

PRINCIPAIS DIFICULDADES DE GRADUANDOS EM QUÍMICA EM UM LABORATÓRIO INVESTIGATIVO DE FÍSICA

COMMON CHEMISTRY UNDERGRADUATES' DIFFICULTIES IN AN INQUIRY PHYSICS LABORATORY

Victor Travagin Sanches¹, Gláucia Grüninger Gomes Costa¹, Jéssica Fabiana Mariano dos Santos¹, Tomaz Catunda¹

¹Universidade de São Paulo/Instituto de Física de São Carlos, victortravagin@gmail.br

Resumo

Pesquisas em ensino de Física, tem evidenciado que dificuldades conceituais podem persistir mesmo após a conclusão das disciplinas de Física Introdutória. Para os estudantes de Química, a Física desempenha um papel fundamental, sendo citada como uma das três componentes curriculares obrigatórias pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de Química. As DCNs definem as habilidades, competências e componentes essenciais nos currículos dos cursos de todo o país. Por mais de 10 anos, temos analisado as dificuldades comuns aos estudantes de diversos cursos, na disciplina laboratório de Eletricidade e Magnetismo de nossa instituição. Neste trabalho, analisamos a inserção de atividades investigativas, em diversas turmas do curso de graduação em Química. Como ferramentas de avaliação, comparamos resultados de pré- e pós-testes de uma questão dissertativa adaptada de McDermott e o *Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test* (DIRECT). A partir destes dados, discutimos algumas das dificuldades comuns encontradas em nossa pesquisa e na literatura. Nossos resultados têm sido utilizados para propor e adaptar novas atividades para aprimorar a aprendizagem dos estudantes. Ao longo dos anos, temos sido capazes de auxiliá-los a superar muitas dificuldades conceituais propondo novas atividades, no entanto, algumas ainda persistem. Nossa experiência mostra que a pesquisa como forma de superar dificuldades conceituais persistentes é um trabalho contínuo e a longo prazo.

Palavras-chave: laboratório, graduação, aprendizagem ativa.

Abstract

Research in physics teaching has shown that conceptual difficulties may persist even after the completion of the Introductory Physics disciplines. For students of Chemistry, Physics plays a fundamental role, being cited as one of the three curricular components required by the National Curricular Guidelines (DCNs) for Chemistry courses. The DCNs define the skills, competencies, and essential components in curricula for courses across the country. For more than 10 years, we have analyzed the common difficulties to the students of several courses, in the Electricity and Magnetism laboratory of our institution. In this work, we analyze the insertion of investigative activities, in several classes of the undergraduate course in Chemistry. As evaluation tools, we compared pre- and post-test results from a McDermott-adapted question and the *Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Test Concepts* (DIRECT). From these data, we discuss some of the common

difficulties encountered in our research and literature. Our results have been used to propose and adapt new activities to improve student learning. Over the years, we have been able to help them overcome many conceptual difficulties by proposing new activities; however, some persist. Our experience shows that research to overcome persistent conceptual difficulties is a continuous and long-term action.

Keywords: laboratory, engineering, active learning.

Introdução

A literatura tem nos mostrado a necessidade da transformação das metodologias de ensino, a fim de que se contribua com a formação de profissionais mais bem preparados para os desafios tecnológicos do século XXI. Deste modo, é desejável a participação ativa dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem. Segundo Bradley (2001), os laboratórios de Física devem ser estruturados para permitir aos estudantes a participação ativa nos experimentos. Entretanto, muitas vezes, observa-se que os estudantes seguem um roteiro de tarefas sem que sejam encorajados a refletir sobre suas observações. Esta postura acarreta um ensino no formato “receita de bolo”, no qual não há compreensão profunda dos conceitos abordados (HOFSTEIN, LUNETTA, 2004).

