem da física. Em sua maioria, os métodos de ensino atuais não levam em conta de maneira alguma nosso “aristotelismo espontâneo”, responsável pelo que os pesquisadores em pedagogia chamam de “conceitos errôneos”. Muitos estudantes não apreendem corretamente os conceitos da mecânica newtoniana e interpretam os diversos fenômenos ensinados em termos aristotélicos mais familiares. Assim, com muita frequência, a aprendizagem da física se reduz para eles a um trabalho frustrante de assimilação de técnicas destinadas unicamente à resolução dos problemas propostos por ocasião das provas. (BEN-DOV, 1996, p.16)

Na escola, ao cursar o ensino médio o adolescente encontra, com grande freqüência, dificuldades na disciplina de Física, o caráter científico inato fica escondido, quando não desaparece, e o aluno passa a não se interessar pela Física e, em casos extremos, a odiá-la.

Esta realidade, o afastamento do aluno das ciências, principalmente da Física, da Matemática e da Química, é uma preocupação constante dos professores quando da preparação de suas aulas. É tema de conversas nas reuniões de disciplina e pedagógicas nas escolas e tema de seminários, encontros, dissertações e teses, enfim, é preocupação de todos que de uma forma ou de outra estejam envolvidos com o ensino de Física.

No Brasil, os norteadores para o ensino de Física no nível médio encontram-se nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM) (BRASIL, 1999; MENEZES, 2000):

A presença do conhecimento de Física na escola média ganhou um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos PCNEM. Trata-se de construir uma visão de Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar da realidade. (BRASIL, 1999, p. 59)

A última reforma do ensino no Brasil ocorreu em 1996, sendo elaborada a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996), que foi regulamentada pelas Diretrizes do Conselho Nacional de Educação (BRASIL, 1998) e pelos Parâmetros Curriculares Nacionais.

Observa-se que as orientações dos PCNEM para o ensino de Física no nível médio, são no sentido de uma contextualização dos conteúdos, de uma maior ênfase na parte conceitual, na abordagem interdisciplinar com referências aos aspectos históricos e filosóficos dos conceitos e teorias, bem como uma atenção voltada para o relacionamento entre a Física abordada na escola e a tecnologia do mundo atual.

De certa forma, a sinalização efetuada pelos PCNEM é explicitada quanto ao que não conduz na direção desejada e vem sendo praticado com clareza pelos professores. O ensino de Física vem deixando de se concentrar na simples memorização de fórmulas ou repetição automatizada de procedimentos, em situações artificiais ou extremamente abstratas, ganhando consciência de que é preciso lhe dar um significado, explicitando o seu sentido já no momento do aprendizado, na própria escola média. (BRASIL, 1999, p. 60)

E como identificar quais as competências são essenciais para a compreensão em Física? De novo, projetando o que um futuro engenheiro ou profissional em telecomunicações precisarão saber, mas tomando como referência um jovem solidário e atuante, diante de um mundo tecnológico complexo e em transformação. (BRASIL, 1999, p. 62)

Destacam-se, a seguir, algumas competências e habilidades descritas nos PCNEM de Física a serem estimulados e desenvolvidos pelos alunos do ensino médio.

Na área ⁴	Em Física
Interações, relações e funções; invariantes e transformações	
Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer as relações; identificar regularidades, invariantes e transformações.	Identificar regularidades, associando fenômenos que ocorrem em situações semelhantes para utilizar as leis que expressam essas regularidades na análise e previsão de situações do dia-a-dia. Assim por exemplo, compreender que variações de correntes elétricas estão associadas ao surgimento de campos magnéticos pode possibilitar eventualmente identificar possíveis causas do não funcionamento do motor. (BRASIL, 1999, p. 65).
Ciência e Tecnologia na História	
Compreender o conhecimento científico e tecnológico como resultado de uma construção humana inseridos em um processo histórico e social.	Compreender o desenvolvimento dos modelos físicos para direcionar corretamente os modelos atuais, seu dogmatismo ou certezas definitivas.
Ciência e Tecnologia na Atualidade	
Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social.	

Cabe destacar ainda o seguinte parágrafo das considerações finais dos PCNEM para a Física no ensino médio;

O desenvolvimento dos fenômenos elétricos e magnéticos, por exemplo pode ser dirigido para a compreensão dos equipamentos elétricos que povoam nosso cotidiano desde aqueles de uso doméstico aos geradores e motores de uso industrial, provando competências para utilizá-los, dimensioná-los ou analisar condições de sua utilização. Ao mesmo tempo, esses mesmos fenômenos podem explicar os processos de transmissão de informações, desenvolvendo competências para lidar com as questões relacionadas às telecomunicações. Dessa forma, o sentido para o estudo da eletricidade e do eletromagnetismo pode ser organizado em torno de equipamentos elétricos e telecomunicações. (BRASIL, 1999, p. 84)

A preocupação com a ênfase dada à resolução de problemas algébricos no ensino médio já foi mencionada por diversos professores e autores, como é mostrado nas citações abaixo:

⁴ Tabela extraída de: BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio*. Brasília: MEC, 1999. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/seb/ensmed/pcn.shtm>>. Acesso em: 21 out. 2004.

Segundo Veit et al. (2002, p. 176): “... Mesmo nestes casos, muitas vezes, é investido um longo tempo na solução matemática do problema, sem que seja dada ênfase à situação física, relegada a um segundo plano.”

Para Stephen Hawking (2000, p. 32):

... O que pode ser feito para capitalizar esse interesse e dar ao povo a base científica de que precisa para tomar as decisões fundadas em assuntos como chuva ácida, o efeito estufa, as armas nucleares e a engenharia genética? Evidentemente, a base deve ser o que é ensinado nas escolas. Mas muitas vezes a ciência é ensinada nas escolas de maneira árida e desinteressante. As crianças aprendem maquinalmente, para passar nas provas, e não percebem a sua relevância para o mundo que as cerca. Além disso, freqüentemente a ciência é ensinada na forma de equações. Estas, embora sejam uma maneira concisa de expor idéias matemáticas, assustam a maioria das pessoas.

Como já foi mencionado no Capítulo 1- Revisão da Literatura (p.10), Hewitt (2002, p. xii), autor do livro Física Conceitual, também apresenta sua preocupação na ênfase dada a resolução de problemas:

Com relação a problemas: eu sempre achei a ênfase na resolução de problemas o maior desatino da formação em física... Porém, quando o foco de um curso está em aprender técnicas de resolver problemas algébricos, a fascinação da física se perde.

A abordagem mais conceitual da Física no ensino médio é uma necessidade que urge no mundo moderno. Nos exames de vestibular, aos quais muitos alunos do ensino médio se destinam após a conclusão de seus cursos, a abordagem conceitual já é uma realidade (COPERSE, 1997-2004). Além disso, precisamos ter a clareza que, no ensino médio, o objetivo não é formar cientistas, mas sim construir a partir do Cientista aristotélico, inato a cada indivíduo, as teorias e modelos Físicos existentes. “... Não existe em ciência, verdade absoluta. Existe, sim, uma verdade para um dado momento do conhecimento.” (BEN-DOV, 1996, p. 9)

CAPÍTULO 5

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ABORDAGEM CONCEITUAL DO ELETROMAGNETISMO EM DUAS ESCOLAS DE NÍVEL MÉDIO

Este trabalho envolveu a aprendizagem de conceitos do Eletromagnetismo, através de um enfoque conceitual dos conteúdos, por alunos do Ensino Médio do Colégio Estadual Piratini (terceiro ano) e da Escola Técnica em Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (6º semestre), ambas da rede pública de ensino do RS.

No decorrer do primeiro semestre do ano de 2003 foi elaborado um material na forma de apostila, resultado de uma extensa pesquisa em livros didáticos, para-didáticos, textos elaborados por professores da UFRGS e vivências da autora ao longo de longos anos no ensino da Física.

Este material para a abordagem conceitual do eletromagnetismo, foi aplicado, no decorrer do 3º trimestre do ano de 2003, à turma 3A (com 22 alunos) do Colégio Estadual Piratini e, mais tarde, aos 20 alunos das turmas de 6º semestre da Escola Técnica em Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre.

O material didático elaborado, que constitui a âncora para o desenvolvimento da metodologia proposta, foi trabalhado em aulas expositivas nas duas escolas. Durante o período de desenvolvimento da abordagem dos conteúdos do Eletromagnetismo, o cronograma seguiu a ordem da apresentação dos assuntos na apostila. A introdução dos conteúdos era, por vezes, feita através de um questionamento, que servia tanto para sondagem dos conhecimentos prévios dos alunos como de tema motivador. Outras vezes, os conteúdos eram apresentados aos alunos através de textos curtos contendo curiosidades, fatos históricos e conexões com o dia-a-dia do aluno. A seguir, eram analisadas as relações de dependência entre as grandezas relacionadas aos conceitos estudados, procedia-se à leitura de artigos contextualizando o conteúdo, seguida de atividades que serviam como instrumento de avaliação para conhecer em que estágio do processo da elaboração do campo conceitual os alunos se encontravam. Como por exemplo, através de listas de exercícios, discussão de textos, etc... Conjuntamente a estas atividades os alunos observavam, participavam e por vezes interagiam com experimentos clássicos do eletromagnetismo.

O Colégio Estadual Piratini é um estabelecimento de ensino da rede pública do Estado do Rio Grande do Sul, tem seu regime de matrículas por disciplina, semelhante ao adotado nos cursos de graduação da nossa universidade. Por isso, o nome “turma” fica um pouco afastado do significado usual da palavra. As turmas têm aqui a conotação de grupo de alunos reunidos para uma disciplina e não um grupo de alunos reunidos por um ano letivo. A escolha da turma 3A se sustenta no fato de que este mesmo grupo de alunos se repete praticamente em todas as disciplinas do 3º ano do ensino médio, pois é constituída por alunos que estão praticamente cursando as mesmas disciplinas.

No início do 3º trimestre foi apresentado às turmas do 3º ano da Escola Piratini, um breve histórico sobre as origens do magnetismo, sendo relatada a experiência vivida por Magnês ao encontrar a Magnetita, com o intuito de ambientar os alunos aos novos conteúdos e à nomenclatura que viria a ser trabalhada no decorrer do trimestre.

A seguir, foi solicitada aos alunos a redação de um curto parágrafo em que eles descrevessem o que sabiam, pensavam e conheciam sobre ímãs. Esta metodologia foi adotada com o objetivo de fazer um levantamento dos conceitos prévios do grupo de alunos sobre o magnetismo.

A seguir, são apresentadas as frases que apareceram com maior frequência ou que se classificaram como mais significativas no material produzido pelos alunos:

- ✓ *O ímã possui um campo magnético com dois pólos e uso eles na minha geladeira.*
- ✓ *O ímã gruda em superfícies metálicas.*
- ✓ *O ímã tem um lado positivo e um lado negativo.*
- ✓ *Os ímãs se grudam em metais, por exemplo, porta da geladeira.*
- ✓ *O ímã atrai metais que estiverem pertos.*
- ✓ *Os ímãs são usados em geladeira, alto - falantes, computadores.*
- ✓ *Os ímãs são pedrinhas que tem o pólo que atrai e o pólo que repele.*
- ✓ *O ímã atrai alguns tipos de metais.*
- ✓ *O ímã se gruda em superfícies que contenham ferro.*

Podemos observar que os conhecimentos prévios são produtos exclusivos da observação, não evidenciando uma análise mais rigorosa, nem comparações ou críticas à “teoria” concebida.

Ou seja, este conhecimento é constituído por uma grande quantidade de mini teorias que se adaptam a situações isoladas do mesmo problema, sem constituir um conhecimento científico. Estes conhecimentos não são errados, mas apenas não se correlacionam.

Se a análise for feita de forma individual podemos visualizar o comportamento aristotélico (definido por Ben-Dov (1996)) em cada aluno, a construção do conhecimento pela simples observação conduz a elaboração de conceitos semelhantes.

A partir desta etapa, o Eletromagnetismo foi abordado na turma 3A de forma estritamente conceitual e nas demais turmas de terceiro ano do Colégio Estadual Piratini de forma conceitual e formal, envolvendo álgebra, fórmulas, resolução de problemas matemáticos, etc.

Para facilitar a construção do conhecimento científico de conceitos básicos do eletromagnetismo os alunos foram expostos, repetidas vezes, a situações diversas em que estes conceitos ocorrem.

Paralelamente ao trabalho desenvolvido com o texto didático (ANEXO A), os alunos realizaram ou observaram experimentos demonstrativos clássicos do magnetismo, tais como:

- ✓ Propriedades do ímã.
- ✓ Força magnética.
- ✓ Experimento de Oersted.
- ✓ Experimento de Faraday.

Os alunos realizaram na sequência, uma visita ao Museu de Ciência e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (MCT da PUC-RS), onde observaram e realizaram experimentos do eletromagnetismo. Abaixo, apresenta-se uma tabela com os experimentos sobre eletromagnetismo que se encontram no Museu MCT-PUC-RS, alguns destes foram objeto de estudo mais aprofundado dos alunos.

Tabela 1

Listagem que inclui o código e título de experimentos do Museu MCT/PUC-RS sobre eletromagnetismo.

EXPERIMENTO	TÍTULO DO EXPERIMENTO
1 - 1704	Choques
2 - 1708	A Tensão
3 - 1710/1711	Ligando Resistores 01-02
4 - 1712	Acendeu
5 - 1713	Ligações Não Tão Perigosas
6 - 1725	O ímã Gigante
7 - 1732	A Bússola e a Corrente Elétrica
8 - 1734	Bússola das tangentes
9 - 1743	Quem move o condutor
10 - 1745	Meia Volta Voltar
11 - 1752	Bobina Giratória
12 - 1758	Núcleo de Ferro
13 - 1760	Proibida a Passagem
14 - 1761	O capacitor
15 - 1762	A Energia Armazenada
16 - 1764	Flash
17 - 1766	Forças de Oposição
18 - 1767	Anel Voador
19 - 1768	Alta Tensão – Relâmpagos
20 - 1777	A Luva Viva
21 - 1778	Transformador
22 - 1842	Como A TV Desenha Imagens

Após a visita, os alunos, reunidos em grupos de 4, redigiram um trabalho, onde cada grupo deveria descrever o experimento escolhido, citar as leis do eletromagnetismo relacionadas com o experimento e citar outros aparelhos elétricos e eletrônicos onde estes princípios também estão presentes.

Numa próxima etapa, os alunos reunidos nos mesmos grupos, que realizaram o trabalho de pesquisa no MCT da PUC-RS, foram solicitados a reproduzir um dos experimentos que englobasse o maior número de conceitos ou os experimentos clássicos do eletromagnetismo. Os experimentos reproduzidos pelos alunos foram:

- ✓ Meia volta voltar.
- ✓ Quem move o condutor.
- ✓ Anel voador.
- ✓ Força de oposição.
- ✓ Bobina giratória.
- ✓ Guindaste eletromagnético (opcional).

A construção destes experimentos ocorreu em horário extra classe e as dúvidas foram discutidas com a professora titular da turma, que orientou os trabalhos, ou com outros professores de Física da escola.

Paralelamente a todas as atividades mencionadas anteriormente, os conceitos do eletromagnetismo e as aplicações destes conceitos no cotidiano eram trabalhados nos encontros semanais de acordo com a estruturação dos conteúdos na apostila (ANEXO A).

A última atividade realizada no trimestre foi uma avaliação dos conteúdos, onde as questões que versavam sobre eletromagnetismo tinham um cunho basicamente conceitual.

A avaliação deste trabalho foi feita em cada encontro (aula) realizado com os alunos. Foi possível observar a partir deste trabalho, os conceitos prévios que antes eram isolados começaram a se relacionar, se adaptar e se transformar.

CAPÍTULO 6

ANÁLISE DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA: ABORDAGEM CONCEITUAL DO ELETROMAGNETISMO NO NÍVEL MÉDIO

6.1 Resultados do Colégio Estadual Piratini

Procurando conciliar a terminalidade do Colégio Estadual Piratini com a metodologia a ser empregada e com a teoria de Campos Conceituais de Vergnaud, elaborou-se um texto instrucional enfocando de forma conceitual e contextualizada os conteúdos do Eletromagnetismo, que são trabalhados no nível médio. Em paralelo, estes conteúdos foram abordados na visita ao Museu de Ciência e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, nos experimentos apresentados em aula aos alunos, nas leituras de textos e reportagens e na reprodução de experimentos clássicos e fundamentais do Eletromagnetismo realizadas pelos alunos.

A análise da construção do conhecimento dos conceitos do Eletromagnetismo pelos alunos se processou em cada encontro e de maneira formal em três momentos:

- ✓ Cada um dos grupos de alunos apresentou relatório, por escrito, sobre quatro experimentos do Eletromagnetismo observados na visita ao Museu de Ciência e Tecnologia da PUC-RS;
- ✓ Cada um dos grupos de alunos construiu um dos seis experimentos sobre o eletromagnetismo que foram relatados no capítulo anterior (p.24);
- ✓ Uma prova escrita usada como instrumento para avaliação individual.

6.1.1 Análise dos resultados da prova escrita realizada individualmente pelos alunos

A prova ocorreu no final do trimestre e devido à sistemática do Colégio Estadual Piratini, esta prova deve abranger todos os conteúdos desenvolvidos ao longo do ano. Ou seja, Eletricidade e Eletromagnetismo. O conteúdo de Eletricidade foi abordado na forma tradicional em todas as turmas da escola e o Eletromagnetismo foi abordado de forma estritamente conceitual.

A mesma prova foi aplicada a todas as turmas, contendo exercícios algébricos referentes apenas à parte da Eletricidade, e exercícios conceituais tanto de Eletromagnetismo, quanto de Eletricidade.

A análise dos resultados obtidos não tem a pretensão de um enfoque estatístico ou comparativo entre as diferentes turmas, por não ser este o objetivo do presente trabalho. Sendo assim, nenhuma metodologia científica no campo da Estatística foi adotada.

Outrossim, esta análise visa observar e acompanhar a construção do conhecimento dos conceitos do eletromagnetismo e as transformações ocorridas nos conceitos prévios dos alunos.

No ANEXO B, encontra-se a reprodução da prova aplicada aos alunos do 3º ano do Colégio Estadual Piratini, no 3º trimestre de 2003.

Das 20 questões, 13 são sobre conteúdos de eletromagnetismo.

Os conceitos de eletromagnetismo que foram avaliados nessa prova são:

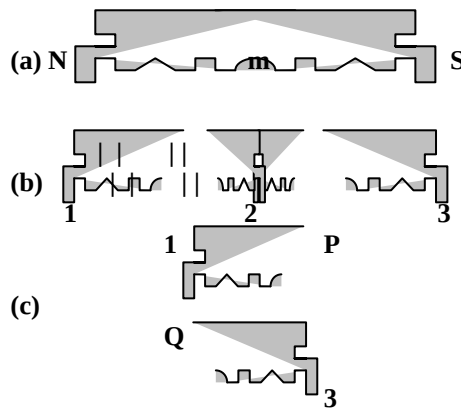
- ✓ Propriedades dos ímãs;
- ✓ Campo magnético;
- ✓ Campo magnético gerado por corrente elétrica (Lei de Oersted);
- ✓ Correntes elétricas geradas por campos magnéticos (Lei de Faraday-Lenz).

Antes do início da aplicação do projeto de estudo do Eletromagnetismo com enfoque conceitual, os alunos apresentavam os seguintes conceitos prévios:

“o ímã atrai os metais, em geral”; *“os ímãs apresentam pólos semelhantes a um dipolo elétrico”*; *“um lado do ímã atrai e o outro lado do ímã repele”*. Nas questões 8, 9 e 10 da prova foi avaliado como estes conceitos estão estruturados após o estudo de eletromagnetismo desenvolvido de forma conceitual.

Questão 08

(UFRGS-1997) A figura representa uma metade magnetizada de uma lâmina de barbear, com os pólos norte e sul indicados, respectivamente, pelas letras N e S. Primeiramente, esta metade da lâmina é dividida em três pedaços como indica a figura (b) A seguir os pedaços 1 e 3 são colocados lado a lado como indica a figura (c)



Nestas condições podemos afirmar que os pedaços 1 e 3 se....., pois P assinala um pólo..... e Q um pólo.....

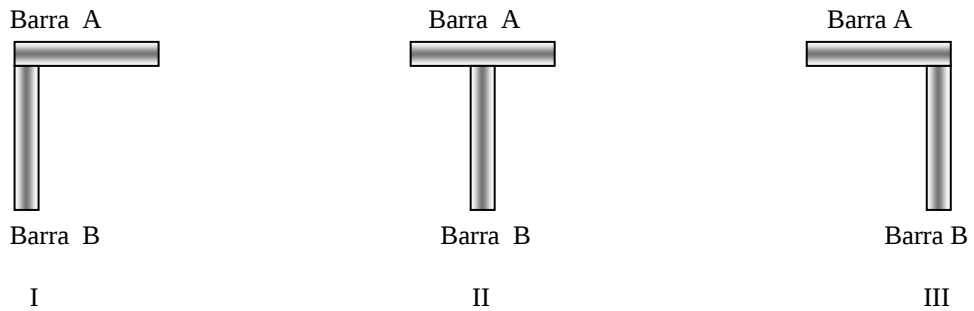
A alternativa que preenche corretamente as lacunas na afirmativa acima é:

- a) atração - norte - sul
- b) atração - sul - norte
- c) repulsão - norte - sul
- d) repulsão - sul - norte
- e) atração - sul - norte

Nesta questão foram analisados os princípios da inseparabilidade dos pólos e da atração e repulsão entre os mesmos. A resposta que ocorreu com maior frequência foi a (b), evidenciando o conhecimento do princípio da inseparabilidade dos pólos. Entretanto, mesmo apresentando o conhecimento do princípio da atração e repulsão, os alunos não acertaram a questão, por dificuldades de atenção na observação gráfica, pois não perceberam que os ímãs dispostos desta maneira iriam se repelir. (Observação: esta justificativa foi apresentada pelos alunos, quando da correção da prova em aula.)

Questão 09

(Unama -AM) Há duas barras de ferro aparentemente iguais. Para estudá-las fizemos o seguinte: a mesma extremidade da barra B foi colocada em contato com três pontos da barra A, como mostram as figuras abaixo. Nos casos I e III verificam-se atrações, mas nada se verificou no caso II.



É correto afirmar que:

- a) as duas barras podem estar imantadas (serem ímãs)
- b) apenas a barra A está imantada (é ímã)
- c) apenas a barra B está imantada (é ímã).
- d) pela experiência é impossível saber qual das duas barras está imantada (é ímã).

Nesta questão foi abordado, novamente, o princípio da atração e repulsão entre pólos e as diferenças entre ímãs e substâncias ferromagnéticas. As alternativas (a) e (d) apresentaram maior incidência de respostas, evidenciando que as diferenças entre ímãs e substâncias ferromagnéticas não estão ainda bem estruturadas, e a alternativa (c) não foi assinalada pelos alunos, o que evidencia o conhecimento da existência de pólos e dos conceitos de atração e de repulsão.

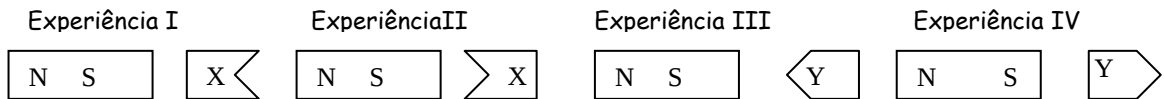
Questão 10

(FUVEST-SP) Um ímã, em forma de barra, de polaridade N (norte) e S(sul) é fixado numa mesa horizontal. Um outro ímã semelhante de polaridade desconhecida indicada por X e Y, quando colocado na posição indicado na figura 1 é repelido para a direita. Quebra-se este ímã ao meio e, utilizando as metades, fazem-se as quatro experiências representadas nas figuras I, II, III e IV em que as metades são colocadas uma de cada vez, nas proximidades do ímã fixo.



Figura 1

Indicando por nada a ausência de atração ou repulsão da parte testada, os resultados das quatro experiências são:



- a) repulsão, atração, repulsão e atração.
- b) repulsão, repulsão, repulsão e repulsão.
- c) repulsão, repulsão, atração e atração.
- d) repulsão, nada, nada e atração.
- e) atração, nada, nada e repulsão.

Nesta questão, novamente são abordados os conceitos de inseparabilidade dos pólos e do princípio da atração e repulsão. Ocorreu o mesmo número de respostas nas alternativas (a) (correta) e (c). Neste caso observa-se que o conceito de inseparabilidade dos pólos não está bem fundamentado.

Nas questões 11 a 17 foi analisada a construção dos conceitos do eletromagnetismo (de Ampère, de Oersted) e do campo magnético.

Questão 11

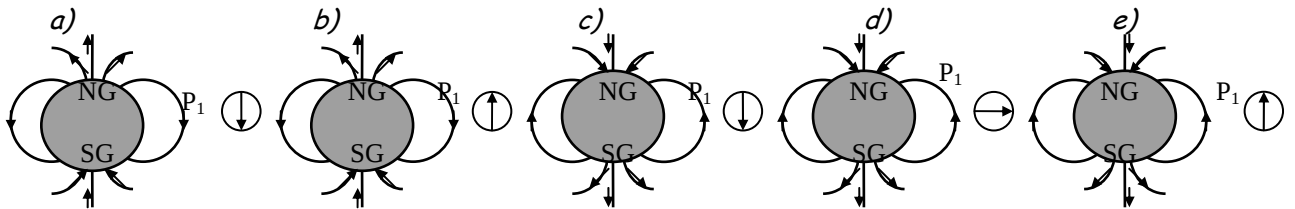
Assinale a alternativa correta

- a) Ao redor de qualquer carga elétrica existe um campo magnético.
- b) Todas as substâncias podem ser imantadas.
- c) Um ímã permanente nunca pode ser desmagnetizado.
- d) É impossível isolar os pólos de um ímã.
- e) Em um ímã existem cargas magnéticas positivas e negativas, separadas por uma distância igual ao comprimento do ímã.

Nesta questão são abordados vários conceitos do magnetismo e do eletromagnetismo (Lei de Oersted). A grande maioria das respostas recaiu na alternativa (d) (correta), as demais, na alternativa (a), evidenciando que alguns dos alunos ainda não estruturaram os conceitos fundamentais do eletromagnetismo na acepção científica. Nenhum dos alunos assinalou as alternativas (b), (c) ou (e).

Questão 12

(Cesgranrio) As linhas de força do campo magnético terrestre (desprezando-se a inclinação da agulha de uma bússola colocada em P_1 sobre a linha de força, são mais bem representados por):

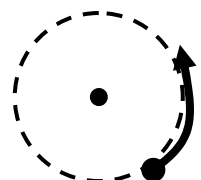


Na questão 12 foram abordados os conceitos de campo magnético, campo magnético terrestre (campo gerado por correntes) e linhas de indução. A maior incidência de respostas foi na alternativa (b), revelando que o conhecimento de linhas de indução ainda não está consolidado, mas ao mesmo tempo a polarização do campo magnético terrestre já se encontra elaborada em um nível mais elevado de estruturação.

Questão 13

(U.F.Uberlândia-MG) Considerando o elétron, em um átomo de hidrogênio, como sendo uma massa pontual, girando no plano da folha em uma órbita circular, como mostra a figura, o vetor campo magnético criado no centro da circunferência por este elétron é representado por:

a) $\otimes$ b) $\rightarrow$ c) $\bullet$ d) $\leftarrow$ e) $\uparrow$

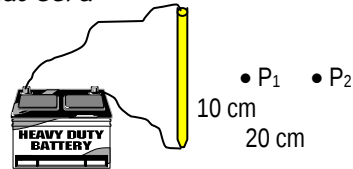


Nesta questão, os temas campo magnético gerado por correntes elétricas e linhas de indução foram, novamente, abordados, ocorrendo uma maioria absoluta de respostas corretas, o que nos faz crer que, neste momento, a estruturação destes conceitos pelos alunos se aproximam do conhecimento científico.

Questão 14

(Mogi-SP) Faz-se passar uma corrente elétrica de intensidade constante por um fio retilíneo e longo. Nessas condições, a intensidade do vetor indução magnética num ponto situado a 10 cm do eixo do fio condutor é B . Se considerarmos outro ponto situado a 20 cm do eixo do mesmo condutor, a intensidade do vetor indução será:

- a) $\frac{B}{4}$ b) $\frac{B}{2}$ c) B d) $2B$ e) $4B$



Nesta questão foram analisadas as relações entre as intensidades do campo magnético gerado por uma corrente elétrica em pontos na proximidade de um fio condutor. Houve o mesmo número de respostas com as alternativas (b) (correta) e (d), evidenciando que a relação da intensidade do campo magnético com a distância ainda não está consolidada, até este momento.

Questão 15

(FEI-SP) A intensidade do campo magnético produzido no interior de um solenóide muito comprido percorrido por uma corrente, depende basicamente:

- a) só do número de espiras do solenóide.
- b) só da intensidade da corrente.
- c) só do diâmetro interno do solenóide.
- d) do número de espiras por unidade de comprimento e da intensidade da corrente elétrica.
- e) do comprimento do solenóide.

Nesta questão foram analisadas as relações entre as intensidades do campo magnético gerado pela corrente elétrica que percorre um solenóide. Ocorrendo uma maioria absoluta de respostas corretas, evidenciando, de parte dos alunos, uma boa estruturação do conhecimento científico.

Questão 16

Nas figuras abaixo, representa-se uma agulha imantada do tipo bússola, por , um condutor retilíneo e perpendicular à página, conduzindo corrente elétrica para dentro por $\otimes$ ou para fora desta página, por $\odot$.

Desprezando a ação de outros campos magnéticos, a figura que melhor representa a orientação da bússola sob o efeito da corrente elétrica, para um observador que olhe para a página, é o da alternativa:

- a) I          
- b) II
- c) III (I) (II) (III) (IV) (V)
- d) IV
- e) V

Nesta questão, os temas campo magnético gerado por correntes elétricas e linhas de indução foram novamente abordados. Houve um empate entre as respostas correspondentes à alternativa (b) (correta) e à (c), evidenciando que até este momento o conceito de linhas de indução ainda não está consolidado.

Questão 17

Considere a figura abaixo. Enquanto não passar corrente pelo condutor AB, o eixo magnético NS da agulha magnética é paralelo a AB. Faz-se passar a corrente elétrica i no sentido de A para B. Em relação ao observador que olha a montagem de cima para baixo:

- a) a agulha desvia-se no sentido horário.
- b) a agulha magnética desvia-se no sentido anti-horário.
- c) o pólo norte sobe.
- d) o pólo norte desce.
- e) o campo magnético gerado pela corrente elétrica não age sobre o imã.



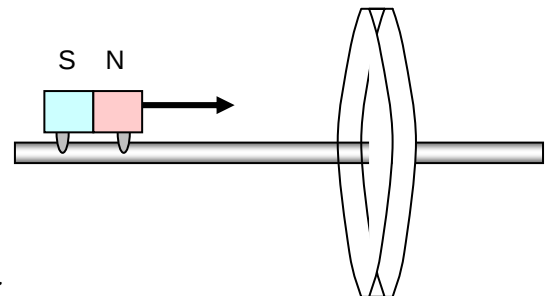
Nesta questão, são abordados os conceitos de campo magnético gerado por correntes elétricas e de linhas de indução. A alternativa que recebeu maior indicação foi a (a) e depois a (b) (correta). Isto pode indicar um erro de interpretação da geometria da figura, porém caracteriza o conhecimento do conceito de linhas de indução de campo magnético gerado por corrente elétrica, pois fica claro pelas alternativas assinaladas, que o campo é paralelo ao plano da agulha, portanto esta só pode girar neste mesmo plano.

Nas questões 18 a 20 foi analisada a construção dos conceitos do eletromagnetismo (Lei de Faraday-Lenz) e do fluxo magnético.