Pesquisas em ensino de Física nas últimas décadas têm dado especial atenção ao ensino de circuitos elétricos de corrente contínua (**CC**), visto que é um tema estudado tanto no Ensino Médio quanto na Graduação. Sobre este tema é consenso que os estudantes demonstram dificuldades com os conceitos mesmo após terem cursado as aulas teóricas e de laboratório de Física (McDERMOTT, SHAFFER, 1992; DUIT, VON RHÖNECK, 1997; ENGELHARDT, BEICHNER, 2004; PLANINIC, 2006; BLANTON, 2007; MARUŠIĆ, SLIŠKO, 2012). Com o intuito de aprimorar o ensino dos conceitos fundamentais sobre circuitos CC e agregar outros elementos ao desenvolvimento dos estudantes, o laboratório Eletricidade e Magnetismo de nossa instituição foi reformulado de modo a tornar o estudante ativo no processo de ensino e aprendizagem. Para tanto, traduzimos e adaptamos os Tutoriais em Física Introdutória (McDERMOTT, SCHAFFER, 2002), de acordo com a carga horária estipulada pela instituição.

Os Tutoriais foram desenvolvidos para introduzir as atividades investigativas. Nestas atividades, os alunos fazem, inicialmente, previsões sobre os fenômenos estudados. Somente após esta etapa, realizarem os experimentos, comparam as observações com suas previsões e, por fim, redigem uma resposta que sintetize estas reflexões, argumentando a partir de evidências e hipóteses. Nestas atividades, os alunos são questionados com ênfase em suas descobertas e não na memorização e aplicação de equações algébricas. Assim, a partir de suas observações, podem inferir as relações matemáticas entre as grandezas envolvidas.

As Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino de Química, as DCNs (BRASIL, 2001), definem os princípios, fundamentos, condições e procedimentos da formação de bacharéis e licenciados em química e devem ser aplicadas em todo território nacional. Neste trabalho, não faremos distinção das habilidades por área de formação por entendermos que as fronteiras de atuação entre o licenciado e o bacharel nem sempre são tão rigorosas, havendo bacharéis que trabalham com educação e licenciados trabalhando em centros de pesquisa. Por outro lado, compreendemos as diferenças fundamentais entre as duas áreas e optamos por

tratar ambos como Químicos, por não prejudicar a compreensão e o desenvolvimento do trabalho.

Das competências e habilidades elencadas nas DCN, destacamos os trechos que se relacionam direta ou indiretamente com o laboratório de Física:

Possuir conhecimento sólido e abrangente na área de atuação, com domínio das técnicas básicas de utilização de laboratórios (...);

O domínio das técnicas básicas de utilização de laboratórios e equipamentos, interpretando criticamente as etapas, efeitos e resultados;

Possuir habilidade suficiente em Matemática para compreender conceitos de Química e de Física, para desenvolver formalismos que unifiquem fatos isolados e modelos quantitativos de previsão, com o objetivo de compreender modelos probabilísticos teóricos, e de organizar, descrever, arranjar e interpretar resultados experimentais, inclusive com auxílio de métodos computacionais.

Possuir capacidade crítica para analisar de maneira conveniente os seus próprios conhecimentos; assimilar os novos conhecimentos científicos e/ou tecnológicos e refletir sobre o comportamento ético que a sociedade espera de sua atuação e de suas relações com o contexto cultural, socioeconômico e político.

Saber trabalhar em equipe (...);

Saber interpretar e utilizar as diferentes formas de representação (tabelas, gráficos, símbolos, expressões, etc.)(...);

Ter curiosidade intelectual e interesse pela investigação científica e tecnológica (BRASIL, 2001, p4–5).

Além disso, são definidos conteúdos curriculares essenciais para os cursos de Química. Eles devem envolver teoria e laboratório, tratando de Matemática, Física e Química, dos quais destacamos o segundo:

Física: Leis básicas da Física e suas equações fundamentais. Conceitos de campo (gravitacional, elétrico e magnético). Experimentos que enfatizem os conceitos básicos e auxiliem o aluno entender os aspectos fenomenológicos da Física (BRASIL, 2001, p7).

A partir das competências, habilidades e conteúdos curriculares, concluímos que a Física, em especial o laboratório investigativo, tem potencial para o desenvolvimento dos pontos supracitados e é um ambiente rico para a pesquisa sobre ensino. Esta abordagem investigativa oferece aos estudantes a possibilidade de reflexão sobre problemas encontrados ao confrontarem suas previsões com os resultados encontrados. Eles também podem propor experimentos para que suas hipóteses sejam testadas e não se podem deixar levar por conclusões errôneas.

Como coleta e análise de dados, temos aplicado uma questão qualitativa (Figura 1) adaptada de McDermott (1992) que temos utilizado como pré e pós-teste desde 2009. Para analisar a compreensão de conceitos específicos, também temos utilizado como pré e pós-teste o “Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test”, **DIRECT** (ENGELHARDT, BEICHNER, 2004). O teste é composto por 29 questões, das quais 28 se relacionam com os conceitos abordados no laboratório. Nossa pesquisa nos mostra que os estudantes têm melhorado significativamente seu desempenho após as aulas de laboratório, embora ainda existam algumas dificuldades persistentes.

Neste trabalho, destacamos as principais dificuldades exibidas pelos estudantes. Adicionalmente, comparamos resultados de pré- e pós-testes aplicados

ao longo dos anos e filmagens das aulas de 2016 para mapear as dificuldades conceituais com relação aos circuitos CC. Por fim, comentamos sobre nossas atitudes para auxiliar os alunos na superação de suas dificuldades.

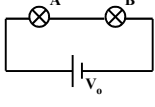
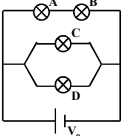
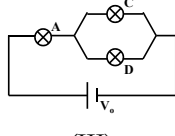
Metodologia

O Laboratório de Física Geral III - Eletricidade e de Magnetismo tem duração de um semestre, constando de 06 aulas, com quatro horas cada. Em cada turma há participação de 30 alunos, divididos em 10 grupos de três alunos. Eles realizam 06 práticas durante o laboratório, cada uma em uma aula.

A apostila que recebem consta de uma pequena parte teórica e uma série de questões, que seguem uma sequência de previsão-observação-explicação, em que os estudantes constroem as relações entre variáveis envolvidas no modelo que estão estudando. No final de cada prática, há uma lista de exercícios que serve para que os estudantes consolidem e aperfeiçoem seus conhecimentos. Os roteiros são feitos para introduzir os conceitos, sem considerar que os estudantes já possam ter estudado no Ensino Médio, visto que temos uma heterogeneidade de alunos, com alguns vindos do ensino regular, outros do técnico e outros até que já trabalharam com eletricidade. Os conceitos teóricos são introduzidos ao longo do roteiro e os experimentos são feitos em ordem crescente de dificuldade e complexidade. É solicitado aos alunos que discutam e registrem todas as questões ou experimentos e que, caso ocorra divergência de opinião entre os estudantes do grupo, isto deve ser registrado. As dúvidas relativas a cada experimento ou seção devem ser esclarecidas (através de discussão entre o grupo e/ou monitoradas pelo professor) antes de dar prosseguimento aos outros experimentos.

Os relatórios das práticas consistem das respostas de todas as questões apresentadas ao longo do roteiro, com todos os registros das discussões realizadas pelos grupos, além dos dados experimentais que obtiveram e devem ser feitos ao longo da prática, para serem entregues no mesmo dia. A avaliação é realizada através dos relatórios e provas.

Figura 1: Questão dissertativa adaptada de McDermott (1992).

| | | |
|---|---|--|
| <p>Uma lâmpada nada mais é do que uma resistência. Se essa lâmpada for ideal significa que a sua resistência é aproximadamente constante e desta forma obedece à Lei de Ohm. Suponha 4 (quatro) lâmpadas idênticas e ideais (A,B,C,D) e uma bateria ideal (V_0), compondo os circuitos, nos esquemas (I, II, III) abaixo. Para cada caso [(I), (II) e (III)], classifique as lâmpadas, por ordem de luminosidade. Explique sucintamente o seu raciocínio em cada caso.</p> | | |
|  <p>(I)</p> |  <p>(II)</p> |  <p>(III)</p> |

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para a avaliação do material, aplicamos a mesma questão conceitual adaptada de McDermott, como um pré-teste e um pós-teste (Figura 1). O pós-teste é aplicado na última aula do curso, aproximadamente 3 meses após a prática experimental relativa a estes conceitos. Também aplicamos 28 das 29 questões do DIRECT como pré-teste e pós-teste (a questão descartada não pertence a ementa do curso). As questões do DIRECT podem ser agrupadas em 11 objetivos, relacionados a diferentes características dos circuitos elétricos CC. A partir da comparação das respostas dos alunos nos pré- e pós-testes, somos capazes de

notar se houve ou não aumento na quantidade de estudantes que responderam corretamente cada questão. Desta forma, mapeamos as principais dificuldades dos estudantes para propormos novas atividades e materiais complementares, com o intuito de favorecer a aprendizagem.