Questão 18

(FGV-SP) Um ímã, preso a um carrinho, desloca-se com velocidade constante ao longo de um trilho horizontal. Envolvendo o trilho há uma espira metálica, como mostra a figura. Pode-se afirmar que, na espira a corrente elétrica:

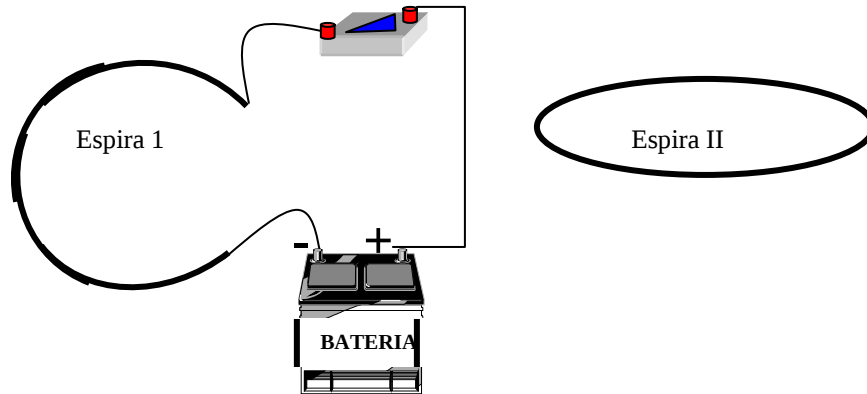
- a) é sempre nula.*
- b) existe somente quando o ímã se aproxima da espira.*
- c) existe somente quando o ímã esta dentro da espira.*
- d) existe somente quando o ímã se afasta da espira.*
- e) existe quando o ímã se aproxima ou se afasta da espira.*



Nesta questão foi abordada a produção de corrente elétrica em um condutor devido a alteração do fluxo magnético, a alternativa que recebeu a maioria quase absoluta das respostas foi a alternativa (e) (correta), evidenciando que a estruturação deste conhecimento, neste momento, se encontra bem fundamentada.

Questão 19

(EEP-SP) Duas espiras de fio condutor I e II estão próximas entre si em planos paralelos, uma delas (I) é ligada em série a uma bateria com um interruptor. A outra (II) é fechada..



No instante em que o interruptor é ligado, observa-se na espira II

- a) nada se pode prever.*
- b) nenhuma corrente circulando.*
- c) uma corrente que muda de sentido periodicamente.*
- d) uma corrente com o mesmo sentido daquela da espira I.*
- e) uma corrente com sentido contrário aquele da espira I.*

Nesta questão são abordados os conceitos de campo magnético gerado por correntes elétricas e alterações do fluxo magnético gerando correntes elétricas, houve empate entre as alternativas (b) e (d) (correta), indicando que estes conceitos ainda não estão consolidados.

Questão 20

(Univale-SC)

O Cartão Magnético

Na tarja magnética de um cartão de crédito estão gravadas as informações do cliente. Essa tarja é constituída por um composto de ferro que é magnetizado em determinadas regiões. Assim, uma seqüência de regiões magnetizadas /não magnetizadas, como minúsculos ímãs, é convertida em um código com informações pessoais.

O leitor desse código consiste em espiras de fio condutor, onde é induzida uma força eletromotriz, pelos minúsculos ímãs, enquanto o cartão é movimentado.

Este princípio, o da indução de força eletromotriz, é melhor explicado pela:

- a) conservação da carga elétrica.
- b) conservação da energia.
- c) indução eletrostática.
- d) variação do fluxo magnético.
- e) Lei de Coulomb.

Nesta questão foi analisada a identificação dos conceitos eletromagnéticos em situações do cotidiano. As alternativas que foram assinaladas com maior frequência foram a (c) e a (d) (correta), evidenciando que a identificação destes conceitos ainda não está consolidada. Acredita-se que a resposta (c) tenha sido assinalada, erroneamente, levados pelo termo indução, presente em indução magnética.

6.1.2 Análise dos trabalhos realizados pelos alunos após a visita ao Museu de Ciência e Tecnologia da PUC-RS

No dia da visita ao MCT da PUC-RS os alunos receberam uma ficha de orientação (ANEXO C) para direcionar e facilitar o trabalho que posteriormente fariam. Nesta ficha está a relação de experimentos que deveriam ser observados mais atentamente.

Abaixo é transcrita parte dessa ficha de orientação:

Durante a realização da visita ao Museu de Ciência e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul você poderá vivenciar vários experimentos na área de Física

Estes experimentos têm caráter ludo-pedagógico. Você se sentirá convidado, desafiado a realizar os experimentos.

Procure dar uma atenção especial aos experimentos na área do eletromagnetismo (3º Pavimento do MCT-PUCRS).

Abaixo, estão listados os experimentos em que você deverá dar uma atenção especial. Para cada experimento listado, procure:

- ✓ realizar o experimento.;
- ✓ interagir com o mesmo;
- ✓ pesquisar nos terminais de computador informações teóricas sobre o experimento.

A partir deste texto introdutório segue-se a listagem dos experimentos, já descrita na Tabela 1.

Após a visita, os alunos reunidos em grupos de 4, redigiram um trabalho, seguindo as seguintes orientações (ANEXO D):

- (i) Descrever o experimento escolhido dentre os 22 relacionados no Roteiro para Visita ao MCT-PUC/RS;
- (ii) Citar as leis do eletromagnetismo que estão relacionados com o mesmo; e
- (iii) Citar outros aparelhos elétricos e eletrônicos onde estes princípios também estão presentes.

Abaixo é transcrita uma parte do ANEXO D, seguida de comentários:

Na nossa visita realizada ao MCT você pode vivenciar várias experiências na área de Física, especialmente no campo do ELETROMAGNETISMO.

Identificação

Número do experimento	Título

Apresentação

Apresentação do experimento conforme as informações do MCT-PUCRS
--

Neste item foi solicitada apenas a transcrição do texto informativo e orientacional que acompanha os experimentos do museu, com o intuito de que o aluno conheça o objetivo do experimento e facilite a observação e construção do conhecimento científico presente no mesmo.

Descrição

Escrever de forma clara e sucinta: ☒ Descrição do experimento e de como foi confeccionado. ☒ Enuncie a(s) Lei(s) ou Princípios Físicos em que está fundamentada a experiência.

Neste item, o aluno deveria descrever o que ele observou no experimento, incluindo a descrição de como o experimento foi montado e, a seguir, fazer uma busca bibliográfica mais detalhada, visando correlacionar as leis físicas mencionadas no **Roteiro de Orientação** dos Experimentos do Museu e o conhecimento que ele tem, naquele momento, fruto dos seus conhecimentos prévios e de sua análise e interação com o experimento.

A análise dos resultados indica que todos os grupos descreveram de forma adequada os experimentos e enunciaram as Leis ou Princípios do Eletromagnetismo envolvidos em cada experimento. Cabe ressaltar que a maioria dos grupos citou apenas as Leis e Princípios mencionados nas orientações existentes em cada experimento do museu. Embora outros princípios ou leis, também presentes no experimento, não tenham sido citados pelos alunos.

Aplicações

Exemplifique outras situações ou aparelhos elétricos em que também seja empregado o Princípio ou Lei Física no qual está fundamentado o experimento em questão, explicando de forma sucinta (em 2 linhas) seus exemplos (2 exemplos).

☞

☞

Retomando o referencial teórico, cita-se: “Vergnaud toma como premissa que o conhecimento está organizado em campos conceituais cujo domínio, por parte do sujeito, ocorre ao longo de um longo período de tempo, através de experiência, maturidade e aprendizagem.” (MOREIRA, 2002). Nesta concepção de ensino-aprendizagem a construção do conhecimento parte dos conhecimentos prévios do aluno e através de um conjunto com uma diversidade de “situações, conceitos, etc...” (MOREIRA, 2002, p. 3). No decorrer de um espaço de tempo geralmente longo o aluno vai elaborando o seu campo conceitual na construção do conhecimento científico em substituição aos seus conhecimentos prévios não-científicos.

Com o item **Aplicações**, espera-se que o aluno relacione o conhecimento dos conceitos do eletromagnetismo, consolidados até o momento, com as situações onde estes fenômenos ocorrem no dia a dia. Constituindo esta fase um dos fatores relevantes no processo de construção do conhecimento científico, segundo Vergnaud.

Foi aqui que se verificou a maior dificuldade dos alunos na realização do trabalho. Os alunos, ao serem argüidos do porquê de não conseguirem atingir este objetivo de forma satisfatória, argumentaram que foi difícil encontrar na bibliografia, exemplos práticos e específicos das aplicações das leis do eletromagnetismo encontradas nos experimentos. Nos livros-texto, usualmente os exemplos apresentados são os clássicos, como: motores elétricos,

transformadores, dínamos, etc...e não aqueles os quais o aluno vivencia de forma mais direta, que era o desejado. Esperava-se que fossem citados, por exemplo: a exibição da imagem pela tela da televisão (o desvio de feixes de elétrons por campos magnéticos), a leitura de cartões magnéticos (que o movimento do cartão provoca uma variação do fluxo magnético gerando uma corrente elétrica induzida), etc...

O objetivo esperado era que através da leitura de materiais didáticos, interagindo através dos experimentos com conceitos do eletromagnetismo e pesquisando, paralelamente, em materiais para-didáticos, o aluno fosse capaz de aplicar seus conhecimentos em situações do dia-a-dia. Mas, acredita-se que a dificuldade aqui encontrada reside na concepção que perdura e ainda é forte nas escolas, onde os trabalhos costumam ser cópias fiéis de trechos de livros ou sítios da Internet com reduzida contribuição própria. Presos a esta concepção, muitos alunos tentaram encontrar os exemplos prontos destas aplicações na bibliografia e não se permitiram criar exemplos próprios, fundamentados nos seus conhecimentos do eletromagnetismo.

6.1.3 Análise dos trabalhos experimentais construídos pelos alunos

Numa próxima etapa, os alunos reunidos nos mesmos grupos que realizaram o trabalho no MCT da PUC-RS foram solicitados a reproduzir um dos experimentos que englobasse o maior número de conceitos de eletromagnetismo. Os experimentos reproduzidos pelos alunos foram:

- ✓ Meia volta voltar.
- ✓ Quem move o condutor.
- ✓ Anel voador.
- ✓ Força de oposição.
- ✓ Bobina giratória.
- ✓ Guindaste eletromagnético (opcional).

Os grupos de trabalho tiveram praticamente dois meses para construir uma réplica de um dos experimentos observados na visita e pesquisados pelo seu grupo. Esta atividade foi desenvolvida extra-classe. A apresentação deste trabalho ocorreu no final do trimestre sendo, portanto, o último instrumento formal de avaliação aplicado.

Os resultados aqui obtidos superaram todas as expectativas, os grupos apresentaram trabalhos com coerência dos conceitos científicos do eletromagnetismo, com um cuidado estético e funcional excelente e com reprodução fiel do experimento.

Observou-se uma intensificação dos trabalhos de construção dos experimentos nas duas semanas finais do período de dois meses. Os alunos, durante este período, comentavam as dificuldades que iam surgindo, e procurou-se, sempre que possível, não dar respostas prontas e sim orientações, sugerir leituras das anotações de aula ou da bibliografia indicada, para que eles conseguissem finalizar o experimento, mas principalmente para facilitar e direcionar a construção do conhecimento científico dos conceitos do Eletromagnetismo.

Em uma discussão posterior com os alunos eles revelaram que o que os motivou na construção do experimento foi o grau que seria atribuído ao trabalho e que contribuiria para uma promoção no final do trimestre. Também, que alguns buscaram ajuda na construção do experimento de alguém com mais habilidade (pai, tio, vizinho), mas a parte dos conceitos da física foi responsabilidade dos componentes do grupo e que eles se entusiasmavam à medida que a construção evoluía, que novos desafios iam surgindo e sendo solucionados. E, quando finalmente concluíram o trabalho, eles mesmos já tinham se auto-avaliado e estavam muito satisfeitos com o resultado.

A seguir, são apresentadas as fotos de alguns destes trabalhos criados pelos alunos e, como já foi dito, de excelente qualidade, evidenciando a aplicabilidade dos conceitos fundamentais do eletromagnetismo.



Figura 1: Foto do experimento: motor de corrente contínua, construído pelos alunos do 3º ano do Colégio Estadual Piratini, no ano de 2003.



Figura 2: Foto do experimento: guindaste eletromagnético, construído pelos alunos do 3º ano do Colégio Estadual Piratini, no ano de 2003.

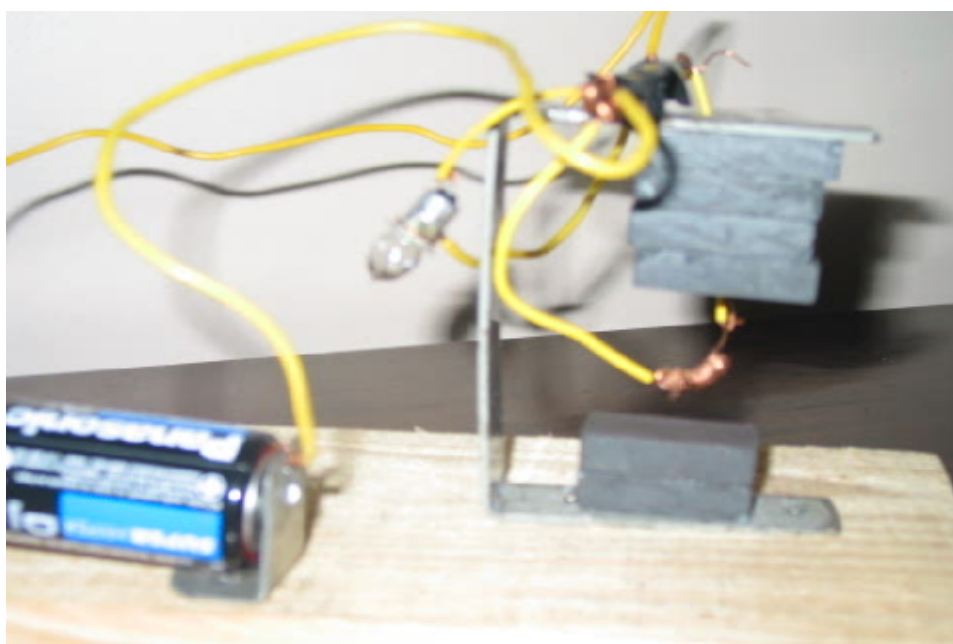


Figura 3: Foto do experimento: balanço eletromagnético, construído pelos alunos do 3º ano do Colégio Estadual Piratini, no ano de 2003.

6.2 Resultados da Escola Técnica de Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre

Este trabalho foi desenvolvido paralelamente na Escola Técnica em Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (ETS-HCPA), nas turmas do 6º semestre, durante o segundo semestre de 2003.

Essa escola possui proposta pedagógica e terminalidade diferenciadas da Escola Piratini, a ênfase e a maior carga horária é nas disciplinas específicas da área de saúde e nos estágios da área técnica, sendo reservada às disciplinas regulares do ensino médio a carga mínima regulamentada pela Lei de Diretrizes e Bases do Ensino. A carga horária de Física é de duas horas semanais em cada um dos seis semestres do curso.

Os conteúdos de Física do 6º semestre são eletrodinâmica e eletromagnetismo, tendo o eletromagnetismo sido abordado de forma conceitual, usando o mesmo material (apostila) que foi aplicado na Escola Piratini.

Cada semestre letivo está dividido em dois bimestres, sendo, no caso específico da disciplina de Física do 6º semestre (turmas F), o primeiro bimestre reservado à eletrodinâmica e o segundo, ao eletromagnetismo. No início do 2º bimestre, foi apresentado às turmas F1 (Técnico em Administração Hospitalar), F3 (Técnico em Patologia Clínica) e F4 (Técnico em Nutrição e Dietética) da ETS-HCPA um breve histórico sobre as origens do magnetismo, com o intuito de ambientar os alunos aos novos conteúdos e à nomenclatura que viria a ser trabalhada no decorrer do bimestre.

A seguir, o eletromagnetismo foi abordado nas turmas F1, F3 e F4, de forma conceitual, tendo como referencial norteador a apostila (ANEXO A). Para facilitar a construção do conhecimento científico de conceitos básicos do eletromagnetismo os alunos foram expostos, repetidas vezes, a situações diversas em que estes conceitos ocorrem.

Paralelamente ao trabalho desenvolvido com o texto didático (ANEXO A) e de forma semelhante ao que foi trabalhado na Escola Piratini, os alunos realizaram ou observaram experimentos demonstrativos clássicos do magnetismo, tais como:

- ✓ Propriedades do ímã
- ✓ Força magnética
- ✓ Experimento de Oersted
- ✓ Experimento de Faraday

Devido à reduzida carga horária de Física desta escola, esse grupo de alunos não realizou a visita ao Museu de Ciência e Tecnologia da PUC-RS.

Concomitante com estas atividades os alunos reunidos em grupos de 4 foram solicitados a reproduzir um dos quatro experimentos clássicos do eletromagnetismo, segundo um roteiro recebido (ANEXO E):

- ✓ Motor Elétrico de Corrente Contínua
- ✓ Balanço Eletromagnético
- ✓ Guindaste Eletromagnético
- ✓ Anel Voador

A última atividade realizada no bimestre foi uma avaliação, onde as questões do eletromagnetismo apresentavam um cunho basicamente conceitual.(ANEXO E).

Os alunos foram avaliados continuamente nos encontros (aulas), quando foi possível acompanhar a relação, adaptação e interligação dos conhecimentos elementares que os alunos tinham sobre eletromagnetismo visando a construção do conhecimento científico e a aprendizagem significativa.

- ✓ Na construção da réplica de um dos 4 experimentos clássicos do eletromagnetismo.
- ✓ Na resolução, individual, da prova escrita.

A prova ocorreu no final do semestre e devido à sistemática desta Escola, a prova deve abranger todos os conteúdos desenvolvidos ao longo do semestre. Ou seja, eletrodinâmica e eletromagnetismo.

A mesma prova foi aplicada a todas as turmas, contendo exercícios conceituais tanto de eletrodinâmica, quanto de eletromagnetismo, e exercícios algébricos referentes apenas à parte da eletrodinâmica.

No ANEXO E encontra-se a reprodução da prova aplicada aos alunos das turmas F1, F3 e F4 da escola ETS-HCPA, no segundo semestre de 2003.

Das 20 questões propostas, 13 são sobre conteúdos de eletromagnetismo.

Os conceitos de eletromagnetismo que foram avaliados nessa prova são:

- ✓ Propriedades dos ímãs
- ✓ Campo magnético
- ✓ Campo magnético gerado por corrente elétrica (Lei de Oersted)
- ✓ Correntes elétricas geradas por campos magnéticos (Lei de Faraday-Lenz)

Semelhante à análise feita da prova do Colégio Estadual Piratini, esta análise também não terá cunho estatístico, visto não ser este o objetivo do presente trabalho.

Neste caso, a análise não será tão detalhada como foi a anterior, pois nessa escola o trabalho desenvolvido não teve o mesmo caráter que teve na Escola Piratini, devido às características dos cursos dessa escola, tais como, exigüidade de carga horária, terminalidade técnica, etc.

Questão 08

Assinale a alternativa correta

- a) As linhas de campo magnético entram no pólo norte e saem pelo pólo sul.*
- b) O ímã atrai apenas o ferro.*
- c) Cargas elétricas em movimento criam ao seu redor apenas um campo magnético.*
- d) As propriedades magnéticas de um ímã aumentam quando ele é aquecido.*
- e) Pólos de mesmo nome se repelem e pólos de nome contrário se atraem.*

Nesta questão foram analisados conceitos básicos do Magnetismo e do Eletromagnetismo numa forma mais direta e simples. Praticamente a totalidade dos alunos assinalou a alternativa correta. Podemos observar que estes conceitos estão estruturados pelo menos no nível mais elementar da construção do conhecimento científico.

Questão 09

(FUVEST-SP) A figura 1 representa um ímã permanente em forma de barra, em que N e S indicam, respectivamente, pólos norte e sul. Suponha que a barra seja dividida em três pedaços, como mostra a figura 2. Colocando-se lado a lado os dois pedaços extremos como indicado na figura 3, é correto afirmar que eles:

- a) se atrairão, pois A é pólo Norte e B é pólo Sul.
- b) se atrairão, pois A é pólo Sul e B é pólo Norte.
- c) não serão atraídos nem repelidos.
- d) se repelirão pois A é pólo Norte e B é pólo Sul.
- e) se repelirão, pois A é pólo Sul e B é pólo Norte.

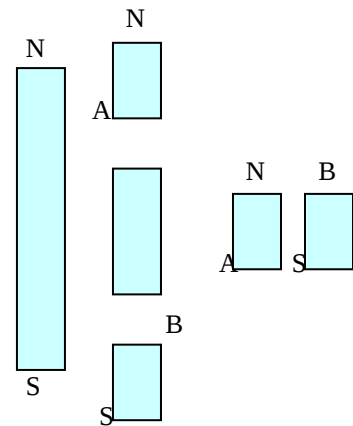


Fig 1

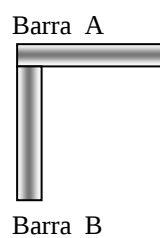
Fig 2

Fig 3

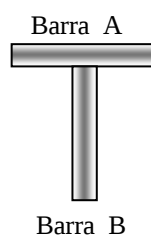
Nesta questão, novamente são abordados os conceitos de inseparabilidade dos pólos e do princípio da atração e repulsão. A resposta que ocorreu com maior frequência foi a (b), evidenciando o conhecimento do princípio da inseparabilidade dos pólos. Entretanto, apesar do conhecimento do princípio da atração e repulsão entre os pólos de um ímã, a maioria dos alunos não acertaram a questão. A dificuldade encontrada parece estar na observação rápida da figura o que levou a não percepção de que os ímãs dispostos desta maneira iriam se repelir.

Questão 10

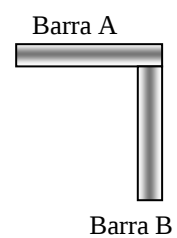
(Unama -AM) Há duas barras de ferro aparentemente iguais. Para estudá-las fizemos o seguinte: a mesma extremidade da barra B foi colocada em contato com três pontos da barra A, como mostram as figuras abaixo. Nos casos I e III verificam-se atrações; mas nada se verificou no caso II



I



II



III

É correto afirmar que:

- a) as duas barras podem estar imantadas (serem ímãs).
- b) apenas a barra A está imantada (é ímã).
- c) apenas a barra B está imantada (é ímã).
- d) pela experiência é impossível saber qual das duas barras está imantada (é ímã).

Nesta questão foi abordado, novamente, o princípio da atração e repulsão entre pólos e as diferenças entre ímãs e substâncias ferromagnéticas. A alternativa que foi mais assinalada foi a alternativa correta, podemos observar que os conceitos argüídos estão estruturados por uma parcela significativa dos alunos, mas não pela totalidade, como ocorreu na questão 8, onde estes mesmos conceitos foram abordados, numa forma mais elementar.

Questão 11

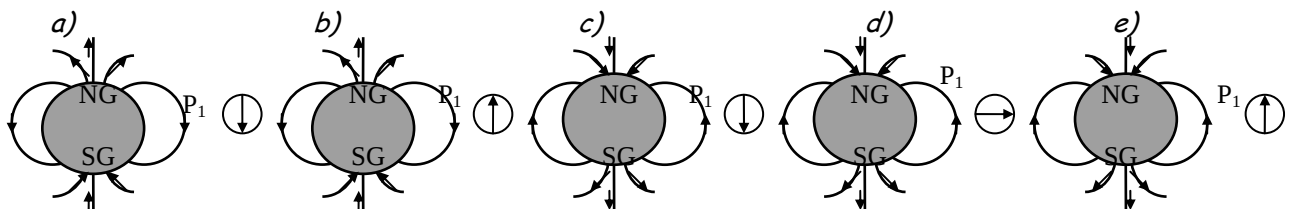
Assinale a alternativa correta

- a) Ao redor de qualquer carga elétrica existe um campo magnético.
- b) Todas as substâncias podem ser imantadas.
- c) Um ímã permanente nunca pode ser desimantado.
- d) É impossível isolar os pólos de um ímã.
- e) Em um ímã existem cargas.

Nesta questão foram analisados conceitos básicos do Magnetismo e do Eletromagnetismo. Ocorreu um empate entre as alternativas (a) e (d) (correta), evidenciando que o conceito fundamental do eletromagnetismo ainda não está consolidado até este momento.

Questão 12

(Cesgranrio) As linhas de força do campo magnético terrestre (desprezando-se a inclinação da agulha de uma bússola colocada em P_1 sobre a linha de força, são mais bem representados por):

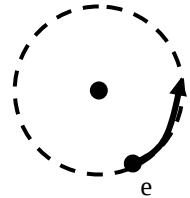


Na questão 12 foram abordados os conceitos de campo magnético, campo magnético terrestre, campo gerado por correntes e linhas de indução. Semelhante ao que resultou na avaliação do Colégio Estadual Piratini, a maior incidência de respostas foi na alternativa (b), revelando que o conhecimento de linhas de indução ainda não está consolidado, mas ao mesmo tempo, o conceito de polarização do campo magnético terrestre já se encontra melhor estruturado.

Questão 13

(U.F. Uberlândia-MG) Considerando o elétron, em um átomo de hidrogênio, como sendo uma massa pontual, girando no plano da folha em uma órbita circular, como mostra a figura, o vetor campo magnético criado no centro da circunferência por este elétron é representado por:

- a) $\otimes$ b) $\rightarrow$ c) $\bullet$ d) $\leftarrow$ e) $\uparrow$

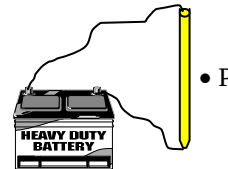


Nesta questão, o tema campo magnético gerado por correntes elétricas e linhas de indução foram novamente abordados. A grande parte dos alunos assinalou a resposta correta (c), semelhante ao ocorrido na avaliação do Colégio Estadual Piratini.

Questão 14

(U. Uberaba-MG) Um fio retilíneo muito longo é percorrido por uma corrente elétrica constante i ; o vetor indução magnética, num ponto P perto do fio, tem módulo B. Se o mesmo fio for percorrido por uma corrente elétrica constante $2i$ o valor do módulo do vetor indução magnética no mesmo ponto P é:

- a) $\frac{B}{4}$
 b) $\frac{B}{2}$
 c) B
 d) 2 B
 e) 4 B



Nesta questão foram analisadas as relações entre as intensidades do campo magnético gerado por correntes elétricas nas proximidades de um fio condutor. A maioria dos alunos assinalou a resposta correta (b), evidenciando que o conhecimento da relação de dependência entre corrente elétrica e campo magnético gerado por correntes elétricas já se encontra bem estruturado.

Questão 15

(FEI-SP) A intensidade do campo magnético produzido no interior de um solenóide muito comprido percorrido por uma corrente, depende basicamente:

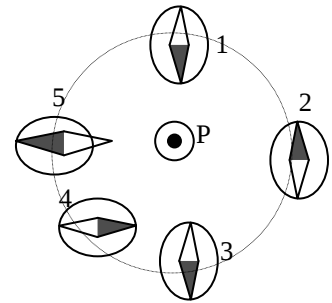
- a) só do número de espiras do solenóide.
- b) só da intensidade da corrente.
- c) só do diâmetro interno do solenóide.
- d) do número de espiras por unidade de comprimento e da intensidade da corrente elétrica.
- e) do comprimento do solenóide.

Nesta questão foram analisadas as relações entre as intensidades do campo magnético gerado por correntes elétricas em um solenóide. Assim como foi verificado na avaliação realizada na Escola Piratini a resposta correta (d) foi a mais assinalada.

Questão 16

(UFRGS) Um fio retilíneo e muito longo, percorrido por uma corrente elétrica constante, é colocado perpendicularmente ao plano da página no ponto P. Se o campo magnético da Terra é desprezível em relação ao produzido por esta corrente, qual o número que identifica corretamente o alinhamento da agulha magnética?

- a) 1 (Obs.: sentido da corrente elétrica no ponto P: $\odot$)
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5



Nesta questão, os conceitos campo magnético gerado por correntes elétricas e linhas de indução foram novamente abordados, de modo similar à questão 13. Só que na questão 16 ocorreu um empate entre as alternativas (b) (correta) e (e), mostrando que alguns alunos ainda não consolidaram o conhecimento científico esperado para os conceitos envolvidos na questão. Como é ressaltado por Vergnaud: “a completa estruturação do conhecimento científico demanda um tempo bem maior que um ano letivo”.

Questão 17

Considere a figura abaixo. Enquanto não passar corrente pelo condutor AB, o eixo magnético NS da agulha magnética é paralelo a AB. Faz-se passar a corrente elétrica i no sentido de A para B. Em relação ao observador que olha a montagem de cima para baixo:



- a) a agulha desvia-se no sentido horário.
- b) a agulha magnética desvia-se no sentido anti-horário.
- c) o pólo norte sobe.
- d) o pólo norte desce.
- e) o campo magnético gerado pela corrente elétrica não age sobre o ímã.

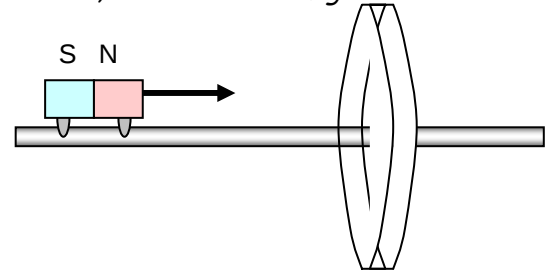
Nesta questão, também são abordados os conceitos de campo magnético gerado por correntes elétricas e de linhas de indução. A alternativa que recebeu maior indicação foi a alternativa correta, (b), diferente do que ocorreu na avaliação realizada na Escola Piratini. É importante ressaltar que um experimento semelhante a este foi apresentado em sala de aula. Talvez o que tenha contribuído para a elaboração mais efetiva dos conceitos envolvidos na questão, foi o fato de que apesar de o número de alunos que constitui o conjunto das turmas do 6º semestre da ETS ser equivalente ao de cada uma das turmas da Escola Piratini, os alunos da ETS observaram o experimento de forma mais individualizada, visto que a apresentação foi realizada separadamente para cada uma das turmas.

Nas questões 18 a 20 foi analisada a construção dos conceitos do eletromagnetismo (Lei de Faraday-Lenz) e do fluxo magnético.

Questão 18

(FGV-SP) Um ímã, preso a um carrinho, desloca-se com velocidade constante ao longo de um trilho horizontal. Envolvendo o trilho há uma espira metálica, como mostra a figura. Pode-se afirmar que, na espira a corrente elétrica:

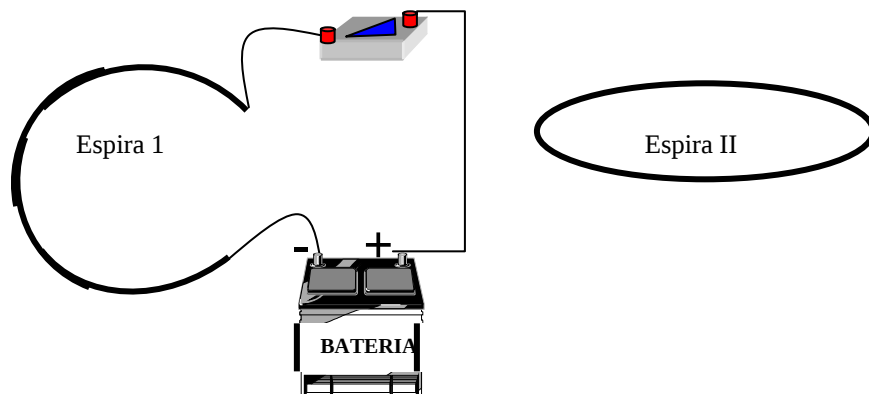
- a) é sempre nula.
- b) existe somente quando o ímã se aproxima da espira.
- c) existe somente quando o ímã está dentro da espira.
- d) existe somente quando o ímã se afasta da espira.
- e) existe quando o ímã se aproxima ou se afasta da espira.



Nesta questão foi abordada a indução de corrente elétrica em um condutor devido a variação do fluxo magnético. De forma análoga ao que se verificou na Escola Piratini a resposta mais assinalada foi a resposta correta, (e).

Questão 19

(EEP-SP) Duas espiras de fio condutor I e II estão próximas entre si em planos paralelos, uma delas (I) é ligada em série a uma bateria com um interruptor. A outra (II) é fechada.



Algum tempo após a ligação do interruptor observa-se na espira II:

- a) nada se pode prever
- b) nenhuma corrente circulando
- c) uma corrente que muda de sentido periodicamente
- d) uma corrente com o mesmo sentido da espira I
- e) uma corrente com sentido contrário ao da espira I

Nesta questão são abordados os conceitos de campo magnético gerado por correntes elétricas e variações do fluxo magnético gerando corrente elétrica. A alternativa mais assinalada foi a correta, (b), o que reforça o que se verificou na questão anterior: os alunos apresentam esses conceitos bem estruturados.

Questão 20

(Univale-SC)

O Cartão Magnético

Na tarja magnética de um cartão de crédito estão gravadas as informações do cliente. Essa tarja é constituída por um composto de ferro que é magnetizado em determinadas regiões. Assim, uma seqüência de regiões magnetizadas /não magnetizadas, como minúsculos ímãs, é convertida em um código com informações pessoais.