Resultados

Os resultados aqui apresentados foram coletados entre 2013 e 2017, com exceção do ano de 2015. No total, houve a participação de 221 estudantes do curso de Química. Para facilitar a discussão, os resultados são divididos em: Questão Dissertativa e DIRECT.

Questão Dissertativa

Ao analisarmos as respostas, desta questão, julgamos como resposta correta aquelas que estabeleciam a relação de ordenação da luminosidade e a justificativa corretas. Nestes 4 anos, a porcentagem de alunos que acertou corretamente a questão, no pré-teste, orbita em torno de 12,5%, variando pouco entre os anos. No entanto, no pós-teste, a média é de 31,9%, exibindo uma melhora significativa ($\Delta=19,4\%$). Outro ponto interessante que pudemos observar é que, nas justificativas dadas nos pós-testes, os estudantes utilizaram justificativas conceituais como alternativa ao uso de algoritmos, contrariamente ao observado no pré-teste. Este resultado demonstra uma melhora na argumentação dos estudantes, pois eles são capazes de construir raciocínios mais complexos que nos pré-testes, onde as respostas são justificadas majoritariamente pela interpretação de equações.

Visto que esta é uma questão dissertativa, podemos analisar a argumentação dos alunos. Uma dificuldade, que é citada constantemente na literatura, relaciona-se ao pensamento de que a 1ª lâmpada gasta corrente. Observamos que, no pré-teste das partes (I) e (II), 17,6% dos estudantes fornecem essa resposta, como a fala do aluno, ao se referir ao circuito (I):

A > B e C = D. A > B pois uma parte da corrente é perdida em A. C = D a corrente que passa em C e D é a mesma (Aluno A).

Outras concepções errôneas detectadas, se referem ao fato da tensão ficar “retida” e a lâmpada que recebe corrente primeiro, ter maior brilho, como ilustrado pelas falas de dois alunos, respectivamente:

A > C = D > B. A terá maior brilho que B, uma vez que parte da voltagem inicial será retida em A, deixando uma menor voltagem para B, terá a mesma luminosidade que D, de modo que A > C = D > B (Aluno B).

A > C = D > B. AB: A > B. CD: C = D. A lâmpada que recebe a carga primeiro possui maior luminosidade (Aluno C).

DIRECT

A Tabela 1 apresenta o percentual de respostas corretas dos alunos pré- e no pós-teste do DIRECT, de acordo com temas abordados (objetivos).

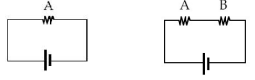
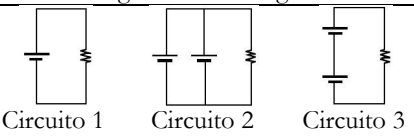
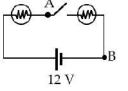
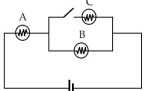
Tabela 1: A tabela contém a média da porcentagem de alunos que respondeu corretamente cada uma das questões de cada um dos 11 objetivos no pré- e no pós-teste e sua diferença. As questões em negrito são aquelas que ainda apresentam baixa taxa de acerto, mesmo no pós-teste.

| Objetivos | Questões | Pré (%) | Pós(%) | Δ (%) |
|-----------|-----------------------|---------|--------|--------------|
| 1 | 10, 19, 26 | 55 | 62 | 07 |
| 2 | 9, 18 | 48 | 55 | 07 |
| 3 | 26 | 72 | 80 | 08 |
| 4 | 5, 14, 22 | 46 | 71 | 25 |
| 5 | 4, 13, 21 | 53 | 61 | 09 |
| 6 | 2, 12 | 12 | 25 | 13 |
| 7 | 3, 20 | 51 | 61 | 10 |
| 8 | 8, 17 | 61 | 85 | 24 |
| 9 | 1, 11 | 22 | 23 | 02 |
| 10 | 7, 16, 24 | 55 | 61 | 06 |
| 11 | 6, 15, 23, 25, 27, 28 | 30 | 46 | 16 |

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os objetivos agrupam diferentes questões que abordam o mesmo tema. No Quadro 1 são apresentadas as questões do DIRECT que contemplam os objetivos 6, 9 e 11¹. O objetivo 6 aborda potência elétrica e trabalho. Potência não é tratada extensivamente no laboratório e trabalho não é mencionado, sendo assim, os estudantes exibem uma dificuldade advinda das disciplinas teóricas, nas quais estudaram estes conceitos antes de fazerem o pós-teste. O mesmo vale para o objetivo 9, pois no laboratório, os conceitos são tratados de forma qualitativa, sem entrar em detalhes sobre a natureza da corrente. Já o objetivo 11, que diz respeito à diferença de potencial, é bastante tratado no laboratório, sendo que a prática inclui duas atividades muito semelhantes às questões 27 e 28, e utilizam as mesmas figuras. Desta forma, concluímos que este é um problema difícil de ser superado, pois, mesmo com nossos esforços e os esforços dos professores das disciplinas teóricas, a maioria dos estudantes ainda apresenta dificuldades.

Quadro1:Objetivos que os estudantes apresentam dificuldades, mesmo no pós-teste e suas respectivas questões

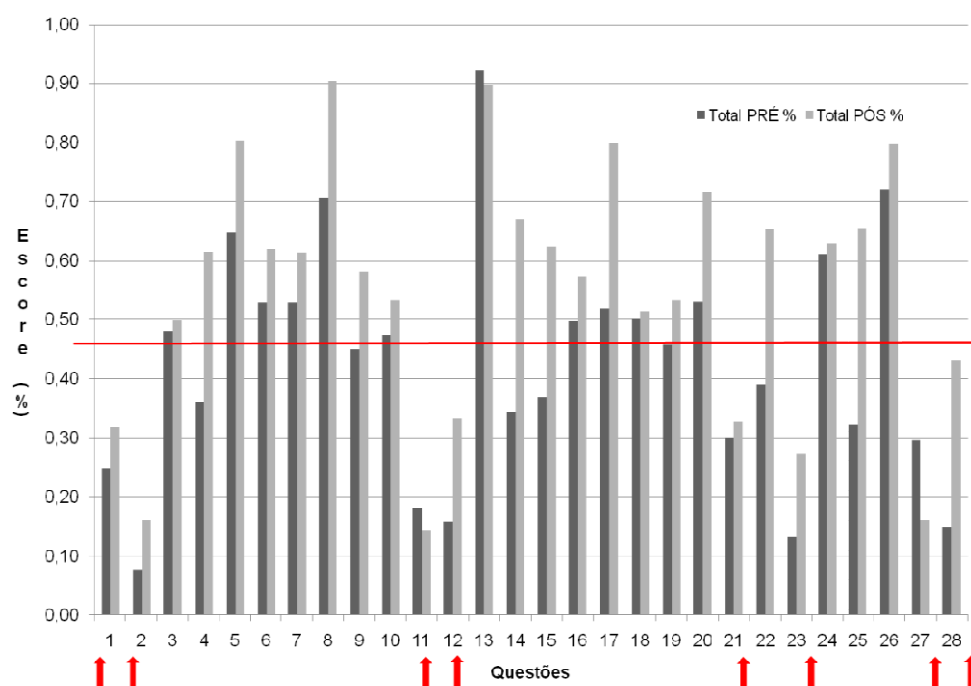
| | |
|---|--|
| Objetivo 6 - Aplicar o conceito de potência e trabalho em uma variedade de circuitos | |
| 2) Quando o resistor B é adicionado ao circuito 1 (vide Fig.2), a potência liberada pelo resistor A : |  <p>Figura 1 Figura 2</p> |
| 12) Considere a potência liberada para cada um dos resistores mostrados nos circuitos ao lado. Qual(is) circuito(s) tem a MENOR potência liberada? |  <p>Circuito 1 Circuito 2 Circuito 3</p> |
| Objetivo 9 - Explicar os aspectos microscópicos da corrente elétrica, utilizando termos como campo elétrico, diferença de potencial e das interações entre as partículas | |
| 1) As cargas são gastas quando acendemos uma lâmpada? | |
| 11) Por que a lâmpada em sua casa acende quase que instantaneamente quando você liga o interruptor? | |
| Objetivo 11 -Aplicar o conceito de diferença de potencial a uma variedade de circuitos, incluindo o conhecimento de que a diferença de potencial em um circuito em série se soma e em um circuito em paralelo continua a mesma | |
| 23) Se você <u>dobra</u> a corrente fornecida pela bateria, a diferença de potencial dobra? | |
| 27) Qual é a diferença de potencial entre os pontos A e B ? |  <p>12 V</p> |
| 28) O que acontece ao brilho das lâmpadas A e B quando a chave é <u>fechada</u> ? |  |