O leitor desse código consiste em espiras de fio condutor, onde é induzida uma força eletromotriz, pelos minúsculos ímãs, enquanto o cartão é movimentado

Este princípio, o da indução de força eletromotriz, é melhor explicado pela:

- a) conservação da carga elétrica
- b) conservação da energia
- c) indução eletrostática
- d) variação do fluxo magnético
- e) Lei de Coulomb

Nesta questão foi analisada a identificação dos conceitos eletromagnéticos em situações do cotidiano. Ocorreu um empate entre as alternativas (c) e (d) (correta), o que pode evidenciar que uma leitura açodada (que é característica desta faixa etária), tenha conduzido a assinalar a alternativa (c).

6.2.2 Análise dos experimentos construídos pelos alunos

Numa próxima etapa, foi solicitado aos alunos, reunidos em grupos, reproduzir um dos quatro experimentos clássicos do eletromagnetismo, segundo um roteiro recebido (ANEXO E):

- ✓ Motor elétrico de corrente contínua
- ✓ Balanço eletromagnético
- ✓ Guindaste eletromagnético
- ✓ Anel voador

Os alunos reunidos tiveram praticamente dois meses para construir o experimento. A apresentação deste trabalho ocorreu no final do bimestre sendo, portanto, o último instrumento formal de avaliação aplicado.

De forma semelhante ao que já foi observado na aplicação de trabalho análogo na Escola Piratini, os resultados obtidos superaram todas as expectativas, os grupos apresentaram trabalhos com coerência dos conceitos científicos do eletromagnetismo, com um cuidado estético e funcional excelente e com reprodução fiel do experimento.

A avaliação final do semestre letivo com os alunos da Escola Técnica em Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, que ocorreu logo após o término da aplicação deste trabalho, apresentou resultados semelhantes aos obtidos no Colégio Estadual Piratini: os alunos se sentiram motivados pela contextualização do Eletromagnetismo, sentiram-se mais seguros e fundamentados no momento de aplicar os conceitos, quando da confecção dos experimentos, e menos ansiosos no momento formal da prova avaliativa por não precisarem se preocupar com as “fórmulas”.

CAPÍTULO 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No processo de ensino o objetivo é a construção do conhecimento formal pelo aluno em cada disciplina do currículo escolar. Muitas metodologias foram, são e serão desenvolvidas para o processo ensino-aprendizagem visando qualificar a formação do conhecimento do aluno. Esta multiplicidade de metodologias que, a princípio pode ser assustadora pelo seu número, é, ao mesmo tempo, fantástica, pois revela a mais rica peculiaridade do processo ensino-aprendizagem, que é: Os professores são, também, eternos aprendizes.

No ensino de Física, em particular, espera-se que, ao longo dos três anos do ensino médio, o aluno construa o conhecimento científico de conceitos importantes da Física, permitindo que ele possa relacionar, adequar e aplicar estes conceitos nas situações do dia-a-dia. A Física que é ensinada em escolas de nível médio deve ser direcionada para seu público, ou seja, o aluno-cidadão, o aluno cujo conhecimento científico será aplicado nas situações do cotidiano. Este perfil de aluno corresponde a grande maioria dos alunos do ensino médio, em contraposição ao aluno que seguirá uma carreira científica, que é aquele que estenderá e aprofundará os conhecimentos científicos com o direcionamento profissional. em estudos de graduação e até de pós-graduação.

O referencial teórico da metodologia desenvolvida nesta dissertação é a Teoria de Campos Conceituais de Gérard Vergnaud. Para Vergnaud, “o conhecimento está organizado em campos conceituais, cujo domínio, por parte do sujeito, ocorre ao longo de um largo período de tempo, através de experiência, maturidade e aprendizagem.” (MOREIRA, 2002).

Este trabalho foi elaborado visando uma aprendizagem mais significativa dos conceitos do Eletromagnetismo através de uma abordagem conceitual, ou seja, um enfoque de situações problemáticas do campo conceitual do Eletromagnetismo, estabelecendo uma dialética entre as situações e os conceitos de modo a favorecer a conceitualização.

A abordagem do Eletromagnetismo aqui desenvolvida é consequência do trabalho da autora ao longo de muitos anos no ensino de Física em Escolas de Nível Médio. O presente trabalho foi desenvolvido em uma turma de 3º ano do nível médio do Colégio Estadual Piratini e em três turmas do 6º semestre da Escola Técnica em Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, utilizando como recursos didáticos:

- um texto didático que serviu como material pedagógico e produção textual para as aulas teóricas;
- apresentação de experimentos fundamentais do eletromagnetismo durante as aulas;
- análise de experimentos de eletromagnetismo do Museu de Ciência e Tecnologia da PUC-RS;
- leitura e discussão de textos e reportagens (incluídas no material instrucional ou publicados em periódicos) com aplicação dos conceitos, leis e princípios do eletromagnetismo em situações do dia-a-dia;
- consulta bibliográfica e construção de réplicas dos experimentos fundamentais do eletromagnetismo realizados pelos alunos,

e objetivando a construção dos Campos Conceituais de Vergnaud: “um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente entrelaçados durante o processo de aquisição.” (MOREIRA, 2002).

Todos os recursos pedagógicos empregados foram usados de forma estritamente conceitual, as grandezas do Eletromagnetismo e suas magnitudes foram exploradas tanto na sua forma conceitual, quanto através das relações de dependência que guardam entre si.

Como já foi mencionada anteriormente, a especificidade da análise do trabalho desenvolvido junto com os alunos não é quantitativa e sim a aplicação de uma metodologia que se acredita tornar significativa a aprendizagem dos conceitos do Eletromagnetismo. Portanto, a avaliação transcendeu o momento formal da mesma caracterizada pela prova, avaliação escrita individual, e estendeu-se por todo o período de aplicação deste trabalho, através da observação dos alunos durante as aulas, na consulta bibliográfica e na construção das réplicas dos experimentos. Acompanhou-se a construção do conhecimento científico: nos debates e comentários posteriores à leitura dos artigos contextualizando a Física incluídos no material instrucional; na comparação das respostas dadas, aos questionamentos propostos, pelos alunos antes e após o estudo de um determinado conceito; durante a resolução de exercícios do material didático ou de questões de vestibulares; na interação do aprendiz com os experimentos e na construção dos mesmos. Verificando-se, assim, a construção do conhecimento científico dos conceitos do eletromagnetismo com uma fundamentação mais sólida, que se acredita tenha possibilitado uma aprendizagem significativa.

A abordagem conceitual da Física como metodologia de ensino na escola de nível médio não minimiza fatores de ordem social, pedagógica, etária e estrutural que constituem a

miríade de agentes que colaboram positiva, ou negativamente, para o processo ensino-aprendizagem.

Metodologias estudadas e desenvolvidas por professores e especialistas em ensino de Física, que visam tornar o processo ensino-aprendizagem mais significativo, estão centradas no léxico ensino, objetivando uma aprendizagem do conhecimento envolvido de forma significativa pelo aluno.

No outro segmento do processo ensino-aprendizagem estão os alunos e, indiretamente, os pais e a comunidade em geral que, na sua maioria, ainda cultuam a aprovação no ano letivo em detrimento da aprendizagem. Isto é constatado quando observamos uma dedicação maior aos estudos por parte dos alunos em dias que antecedem as avaliações ou em um esforço mais concentrado na véspera das entregas de trabalhos.

Mas, outrossim, pode-se dimensionar o quão significativa foi a aprendizagem na forma conceitual quando se acompanha o período de confecção dos experimentos, o dia-a-dia da sala de aula, a leitura, o questionamento e o debate dos textos contextualizando a Física. E também, quando se vivenciou a percepção da relação existente entre uma lei ou princípio físico e situações do dia-a-dia do aluno. Esta transposição que o aluno faz entre os conceitos estudados e a tecnologia da sociedade atual ou com reportagens de jornais ou, ainda, com as alternativas que os grupos buscaram e testaram quando da construção dos experimentos é que comprova e reforça os resultados da avaliação da aprendizagem dos conceitos propostos.

Como avaliação da aplicação dessa proposta pode-se citar que os alunos mostraram-se mais seguros no momento de aplicar os conceitos, quando da confecção dos experimentos, e menos ansiosos no momento formal da prova avaliativa, demonstrando uma maior motivação quando apresentados ao Eletromagnetismo contextualizado em situações do seu dia-a-dia. Acredita-se que tenha ocorrido uma aprendizagem mais significativa do Eletromagnetismo por ter sido este abordado com uma maior ênfase na parte conceitual.

A busca por melhores metodologias de ensino existirá enquanto existir o ensino; esta busca é inerente ao Professor. A metodologia que está sendo aplicada hoje precisa constantemente passar por adaptações e ajustes, pois para ensinar é preciso observar, estudar, criar, aplicar e observar novamente reiniciando este ciclo.

REFERÊNCIAS

- AXT, R. *Uso de um minicomputador como recurso de ensino em simulação de experiências*. 1973. 63f. Dissertação (Mestrado em Física) –Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1973.
- AXT, R.; MOREIRA, M. A.; SILVEIRA, F. L. da. Experimentação seletiva e associada à teoria como estratégia para facilitar a reformulação conceitual em física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 12, p. 139-158, dez. 1990.
- BEN-DOV, Y. *Convite à física*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1996. 152p.
- BRASIL. Lei nº. 9.394/96: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB). Brasília: MEC, 1998. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/seb/pdf/LDB.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2004.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio*. Brasília: MEC, 1999. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/seb/ensmed/pcn.shtm>>. Acesso em 21 out. 2004.
- CABRAL, F.; LAGO, A. *Física*. São Paulo: Harbra, 2004. v. 3.
- CARVALHO JUNIOR, G. D. de. As concepções de ensino de física e a construção da cidadania. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 19, n. 1, p. 53-65, abr. 2002.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Comissão Permanente de Seleção. *Provas de vestibulares da UFRGS: física*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1997-2004.
- GASPAR, A. *Física*. São Paulo: Editora Ática, 2001. 496 p.
- GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. Uma abordagem histórico-filosófica para o eletromagnetismo no ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 21, n. 2, p. 224-248, ago. 2004.
- HABER-SCHAIM, U. High school physics should be taught before chemistry and biology. *The Physics Teacher*, Stony Brook, v. 22, n. 5, p. 330-332, May 1984.
- HAWKING, S. W. *Buracos negros: universos-bebês e outros ensaios*. Rio de Janeiro: Rocco, 2000. 144p.
- HEWITT, P. G. *Física conceitual*. 8. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 685 p.
- KIRWAN, D. F. Science and society...a new idea? *The Physics Teacher*, Stony Brook, v. 23, n. 8, p. 464, Nov. 1985.
- LUZ, A. M. R. da; ÁLVARES, B. A. *Curso de física*. 4. ed. São Paulo: Scipione, 2000. v. 3.

MENEZES, L. C. de. Uma física para o novo ensino médio. *Física na Escola*, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 6-8, out. 2000.

MOREIRA M. A. *A organização do ensino da física no ciclo básico da universidade*. 1972. 76f. Dissertação (Mestrado em Física) –Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1972.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud: o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 7 -29, jan./abr., 2002. Disponível em:
<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol7/n1/v7_n1_a1.html>. Acesso em: 05 jun. 2003.

MOREIRA, M. A. Ensino de física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, 22, n. 1, p. 94-99, mar. 2000.

MOREIRA, M. A.; REDONDO, A. C. Constructivismo: significados, concepciones errôneas y una propuesta. In: REUNION NACIONAL DE EDUCACION EN LA FÍSICA, 8; 1993, Rosário. *Memória*. Rosário: Asociacion de Profesores de Física de La Argentina, 1993. p. 237-248.

PIETROCOLA, M. A matemática como estruturante do conhecimento físico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 19, n. 1, p. 93-114, abr. 2002.

VEIT, E. A.; MORS, P. M.; TEODORO, V. D. Ilustrando a segunda lei de Newton no século XXI. *Revista Brasileira do Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 176-184, jun. 2002.

VILLANI, A. Reflexões sobre o ensino de física no Brasil: prática conteúdos e pressupostos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 76-95, dez. 1984.

VILLANI, A. Considerações sobre a pesquisa em ensino de ciências: a interdisciplinaridade. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 3, n.3, p. 68-88, set. 1981.

ANEXOS

ANEXO A

Texto didático elaborado para abordar o Eletromagnetismo de forma conceitual

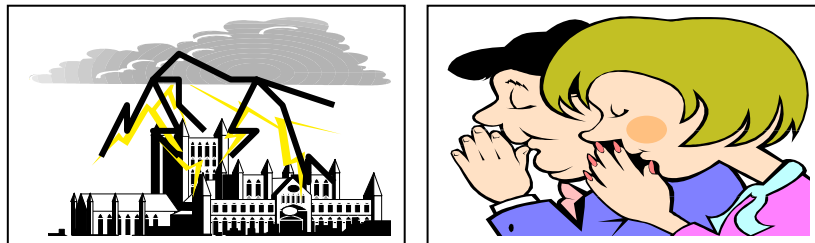
M A G N E T I S M O

Origem:

A descoberta dos rudimentos da eletricidade remonta aos anos 500 a.C. com Talles de Milleteo que esfregando uma barra de âmbar com pelego verificou que ela era capaz de atrair penas, fios de palha, enfim, objetos leves.

O termo eletricidade tem sua origem no equivalente grego *electron* que significa âmbar. O âmbar é uma substância extraída de antigas árvores, é uma espécie de resina fóssil retirada de pinheiros que, ao ser esfregada pode atrair pequenos objetos.

A eletricidade, em si, esteve desde sempre presente na história do homem. Os nossos primeiros ancestrais, que viviam nas cavernas, há milhares de anos, se assustavam com os relâmpagos e tremiam de medo do trovão. Eles não compreendiam a causa desses efeitos, por isso tinham medo. Mesmo hoje em dia, com o conhecimento e a tecnologia, estes fenômenos da eletricidade atmosférica ainda amedrontam muita gente que, se apoiando na religiosidade invocam a Santa Bárbara.



Tão antigas, ou até mais, que as observações de fenômenos ligados à eletricidade são as observações ligadas ao magnetismo e também têm suas primeiras descobertas datadas dos anos 500 a.C. Estas descobertas ocorreram na Grécia, mais precisamente na cidade de Magnésia. Contam que um pastor chamado Magnes caminhando nos seus campos observou que, em um certo lugar, a ponta de ferro do seu cajado era atraída por algo no chão. Cavando neste lugar, Magnes descobriu uma pedra preta que atraía fortemente o ferro. A pedra era constituída de uma espécie de minério de ferro hoje chamada de magnetita ou de pedra-ímã.



Região onde provavelmente
Magnes encontrou a magnetita

Para se referir à magnetita, em português (do Brasil) emprega-se o vocábulo ímã (pedra que ama), em português (de Portugal) ela é grafada como íman, e em francês aimant (amante). Então a magnetita dos gregos foi adaptada para as línguas latinas como a pedra que ama (atrai) o ferro (e também níquel e cobalto).

Um ímã atrai pedaços de metal, de forma semelhante ao âmbar, que ao ser atritado, atraía objetos pequenos. Neste ponto, você já pode estar pensando que deve haver algo em comum entre o âmbar e o ímã (elétron e magnetita). Mais tarde você será levado a pensar nisto novamente.

Estas duas ciências, Eletricidade e Magnetismo, que nasceram praticamente na mesma época não evoluíram muito após suas primeiras descobertas. Há um hiato muito grande entre a descoberta dos rudimentos destas ciências e a compreensão e utilização das mesmas.

Neste intervalo de tempo, e mesmo hoje em dia, as propriedades do âmbar e do ímã, principalmente deste último, foram empregadas em diversas áreas e a elas muitas vezes foram até atribuídos poderes especiais.

Textos para Leitura

O desconhecido, o novo, sempre conduziu o ser humano, primeiro para o misticismo, depois para a ciência. As primeiras explicações para os fenômenos magnéticos, como não poderiam deixar de ser, estavam apoiadas em forças desconhecidas. O domínio e a manipulação destas forças estava entregue a bruxos e curandeiros. Na verdade, a pessoas leigas, mas ousadas.

Lendas e histórias sempre acompanharam o magnetismo, do seu nascimento até hoje. Conta-se que existia uma enorme montanha preta (provavelmente rica em magnetita) perto de uma praia na Grécia antiga, e que os navios que passavam na sua orla afundavam, pois tinham os pregos e demais ferros da embarcação arrancados pela montanha.

Há livros que mencionam que o pastor Magnes quando caminhava pelos campos da Magnésia teve os pregos dos seus sapatos arrancados ao percorrer um caminho rico em pedras de magnetita.

Como não poderia deixar de ser, foram atribuídos também ao ímã poderes de cura. Muitos médicos prescreviam para o tratamento de reumatismo esfregar com ímã as regiões afetadas, e o mais incrível farelos de magnetita foram empregados nas fórmulas de muitos remédios. Pode-se falar também nas águas das estâncias hidrominerais que se acredita serem magnéticas. Na verdade, ao ímã podemos associar, além das forças magnéticas, forças ocultas oriundas do subconsciente e do inconsciente das pessoas, e estas forças estarão presentes sempre independentes do material que, supostamente, as origine.

O Magnetismo na Literatura

Gabriel Garcia Marques em seu livro: - Cem Anos de Solidão, menciona em um capítulo como os fenômenos magnéticos causam misticismo na comunidade em geral. O autor narra a história de um cigano que despertava medo e curiosidade nas pessoas das aldeias de sua região quando, ao caminhar com duas barras grandes de ferro, ia atraindo as panelas, parafusos, pregos, etc, das casas e das ruas que atravessava. E para enfatizar seus poderes causando maior impacto na população, ele caminhava dizendo: - ".

As coisas têm vida própria, apregoava o cigano com áspero sotaque tudo é questão de despertar sua alma.



Terapia magnética

O uso de ímãs para tratar ferimentos e doenças parece reflorescer periodicamente. Para os médicos de antigamente, a misteriosa força de ação a distância sugeria um grande poder que poderia ser usado com finalidades terapêuticas. Um famoso magnetizador na Viena do século XVIII foi Franz Mesmer, que levou seus ímãs para Paris e se estabeleceu como médico na sociedade parisiense. Ele tratava os pacientes balançando varinhas magnéticas sobre suas cabeças. Curiosamente, Mesmer descobriu que seu tratamento também era bem sucedido, se ele deixasse de lado os ímãs e meramente balançasse as mãos. Isso foi denominado por Mesmer de magnetismo animal.

Benjamin Franklin, principal autoridade mundial em eletricidade (sic), estava visitando Paris como deputado dos EUA, e desconfiou que os pacientes de Mesmer estivessem realmente se beneficiando com o seu ritual, pois isso os mantinha afastados das práticas de sangria que outros médicos da época costumavam realizar. Por solicitação dos médicos oficialmente estabelecidos, Luis XVI designou uma comissão para investigar as promessas de cura feitas por Mesmer.

...

Os resultados dos experimentos desta comissão determinaram, que o sucesso de Mesmer se devia unicamente ao poder de sugestão.

...

Agora, duzentos anos após Mesmer, depois de tudo que aprendemos sobre magnetismo e fisiologia, os mercenários do magnetismo ainda estão atraindo uma quantidade grande de seguidores.

...

A terapia magnética figura entre outras terapias alternativas não-testadas e não-regulamentadas que receberam o reconhecimento oficial do Congresso Norte-Americano em 1992.

Embora sejam abundantes os depoimentos sustentando os benefícios dos ímãs, não existe qualquer evidência científica de que os ímãs reforcem a energia do corpo ou combatam dores e sofrimentos.

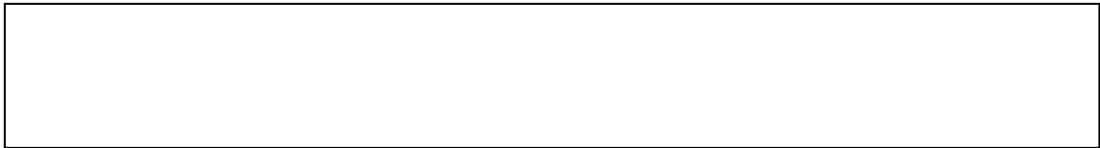
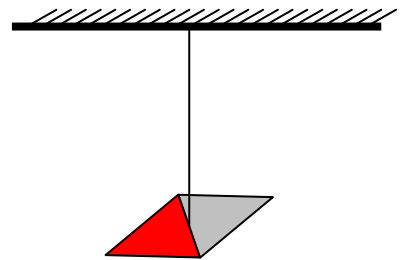
Extratos retirados do Texto: Terapia Magnética
Livro: Física Conceitual
Paul G. Hewitt, p. 412.

Pólos magnéticos

Enquanto as cargas elétricas são centrais para as forças elétricas, as extremidades dos ímãs, regiões denominadas *pólos magnéticos*, são as que dão origem às forças magnéticas. Isto pode ser observado quando mergulhamos um ímã em uma cesta cheia de pregos e o suspendemos, haverá uma concentração de pregos nas extremidades deste ímã.



Se você suspender um ímã em barra por um barbante amarrado no centro da barra você verificará que, após atingir o repouso, este ímã estará sempre com a mesma extremidade voltada para o pólo norte geográfico, sendo por isto denominada pólo norte magnético, e a extremidade oposta, pólo sul magnético. O ímã nesta situação constitui uma bússola rudimentar.



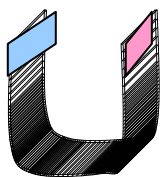
Forças magnéticas

Duas cargas elétricas interagem mutuamente regidas pela Lei de Coulomb (A força é diretamente proporcional ao produto das cargas e decresce com o quadrado da distância de afastamento.). De modo semelhante, os ímãs exercem sobre si e sobre o ferro, o níquel e o cobalto, uma força que denominaremos *força magnética* (F_m).

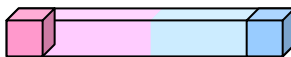
Como as forças elétricas, a intensidade da interação magnética depende também da distância de afastamento entre os materiais magnéticos.

A força de atração, ou de repulsão, entre dois pólos magnéticos varia diretamente com a intensidade dos pólos magnéticos e inversamente com o quadrado da distância entre eles.

Alguns formatos de ímãs



Ímã de ferradura



Ímã de barra

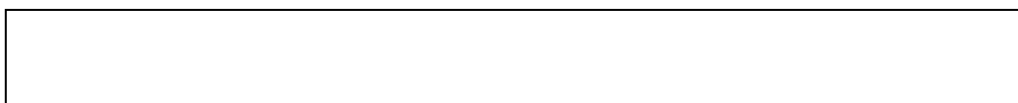
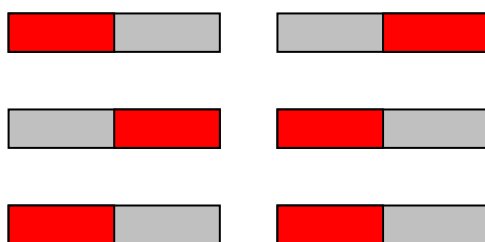


Ímã de porta de geladeira

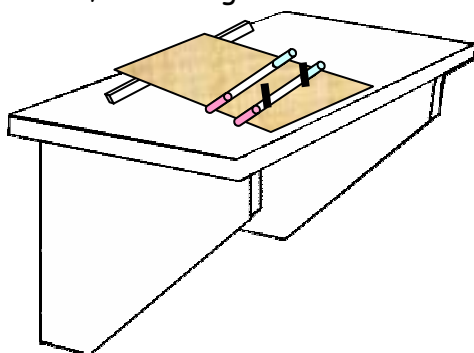
Os ímãs de refrigerador possuem na parte detrás tiras estreitas com pólos norte e sul que se alternam ao longo do comprimento. Esses ímãs são suficientemente fortes para segurar papéis nas portas de um refrigerador, mas têm um alcance curto devido a alternância dos pólos.

Atração/repulsão dos pólos de um ímã

Quando o pólo norte de um ímã é colocado próximo do pólo norte de outro ímã, eles se repelem. O mesmo é verdadeiro para um pólo sul próximo a outro pólo do mesmo tipo. Mas se dois pólos magnéticos opostos forem colocados próximos, aparecerá uma força atrativa entre eles.



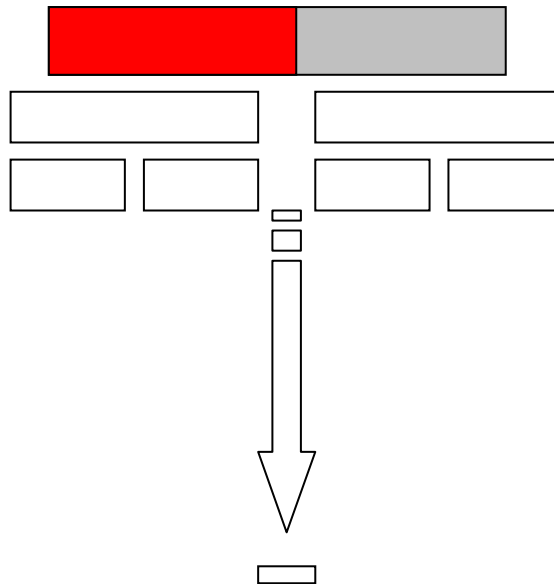
Podemos observar, mais uma vez, a semelhança com a lei das forças entre cargas elétricas, onde cargas de mesmo sinal se repelem e cargas de sinais opostos se atraem.



Na figura ao lado, um ímã repele o outro forçando-o a subir um pouco no plano inclinado.

Inseparabilidade dos pólos

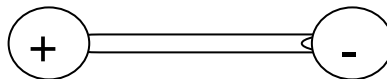
Como cada ímã tem dois pólos, seria possível isolarmos um deles? O que aconteceria se quebrássemos um ímã em forma de barra, por exemplo, ao meio?



Neste ponto, reside uma diferença fundamental entre os pólos magnéticos e as cargas elétricas. Enquanto cargas elétricas podem ser encontradas isoladamente, os pólos magnéticos não podem.

NÃO EXISTEM MONOPÓLOS MAGNÉTICOS

Imaginemos duas bolas de boliche metálicas e um bastão de madeira. Usando-se um processo de eletrização conveniente, eletriza-se as bolas de boliche com cargas de sinais opostos e vamos supor de mesmo valor absoluto. Encaixando-se uma bola em cada extremidade do bastão de madeira, teremos construído, assim, um dipolo elétrico.



Selecionamos agora um ímã em barra que tenha praticamente as mesmas dimensões do arranjo anterior (dipolo elétrico), constituindo assim, um dipolo magnético.



Se partíssemos agora o dipolo elétrico obteríamos dois monopólos elétricos isolados, mas o mesmo não seria verificado no caso do dipolo magnético. Deste, por mais que o repartirmos, jamais obteremos um monopólo magnético. Embora, existam muitas semelhanças entre eletricidade e magnetismo, verifica-se, agora, uma diferença entre os fenômenos elétricos e os magnéticos.

Por que não existem monopólos magnéticos?

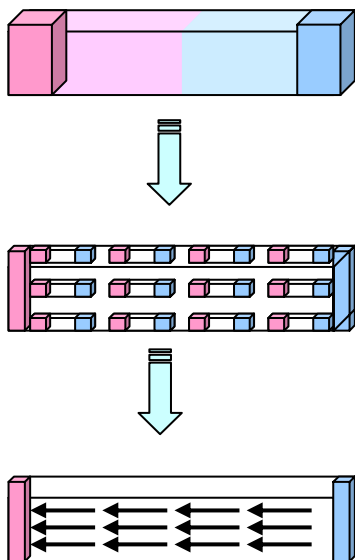
Os fenômenos gravitacionais, elétricos e magnéticos foram percebidos desde os primórdios da história da humanidade. Como já foi mencionado neste estudo, as primeiras observações da atração do ferro pelo ímã datam de vários séculos antes de Cristo. Tão antiga quanto a percepção dos fenômenos magnéticos é a dos elétricos, atração de corpos leves pelo âmbar quando atritado e, a dos gravitacionais, objetos, abandonados próximos a sua superfície, são atraídos pela Terra.

Sir Isaac Newton estudou as forças gravitacionais no século XVII. No início do século XVIII, o médico William Gilbert, também inglês, estudou os fenômenos elétricos e magnéticos conhecidos na época. Gilbert sabia, por exemplo, que o ímã ao ser partido produzia dois novos ímãs, mas não se conhecia ainda a teoria dos domínios magnéticos, o elétron, o spin, etc. A intensificação dos estudos do magnetismo e, na sua posterior fusão com a eletricidade- o eletromagnetismo, ocorreu ao longo século XIX.

Hoje sabemos que a carga de um corpo é quantizada, isto é múltipla de uma unidade fundamental. E, esta unidade é a carga do elétron, que foi descoberto no século XIX.

O movimento do elétron em torno do seu próprio eixo, lhe confere outra propriedade denominada SPIN (século XX). Os cientistas passaram a associar uma quantidade relacionada ao spin como sendo a unidade magnética.

Sendo assim, o elétron, que já era a unidade fundamental de carga elétrica, passa a originar a unidade fundamental bipolar magnética.



Podemos imaginar o ímã como sendo formado por uma infinidade de dipolos magnéticos elementares (ímãs) que não podem ser partidos em pólos individuais.

O magnetismo e a eletricidade diferem em um aspecto importante. Quando você eletriza um corpo, lhe acrescenta ou lhe retira elétrons. Quando você magnetiza uma barra, você simplesmente reordena seus pequenos ímãs.

Aprofundamento

Texto adaptado do livro: Física Conceitual
Paul G. Hewitt, p. 411-413

Os elétrons (unidade fundamental de carga elétrica) estão em constante movimentação nos átomos. Dois tipos de movimento do elétron contribuem para o magnetismo:

- ☞ A rotação (spin) do elétron em torno de si mesmo
- ☞ A rotação do elétron em torno do núcleo.

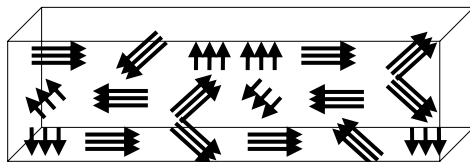
Os elétrons giram em torno de seu próprio eixo como se fossem piões, descrevendo também uma rotação em torno do núcleo atômico. É o spin do elétron que gera a principal contribuição para o magnetismo da maior parte dos ímãs.

Cada elétron que gira em torno de si mesmo comporta-se como um pequeno ímã. Um par de elétrons que gira em torno de si mesmo no mesmo sentido, gera um efeito magnético mais intenso. Já em um par onde os elétrons giram em sentidos opostos em torno de si mesmos, os efeitos magnéticos gerados por cada um deles se anulam. ***É por isso que a grande maioria das substâncias não são ímãs.***

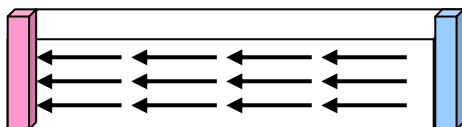
Em materiais como ***o ferro, o níquel e o cobalto***, no entanto, os efeitos magnéticos individuais não se anulam no conjunto. Em cada átomo de ferro, há a contribuição de quatro elétrons cujo magnetismo, gerado por seus spins, não se anula. Cada átomo de ferro é portanto um minúsculo ímã. O mesmo é verdadeiro, em menor extensão, para os átomos de níquel e cobalto. ***A maior parte dos ímãs comuns são, portanto, feitos de ligas que contêm ferro, níquel e cobalto em diferentes proporções.***

Os efeitos magnéticos gerados por um átomo de ferro individual é tão intenso que as interações entre os átomos vizinhos podem dar origem a grandes aglomerados desses átomos alinhados uns com os outros. Esses aglomerados de átomos alinhados são chamados de ***domínios magnéticos***. Cada domínio magnético é formado por bilhões de átomos alinhados. Da mesma forma como ocorre o alinhamento dos átomos dentro de um mesmo domínio, os próprios domínios podem se alinhar uns com os outros.

Nem todo pedaço de ferro é um ímã, pois no ferro ordinário os domínios não estão alinhados entre si. No entanto, muitos deles podem ser induzidos externamente a um alinhamento transformando assim o ferro ordinário em um ímã.



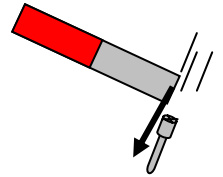
Uma visão microscópica dos domínios magnéticos em um cristal de ferro ordinário.



Uma visão microscópica dos domínios magnéticos em um cristal de ferro imantado.

Podemos imantar um corpo (torná-lo ímã) (desde que seja constituído de ferro, níquel ou cobalto), através de 2 processos:

☒ **Imantação por atrito** - atritando um ímã sobre o corpo, neste caso a fricção deve ser feita sempre no mesmo sentido para alinhar a orientação dos domínios magnéticos.



☒ **Imantação por contato** - encostando um ímã em um corpo que possa adquirir as propriedades magnéticas, por exemplo, o ferro, após um certo tempo, os domínios magnéticos do ferro estarão alinhados.



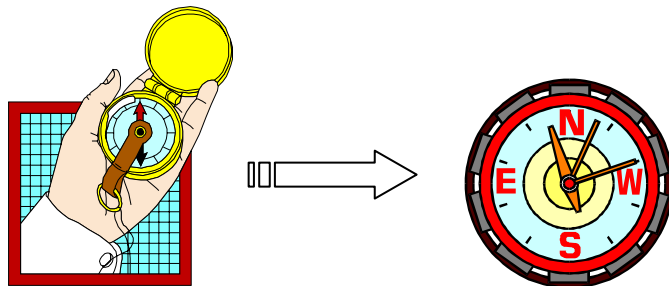
Obs.: Devemos evitar deixar cair ou golpear de forma forte um ímã de aço duro, pois o golpe pode desordenar seus pequenos ímãs.

BÚSSOLA

O pólo Norte do ímã orienta-se sempre com o Norte Geográfico da Terra, e o pólo Sul, com o pólo Sul Geográfico da Terra.

A aplicação prática de fenômenos magnéticos mais antiga que se conhece é a bússola, cuja invenção deve-se aos chineses (por volta de 1000 a. C.). Os árabes passaram a utilizar a bússola, que durante as Cruzadas foi trazida para o ocidente por Marco Pólo, dando grande incentivo à navegação.

A bússola contém uma agulha magnética, em forma de losango, apoiada sobre um eixo móvel, colocada em uma caixa com graduações e pontos cardeais, a circunferência percorrida pela agulha é dividida em 32 partes. Nos dias de hoje, a bússola é amplamente usada nas navegações tanto aérea, como marítima.

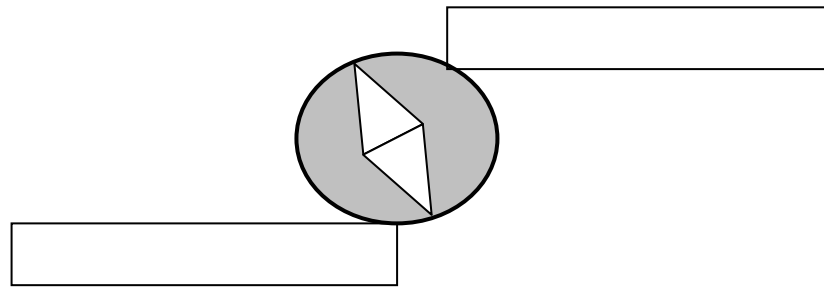


Terra: um grande ímã

Antes do reinado da Rainha Elizabeth I, julgava-se que a Estrela do Norte atraía a agulha de uma bússola e a fazia apontar para o norte. Foi o médico da rainha, William Gilbert, que imaginou que a Terra poderia ser um grande ímã. Ele fez uma esfera de magnetita e descobriu que a mesma possuía dois pólos. Em seguida, fez uma bússola de agulha de inclinação, que pode girar em um plano vertical, e a manteve perto de um dos pólos da esfera ímã, verificando que a agulha apontava para o centro da esfera, quando ele a segurou perto do equador, a agulha ficou paralela à linha que une os dois pólos. Gilbert disse que se a Terra é um ímã, a agulha da bússola deveria apontar cada vez mais na vertical à medida que ele se aproximava do pólo norte apontando exatamente na vertical no Canadá (pólo norte magnético).

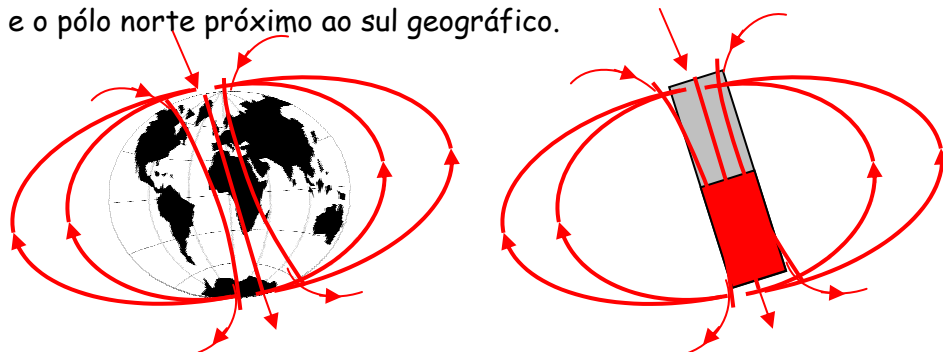
O fato de uma agulha magnética ter a tendência de apontar seu pólo norte para o norte da Terra e seu pólo sul para o sul da Terra é devido a que pólos diferentes se atraem; assim podemos associar a Terra a um grande ímã, cujo pólo situado próximo ao norte geográfico é na verdade um pólo sul magnético e o pólo próximo ao pólo sul geográfico é o pólo norte magnético.

A Terra se comporta como um enorme ímã, cujo eixo não é paralelo ao seu eixo de rotação.



Na figura abaixo mostramos através de linhas o magnetismo observado nas proximidades da Terra. Essas observações têm sido explicadas com base na idéia de que a Terra é um grande ímã, indo as linhas do **Sul geográfico** para o **Norte geográfico**.

Assim deve-se assumir que o ímã da Terra tem o pólo sul próximo ao norte geográfico e o pólo norte próximo ao sul geográfico.



Linhas de forças observadas ímã da Terra

O magnetismo terrestre está sujeito a variações. Uma das causas dessas variações é as correntes elétricas na ionosfera. Além disso, o magnetismo da Terra é violentamente distorcido durante as tempestades magnéticas, supostamente relacionadas com as atividades magnéticas do Sol.

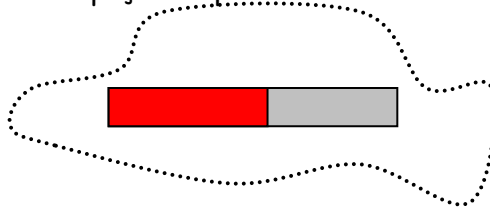
Campo Magnético

O conceito de campo magnético representado por "**B**" surgiu muito depois das primeiras descobertas do magnetismo, por volta de 1845.

Faraday percebeu que determinados experimentos magnéticos não podiam ser explicados de forma satisfatória pela teoria de forças (ação à distância). Então ele concebeu a idéia de que o espaço ao redor de um pólo magnético ou de um fio condutor de corrente elétrica estivesse preenchido por linhas de força, em vez de falar em fluídos elétricos como era comum na sua época.

Faraday no início da construção da sua teoria, que mais tarde chamou-se: Teoria de Campo, nunca usou termos como: campo, teoria de campo, campo eletromagnético ou mesmo campo magnético. Somente em um artigo, de dezembro de 1845, foi que ele empregou, pela primeira vez, a expressão campo magnético. Essa, bem como campo elétrico, é uma expressão que foi empregada posteriormente ao seu trabalho. Apesar disso, era exatamente essa idéia de campo que estava por trás de suas visualizações geométricas.

Mais adiante, o conceito de campo será abordado de forma mais detalhada. Neste momento ao nos referirmos a campo magnético **-B** - podemos pensar na alteração das propriedades magnéticas do espaço nas proximidades de corpos magnetizados.

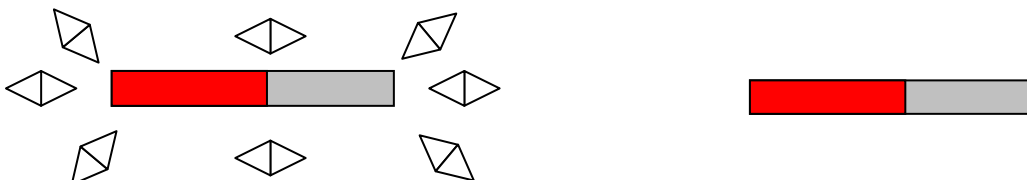


Linhas de força magnética

Todo ímã exerce uma força sobre um pólo de outro ímã, não somente quando está próximo, mas também quando está a uma distância considerável.

As linhas magnéticas não têm existência real (embora Faraday pensasse que sim). São apenas um meio de visualizar o efeito que um ímã tem sobre outros ímãs vizinhos.

Para traçar a trajetória das linhas de força do ímã coloque um ímã, por exemplo, em forma de barra sobre uma mesa, cubra-a com vidro e salpique limalhas de ferro sobre a placa. Os pedacinhos de ferro atuarão como bússolas. Todos se arranjarão ao longo de linhas curvas que vão de um pólo da barra imantada a outro. Cada linha mostra o caminho ao longo do qual se moveria um pólo norte.



A linha de força magnética vai do pólo norte ao pólo sul do ímã.
Uma linha de força é uma linha ao longo da qual um pólo norte livre se moveria.

TEXTOS PARA LEITURA

Substâncias Magnéticas

Diamagnéticas- Substâncias que na presença de um campo magnético externo criam um campo magnético oposto ao campo a que foram submetidas. O cobre e o bismuto são exemplos de substâncias diamagnéticas.

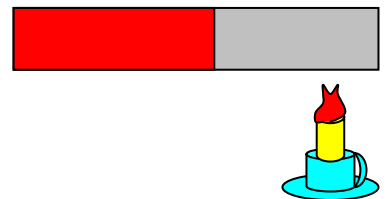
Paramagnéticas- substâncias que podem sofrer processos de imantação, mas o poder magnético é muito fraco. Representam a maioria das substâncias, tais como manganês, estanho, alumínio, etc...

Ferromagnéticas- substâncias que possuem poderes de imantação; ao sofrer processos de magnetização, o seu poder de imantação aumenta consideravelmente. Exemplos: ferro, cobalto, níquel e as ligas que contêm estes elementos.

Influência da temperatura sobre a imantação

Aquecendo-se um ímã, percebe-se que sua capacidade de atrair os corpos diminui. Isto ocorre porque com o aquecimento, há um aumento da energia cinética das moléculas, provocando o desalinhamento dos ímãs elementares.

No ferro, as propriedades magnéticas deixam de existir a partir da temperatura aproximada de 770°C , denominada ponto Curie. Acima dessa temperatura, o ferro perde totalmente as suas propriedades ferromagnéticas.



Cuidados com cartões magnéticos

Evite sempre:

- ✓ Assinar seu nome sobre a tarja magnética
- ✓ O uso de cliques e materiais metálicos sobre o cartão
- ✓ Expor o cartão a raios solares ou calor intenso
- ✓ Envergar o cartão
- ✓ Deixar o cartão em contato com aparelhos elétricos ou campos magnéticos (rádio, TV, alarme de veículos, celular, bolsa ou carteira com fecho magnético, etc).



Todas estas situações podem inutilizar o cartão devido à desmagnetização do mesmo.

Biomagnetismo

Texto adaptado do livro: Física Conceitual

Paul G. Hewitt, p. 419.

Certas bactérias produzem biologicamente grãos de magnetita (um composto equivalente ao minério de ferro), que são monodomínios magnéticos, que elas encadeiam formando um filamento que serve como uma bússola interna. Elas usam, então, estas bússolas para detectar a inclinação do campo magnético terrestre. Equipados com estes sensores de direção, esses organismos são capazes de localizar fontes de alimento.

....

As bactérias não são os únicos organismos dotados de bússolas magnéticas internas: recentemente se descobriu que os pombos possuem ímãs multidomínios magnéticos no interior de seus crânios, que estão conectados ao cérebro da ave a um grande número de nervos. Os pombos possuem um sensor magnético de direção, e não apenas podem diferenciar direções longitudinais, mas também latitudinais no campo magnético terrestre.

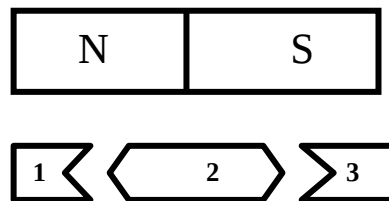
Material magnético também foi encontrado nos abdomens de abelhas, cujo comportamento é afetado por pequenos campos magnéticos. Determinadas espécies de vespas, borboletas monarcas, tartarugas marinhas e peixes juntam-se à classe de criaturas que possuem sentido magnético.

EXERCÍCIOS

7.128. a) O pólo *Norte* de um ímã é atraído ou repellido pelo pólo *Norte Geográfico da Terra*? Explique

b) Então, o pólo *Norte Geográfico da Terra* é um pólo *Norte* ou um pólo *Sul Magnético*?

7.129. Um ímã permanente, cujos pólos estão indicados na figura abaixo, é dividido em três partes iguais. Podemos afirmar que:



- a) A parte 1 terá dois pólos norte, pois sua extremidade direita ficará muito próxima do pólo norte original.
- b) A parte 2 será constituída de um pólo norte à direita e um pólo sul à esquerda.
- c) A parte 3 terá somente um pólo sul, à direita, já que não é possível a formação de um novo pólo quando um ímã é cortado.
- d) Cada parte constituirá um ímã independente, alternando-se os pólos norte e sul.
- e) As partes 1 e 3 formarão dois novos ímãs, mas a parte 2 não.

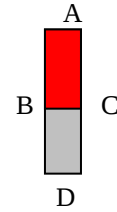
7.130. Suponha que você possua alguns ímãs nos quais assinalou quatro pólos com as letras A, B, C e D. Você verificou que:

- ☒ o pólo A repele o pólo B.
- ☒ o pólo A atrai o pólo C.
- ☒ o pólo C repele o pólo D.

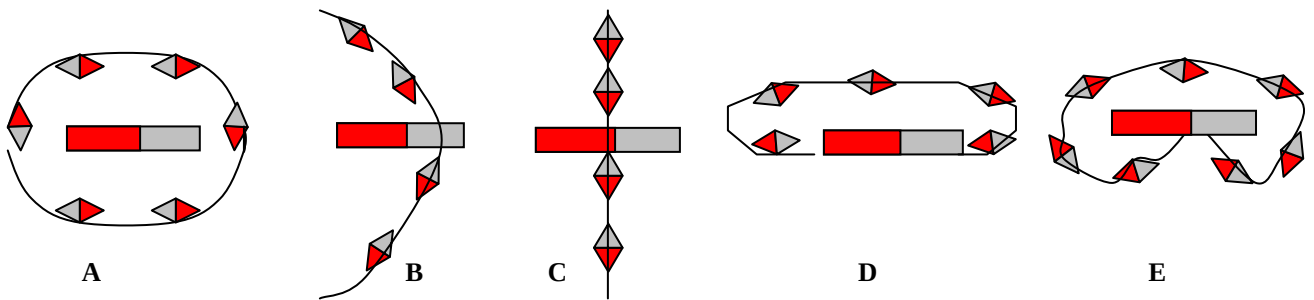
Sabe-se que o pólo D é um pólo Norte. Nestas condições, você pode concluir que B é um pólo Norte ou um pólo Sul?

7.131 (UFRGS) Uma pequena bússola é colocada próxima de um ímã permanente. Em quais posições assinaladas na figura a extremidade norte da agulha aponta para o alto ($\uparrow$) da página?

- a) somente em A ou D
- b) somente em B ou C
- c) somente em A, B ou D
- d) somente em B, C ou D
- e) em A, B, C ou D

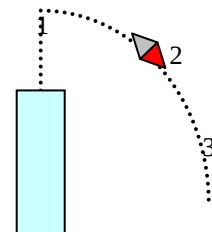


7.132 (Cesgranrio) Um estudante explora com a bússola o campo de um ímã pousado sobre uma prancheta horizontal. A imantação do ímã é suficientemente intensa e a área explorada suficientemente restrita para que o campo magnético terrestre seja desprezível. Ao unir posições sucessivas da bússola, cuja agulha está representada na figura, o estudante conseguiu desenhar uma das linhas mostradas abaixo. Qual delas ?



7.133 (Cesgranrio -RJ) Uma bússola e uma barra imantada estão sobre uma mesa de madeira. Quando colocada no ponto 2, a bússola tem a orientação mostrada na figura. Qual das opções abaixo mostra corretamente a orientação da bússola, quando ela é colocada nas posições 1 e 3?

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)



7.134 (Vunesp-SP) Num laboratório de Biofísica, um pesquisador realiza uma experiência com *bactérias magnéticas*, bactérias que têm pequenos ímãs no seu interior. Com o auxílio destes ímãs, essas bactérias se orientam para atingir o fundo dos lagos, onde há maior quantidade de alimento. Dessa forma devido ao campo magnético terrestre e a localização desses lagos, há regiões em que um tipo de bactéria se alimenta melhor e por isso, pode predominar sobre outro. Suponha que este pesquisador obtenha três amostras das águas dos lagos, de diferentes regiões da Terra, contendo essas bactérias.

Na amostra A, predominam as bactérias que se orientam para o pólo norte magnético; na amostra B, predominam as bactérias que se orientam para o sul magnético; e na amostra C, há quantidades iguais de ambos os grupos.

- a) A partir dessas informações preencha o quadro abaixo, assinalando a origem de cada amostra em relação à localização dos lagos de onde vieram:

Lagos próximos ao pólo norte geográfico	Lagos próximos ao pólo sul geográfico	Lagos próximos ao equador
Amostra.....	Amostra.....	Amostra.....

- b) Baseando-se na configuração do magnetismo terrestre, justifique as associações que você fez.

ELETROMAGNETISMO

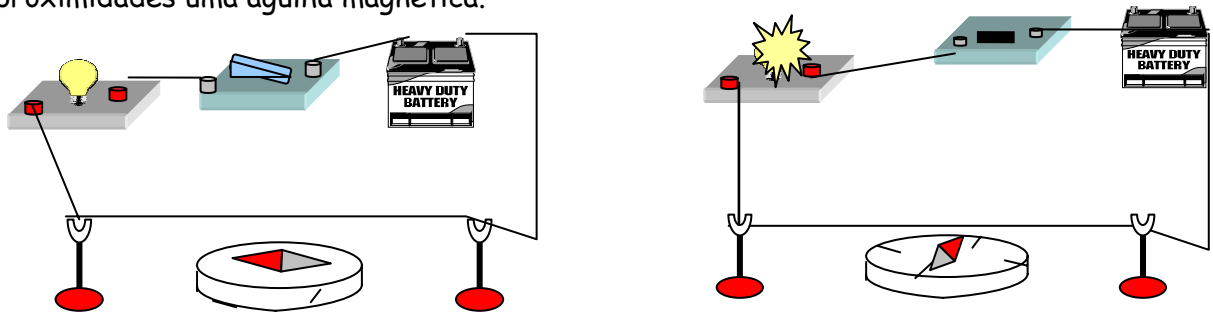
INTRODUÇÃO

Embora os surgimentos das ciências Eletricidade e Magnetismo tenham sido contemporâneos e elas compartilhem muitas leis e propriedades, ignoraram-se mutuamente durante um longo tempo.

Foi somente em 1820, quando o físico dinamarquês Hans Christian Oersted constatou uma relação entre a eletricidade e o magnetismo, as duas ciências foram unificadas em uma só, surgindo, então, o neologismo *Eletromagnetismo*. Oersted publicou na época um artigo de quatro páginas intitulado: "Experiências sobre a influência de uma corrente de eletricidade na agulha magnética".

Experimento de Oersted

Oersted, trabalhando em seu laboratório, montou um circuito elétrico, tendo nas proximidades uma agulha magnética.

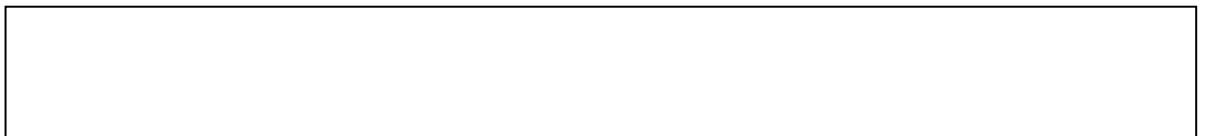


Ele reparou que a agulha magnética que antes estava paralela à direção do fio, quando por este passava corrente, orientava-se perpendicularmente à direção do fio semelhante ao que aconteceria se estivesse perto de um ímã. Confirmando-se, assim, com este experimento o que Oersted buscava: -A existência de uma relação entre eletricidade e magnetismo. A corrente elétrica produzia um efeito semelhante ao de um ímã. Essa relação foi de início estabelecida apenas em um sentido: ***a corrente elétrica num fio produz um efeito sobre uma bússola, a agulha magnética procurando orientar-se perpendicularmente ao fio.***

Se o fio fosse percorrido pela corrente elétrica orientada segundo a direção norte-sul, a bússola em vez de apontar para o norte, como era esperado, apontava, por exemplo, para o oeste (direção perpendicular à linha norte-sul), ou seja, ficava desnordestada. No espaço em torno do fio elétrico havia, assim, uma zona de influência, que fazia as agulhas magnéticas se movimentarem, semelhante ao que ocorre quando colocamos uma bússola em vários pontos na proximidade de um ímã.

Esta zona de influência magnética nas proximidades de um ímã, como também nas proximidades de um fio que é atravessado por uma corrente elétrica, foi descoberta por Oersted por volta de 1820, e foi denominado mais tarde de campo magnético - "B". O conceito de campo magnético será abordado com mais detalhes na próxima unidade.

O fato básico do Eletromagnetismo



As contribuições de André Marie Ampère

A partir da experiência de Oersted em 1819 (publicada somente em 21 de julho de 1820) ocorreu uma sucessão de experimentos no Eletromagnetismo. Ampère observou a reprodução da experiência de Oersted apresentada por Arago em 11 de setembro de 1820, na Academia de Ciências de Paris. Passou, então, a realizar uma série de experiências que permitisse determinar as forças que correntes elétricas exerciam sobre outras correntes elétricas e a desenvolver a teoria matemática que as descrevesse corretamente.

Logo em seguida, entre 5 e 17 de setembro do mesmo ano, Ampère iniciou uma extensa série de experimentos em que buscava descobrir a ação mútua entre correntes. No dia 18 de setembro, Ampère enviou para a Academia sua primeira descoberta: Ampère demonstrou que a agulha de uma bússola posicionava-se exatamente a 90 graus em relação ao fio retilíneo condutor percorrido por corrente elétrica, na ausência da influência dos efeitos magnéticos terrestres. (Isto pode ser conseguido com a utilização de um ímã permanente localizado próximo, de maneira a anular o efeito do magnetismo terrestre).

No dia seguinte, 19 de setembro de 1820, Ampère realizava novos experimentos com fios condutores em forma de hélices e espiras, com os quais pretendia provar sua teoria de que o magnetismo teria origem em correntes elétricas circulares e microscópicas existentes no interior da matéria (***se a eletricidade em movimento produz magnetismo, então ímãs permanentes devem conter correntes elétricas***).

Ampère passou a trabalhar então com Fresnel. As descobertas experimentais destes cientistas sofreram um pequeno atraso, porque a intensidade da corrente produzida pelos circuitos usados era muito fraca, devido à resistência dos fios e às fracas pilhas de que dispunham.

Ampère conseguiu uma pilha mais poderosa e seguiu num ritmo acelerado os seus experimentos e descobertas, escrevendo, ainda neste ano, o artigo: "*Teoria matemática dos fenômenos eletrodinâmicos deduzida unicamente da experiência*".

Como síntese destas descobertas de Oersted e Ampère para o Eletromagnetismo temos até agora:

- ☞ uma corrente elétrica é capaz de produzir efeitos magnéticos semelhantes aos de um ímã
- ☞ como num ímã, a intensidade destes efeitos decresce com a distância de afastamento do condutor por onde circula a corrente
- ☞ a corrente elétrica num fio produz um efeito sobre uma bússola, a agulha magnética procurando orientar-se perpendicularmente ao fio
- ☞ se a eletricidade em movimento produz magnetismo, então ímãs permanentes devem conter correntes elétricas
- ☞ a intensidade da corrente influencia os efeitos magnéticos por ela gerados.

Campo magnético gerado por correntes elétricas

A experiência de Oersted em 1820 foi a primeira demonstração da ligação entre eletricidade e magnetismo. A partir deste momento sucedeu-se um estudo mais aprofundado por vários cientistas da época em busca da correta explicação para os fenômenos magnéticos e sua conexão com os fenômenos elétricos.

Ampère, através de seus estudos e experimentos, demonstrou que a intensidade do campo magnético decresce com a distância de afastamento do condutor por onde circula a corrente elétrica e é diretamente proporcional à intensidade da mesma. Também que o magnetismo nada mais é do que o efeito produzido pela "eletricidade em movimento" no interior dos corpos.

A orientação do campo magnético produzido por correntes elétricas em condutores pode ser encontrada, à semelhança da determinação do campo magnético produzido por um ímã, colocando-se bússolas em diversas posições nas proximidades do condutor. As linhas de força são uma representação da orientação do campo magnético, mostrando a direção na qual um pólo norte se moveria ou na qual apontaria a agulha de uma bússola.

Quando uma corrente circula por um condutor reto as linhas de força estabelecidas são circunferências concêntricas e perpendiculares ao fio. A orientação do campo magnético por elas representado depende do sentido da corrente elétrica no fio. Se encurvamos o fio, formando o que se denomina uma espira, as linhas de força se agregarão formando um feixe na região interna da espira. E, por fim, se formos justapondo várias espiras, a concentração das linhas de força aumenta com o crescimento do número de espiras.

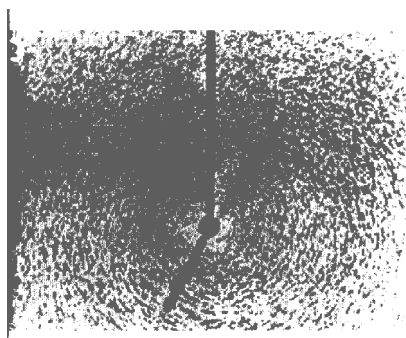
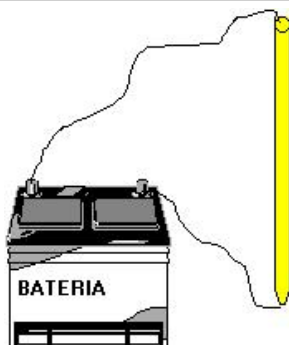
Vejamos essas três situações:

a) Magnetismo gerado pela passagem da corrente elétrica em um condutor retilíneo

Lembrando os estudos de Ampère:

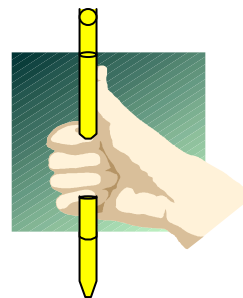
- ☞ como num ímã, a intensidade destes efeitos decresce com a distância de afastamento do condutor por onde circula a corrente
- ☞ a intensidade da corrente influencia os efeitos magnéticos por ela gerados.

Resumindo:



Distribuição da limalha de ferro ao redor do fio condutor

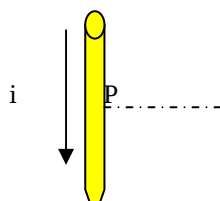
Regra prática para determinar o sentido de B



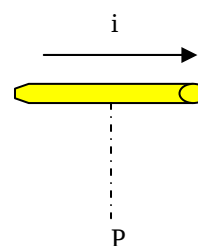
EXERCÍCIOS

8.134 Represente o vetor indução magnética B no ponto P , gerado pela corrente retilínea, nos casos a seguir

a)



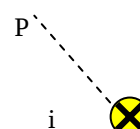
b)



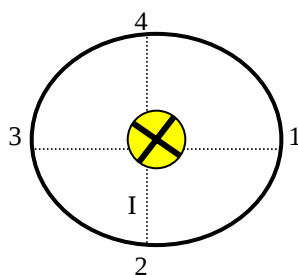
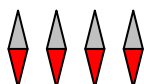
c)



d)

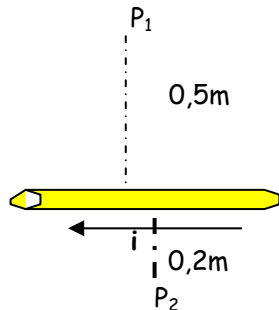


8.135 Nos pontos 1, 2, 3 e 4 do efeito magnético gerado pela corrente elétrica constante i , são colocadas agulhas magnéticas que podem se orientar livremente. Como se dispõe cada agulha? Faça desenhos explicativos.

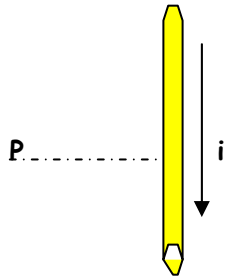


8.136 Um condutor reto, muito longo, é percorrido por uma corrente constante de intensidade 4 A. Determine:

- a direção e o sentido do vetor indução magnética no ponto P_1 e no ponto P_2
- onde o vetor B é mais intenso, P_1 ou P_2 ?

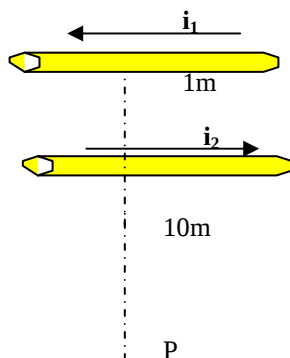


8.137. Um condutor reto, muito longo, é percorrido por uma corrente constante de intensidade 2 A. Determine a direção e o sentido do vetor indução magnética no ponto P a 40cm do condutor.



8.138 Dois condutores retos, paralelos e extensos, conduzem correntes de sentidos opostos e intensidade $i_1 = i_2 = 100$ A. Determine:

- O valor de B é maior em P devido ao fio 1 ou 2?
- Determine o sentido do vetor indução B em P devido aos fios 1 e 2 e o vetor B resultante

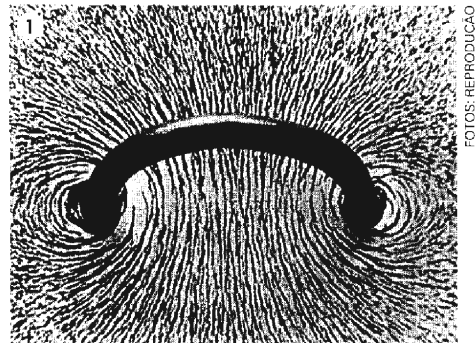
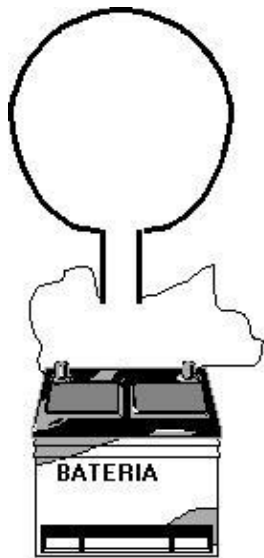


b) Magnetismo gerado pela passagem da corrente elétrica em uma espira circular

Lembrando os estudos de Ampère:

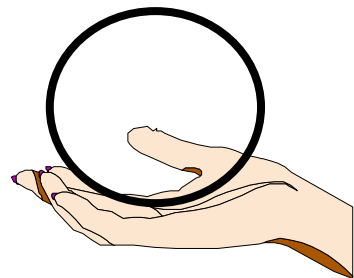
- ☞ a intensidade dos efeitos magnéticos decrescem com o raio da espira
- ☞ a intensidade da corrente influencia os efeitos magnéticos por ela gerados.

Resumindo



Distribuição da limalha de ferro nas proximidades de uma espira

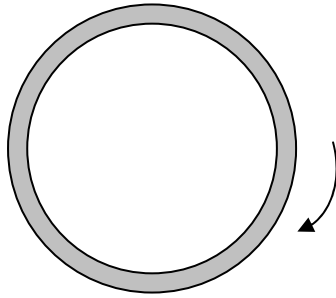
Regra prática para determinar o sentido de B



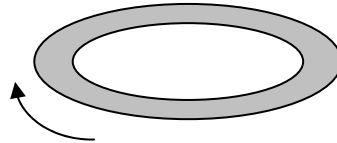
EXERCÍCIOS

8.139 Represente o sentido de B no centro das espiras, gerado pelas pela corrente elétrica (as setas indicam a orientação da corrente elétrica) que circula nas espiras nos casos a seguir.

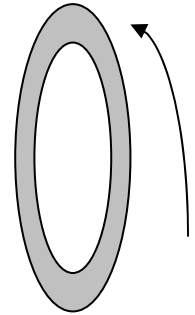
a)



b)

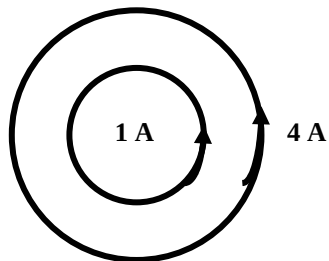


c)



8.140 Duas espiras circulares concêntricas e coplanares de raios 2π cm e 4π cm são percorridas por correntes de intensidade 1 A, conforme mostra a figura, determine:

- A orientação de B no centro de cada espira
- O vetor B é maior devido a espira 1 ou a espira 2?
- Determine a orientação do vetor B resultante



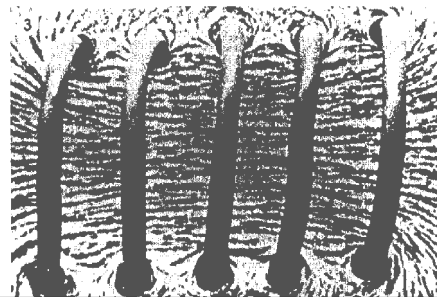
c) Magnetismo gerado pela passagem da corrente elétrica por um solenóide

Denomina-se solenóide (do grego: solen= tubo) um fio condutor enrolado como um conjunto de espiras iguais, uma ao lado da outra, igualmente espaçadas. A palavra "bobina" pode ser usada como sinônimo de solenóide, embora na realidade, bobina seja um termo mais amplo, que designa qualquer tipo de enrolamento.

Lembrando os estudos de Ampère:

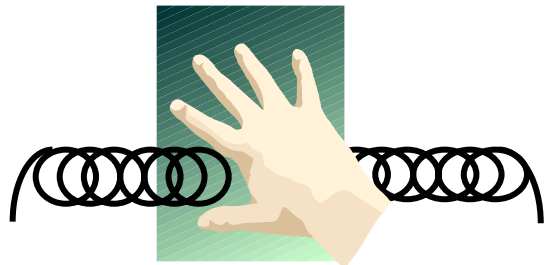
- ☞ a intensidade dos efeitos magnéticos em um solenóide dependem do número de espiras e do material que é feito o seu núcleo
- ☞ a intensidade da corrente influencia os efeitos magnéticos por ela gerados
- ☞ a intensidade dos efeitos magnéticos em um solenóide depende também do seu comprimento.

Resumindo:



Distribuição da limalha de ferro no interior de um solenoide

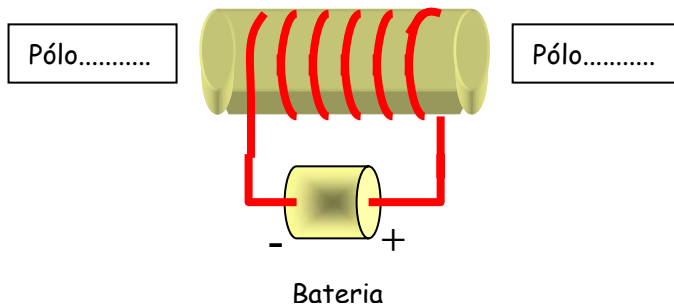
Regra prática para determinar o sentido de B



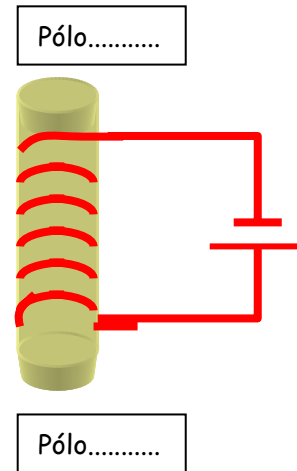
EXERCÍCIOS

8.141 Indique os pólos dos solenóides abaixo

a)

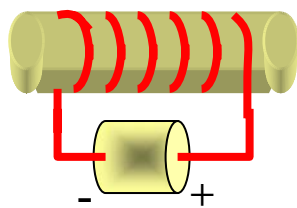


b)

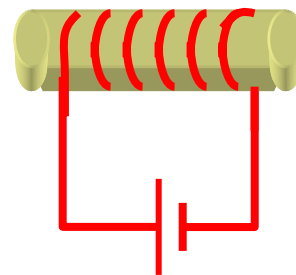


8.142 Os solenóides S1 e S2 quando colocados próximos, irão se atrair ou se repelir? Justifique sua resposta.

S1



S2



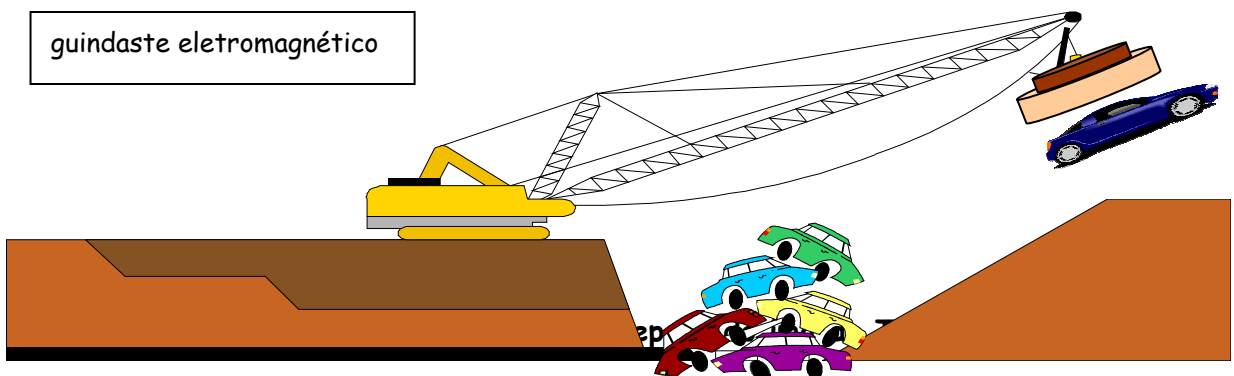
8.143 Um solenóide se comporta magneticamente de forma similar a um ímã em forma de barra, com a vantagem de podermos ligar e desligar o "magnetismo" gerado pelo solenóide, constituindo o que se chama de eletroímã. Os eletroímãs têm uma larga utilização, que inclui desde a campainha até guindastes eletromagnéticos (ver figura abaixo).

Cite dois procedimentos que poderiam ser adotados para aumentar o campo magnético de um eletroímã, justifique suas respostas.

1.

2.

guindaste eletromagnético



A bússola inventada pelos chineses e de fundamental importância nas navegações aérea e marítima, apóia-se no fato de a Terra ser um grande ímã, como já foi mencionado antes.

A Terra é composta de camadas concêntricas de diferentes formações com temperaturas crescentes quando nos direcionamos para o seu centro, podendo atingir valores da ordem de 6000°C nas camadas mais internas. Nesta temperatura o ferro e o níquel, que são os componentes principais do núcleo da Terra, encontram-se no estado líquido. A camada líquida interna se solidifica à medida que nos aproximamos da superfície, apesar das temperaturas serem ainda bastante elevadas devido ao aumento da pressão.

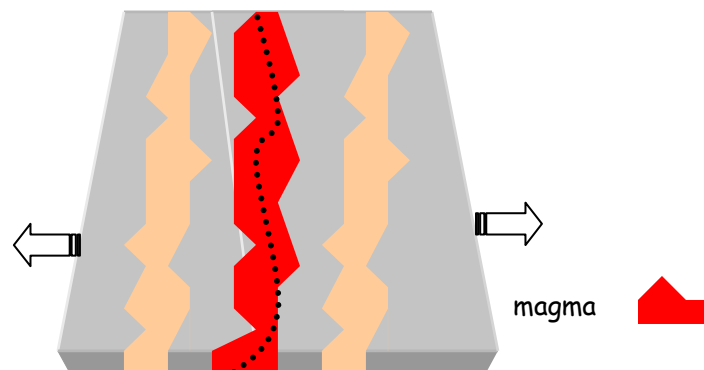
O aquecimento do ferro acima de 770°C (chamado de ponto de Curie) provoca a perda das propriedades magnéticas. Sendo assim, a causa do magnetismo terrestre não pode estar fundamentada no alinhamento dos domínios magnéticos das camadas sólidas da Terra.

Com a experiência de 1820 de Oersted, e os posteriores estudos de Ampère, sabe-se que correntes elétricas circulando em materiais condutores geram magnetismo, portanto, a rotação da massa de ferro e níquel das camadas líquidas da Terra, que simulam correntes elétricas em condutores, pode ser a responsável pelo magnetismo terrestre.

Para corroborar esta teoria podemos citar o fato de a Lua, com seu núcleo sólido, não apresentar campo magnético. Portanto, uma bússola não teria a menor utilidade na Lua. Já o gigantesco Júpiter, com uma enorme camada líquida interna, apresenta um fortíssimo campo magnético com orientação oposta ao da Terra.

As inversões dos pólos magnéticos terrestres podem ser verificadas na estratificação das rochas basálticas, componentes das camadas sólidas da Terra. As lavas, ao serem solidificadas, apresentam a orientação magnética correspondente ao magnetismo terrestre da época. A alternância das camadas dessas rochas comprova a inversão dos pólos magnéticos, mas suas causas são ainda hoje desconhecidas. Avalia-se que ocorreram 170 inversões nos últimos 100 milhões de anos.

Pelo visto, o magnetismo terrestre ainda guarda algumas "cartas escondidas na manga".

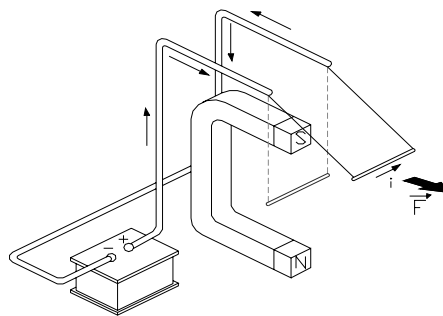


Representação esquemática do movimento das camadas de lava a partir do centro da falha geológica existente no oceano Atlântico, que se formaram com o passar dos anos. Cores diferentes indicam inversões de polaridades.

Força magnética sobre fios percorridos por correntes

Ao contrário do que aconteceu no desenvolvimento por Newton da teoria da dinâmica, o estudo do eletromagnetismo, que começou em 1820 com o experimento de Oersted, reduziu-se a uma sucessão de experimentos realizados principalmente por Ampère e Faraday que buscavam explicar, muitas vezes, fatos observados em um experimento anterior, não formando parte de uma construção teórica específica. E os fracassos de alguns experimentos obrigavam os cientistas a reverem os conceitos teóricos formulados no experimento anterior.

No mesmo ano de 1820, Ampère mostrou que um fio percorrido por corrente elétrica também é movimentado quando está na presença de um ímã.



As descobertas de Oersted e Ampère mostram que tanto o movimento da agulha magnética próxima de uma corrente elétrica, como o movimento do fio condutor próximo de um corpo imantado, se deve à presença de uma força, denominada **força magnética**.

Observamos que se invertermos o sentido da corrente, o sentido da força magnética também se inverte. A força é proporcional à corrente e à direção que esta forma com as linhas de indução. A força é perpendicular à direção das linhas de indução magnética e à direção da corrente elétrica.

Direção e sentido da força magnética

- Regra prática de Ampère



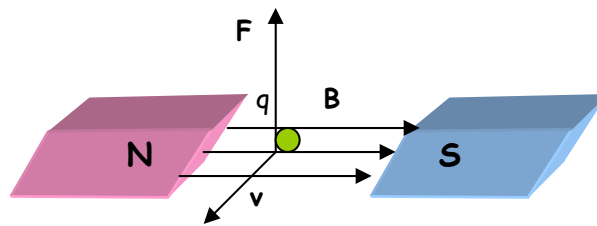
A descoberta das relações entre a eletricidade e o magnetismo induziu a realização de pesquisas para utilização da força magnética com fins práticos.

Resumindo:

Força magnética sobre partículas carregadas

Ampère mostrou que um fio percorrido por corrente elétrica também é movimentado quando está na presença de um ímã. Portanto, uma partícula elétrica em movimento deve interagir com ímãs.

A força atinge seu valor máximo quando a partícula está se movendo perpendicularmente às linhas de indução magnética. E a direção da força é perpendicular tanto às linhas de indução magnética, quanto à velocidade da partícula.



Direção e sentido da força magnética- Regra da mão direita

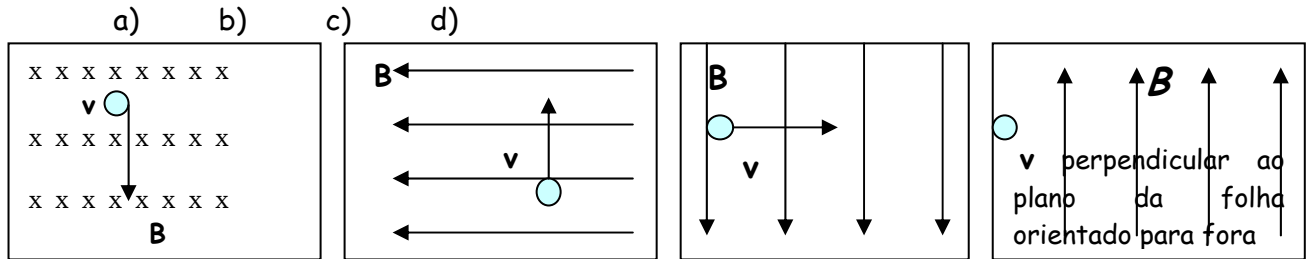


O fato de que partículas elétricas em movimento são desviadas pelo magnetismo nos protege dos raios cósmicos, que atingem a Terra constantemente e são danosos à saúde.

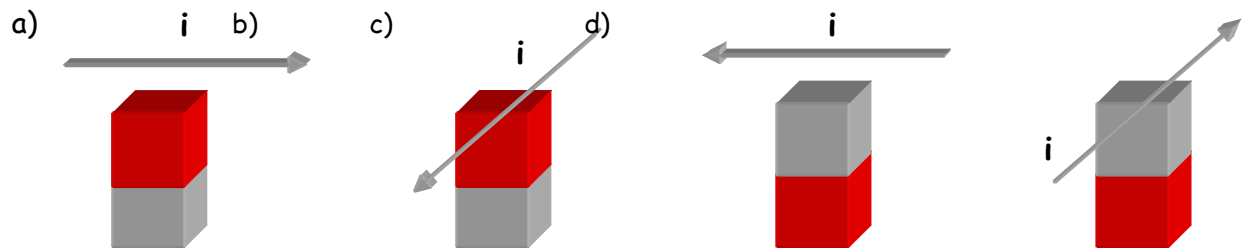
Resumindo:

EXERCÍCIOS

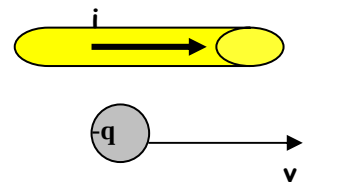
8.147 Desenhe a força magnética que age sobre um condutor percorrido por corrente elétrica e imerso numa zona magnética, nos casos abaixo:



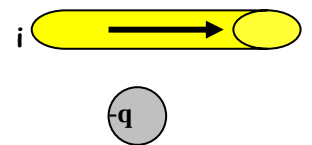
8.148 Represente por um vetor a F_m que atua sobre o fio em cada uma das situações abaixo:



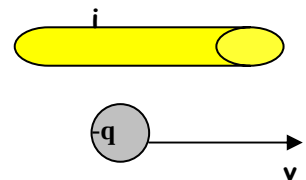
8.149 A figura representa um fio condutor retilíneo por onde passa uma corrente elétrica i . Uma carga negativa $-q$ move-se com velocidade v , paralelamente ao fio e no mesmo sentido da corrente. Determine:



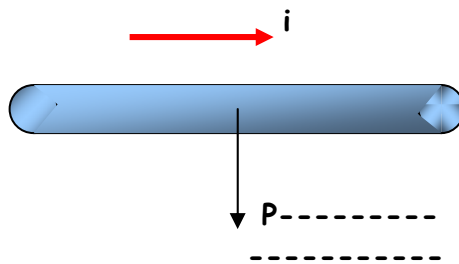
a) a direção e o sentido do campo magnético (B) gerado por esta corrente elétrica (use a 1ª regra da mão direita);



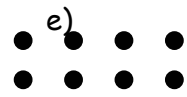
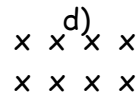
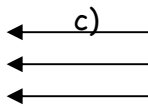
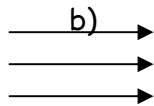
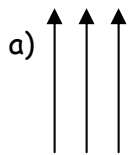
b) a direção e o sentido da força do fio sobre a carga $-q$. (use agora a segunda regra da mão direita).



8.150 (UFMS-RS) A figura representa uma porção de um fio condutor percorrido por uma corrente i , porção essa que, no campo gravitacional, fica sujeita à força peso P .



Essa força pode ser equilibrada por uma força magnética originada pela corrente i em presença do campo magnético uniforme representado por:



A contribuição de Faraday

Michael Faraday nasceu em 22 de setembro de 1791, sendo o terceiro filho de um humilde ferreiro que teve muita dificuldade para criar seus dez filhos.

A persistência e a obstinação de Faraday foram determinantes para ele superar todas as dificuldades que lhe sobrepuseram. Ele foi obrigado a abandonar os estudos logo cedo e aos 14 anos começou a trabalhar como aprendiz de encadernador, mas enquanto exercia sua profissão, com exímia qualidade, ele lia a maioria dos livros que encadernava. Entre eles, estavam o tratado de Química de Lavoisier e os fascículos sobre eletricidade da Enciclopédia Britânica, que foram fundamentais na carreira deste cientista, autodidata, que começava a se revelar.

Em 1812, ao assistir as palestras do químico Humphry Davy, Faraday fez anotações cuidadosas e depois juntou a estas anotações ilustrações que elaborou confeccionando um volume de quase 400 páginas. E encadernou o volume e o enviou a Royal Society, esperando com isso ter acesso à comunidade científica. Como não obteve resposta, ele enviou outro exemplar ao próprio Davy, pedindo-lhe para trabalhar como seu assistente. No ano seguinte, Davy o aceitou para realizar trabalho de auxiliar da manutenção, ou seja, para lavar os frascos do laboratório. No entanto, quando Davy viajou pela Europa, Faraday o acompanhou como secretário. Faraday conheceu pesquisadores importantes, assistiu palestras e assim, logo em seguida, deixou o cargo de auxiliar de manutenção para tornar-se um cientista.

As limitações de Faraday, devido a sua precária formação escolar, como por exemplo a dificuldade de fazer uma análise matemática mais profunda das experiências eram superadas por sua dedicação.

Embora fossem químicos, Davy e Faraday se interessaram imediatamente pela descoberta de Oersted quando tomaram conhecimento da mesma. Eles começaram repetindo o experimento já famoso, por volta de 1821.

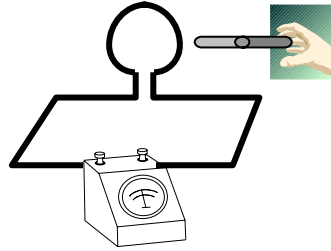
A questão de investigação de Faraday era simples - ele objetivava o recíproco da experiência de Oersted:

Se uma corrente elétrica produz efeitos magnéticos por que o movimento magnético não originaria, também, corrente elétrica?

Faraday realizou numerosas experiências, partindo do experimento de Oersted com incomparável persistência, minúcia e rigor. Nestes experimentos ele criou os protótipos do que mais tarde viria a ser o motor elétrico, o transformador e o gerador elétrico, até que, finalmente, conseguiu induzir uma corrente elétrica em um fio pelo simples movimento de um ímã.

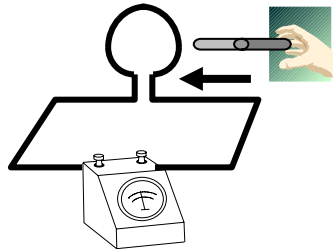
O dispositivo experimental consiste de um circuito, sem pilha, no qual existe uma bobina. Fazendo o ímã entrar, e sair, no interior da bobina, criava-se uma corrente elétrica no circuito, que era detectada pelo ponteiro de um instrumento de medida apropriado.

Considere um circuito fechado formado por uma espira e um amperímetro:



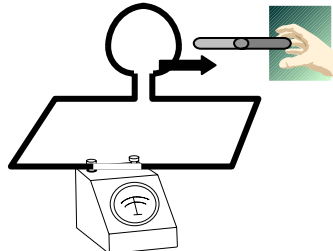
Não havendo movimento do ímã, o amperímetro não acusa passagem de corrente elétrica.

2) Aproximando-se o ímã da espira, o amperímetro acusará uma passagem de corrente:



Cessando o movimento do ímã, cessa a passagem de corrente

3) Afastando-se o ímã da espira, o ponteiro do amperímetro sofrerá um deslocamento no sentido oposto, indicando que se inverteu o sentido da corrente no circuito:



Nessa experiência, o ímã é denominado **INDUTOR**, a espira- **INDUZIDO** e a corrente que se obtém **CORRENTE INDUZIDA**.

Portanto, tudo se passa como se houvesse um gerador nesse circuito fechado, com uma fem $\mathcal{E}$.

Através dessa experiência, Faraday enunciou a seguinte lei:

Faraday foi um experimentador. As suas experiências ilustram bem o fato de ser necessário manipular as coisas para descobrir como elas são.

Ainda nesta experiência de corrente induzida, Faraday observou que quanto maior for o número de espiras em movimento na região magnética do ímã, maior será a voltagem induzida. Empurrar um ímã para dentro de uma bobina com cem espiras induzirá uma voltagem 2 vezes menor que se empurrássemos o mesmo ímã para dentro de uma bobina com 200 espiras. **Podemos gerar mais energia pelo simples aumento do número de espiras da bobina.**

O valor da voltagem também depende de quão rapidamente as linhas de indução magnética estão entrando ou saindo da bobina. Um movimento muito lento dificilmente produzirá qualquer voltagem. Um movimento rápido produz uma voltagem maior. Esse fenômeno de indução de uma voltagem pela variação do campo magnético na bobina é chamado de *indução eletromagnética*.

Resumindo

Demonstração da corrente induzida como função do número de espiras.

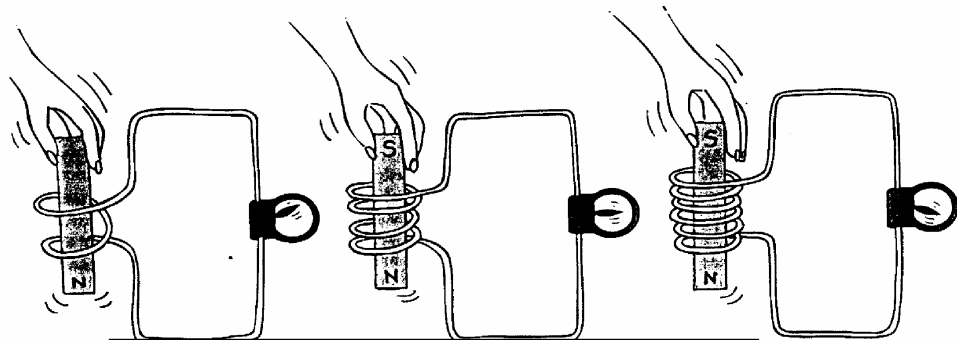
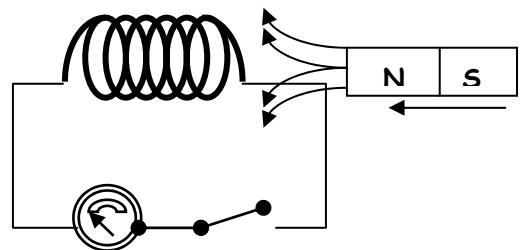


Figura extraída do Livro Física Conceitual
Paul Hewitt

De que depende a voltagem induzida?

Pela lei de Faraday vimos que quando aproximamos ou afastamos um ímã de uma bobina, os fios da bobina interceptarão as linhas magnéticas e uma corrente fluirá se o circuito estiver fechado. Se você desligar uma das extremidades do fio, abrindo assim o circuito, não haverá mais corrente. Contudo, quer o circuito esteja aberto, quer ele esteja fechado, o fato de que ele corta linhas magnéticas sempre induz uma voltagem.

Quando há movimento relativo entre o ímã e a bobina, esta é atravessada pelas linhas de indução magnética. A intersecção sempre induz uma voltagem. Uma corrente aparecerá somente se o circuito estiver fechado. Lembre-se, então: **A intersecção das linhas induz uma voltagem, mas pode, ou não, induzir uma corrente.**



O valor da voltagem induzida depende de dois fatores:

- ☞ O número de espiras da bobina.
- ☞ E o número de linhas magnéticas (fluxo magnético) que cada espira corta por segundo.

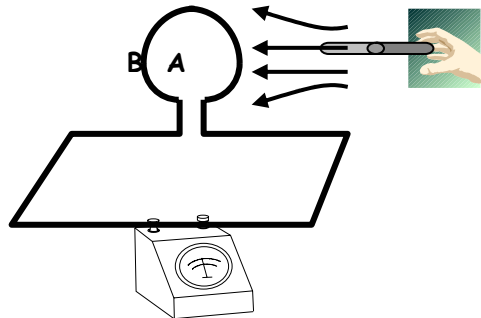
Portanto, para induzir uma voltagem mais elevada devemos utilizar uma bobina com um maior número de espiras e estas devem estar dispostas de forma a interceptarem um maior número de linhas magnéticas por segundo.

Sentido da corrente induzida

A indução eletromagnética é resumida pela Lei de Faraday:

A voltagem em uma bobina é proporcional ao produto do número de espiras pela taxa com a qual o fluxo magnético varia no interior da espiras.

Heinrich Friedrich Emil **Lenz**, um físico russo descobriu uma lei que nos permite determinar o sentido da corrente induzida.



Ao aproximarmos o pólo norte de um ímã a uma bobina, é produzida uma corrente elétrica que cria pólos magnéticos nas faces da bobina. A corrente induzida produz um pólo norte na face mais próxima do ímã. Este pólo norte repele o pólo norte do ímã e, assim, se opõe ao movimento de aproximação do ímã.

Quando afastamos o ímã, a corrente induzida muda de sentido. Agora ela produz um pólo sul em A (face da espira mais próxima do ímã), que tenta atrair o pólo norte do ímã. Novamente o pólo induzido opõe-se ao movimento do ímã. Esta experiência ilustra a lei descoberta por Lenz:

Toda vez que ocorre o movimento do ímã ou alteração do magnetismo gerado pelo ímã há indução de uma corrente elétrica na bobina. Esta corrente induzida sempre se opõe ao movimento do ímã ou a alteração do magnetismo.

Ainda como consequência das descobertas de Faraday e Lenz, podemos observar que a indução da voltagem em uma bobina ocorre não apenas pelo deslocamento de um ímã de maneira que os fios da bobina interceptem um número variável de linhas magnéticas, mas também, pela variação da corrente em uma bobina vizinha.

A indução eletromagnética está presente em quase tudo ao nosso redor. Nos controladores de velocidade nas rodovias, nos sistemas de segurança nos aeroportos e nas portas giratórias de bancos, nos cartões magnéticos, nas fitas cassete, etc.

Resumindo

A mais importante contribuição de Faraday

Do ponto de vista puramente conceitual, a experiência da indução de Faraday é notável, porque mostra a perspicácia de Faraday ao pensar e experimentar o inverso da experiência de Oersted. Fazendo um trocadilho, Faraday "induziu" (adivinhou) corretamente que o magnetismo podia originar a eletricidade. A eletricidade e o magnetismo estão intimamente ligados, e com Faraday ficaram unidos para sempre.

Conta a história que, quando Faraday descobriu como gerar uma corrente elétrica fazendo variar o número de linhas magnéticas que passam através de uma bobina, Gladstone, primeiro-ministro da Grã-Bretanha, fez a seguinte pergunta:

Senhor Faraday, isto é interessante, mas qual sua utilidade?

Faraday respondeu secamente:

Talvez, Senhor, esta descoberta dê lugar a uma grande indústria, da qual o Sr possa arrecadar mais impostos.

Nos dias de hoje em que geradores gigantescos são usados em larga escala para produzir energia elétrica para acionar metrô, iluminar as residências, enviar informações a velocidade da luz, transmitir som e imagens, etc... é que compreendemos qual a utilidade da descoberta de Faraday.

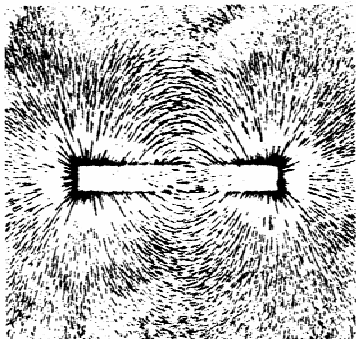
Watt, Edison e tantos outros inventores práticos talvez não tivessem tido êxito sem o longo trabalho de cientistas teóricos como Galileu, Newton e Faraday. Newton na sua célebre citação:- "Se pude ver mais longe é porque me apoiei em ombros de gigantes", expressou uma verdade que já conhecemos. Mas por vezes esquecemos que, assim como as grandes árvores têm raízes profundas, um edifício bem alto é construído sobre alicerces profundos no subsolo. Do mesmo modo, a ciência moderna baseia-se no trabalho de homens como Faraday, que trabalharam pelo desejo de aprender.

Faraday não se acomodou com a descoberta da indução eletromagnética, onde ele combinou definitivamente o magnetismo com a eletricidade. Como ele não possuía formação matemática, para explicar a indução eletromagnética ele usou desenhos geométricos explicando o que ele observava. Inspirado nas imagens formadas pela limalha de ferro espalhada sobre uma folha de papel colocada sobre um ímã em barra, ele criou as linhas de força para representar o que observava.

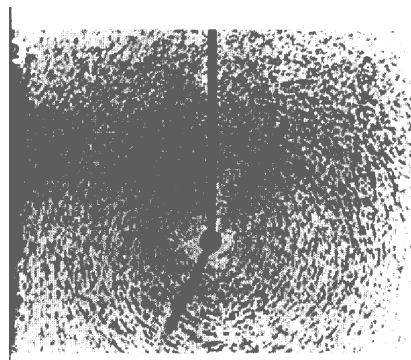
Faraday concebeu a idéia de que o espaço ao redor de um pólo magnético ou de um fio condutor de corrente elétrica estivesse preenchido por linhas de força, em vez de falar em fluídos elétricos como era comum na sua época.

As linhas de força tinham uma orientação: saíam de um pólo norte magnético e se dirigiam para um pólo sul magnético. O número total de linhas oriundas ou dirigidas para um determinado pólo magnético informava a intensidade do pólo magnético, já a densidade de linhas em um ponto do espaço nas proximidades de um pólo magnético dava a idéia da intensidade da força magnética exercida sobre o pólo magnético.

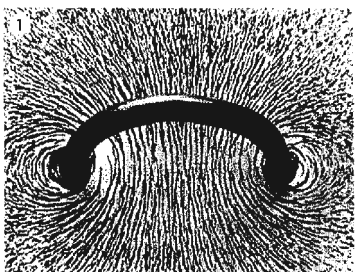
Distribuição da limalha de ferro em:



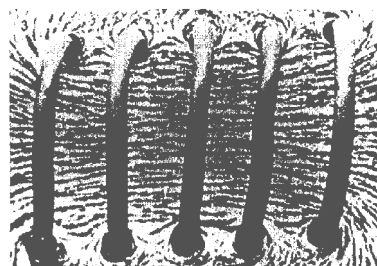
Ímã em forma de barra



Fio condutor



Espira



gerados por condutores percorridos por corrente elétrica. (M)

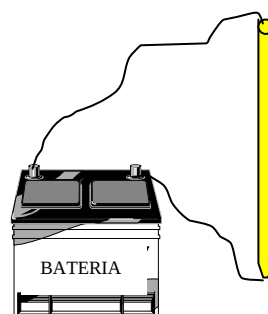
Bobina

Representação do espaço ao redor de um ímã ou de um fio condutor de corrente elétrica através das linhas de indução

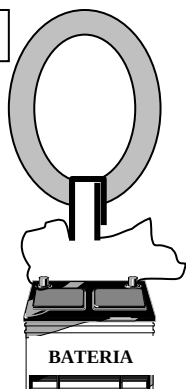
Ímã em forma de barra



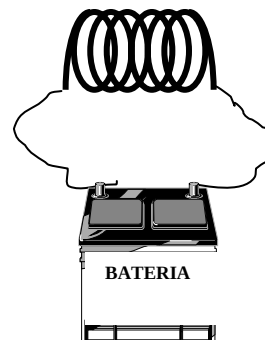
Fio condutor



Espira



Bobina



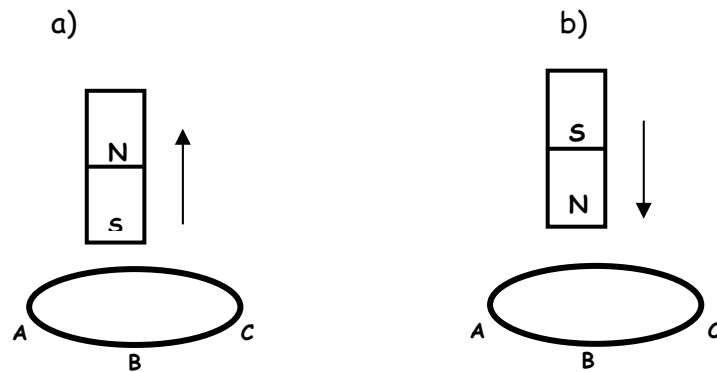
De acordo com Faraday, uma linha de força teria uma existência real, física. No caso da limalha de ferro espalhada sobre uma folha de papel, os pedacinhos de ferro da limalha orientavam-se até ficarem paralelos à direção local da linha de força em que se encontravam, quando o equilíbrio era atingido. Como cada pedacinho da limalha constituía um dipolo magnético, ele tenderia a seguir sobre a linha em que fosse inicialmente colocado. O sentido do movimento dependendo do tipo de pólo que se tratasse (pólos norte e sul girando em sentidos opostos) até que o dipolo se ajustasse paralelamente à linha de força.

Faraday no início da construção da sua teoria, que mais tarde chamou-se: Teoria de Campo, nunca usou termos como, campo, teoria de campo, campo eletromagnético ou mesmo campo magnético. Somente em um artigo, de dezembro de 1845, foi que ele empregou, pela primeira vez, a expressão campo magnético. Essa, bem como campo elétrico, é uma expressão que foi empregada posteriormente ao seu trabalho. Apesar disso, era exatamente essa idéia de campo que estava por trás de suas visualizações geométricas.

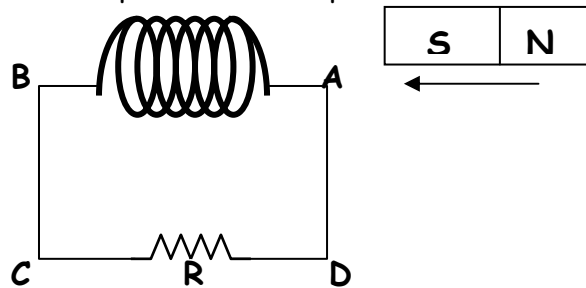
No início do século XIX as teorias de força (ação a distância) dominavam amplamente a física, mas Faraday achava este conceito insatisfatório, como outros conceitos físicos da época, fundamentados nas Teorias de Newton não se adaptavam aos fenômenos eletromagnéticos. Em relação à indução eletromagnética, Faraday pensava que a corrente induzida surgia em um fio condutor sempre que esse interceptasse as linhas de força movimentando-se com respeito à fonte do campo (ou esta em relação aquele).

Exercícios

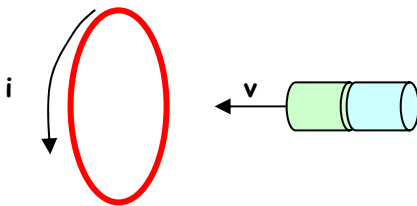
8.151 Determine o sentido da corrente elétrica induzida na espira nos casos abaixo



8.152 Aproxima-se um ímã de um solenóide de extremidades A e B, conforme indica a figura. O solenóide está ligado a um resistor R. Qual o sentido da corrente que atravessa o resistor? De C para D ou de D para C?



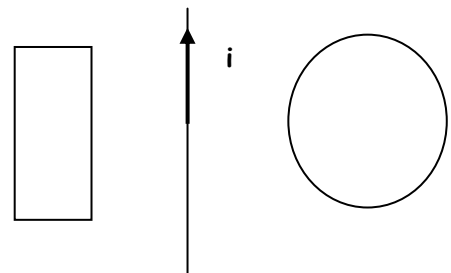
8.153 Um ímã move-se para a esquerda induzindo uma corrente i na espira, conforme mostra a figura. Qual é o pólo do ímã que está mais próximo da espira?



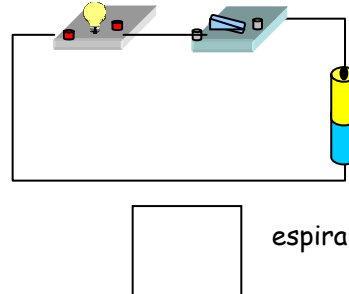
8.154 Considere duas espiras, uma circular e a outra retangular, situadas num mesmo plano. Um fio longo e situado no plano das espiras é percorrido por corrente de intensidade i , conforme a figura. Determine o sentido da corrente induzida nas espiras quando:

a) i cresce com o tempo

b) i decresce com o tempo



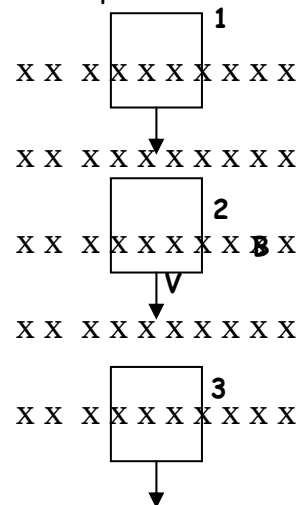
8.155 (UFMG) Uma espira condutora quadrada é colocada no mesmo plano e ao lado de um circuito constituído de uma pilha, de uma lâmpada e de um interruptor, como mostra a figura a seguir:



Todas as alternativas apresentam ações que geram corrente elétrica induzida na espira **exceto**:

- a) desligar o interruptor
- b) ligar o interruptor
- c) manter o interruptor ligado
- d) manter o interruptor ligado e afastar a espira do circuito
- e) manter o interruptor ligado e aproximar a espira do circuito

8.156 (UFRGS-RS) A figura mostra três posições sucessivas de uma espira condutora que se desloca com velocidade constante numa região em que há um campo magnético uniforme, perpendicular à página e orientado para dentro da página.



Selecione a alternativa que supre as omissões nas seguintes frases:

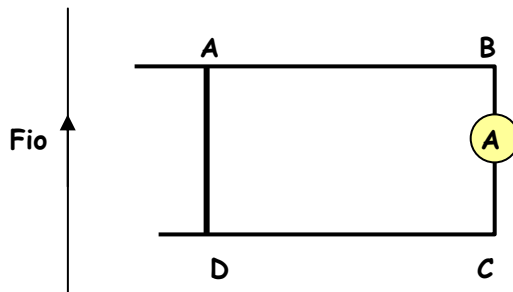
I Na posição 1, a espira está penetrando numa região onde existe o campo magnético e conseqüentemente, está... ..o fluxo magnético através da espira.

II Na posição 2, não há.....na espira.

III Na posição 3, a corrente elétrica induzida na espira em relação à corrente induzida na posição 1, tem seu sentido.....

- a) aumentando - fluxo - igual
- b) diminuindo - corrente - contrário
- c) diminuindo - fluxo - contrário
- d) aumentando - corrente - contrário
- e) diminuindo - fluxo - igual

8.157 (PUC-MG) Próximo a um fio longo e retilíneo em que circula uma corrente constante de 8 A está colocado um circuito ABCD com um amperímetro no ramo BC. O fio AD é móvel, podendo mover-se para a direita ou para a esquerda sem perder o contato elétrico.



Escolha a opção que descreve uma situação coerente com a Lei de Faraday:

- a) Haverá uma corrente induzida no sentido ABCD quando o fio AD se movimentar para direita.
- b) Haverá uma corrente induzida no sentido BCDA quando o fio AD se movimentar para a esquerda.
- c) Haverá uma corrente induzida no sentido CBAD quando o fio AD se movimentar para a direita.
- d) Haverá uma corrente induzida no sentido DABC quando o fio AD se movimentar para esquerda.
- e) Não haverá corrente induzida quando o fio AD se movimentar.

A coroação do Eletromagnetismo com James Clerk Maxwell

Faraday, que apesar da precária formação escolar tinha a intuição de um gênio, fez importantes descobertas no campo da física. Com sua incansável obstinação realizou um grande número de experiências envolvendo o Eletromagnetismo. E, em seu diário, foram encontrados esboços, que descreviam o princípio de funcionamento do que hoje é o transformador, o gerador, o motor elétrico, etc. Já, na parte da Física Teórica, as grandes contribuições de Faraday são:

- ✓ A consolidação da união entre eletricidade e magnetismo ao mostrar, experimentalmente, o inverso da descoberta de Oersted, isto é, campos magnéticos variáveis induzem corrente elétrica;
- ✓ Com a introdução do conceito de linhas de força (que para Faraday eram reais), estava sendo lançado o alicerce para a elaboração do que hoje se denomina Teoria do Campo Magnético. Até esta época, sob forte influência da Mecânica Newtoniana, a teoria existente era a Teoria das Forças (ação à distância) entre massas ou corpos. Esta Teoria de Campo estendeu-se, logo em seguida, para o Campo Gravitacional e o Campo Elétrico;
- ✓ Visualização de outra união, desta vez do Eletromagnetismo com a óptica, Faraday chegou a cogitar que luz fosse uma espécie de vibração das linhas de força.

James Clerk MAXWELL, nascido na Escócia em 1831, ao contrário de Faraday, teve uma extensa formação escolar e tinha uma habilidade matemática notável. Aos 15 anos ele elaborou um trabalho no qual desenvolveu um método para traçar curvas ovais causando espanto aos membros da Royal Society Escocesa, que não acreditavam que aquele trabalho tivesse sido enviado por um menino de 15 anos.

Matemático de formação, a estréia de Maxwell na física ocorreu a partir da elaboração de um extenso estudo matemático do comportamento dos gases. No eletromagnetismo, ao tomar conhecimento dos trabalhos de Faraday, Maxwell dedicou-se a formular matematicamente estas teorias. Ele, assim como Faraday, acreditava na realidade física das linhas de força. Em uma série de artigos, que começaram a ser publicados a partir de 1855, é desenvolvida a Teoria Eletromagnética de Maxwell.

Na metade da década de 1860, Maxwell apresentou um artigo que expressa em uma linguagem matemática as descobertas de C.-A. de Coulomb, H. C. Oersted, M. Faraday, J. B. Biot, F. Savart, H. F. Lenz e J. Henry, consolidando assim a teoria do Eletromagnetismo.

Os princípios básicos das 4 equações de Maxwell são:

- ☞ A força entre cargas elétricas pontuais é proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas;
- ☞ Não há monopólos magnéticos;
- ☞ Um campo elétrico variável e/ou uma corrente elétrica gera um campo magnético;
- ☞ Um campo magnético variável gera um campo elétrico.

As equações de Maxwell consolidaram de forma definitiva a união da eletricidade com o magnetismo. Continuando seus estudos no eletromagnetismo, Maxwell elaborou a idéia de que a oscilação de uma carga elétrica gera um campo magnético e, ao calcular a velocidade de propagação desse campo ele achou o valor muito próximo ao valor da velocidade da luz na época calculada por Fizeau e Foucault. Maxwell não viu nisto um mero acaso, concluindo, a partir daí, que a luz era uma radiação eletromagnética, como já havia sido conjecturado por Faraday.

Somente dez anos após a morte de Maxwell, que morreu precocemente aos 48 anos, esta teoria foi confirmada quando Heinrich Hertz conseguiu demonstrar de forma indiscutível a existência das ondas eletromagnéticas.

TEXTOS PARA LEITURA

Eletroímã

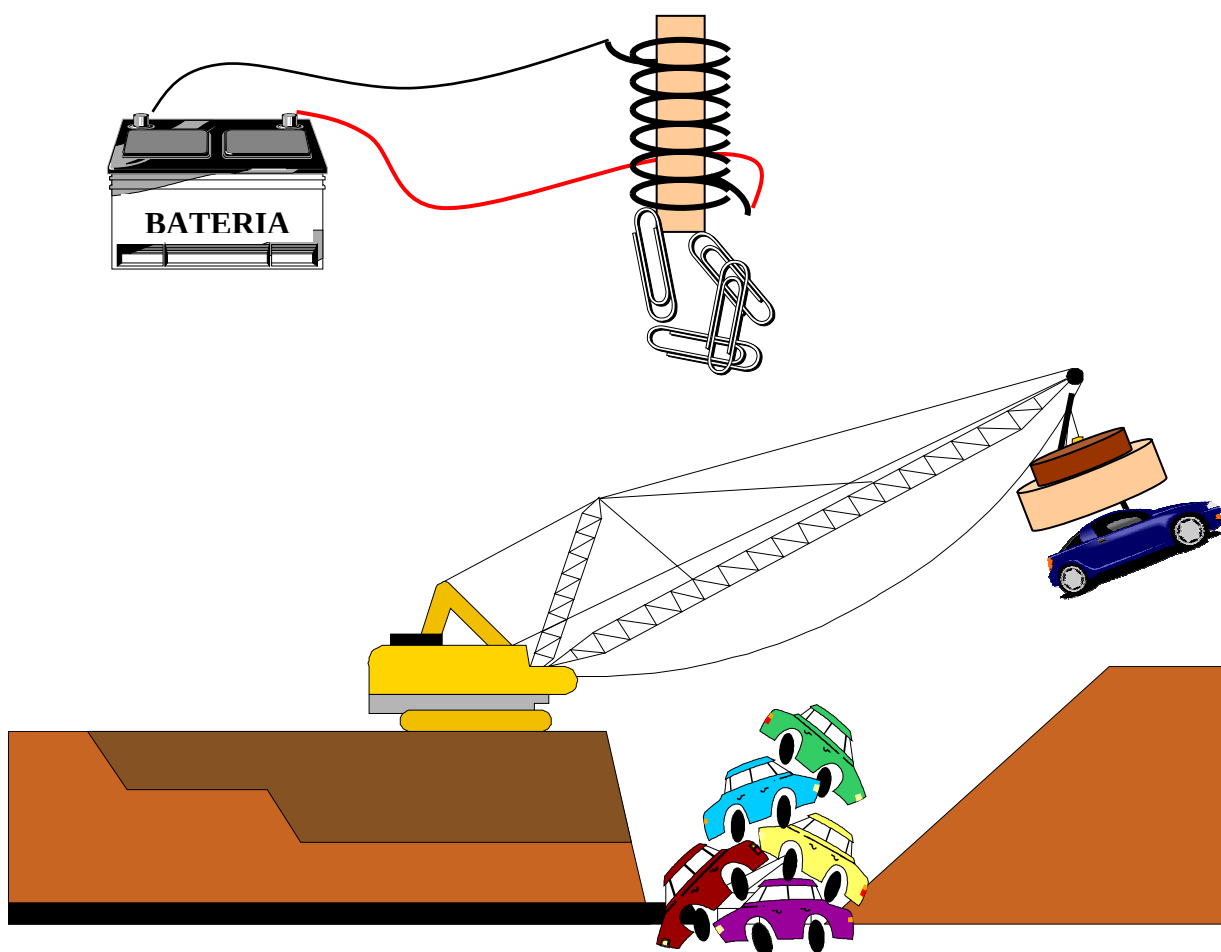
Na presença de campos magnéticos, os materiais ferromagnéticos, Ferro, Níquel e Cobalto, se imantam de forma tão intensa, que o campo magnético que eles adquirem é muitas vezes maior que o campo magnético que os imantou.

Com a descoberta de Oersted: - uma corrente elétrica circulando num enrolamento gera um campo magnético - tornou-se possível "ligar" e "desligar" o campo magnético.

O Eletroímã é um aparelho que reúne as duas propriedades mencionadas. Num pedaço de ferro enrola-se um fio (bobina) pela qual se faz circular uma corrente elétrica, gerando, assim, um campo magnético bastante intenso, visto que há também a imantação concomitante do Ferro. Este campo magnético é reduzido drasticamente tão logo deixe de circular a corrente elétrica na bobina.

Entre as aplicações do eletroímã estão: o guindaste eletromagnético, o receptor telefônico, etc

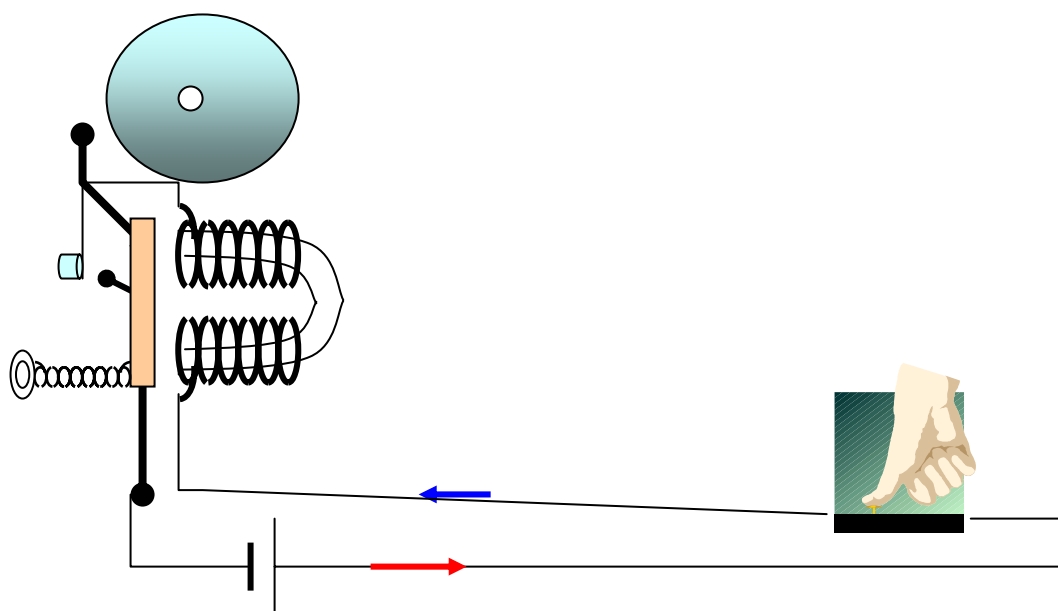
O guindaste eletromagnético é usado nas siderúrgicas, nos ferros-velhos, etc... é de extrema importância, pois ele pode transportar com segurança enormes massas de ferro. Os guindastes mais potentes têm uma capacidade de 75000 kg (75 ton) de carga.



CAMPAINHA

Outra aplicação do eletroímã é a campainha elétrica.

Como no guindaste eletromagnético, enrola-se um fio condutor (bobina) numa peça de ferro em forma de U que constitui o eletroímã. Quando se aperta o botão da campainha, uma corrente elétrica passa a circular na bobina que imanta o ferro em U criando um campo magnético que produz uma força magnética. Esta força faz com que a lâmina de ferro (armadura) seja atraída; como ela possui em uma de suas extremidades um martelinho, este bate no sino (campainha). Mas esta atração desconecta a armadura do circuito interrompendo a passagem de corrente. Uma mola que está ligada a armadura faz que esta volte a posição inicial fechando o circuito e repetindo-se a seqüência.



ALTO-FALANTE e MICROFONE

O som é uma das formas pela qual o ser humano envia e recebe informações do mundo a sua volta.

Uma onda sonora é produzida por um elemento vibrante que pode ser uma corda de violão, uma folha de papel se movendo, uma corda vocal, etc. As propagações das zonas de compressão e rarefação, produzidas no ar pelo elemento vibrante, constituem as ondas sonoras.

A fonação, produção da fala, envolve o nosso córtex cerebral, vários músculos, o sistema pulmonar e a laringe, tudo isso na mais perfeita sincronia, faz com que possamos produzir um fonema definido.

A voz tem sua origem na corrente de ar produzida nos pulmões e que se propaga através da laringe e da boca produzindo vibrações nas cordas vocais, que são pregas situadas na laringe altamente tensionadas.

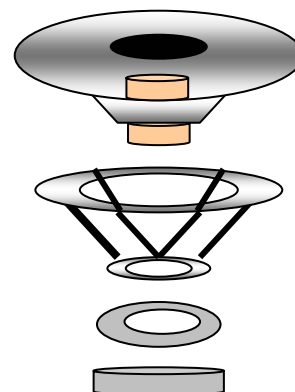
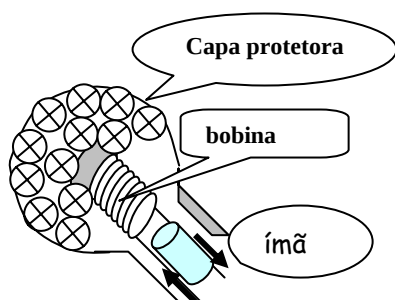
A audição, captação do som, é feita pelo ouvido que converte uma fraca onda mecânica no ar em estímulos nervosos. O processo de captação do som envolve a orelha (concha que facilita a captação do som), o tímpano (membrana altamente tensionada, alguns ossinhos (martelo, bigorna, etc) e o córtex cerebral).

Os animais têm, em geral, alguma habilidade, algum sentido mais aguçado que os protege e facilita sua sobrevivência. Uns têm sensibilidade auditiva, outros são velozes, outros têm o olfato aprimorado, etc. O ser humano não é o 1º e nem o 2º ou 3º em nenhuma destas habilidades ou sensibilidades, mas em compensação é o único ao qual é facultado o pensar que lhe permite com ele desenvolver uma tecnologia que supera os demais animais em suas habilidades.

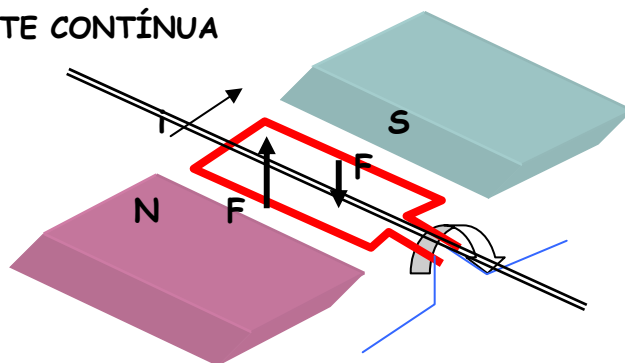
O alto-falante e o microfone são aprimoramentos do nosso sistema de fonação e audição.

No microfone (reproduz o processo da audição) uma membrana vibratória (diafragma) vibra com a mesma frequência estimulada pelas ondas sonoras que o atingem. Esta membrana está ligada a uma bobina móvel que está sobre um ímã. Portanto a membrana ao vibrar, causa movimento da bobina, que por estar sobre o ímã provoca uma variação no fluxo magnético (Leis de Lenz e Faraday) que induz uma ddp na bobina, geralmente muito baixa precisando posteriormente ser amplificada.

O alto-falante (reproduz o processo da fonação) é constituído de um cone de papelão ligado a uma bobina móvel sobre um ímã fixo. Quando um sinal de áudio (corrente elétrica) atravessa a bobina e na presença do campo magnético do ímã ela fica sob a ação de forças magnéticas (Leis de Oersted e de Ampère) que provoca o movimento da bobina, que movimenta o cone ao qual está ligada, e o movimento do cone faz vibrar o ar a sua volta, produzindo o som.



MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA



O motor elétrico básico é constituído por um enrolamento (**espira**) que está imerso num campo magnético (**ímã**). A corrente, ao atravessar o enrolamento fica submetida a ação de forças do campo magnético. Como estas forças são opostas nas laterais do enrolamento, este é forçado a realizar meia volta em torno do seu eixo longitudinal.

As extremidades do enrolamento estão conectadas a arcos metálicos do **comutador**. Este contato é feito sem limitar o giro da espira. Então, após este primeiro giro de 180° a corrente está circulando em sentido oposto na espira e, portanto, as forças nas laterais estão em sentidos inversos ao da situação inicial forçando a espira a girar os 180° restantes para um ciclo completo. Assim, a espira realiza giros completos e contínuos, até que a corrente elétrica que atravessa o enrolamento cesse.

O motor elétrico simples é o elemento principal de muitos eletrodomésticos tais como: liquidificador, furadeira, etc...

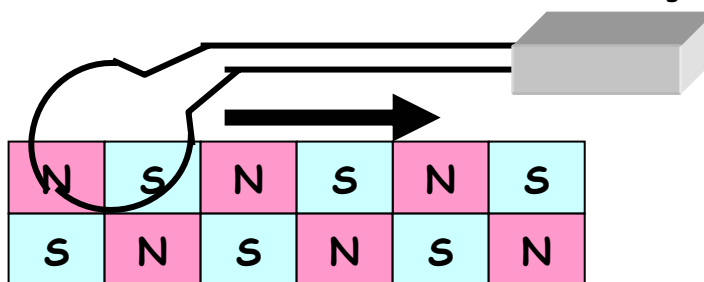


Transmissão de informações com materiais magnéticos

A revolução tecnológica que caracteriza o fim do século XX e início do século XXI, é a Revolução da informação. Com as novas tecnologias tornou-se possível acelerar a transmissão de dados e o acesso aos mesmos. A contribuição do Eletromagnetismo com o uso de materiais magnéticos nos mecanismos de circulação de dados é fundamental. Usamos esta tecnologia, nos códigos de barras, nas tarjas magnéticas de cartões de crédito, cartões telefônicos, crachás que nos dão acessibilidade a diferentes setores de uma empresa, algumas escolas aposentaram a caderneta escolar e adotam um crachá que permite mais segurança e tranquilidade a todos os membros da comunidade escolar, etc... Numa época éramos identificados por números (CIC, RG, Título de Eleitor, etc) hoje podemos ousar e dizer que somos identificados por códigos magnéticos.

Como se processa a leitura e gravação em materiais magnéticos?

A linguagem dos computadores é uma linguagem em que o alfabeto possui apenas dois sinais, "0" e "1" em oposição às 23 letras e alguns sinais gráficos do alfabeto português. Portanto, usando da propriedade da indução magnética descoberta por Faraday onde uma corrente é gerada numa espira devido à variação do fluxo magnético que a atravessa, e da Lei de Lenz que determina o sentido da corrente elétrica, criou-se o mecanismo de armazenamento de dados e de leitura em materiais magnéticos.



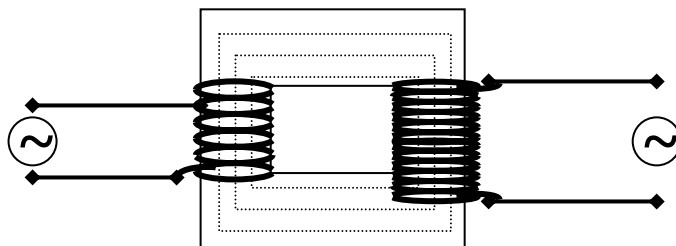
Uma espira passa por uma face de uma barra ferromagnética que tem pequenas regiões polarizadas com pólos norte e sul de forma alternada voltadas para cima, nestas condições induz na espira correntes de sentidos alternados, que são captadas por um sensor.

Admitindo que o norte corresponda ao sinal 1 e o sul o sinal 0, a passagem da espira por essa seqüência de barras corresponde à leitura de uma informação escrita na linguagem binária.

Para a gravação usamos o processo inverso. ao passar por uma barra na espira pode estar circulando uma corrente no sentido horário ou anti-horário correspondendo a diferentes imantações.

A exposição desses materiais a campos magnéticos intensos causa danos as informações armazenadas, como já foi comentado no capítulo anterior (Magnetismo).

Transformador



Um transformador é um aparelho que tem por função aumentar ou diminuir a tensão (variável) com perda mínima de potência.

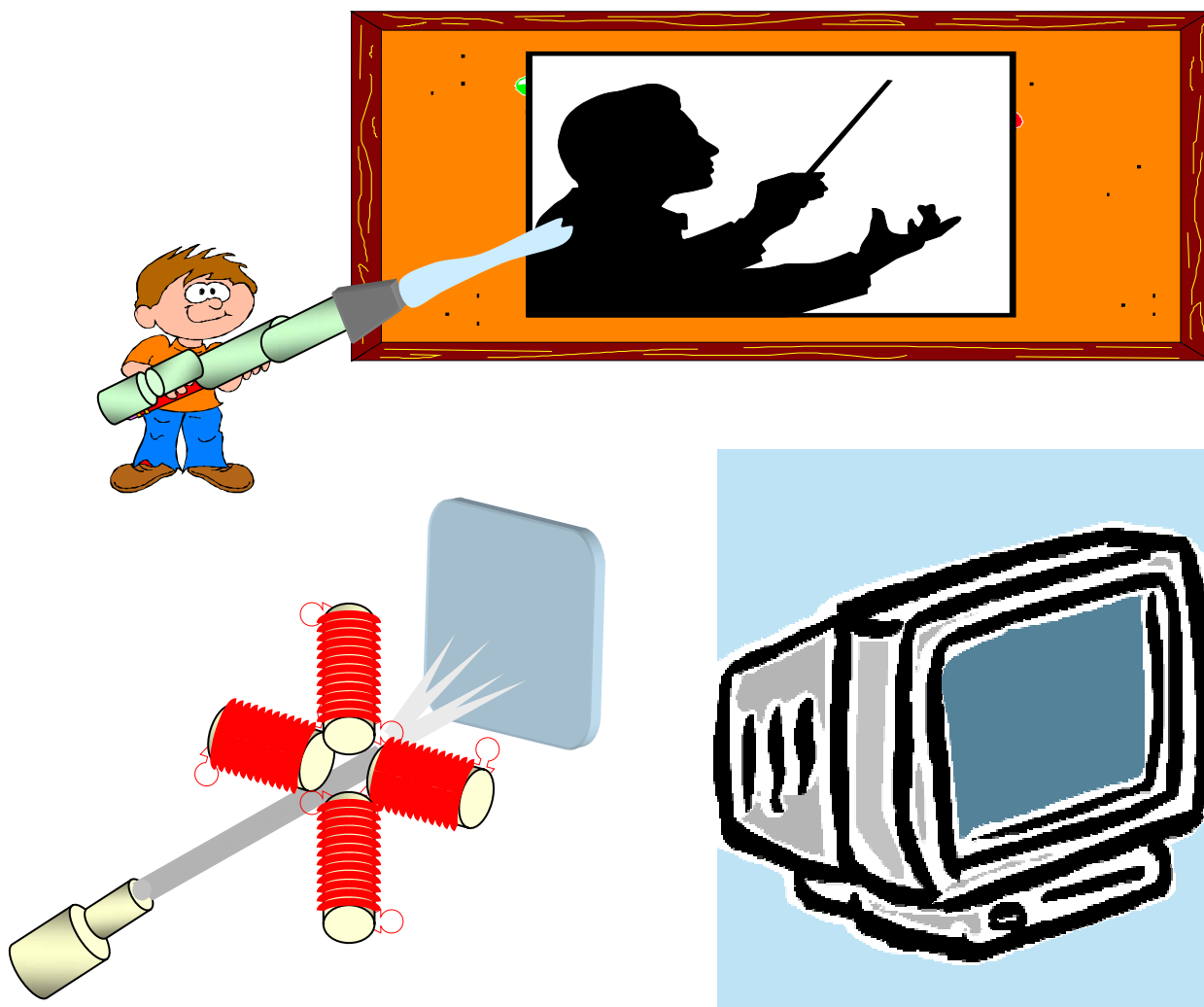
Ele é constituído por um núcleo de ferro, geralmente uma peça retangular, em cujas laterais são acoplados dois enrolamentos: a bobina primária, onde é aplicada uma fem externa, e a bobina secundária, com a tensão diminuída ou aumentada conforme a relação entre o número de espiras dos enrolamentos primário e secundário.

Não há contato entre os dois enrolamentos, a passagem da corrente elétrica de um enrolamento para outro ocorre por indução magnética (Lei de Faraday e Lenz), daí a necessidade de corrente alternada para o funcionamento do transformador.

Como se espera que a eficiência do transformador seja máxima, as perdas de potência devem ser minimizadas, então se tivermos no enrolamento secundário uma tensão maior que no primário, pela lei de Ohm teremos uma corrente elétrica de saída menor.

Resumindo:

Tubo de imagem da televisão



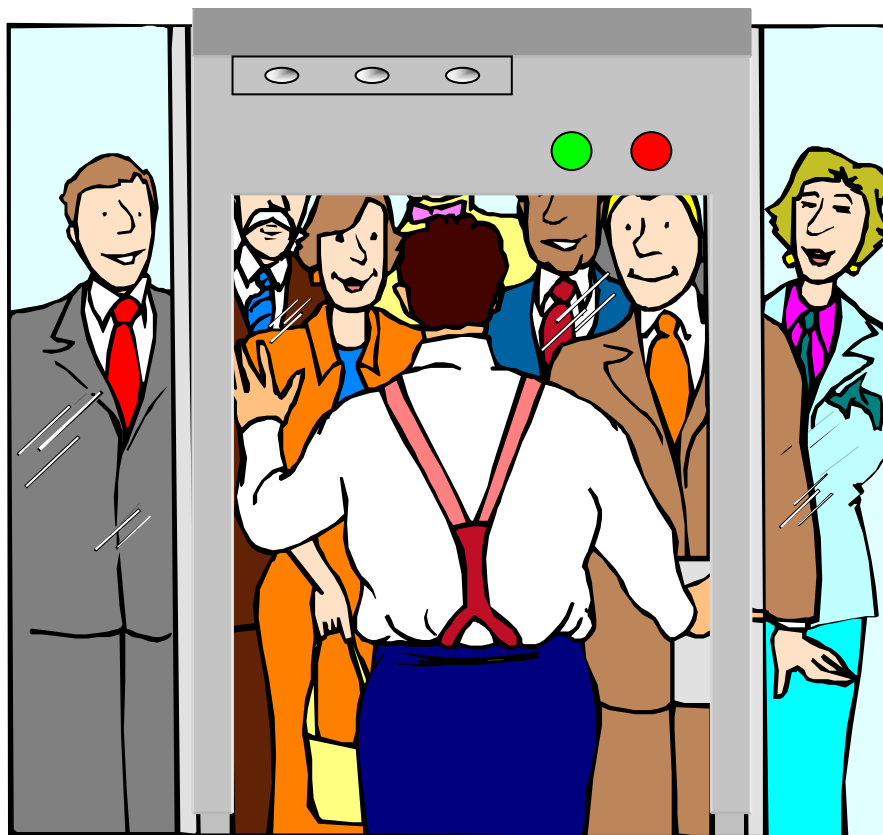
O princípio de formação da imagem na tela da TV pode ser comparado a uma pessoa desenhando imagens num muro com o jato de água de uma mangueira de jardim.

Na TV, a mangueira e o jato de água são substituídos por um canhão emissor de elétrons acelerados por uma tensão muito alta. O muro representa a tela que é recoberta por uma camada de material fluorescente que brilha ao ser atingido pelo elétron. Este feixe de elétrons deve atingir 36700 pontos (pixels) que constituem, em média, a tela de um televisor, em um intervalo de $1/30$ s, para que os nossos olhos tenham a sensação de continuidade das imagens em movimento.

E o movimento da mangueira, que é responsável pela construção da imagem no muro, no tubo da TV, é feito por um sistema de bobinas que geram campos magnéticos ao serem percorridas por correntes elétricas, desviando o feixe de elétrons na horizontal e na vertical permitindo direcionar com precisão o ponto a ser atingido na tela.

Os campos magnéticos gerados pelas bobinas são controlados pelos pulsos elétricos que chegam até elas, de forma a garantir a formação da imagem que se deseja exibir.

Detector de Metais



O princípio físico dos detectores de metais encontrados nas portas de acesso de bancos, empresas, nas salas de embarque dos aeroportos, etc, é o da indução eletromagnética.

O detector de metais é uma bobina que ao ser percorrida por uma corrente elétrica cria um campo magnético no núcleo de ferro. Ao atravessar a porta (bobina + ferro), a pessoa portadora de algum objeto metálico altera o fluxo magnético, devido ao deslocamento do objeto metálico, induzindo desta forma correntes elétricas no objeto, que por sua vez irão induzir correntes na bobina, causando alterações na corrente original que são detectadas por um amperímetro e acionam sinais luminosos e sonoros nos detectores dos aeroportos, ou travam a porta impedindo o acesso, no caso das portas de bancos ou empresas.

Mais informações

A extensão das aplicações do eletromagnetismo na tecnologia é difícil de avaliar, uma vez que grande parte da tecnologia atual está fundamentada nos princípios do eletromagnetismo. Além dos aparelhos citados nos textos anteriores, podemos acrescentar ainda: válvulas magnéticas, velocímetros, gravação e leitura de informações nos computadores, bicos injetores de combustíveis nos carros, equipamentos para exames de ressonância magnética, etc.

Mais informações sobre o eletromagnetismo podem ser obtidas em revistas científicas, sítios da internet e nas referências bibliográficas citadas abaixo.

Referências Bibliográficas

Este trabalho está fundamentado nos seguintes livros:

- ✓ BLACKWOOD, O.; HERRON, W.; KELLY, W. *Física na Escola Secundária*. 6. ed. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura S.A., 1971. v. 2. 390p.
- ✓ CABRAL, F ; LAGO, A. *Física 3*. São Paulo: Editora Harbra, 2004. 538p.
- ✓ CARVALHO, R. *A Física no dia-a-dia*. Lisboa: Relógio D'Agua Editores, 1995. 354p.
- ✓ EINSTEIN, A.; INFELD, L. *A Evolução da Física*. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1988. 237p.
- ✓ FERRARO, N. ; RAMALHO JR, F. ; TOLEDO, P. A. *Os Fundamentos da Física 3*. 7. ed. São Paulo: Editora Moderna, 1999. 482p.
- ✓ FIOLHAIS, C. *Física Divertida*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2000. 145p.
- ✓ HECHT, E. *Física en perspectiva*. Santiago do Chile Reading: Addison Wesley IberoAmericana, 1987. 634p.
- ✓ HEWITT, P. G. *Física Conceitual*. 8. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 685p.
- ✓ LUZ, A. M. R. da; ÁLVARES, B. A. *Curso de Física*. 4. ed. São Paulo: Editora Scipione, 1997. v.3. 432p.

ANEXO B**Prova aplicada às turmas do Colégio Estadual Piratini**



COLÉGIO ESTADUAL PIRATINI

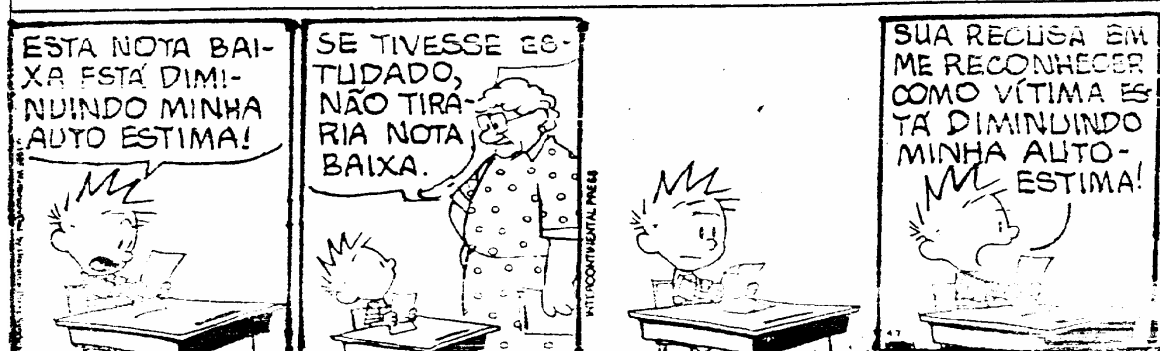
2003 - 53 ANOS

AVALIAÇÃO DE FÍSICA III - DATA.....

NOME.....TURMA.....

CALVIN

Bill Watterson



$$F = \frac{kQq}{r^2}$$

$$E = \frac{F}{q}$$

$$E = \frac{KQ}{r^2}$$

$$V_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$$

$$V_{AB} = Ed$$

$$V_{AB} = \frac{kQ}{r}$$

$$I = \frac{\Delta Q}{t}$$

$$R = \frac{\rho l}{A}$$

Série
 $R_T = R_1 + R_2 + ..$
 Paralelo
 $1/R_T = 1/R_1 + 1/R_2 + ..$
 $V_{AB} = RI$

$$V_{AB} = \varepsilon - ri$$

$$P = V_{AB} \cdot I$$

$$P = \frac{V_{AB}^2}{R}$$

$$P = RI^2$$

$$P = \varepsilon I$$

$$\eta = \frac{P_{dp}}{P_d}$$

$$\eta = \frac{P_u}{P_R}$$

$$i = \frac{\Sigma \varepsilon}{\Sigma R}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$$

$$B = \frac{\mu_0}{2R} I$$

$$B = \frac{\mu_0}{L} Ni$$

CÓDIGO
DO
ALUNO

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

GRADE DE RESPOSTAS

1	A	B	C	D	E
2	A	B	C	D	E
3	A	B	C	D	E
4	A	B	C	D	E
5	A	B	C	D	E
6	A	B	C	D	E
7	A	B	C	D	E
8	A	B	C	D	E
9	A	B	C	D	E
10	A	B	C	D	E
11	A	B	C	D	E
12	A	B	C	D	E
13	A	B	C	D	E
14	A	B	C	D	E
15	A	B	C	D	E
16	A	B	C	D	E
17	A	B	C	D	E
18	A	B	C	D	E
19	A	B	C	D	E
20	A	B	C	D	E

$$F_m = q v B \sin \theta$$

$$F_m = l i B \sin \theta$$

$$B = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi R}$$

$$R = \frac{mv}{qB}$$

$$\phi = B A \cos \theta$$

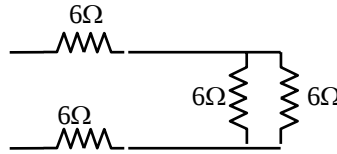
$$\varepsilon = \frac{-\Delta \phi}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = B l v$$

CONSTANTES
 $1 e = 1,6 \times 10^{-19} C$
 $K = 9 \times 10^9 Nm^2/C^2$
 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} Tm/A$
 $g = 10m/s^2$
 $m_p = 1,6 \times 10^{-27} kg$
 $m_e = 9,1 \times 10^{-31} kg$

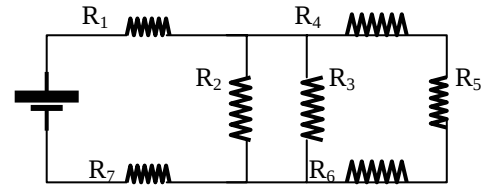
01) (Unitau-SP) Na associação de resistores indicada na figura O resistor equivalente tem resistência:

- a) 5Ω
- b) 10Ω
- c) 15Ω
- d) 20Ω
- e) 3Ω



02) Com relação à associação de resistores esquematizada na figura, assinale a alternativa correta:

- a) R_1 e R_4 estão em série
- b) R_1 e R_7 estão em paralelo
- c) R_2 , R_3 e R_5 estão em paralelo
- d) R_2 e R_3 estão em paralelo
- e) R_4 , R_5 e R_6 não estão em série

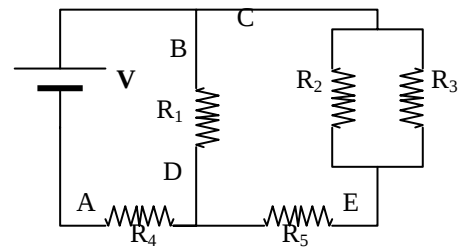


03) Usualmente os dispositivos elétricos de residências (Lâmpadas, chuveiro, aquecedor, etc..) são ligados em..... e submetidos a diferenças de potencial (V_{AB}).....

Comparando o consumo desses dispositivos verifica-se que um aquecedor elétrico de 2000W ligado durante 1 h consome..... energia elétrica do que uma Lâmpada de 60W ligada durante 1 dia Assinale a alternativa que preenche de forma correta as três lacunas respectivamente

- a) série - iguais - mais
- b) série - diferentes - menos
- c) série - diferentes - mais
- d) paralelo - iguais - mais
- e) paralelo- iguais - menos

(UFRGS-2000) As questões de números 04 e 05 referem-se ao circuito elétrico apresentado na figura abaixo, no qual todos os resistores têm a mesma resistência elétrica R



04) Em qual dos pontos assinalados na figura a corrente elétrica (I) é mais intensa?

- a) A b) B c) C d) D e) E

05) Qual dos resistores está submetido a maior diferença de potencial (V)?

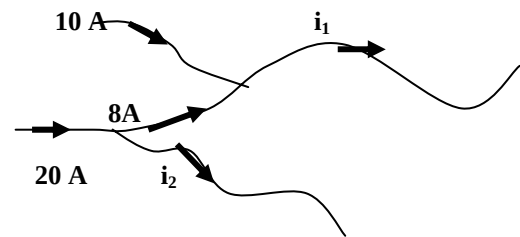
- a) R_1 b) R_2 c) R_3 d) R_4 e) R_5

06) (FGV-SP) Uma lâmpada de tensão nominal 110V é instalada num local onde a tensão é de 127V. Esse procedimento fará com que a lâmpada tenha:

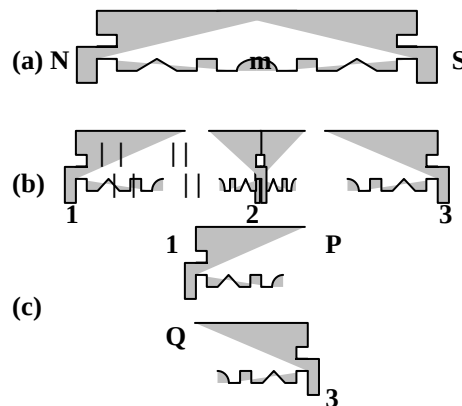
	<i>Brilho</i>	<i>Durabilidade</i>
a)	maior	maior
b)	maior	menor
c)	igual	igual
d)	menor	maior
e)	menor	menor

07) A figura abaixo representa um trecho de um circuito com fios de cobre interligados considerando as intensidades e os sentidos das correntes elétricas indicadas, podemos afirmar que i_1 e i_2 valem respectivamente:

- a) 10 A e 20 A
- b) 38 A e 12 A
- c) 38 A e 28 A
- d) 18 A e 2 A
- e) NRA



08) (UFRGS-1997) A figura representa uma metade magnetizada de uma lâmina de barbear, com os pólos norte e sul indicados respectivamente pelas letras N e S. Primeiramente, esta metade da lâmina é dividida em três pedaços como indica a figura (b). A seguir os pedaços 1 e 3 são colocados lado a lado como indica a figura (c).

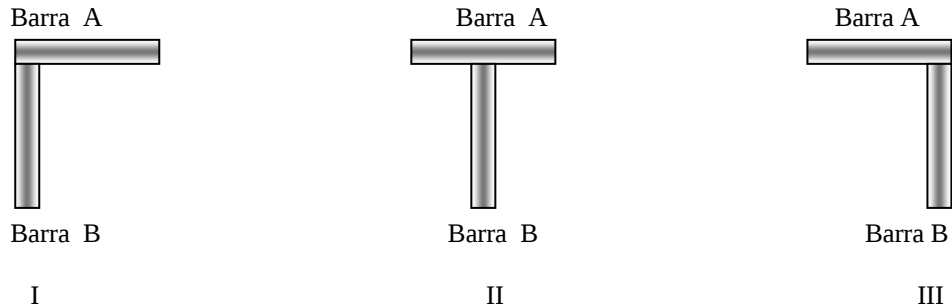


Nestas condições podemos afirmar que os pedaços 1 e 3 se....., pois P assinala um pólo..... e Q um pólo.....

A alternativa que preenche corretamente as lacunas na afirmativa acima é:

- a) atração - norte - sul
- b) atração - sul - norte
- c) repulsão - norte - sul
- d) repulsão - sul - norte
- e) atração - sul - norte

09) (Unama -AM) Há duas barras de ferro aparentemente iguais. Para estudá-las fizemos o seguinte: a mesma extremidade da barra B foi colocada em contato com três pontos da barra A, como mostram as figuras abaixo. Nos casos I e III verificam-se atrações, mas nada se verificou no caso II



É correto afirmar que:

- a) as duas barras podem estar imantadas (serem ímãs)
- b) apenas a barra A está imantada (é ímã)
- c) apenas a barra B está imantada (é ímã)
- d) pela experiência é impossível saber qual das duas barras está imantada (é ímã)

10) (FUVEST-SP) Um ímã, em forma de barra, de polaridade N(norte) e S(sul) é fixado numa mesa horizontal. Um outro ímã semelhante de polaridade desconhecida indicada por X e Y, quando colocado na posição indicado na figura 1 é repelido para direita. Quebra-se este ímã ao meio e, utilizando as metades, fazem-se as quatro experiências representadas nas figuras I, II, III e IV em que as metades são colocadas uma de cada vez, nas proximidades do ímã fixo

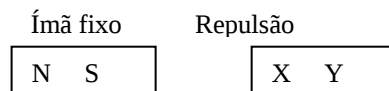
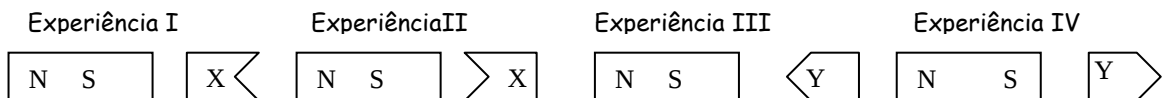


Figura 1

Indicando por nada a ausência de atração ou repulsão da parte testada, os resultados das quatro experiências são:

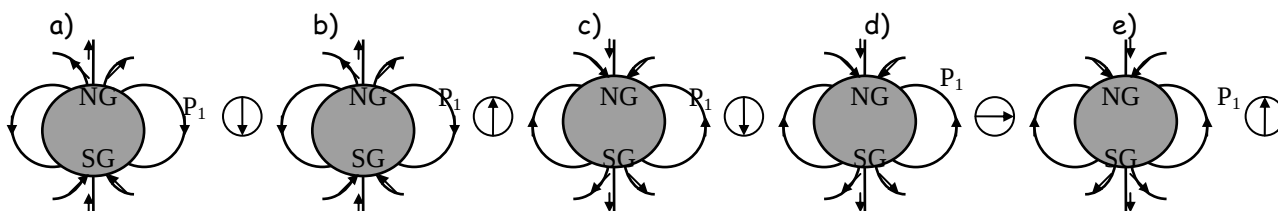


- a) repulsão, atração, repulsão e atração.
- b) repulsão, repulsão, repulsão e repulsão.
- c) repulsão, repulsão, atração e atração.
- d) repulsão, nada, nada e atração.
- e) atração, nada, nada e repulsão.

11) Assinale a alternativa correta

- a) Ao redor de qualquer carga elétrica existe um campo magnético
- b) Todas as substâncias podem ser imantadas
- c) Um ímã permanente nunca pode ser desimantado
- d) É impossível isolar os pólos de um ímã
- e) em um ímã existem cargas magnéticas positivas e negativas, separadas por uma distância igual ao comprimento do ímã

12) (Cesgranrio) As linhas de força do campo magnético terrestre (desprezando-se a inclinação da agulha de uma bússola colocada em P_1 sobre a linha de força, são mais bem representados por):



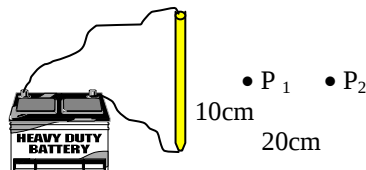
13) (U.F.Uberlândia-MG) Considerando o elétron, em um átomo de hidrogênio, como sendo uma massa pontual, girando no plano da folha, em uma órbita circular, como mostra a figura, o vetor campo magnético criado no centro da circunferência por este elétron é representado por:

- a) $\otimes$ b) $\rightarrow$ c) $\bullet$ d) $\leftarrow$ e) $\uparrow$



14) ((Mogi-SP) Faz-se passar uma corrente elétrica de intensidade constante por um fio retilíneo e longo). Nessas condições, a intensidade do vetor indução num ponto situado a 10cm do eixo do fio condutor é B . Se considerarmos outro ponto situado a 20cm do eixo do mesmo condutor, a intensidade do vetor indução será:

- a) $\frac{B}{4}$ b) $\frac{B}{2}$ c) B d) $2B$ e) $4B$



15) (FEI-SP) A intensidade do campo magnético produzido no interior de um solenóide muito comprido percorrido por uma corrente, depende basicamente:

- a) só do número de espiras do solenóide
b) só da intensidade da corrente
c) só do diâmetro interno do solenóide
d) do número de espiras por unidade de comprimento e da intensidade da corrente elétrica
e) do comprimento do solenóide

16) Nas figuras abaixo, representa-se uma agulha imantada do tipo bússola, por $\blacktriangleleft$, um condutor retilíneo e perpendicular à página, conduzindo corrente elétrica para dentro por $\otimes$ ou para fora desta página, por $\odot$

Desprezando a ação de outros campos magnéticos. A figura que melhor representa a orientação da bússola sob o efeito da corrente elétrica, para um observador que olhe para a página, é o da alternativa

- a) I $\odot$ $\blacktriangleleft$ $\otimes$ $\blacktriangleleft$ $\otimes$ $\blacktriangleright$ $\otimes$ $\blacktriangleleft$ $\odot$ $\blacktriangleleft$
b) II
c) III (I) (II) (III) (IV) (V)
d) IV
e) V

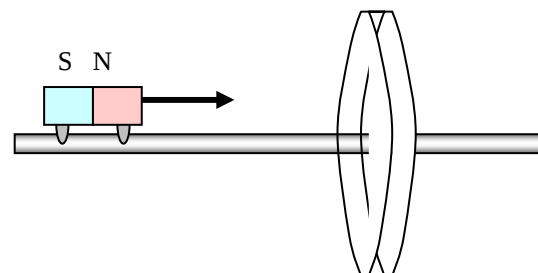
17) Considere a figura abaixo. Enquanto não passar corrente pelo condutor AB, o eixo magnético NS da agulha magnética é paralelo a AB. Faz-se passar a corrente elétrica i no sentido de A para B. Em relação ao observador que olha a montagem de cima para baixo:



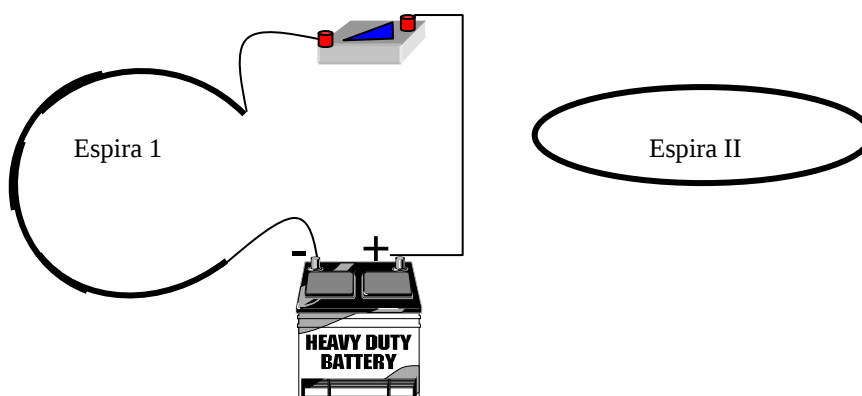
- a) a agulha desvia-se no sentido horário
- b) a agulha magnética desvia-se no sentido anti-horário
- c) o pólo norte sobe
- d) o pólo norte desce
- e) o campo magnético gerado pela corrente elétrica não age sobre o ímã

18) (FGV-SP) Um ímã, preso a um carrinho, desloca-se com velocidade constante ao longo de um trilho horizontal. Envolvendo o trilho há uma espira metálica, como mostra a figura. Pode-se afirmar que, na espira a corrente elétrica:

- a) é sempre nula
- b) existe somente quando o ímã se aproxima da espira
- c) existe somente quando o ímã está dentro da espira
- d) existe somente quando o ímã se afasta da espira
- e) existe quando o ímã se aproxima ou se afasta da espira



(EEP-SP) Duas espiras de fio condutor I e II estão próximas entre si em planos paralelos, uma delas (I) é ligada em série a uma bateria com um interruptor. A outra (II) é fechada.



19) No instante em que o interruptor é ligado, observa-se na espira II

- a) nada se pode prever
- b) nenhuma corrente circulando
- c) uma corrente que muda de sentido periodicamente
- d) uma corrente com o mesmo sentido da espira I
- e) uma corrente com sentido contrário ao da espira I

20) (Univale-SC)

O Cartão Magnético

Na tarja magnética de um cartão de crédito estão gravadas as informações do cliente. Essa tarja é constituída por um composto de ferro que é magnetizado em determinadas regiões. Assim, uma seqüência de regiões magnetizadas /não magnetizadas, como minúsculos ímã, é convertida em um código com informações pessoais.

O leitor desse código consiste em espiras de fio condutor, onde é induzida uma força eletromotriz, pelos minúsculos ímãs, enquanto o cartão é movimentado

Este princípio, o da indução de força eletromotriz, é melhor explicado pela:

- a) conservação da carga elétrica
- b) conservação da energia
- c) indução eletrostática
- d) variação do fluxo magnético
- e) Lei de Coulomb

ANEXO C

Roteiro da visita ao Museu MCT/PUC-RS



COLÉGIO ESTADUAL PIRATINI

ROTEIRO PARA VISITA AO MCT-PUCRS 2003

PÚBLICO ALVO: ALUNOS DA 3ª SÉRIE

DISCIPLINA: FÍSICA DATA: 05/07/03

IDENTIFICAÇÃO

Nome.....Matrícula.....



MCT – MUSEU DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

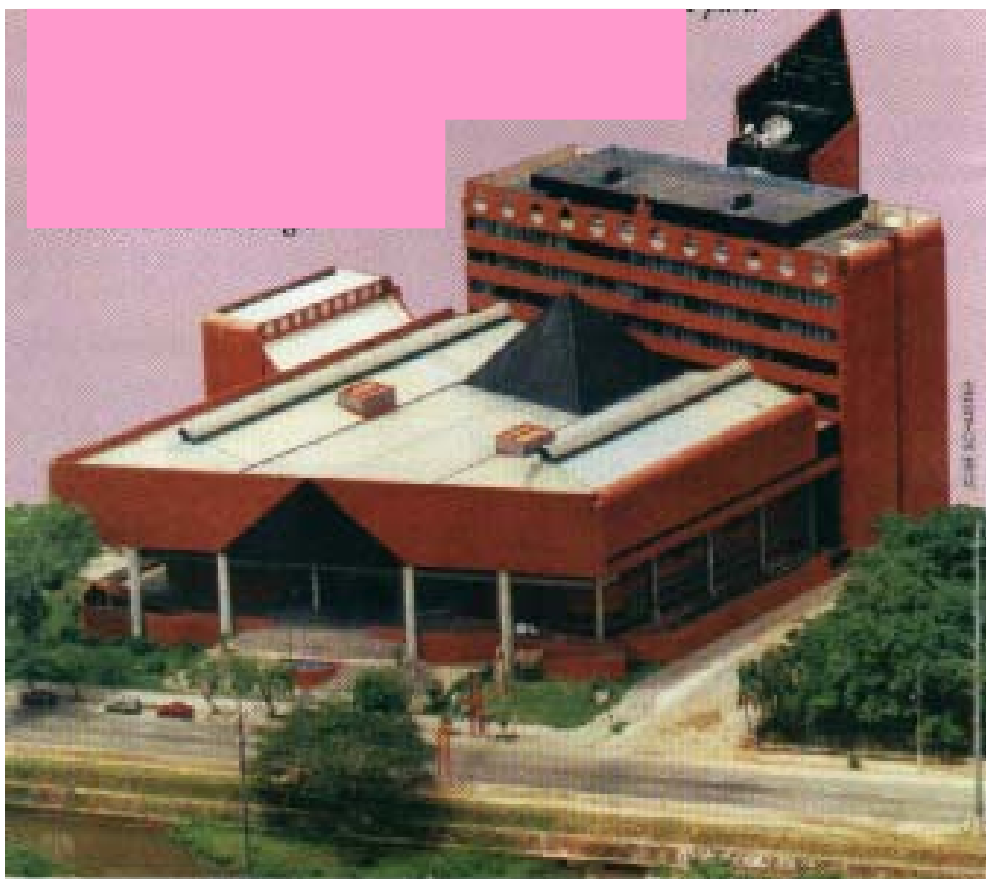
Vivemos num mundo em que a ciência e a técnica desempenham destacadas funções interferindo em quase todos os instantes de nossa vida.

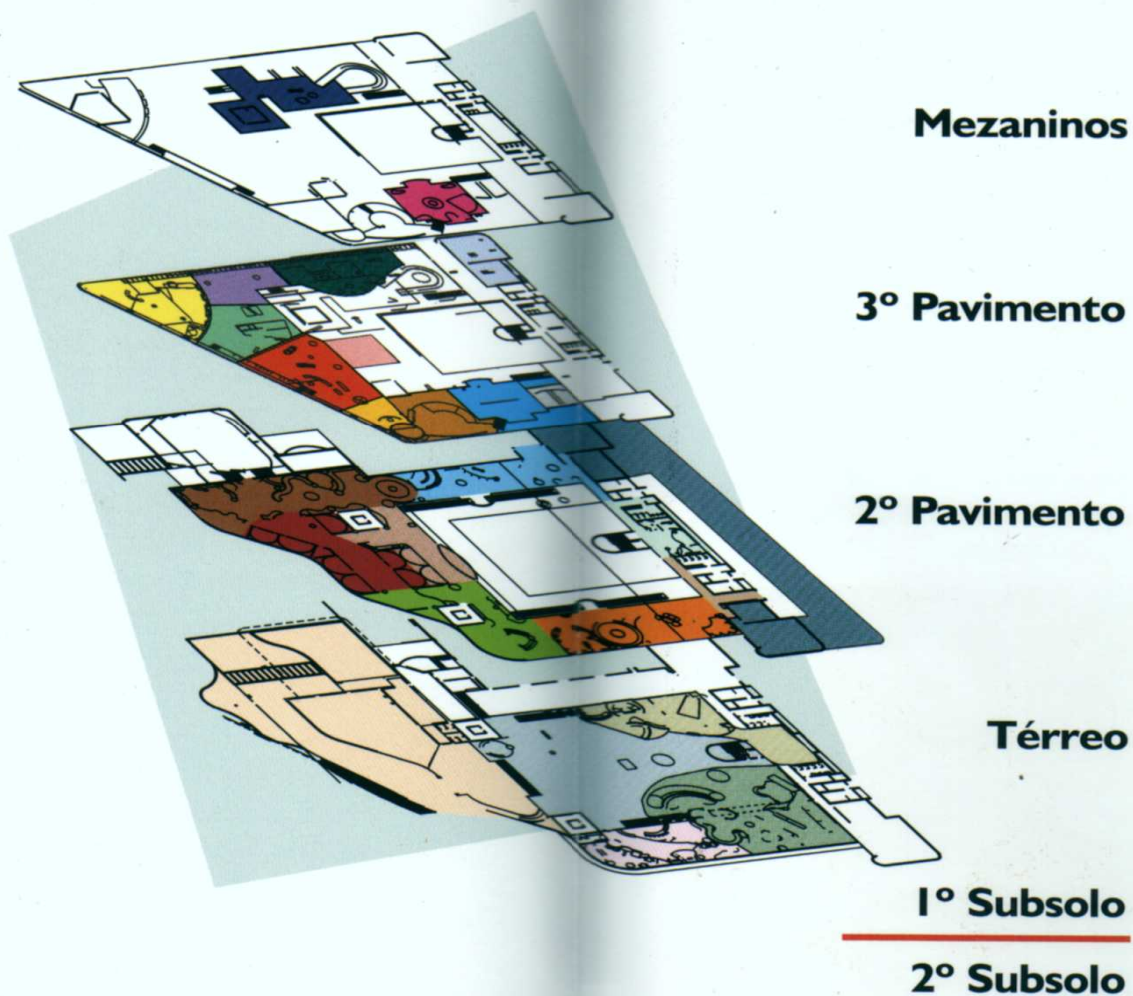
Para colocar esses conhecimentos ao alcance do público, a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do sul criou o Museu de ciência e Tecnologia – MCT num moderno prédio de 17500m² com cinco pavimentos. Os dois subsolos abrigam o grande acervo científico, laboratórios de pesquisa oficinas e administração. Os outros pavimentos com 12500m² de área são ocupados pelas exposições interativas abertas ao público.

O MCT, oferece atrações para todas as idades e interesses. Seu objetivo é despertar o espírito científico, a curiosidade e o gosto pela ciência.

Não se trata de uma coletânea de objetos do passado. São centenas de experimentos interessantes para realizar, interagir, pesquisar e observar como as coisas acontecem ou como os seres se comportam. **É uma forma atraente e lúdica de aprender.**

O MCT, como centro de referência e ponto turístico, proporciona inúmeras atrações para ocupar alegre e utilmente muitas horas.





localizar perguntar ler comparar

TÉRREO

- Saguão e serviços
- Atrações
- Educação Ambiental
- Mundo da Criança
- Interações Vivas

2º PAVIMENTO

- Universo
- Planeta Terra
- Dioramas
- Milhões de anos
- Seres Vivos
- Ser Humano
- No Passado
- Saúde
- Laboratórios
- Matemática
- Biologia
- Física
- Química
- Computação

3º PAVIMENTO

- Clube do Computador
- Força / Movimento
- Fluidos
- Luz
- Ondas e Som
- Eletricidade e Magnetismo
- Calor
- Matéria e Energia
- Tecnologia
- Mundo Virtual

MEZANINOS

- Desafios com figuras e números
- Comunicação



MUSEU DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PUCRS

Durante a realização da visita ao Museu de Ciência e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul você poderá vivenciar vários experimentos na área de Física

Estes experimentos têm caráter ludo-pedagógicos. Você se sentirá convidado, desafiado a realizar os experimentos.

Procure dar uma atenção especial aos experimentos na área do Eletromagnetismo (3º Pavimento do MCT-PUCRS).

Abaixo estão listados os experimentos em que você deverá dar uma atenção especial. Para cada experimento listado procure:

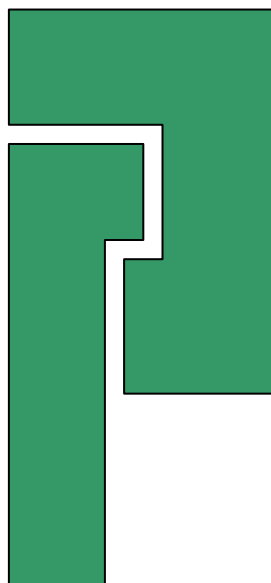
- ✓ realizar o experimento
- ✓ interagir
- ✓ pesquisar nos terminais de computador informações

teóricas sobre o experimento.

EXPERIMENTO	TÍTULO DO EXPERIMENTO
1 - 1704	Choques
2 - 1708	A Tensão
3 - 1710/1711	Ligando Resistores 01-02
4 - 1712	Acendeu
5 - 1713	Ligações Não Tão Perigosas
6 - 1725	O ímã Gigante
7 - 1732	A Bússola e a Corrente Elétrica
8 - 1734	Bússola das tangentes
9 - 1743	Quem move o condutor
10 - 1745	Meia Volta Voltar
11 - 1752	Bobina Giratória
12 - 1758	Núcleo de Ferro
13 - 1760	Proibida a Passagem
14 - 1761	O capacitor
15 - 1762	A Energia Armazenada
16 - 1764	Flash
17 - 1766	Forças de Oposição
18 - 1767	Anel Voador
19 - 1768	Alta Tensão – Relâmpagos
20 - 1777	A Luva Viva
21 - 1778	Transformador
22 - 1842	Como A TV Desenha Imagens

ANEXO D

**Roteiro para o trabalho de pesquisa a ser realizado após a visita ao Museu
MCT/PUC-RS**

**COLÉGIO ESTADUAL PIRATINI****Trabalho de Física III****2º TRIMESTRE - 2003****Assunto:****Data:****Turma:**

	COMPONENTES	Avaliação Individual
1		
2		
3		
4		

Avaliação do Grupo:

Colégio Estadual Piratini

Trabalho de Física III - 2º Trimestre

Assunto: ELETROMAGNETISMO

Fundamentado: Na visita ao MCT da PUCRGS

Nome.....



Na nossa visita realizada ao MCT você pode vivenciar várias experiências na área de Física especialmente no campo do ELETROMAGNETISMO.

Identificação

NÚMERO DO EXPERIMENTO	TÍTULO

Apresentação

Apresentação do experimento conforme as Informações do MCTPUCRS

Descrição

Escrever de forma clara e sucinta:

- ☒ Descrição do experimento e de como foi confeccionado
- ☒ Enuncie s(s) Lei(s) ou Princípio Físico em que está fundamentada a experiência

Aplicações

Exemplifique outras situações ou pares elétricos em que o princípio ou lei Física em que o experimento está fundamentado também seja empregado, explicando de forma sucinta (2 linhas) seus exemplos (2 exemplos)



ANEXO E

**Prova aplicada às turmas da Escola Técnica em Saúde do Hospital de
Clinicas de Porto Alegre**

ESCOLA TÉCNICA EM SAÚDE NO HOSPITAL DE CLÍNICAS DE PORTO ALEGRE



2003 - 12 ANOS

AValiação de Física - DATA.....

NOME.....NÚMERO.....TURMA.....

CALVIN

Bill Watterson



$$F = \frac{kQq}{r^2}$$

$$E = \frac{F}{q}$$

$$E = \frac{KQ}{r^2}$$

$$V_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$$

$$V_{AB} = Ed$$

$$V_{AB} = \frac{kQ}{r}$$

$$I = \frac{\Delta Q}{t}$$

$$R = \frac{\rho l}{A}$$

Série
 $R_T = R_1 + R_2 + ..$
 Paralelo
 $1/R_T = 1/R_1 + 1/R_2 + ..$
 $V_{AB} = RI$

$$V_{AB} = \varepsilon - ri$$

$$P = V_{AB} \cdot I$$

$$P = \frac{V_{AB}^2}{R}$$

$$P = RI^2$$

$$P = \varepsilon I$$

$$\eta = \frac{P_{dp}}{P_d}$$

$$\eta = \frac{P_u}{P_R}$$

$$i = \frac{\sum \varepsilon}{\sum R}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$$

$$B = \frac{\mu_0}{2R} I$$

$$B = \frac{\mu_0}{L} Ni$$

CÓDIGO
DO
ALUNO

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

GRADE DE RESPOSTAS

1	A	B	C	D	E
2	A	B	C	D	E
3	A	B	C	D	E
4	A	B	C	D	E
5	A	B	C	D	E
6	A	B	C	D	E
7	A	B	C	D	E
8	A	B	C	D	E
9	A	B	C	D	E
10	A	B	C	D	E
11	A	B	C	D	E
12	A	B	C	D	E
13	A	B	C	D	E
14	A	B	C	D	E
15	A	B	C	D	E
16	A	B	C	D	E
17	A	B	C	D	E
18	A	B	C	D	E
19	A	B	C	D	E
20	A	B	C	D	E

$$F_m = q v B \sin \theta$$

$$F_m = I l B \sin \theta$$

$$B = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi R}$$

$$R = \frac{mv}{qB}$$

$$\phi = B A \cos \theta$$

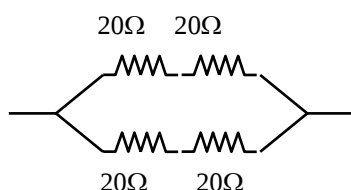
$$\varepsilon = \frac{-\Delta \phi}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = B l v$$

CONSTANTES
 $1 e = 1,6 \times 10^{-19} C$
 $K = 9 \times 10^9 Nm^2/C^2$
 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} Tm/A$
 $g = 10 m/s^2$
 $m_p = 1,6 \times 10^{-27} kg$
 $m_e = 9,1 \times 10^{-31} kg$

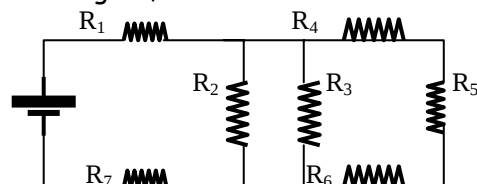
01) (UNIFOR-CE) O resistor equivalente à associação da figura abaixo, em ohms, é de:

- a) 0
- b) 20
- c) 40
- d) 60
- e) 80



02) Com relação à associação de resistores esquematizada na figura, assinale a alternativa correta:

- a) R_1 e R_4 estão em série
- b) R_1 e R_7 estão em paralelo
- c) R_2 , R_3 e R_5 estão em paralelo
- d) R_2 e R_3 estão em paralelo
- e) R_4 , R_5 e R_6 não estão em série



03) (UNISINOS-RS) Se as lâmpadas de uma árvore de Natal são todas idênticas e ligadas em série, a resistência elétrica de uma das lâmpadas é.....resistência elétrica do conjunto.

Estando o conjunto ligado na rede elétrica e o filamento de uma das lâmpadas romper então as outras lâmpadas.....

As lacunas são corretamente preenchidas, respectivamente, por:

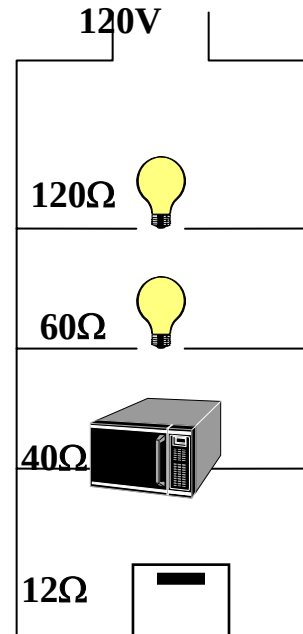
- a) igual à; apagarão
- b) menor que a; brilharão mais intensamente
- c) menor que a; apagarão
- d) maior que a; brilharão mais intensamente
- maior que a; apagarão

(UnB-DF) As questões 04 e 05 referem-se ao enunciado a seguir.

O diagrama abaixo representa uma instalação elétrica constituída de duas lâmpadas, um televisor e um ferro de engomar

04) A resistência equivalente dos quatro aparelhos elétricos é igual a:

- a) $0,11\Omega$
- b) $7,5\Omega$
- c) 48Ω
- d) 120Ω
- e) 232Ω



05) A corrente (I) total desta instalação elétrica é de:

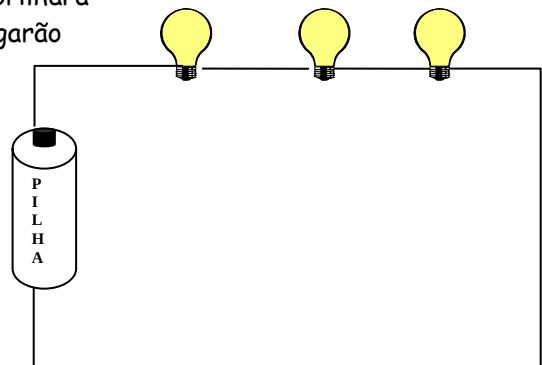
- a) $0,5\text{ A}$
- b) 1 A
- c) $2,5\text{ A}$
- d) 10 A
- e) 16 A

06) (Fafibh-MG) No circuito temos três lâmpadas iguais ligadas a uma pilha. Analise as seguintes afirmações:

- I - A lâmpada A brilha mais que B
- II - A lâmpada B tem um brilho menor que C
- III - Se a lâmpada A queimar, apenas lâmpada C brilhará
- IV - Se a lâmpada B queimar, apenas lâmpada A brilhará
- V - Se a lâmpada A queimar, todas as outras apagarão

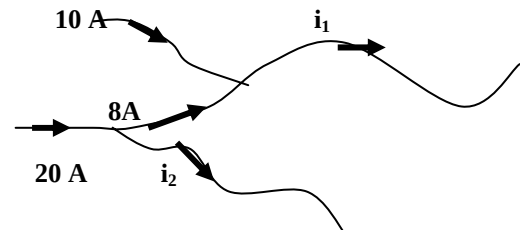
Qual a afirmativa correta?

- a) Somente a I
- b) A I e a III
- c) Somente a III
- d) A II e IV
- e) Somente a V



07) A figura abaixo representa um trecho de um circuito com fios de cobre interligados considerando as intensidades e os sentidos das correntes elétricas indicadas, podemos afirmar que i_1 e i_2 valem respectivamente:

- a) 10 A e 20 A
- b) 38 A e 12 A
- c) 38 A e 28 A
- d) 18 A e 2 A
- e) NRA



08) Assinale a alternativa correta

- a) As linhas de campo magnético entram no pólo norte e saem pelo pólo sul
- b) O ímã atrai apenas o ferro
- c) Cargas elétricas em movimento criam ao seu redor apenas um campo magnético
- d) As propriedades magnéticas se um ímã aumentam quando ele é aquecido
- e) Pólos de mesmo nome se repelem e pólos de nome contrário se atraem

09) (FUVEST-SP) A figura 1 representa um ímã permanente em forma de barra, em que N e S indicam, respectivamente, pólos norte e sul. Suponha que a barra seja dividida em três pedaços, como mostra a figura 2. Colocando-se lado a lado os dois pedaços extremos como indicado na figura 3, é correto afirmar que eles:

- a) se atrairão, pois A é pólo Norte e B é pólo Sul.
- b) se atrairão, pois A é pólo Sul e B é pólo Norte.
- c) não serão atraídos nem repelidos.
- d) se repelirão pois A é pólo Norte e B é pólo Sul.
- e) se repelirão, pois A é pólo Sul e B é pólo Norte.

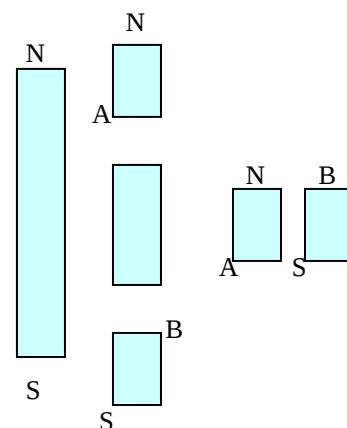
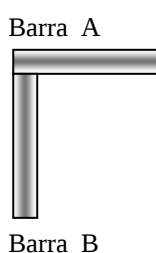


Fig 1

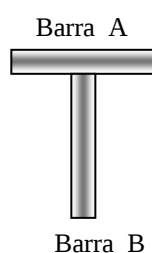
Fig 2

Fig 3

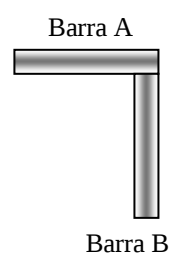
10) (Unama -AM) Há duas barras de ferro aparentemente iguais. Para estudá-las fizemos o seguinte: a mesma extremidade da barra B foi colocada em contato com três pontos da barra A, como mostram as figuras abaixo. Nos casos I e III verificam-se atrações, mas nada se verificou no caso II



I



II



III

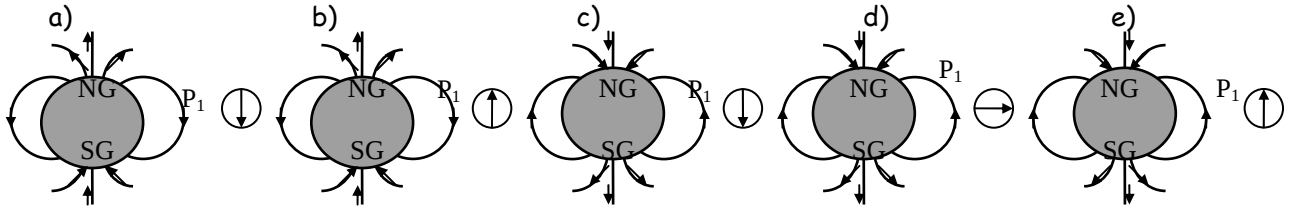
É correto afirmar que:

- a) as duas barras podem estar imantadas (serem ímãs)
- b) apenas a barra A está imantada (é ímã)
- c) apenas a barra B está imantada (é ímã)
- d) pela experiência é impossível saber qual das duas barras está imantada (é ímã)

11) Assinale a alternativa correta:

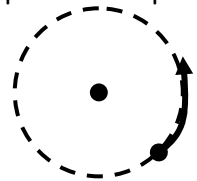
- a) Ao redor de qualquer carga elétrica existe um campo magnético
- b) Todas as substâncias podem ser imantadas
- c) Um ímã permanente nunca pode ser desimantado
- d) É impossível isolar os pólos de um ímã
- e) em um ímã existem cargas

12) (Cesgranrio) As linhas de força do campo magnético terrestre (desprezando-se a inclinação da agulha de uma bússola colocada em P_1 sobre a linha de força, são mais bem representados por):



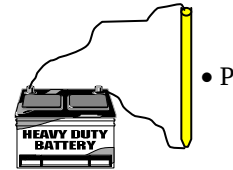
13) (U.F.Uberlândia-MG) Considerando o elétron, em um átomo de hidrogênio, como sendo uma massa pontual, girando no plano da folha, em uma órbita circular, como mostra a figura, o vetor campo magnético criado no centro da circunferência por este elétron é representado por:

- a) $\otimes$ b) $\rightarrow$ c) $\bullet$ d) $\leftarrow$ e) $\uparrow$



14) (U.Uberaba-MG) Um fio retilíneo muito longo é percorrido por uma corrente elétrica constante I e o vetor indução magnética, num ponto P perto do fio, tem módulo B . Se o mesmo fio for percorrido por uma corrente elétrica constante $2I$ o valor do módulo do vetor indução magnética no mesmo ponto P é:

- a) $\frac{B}{4}$ b) $\frac{B}{2}$ c) B d) $2B$ e) $4B$

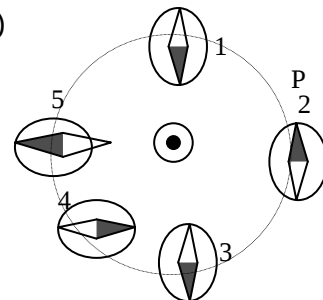


15) (FEI-SP) A intensidade do campo magnético produzido no interior de um solenóide muito comprido percorrido por uma corrente, depende basicamente:

- a) só do número de espiras do solenóide
b) só da intensidade da corrente
c) só do diâmetro interno do solenóide
d) do número de espiras por unidade de comprimento e da intensidade da corrente elétrica
e) do comprimento do solenóide

16) (UFRGS) Um fio retilíneo e muito longo, percorrido por uma corrente elétrica constante, é colocado perpendicularmente ao plano da página no ponto P . Se o campo magnético da Terra é desprezível em relação ao produzido por esta corrente, qual o número que identifica corretamente o alinhamento da agulha magnética?

- a) 1 (sentido da corrente elétrica no ponto P $\odot$)
b) 2
c) 3
d) 4
e) 5



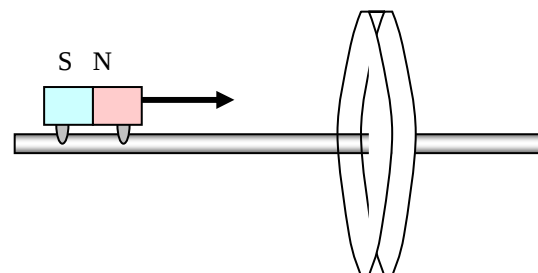
17) Considere a figura abaixo. Enquanto não passar corrente pelo condutor AB, o eixo magnético NS da agulha magnética é paralelo a AB. Faz-se passar a corrente elétrica i no sentido de A para B. Em relação ao observador que olha a montagem de cima para baixo:



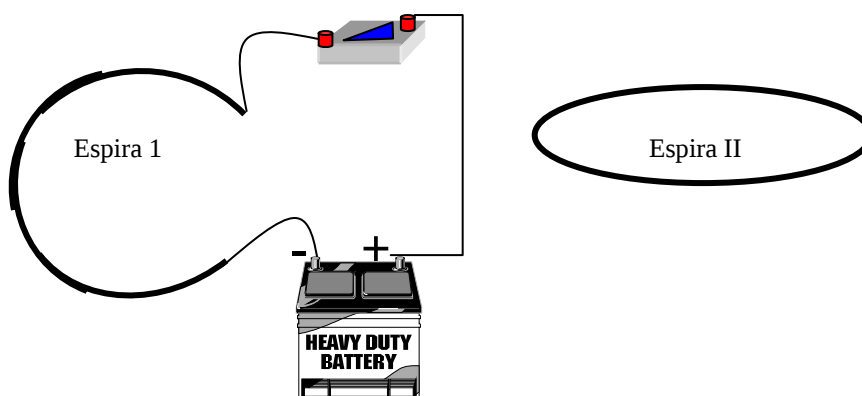
- a) a agulha desvia-se no sentido horário
- b) a agulha magnética desvia-se no sentido anti-horário
- c) o pólo norte sobe
- d) o pólo norte desce
- e) o campo magnético gerado pela corrente elétrica não age sobre o ímã

18) (FGV-SP) Um ímã, preso a um carrinho, desloca-se com velocidade constante ao longo de um trilho horizontal. Envolvendo o trilho há uma espira metálica, como mostra a figura. Pode-se afirmar que, na espira a corrente elétrica:

- a) é sempre nula
- b) existe somente quando o ímã se aproxima da espira
- c) existe somente quando o ímã está dentro da espira
- d) existe somente quando o ímã se afasta da espira
- e) existe quando o ímã se aproxima ou se afasta da espira



(EEP-SP) Duas espiras de fio condutor I e II estão próximas entre si em planos paralelos, uma delas (I) é ligada em série a uma bateria com um interruptor. A outra (II) é fechada.



19) No instante em que o interruptor é ligado, observa-se na espira II

- a) nada se pode prever
- b) nenhuma corrente circulando
- c) uma corrente que muda de sentido periodicamente
- d) uma corrente com o mesmo sentido da espira I
- e) uma corrente com sentido contrário ao da espira I

20) (Univale-SC)

O Cartão Magnético

Na tarja magnética de um cartão de crédito estão gravadas as informações do cliente. Essa tarja é constituída por um composto de ferro que é magnetizado em determinadas regiões. Assim, uma seqüência de regiões magnetizadas /não magnetizadas, como minúsculos ímã, é convertida em um código com informações pessoais.

O leitor desse código consiste em espiras de fio condutor, onde é induzida uma força eletromotriz, pelos minúsculos ímãs, enquanto o cartão é movimentado

Este princípio, o da indução de força eletromotriz, é melhor explicado pela:

- a) conservação da carga elétrica
- b) conservação da energia
- c) indução eletrostática
- d) variação do fluxo magnético
- e) Lei de Coulomb

ANEXO F

Roteiro para a construção dos experimentos clássicos do Eletromagnetismo aplicado na Escola Técnica em Saúde do Hospital de Clínicas de Porto Alegre[#]

[#]**Observação:** O material didático, apresentado a seguir, foi desenvolvido pela autora com o uso do *software* Flash MX. Nas figuras são apresentados apenas os quadros iniciais de cada uma das animações.

ELETROMAGNETISMO

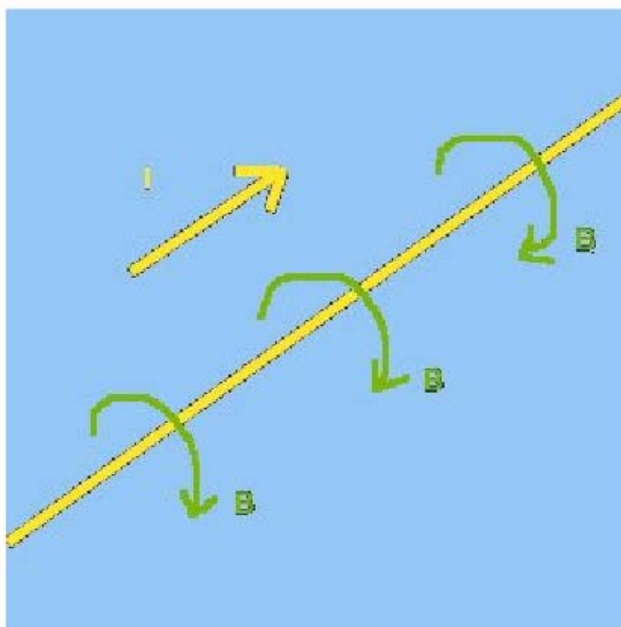
HISTÓRICO

EXPERIMENTOS

ANEL VOADOR

GUINDASTE

BALANÇO



HISTÓRICO

As descobertas dos fenômenos elétricos e magnéticos ocorreram praticamente na mesma época mas, de forma isoladas, sem que se estabelecesse qualquer vínculo entre os dois fenômenos. Enquanto a Eletricidade teve seu nascimento com Thales de Mileto que descobriu que ao atritar o âmbar com a lã este tornava-se capaz de atrair corpos leves, o magnetismo foi descoberto por Magnes que verificou que a magnetita, uma pedra preta, era capaz de atrair corpos de ferro.

A união destas duas ciências teve início com a descoberta de Oersted em 1820, a partir desta data Cientistas como Ampère, Faraday, Biot, Savat, Lenz, realizaram importantes descobertas que consolidavam cada vez mais a união da Eletricidade com o Magnetismo, até que em 1865, apoiado nos trabalhos então realizados, Maxwell publica sua Teoria Eletromagnética .



EXPERIÊNCIAS

O estudo do eletromagnetismo constitui-se por muito tempo numa sucessão de descobertas experimentais , não se integrando a uma construção teórica detalhada, em oposição ao que ocorreu na construção de muitas teorias , como por exemplo, a Teoria da Mecânica de Newton.

Ampère, Faraday, Biot, Savat e muitos outros realizaram sucessivos experimentos para confirmarem suas teorias , algumas vezes com sucesso. Faraday chegou a elaborar em seus desenhos e experimentos os protótipos do que hoje seria um transformador, o dínamo e o motor de corrente contínua.



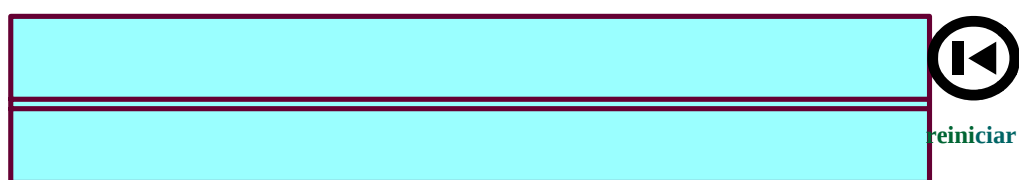
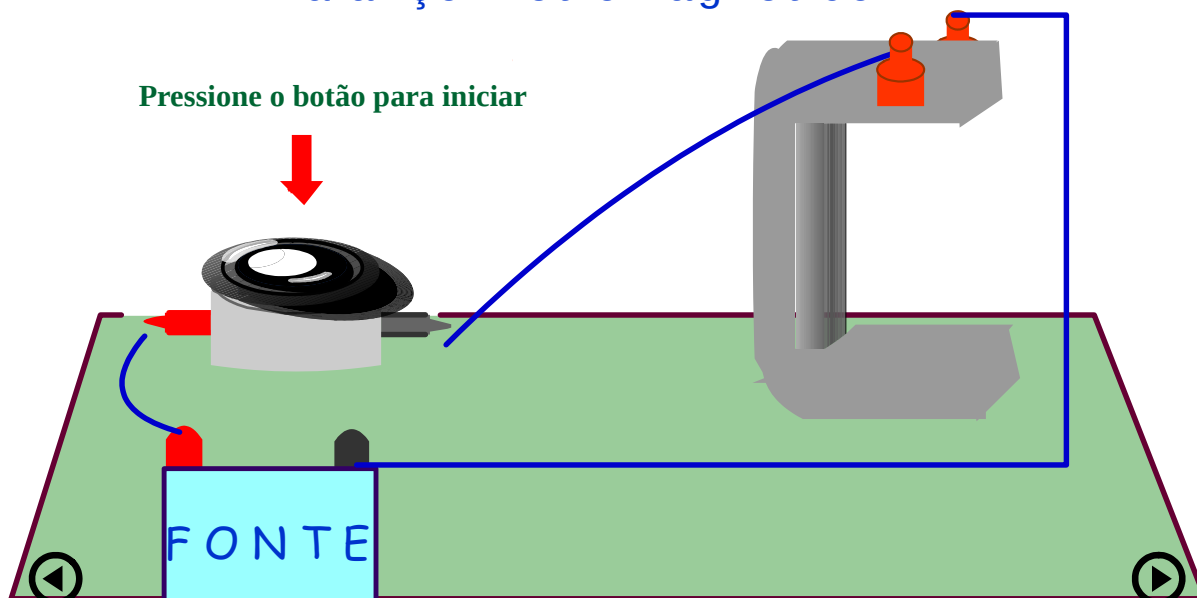
Atualmente nossa tecnologia está fundamentada nos princípios do eletromagnetismo, tais como: Lei de Lenz, Lei de Faraday, etc

A seguir são apresentadas animações que reproduzem experimentos didáticos onde os princípios do eletromagnetismo usados em muito dos equipamentos elétricos e eletrônicos , são evidenciados.

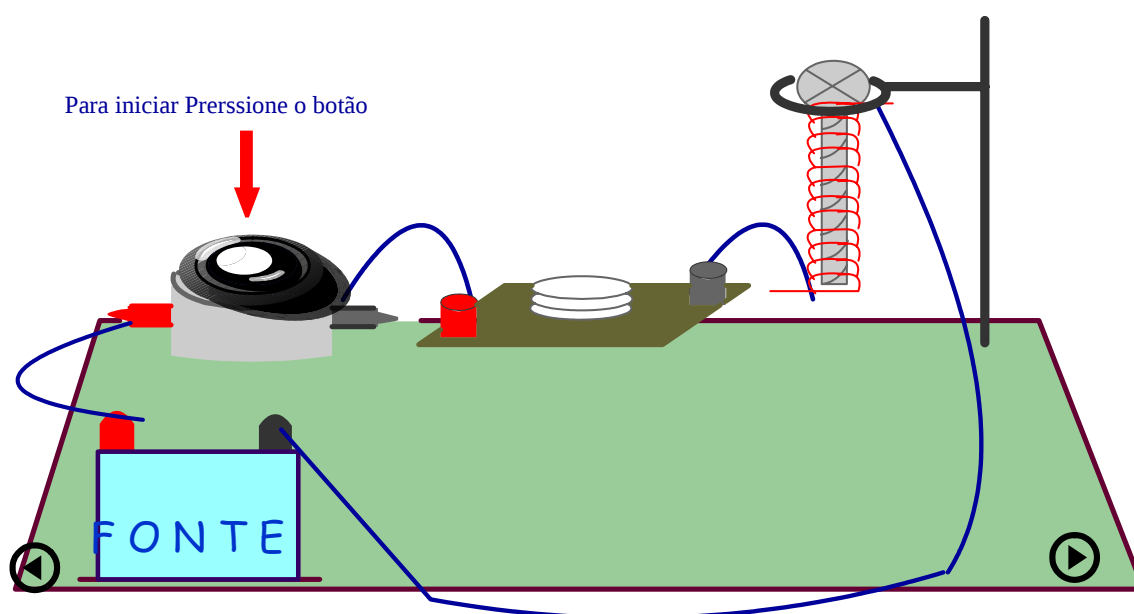


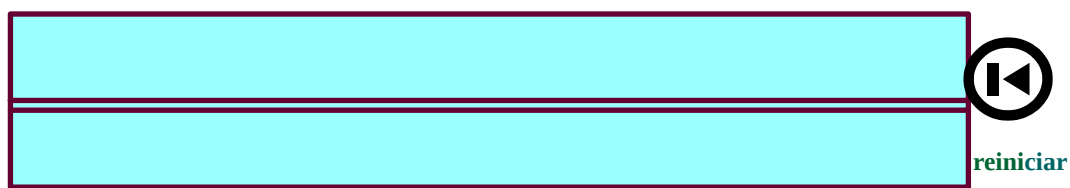


Balanço Eletromagnético



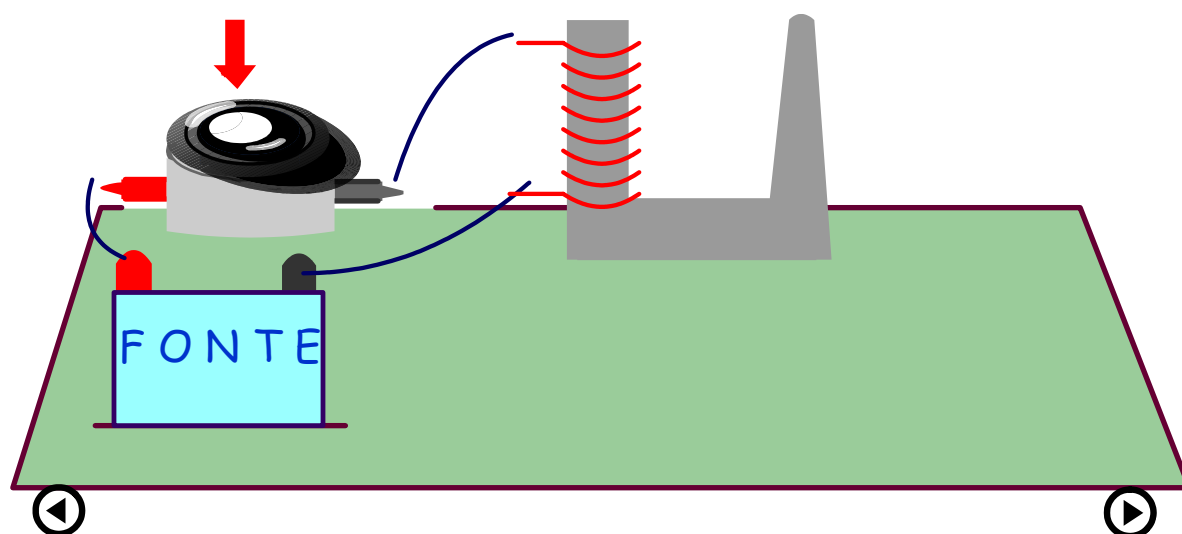
GUINDASTE ELETROMAGNÉTICO





ANEL VOADOR

Pressione o botão para iniciar



ANEXO G

**CD contendo material instrucional e as animações desenvolvidas pela
autora usando o software Flash MX**