Fonte: Elaborado pelos autores.

¹Suprimimos as alternativas das questões pela limitação de espaço no trabalho, mas o DIRECT (2004) está disponível online para consulta mais acurada.

Analisando o Gráfico 1, observamos que as questões em que os alunos apresentam dificuldades são as mesmas representadas pelos objetivos supracitados. O objetivo 11 é composto por 6 questões, porém em 3 delas (23, 27 e 28) os estudantes não apresentam bom desempenho enquanto que nas outras 3 a porcentagem de estudantes que as respondem corretamente é maior que 50%. Portanto, apesar de um desempenho geral baixo, algumas das questões os estudantes tiveram resultado satisfatório.

Gráfico 1: Gráfico genérico da porcentagem de alunos de uma mesma turma que responderam corretamente cada questão do DIRECT. As setas indicam as questões que menos de 50% dos alunos acertam, mesmo no pós-teste.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em 2016, também realizamos filmagens em vídeo e áudio de quatro grupos do Bacharelado em Química, das quais pudemos observar o desenvolvimento do pensamento científico dos estudantes e a construção dos modelos físicos a partir de suas discussões. Nas filmagens, pudemos confirmar as dificuldades evidenciadas pelos objetivos do DIRECT.

Considerações Finais

A partir das análises das respostas do pré- e pós-teste (Questão Dissertativa e DIRECT) pudemos identificar as dificuldades mais comuns nos estudantes de Bacharelado em Química com relação a conceitos fundamentais de circuitos elétricos CC.

Na questão dissertativa, fomos capazes de observar que dificuldades comuns na literatura, como a corrente ser consumida em algum componente, bem como confusões entre resistência, potencial e corrente elétrica puderam ser observadas. Além disso, notamos que a argumentação dos estudantes nas justificativas do pós-teste são mais estruturadas em raciocínio lógico e menos em algoritmos, comparando com o pré-teste.

Por meio do teste DIRECT, observamos que algumas dificuldades são persistentes, como aspectos microscópicos da corrente elétrica e potência. Estes temas não são tratados com profundidade em nosso laboratório, mas o são na disciplina teórica. Assim, fomos capazes de identificar deficiências na aprendizagem de outra disciplina. Além disso, ao analisarmos as gravações realizadas em 2016, pudemos observar as mesmas dificuldades identificadas no DIRECT, sendo este teste uma ferramenta eficaz para esta finalidade.

Acreditamos que os avanços e dificuldades apontados neste trabalho, podem servir de estímulo para a proposta novas atividades e estratégias de ensino investigativo, almejando uma formação completa e ampla dos estudantes.

Referências

- Brasil, *CNE/CES 1303, de 06 de novembro de 2001, que institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Química*, (Ministério da Educação, Brasília, 2001). Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/130301Quimica.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2018.
- Blanton, P. (2007). Developing an inquiry lesson, *Physics Teacher*, 45(1), 56-57.doi: 10.1119/1.2409515
- Bradley J. D. (2001). UNESCO/IUPAC-CTC Global Program in Microchemistry, *Pure and Applied Chemistry*, 73,1215-1219.
- Duit, R., & von Rhöneck, C. (1997). Learning and understanding key concepts of electricity. *Connecting research in physics education with teacher education*, 1-6.
- Engelhardt, P.V.,Beichner, R.J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits, *American Journal of Physics*, 72(1), 98–115.doi: 10.1119/1.1614813
- Hofstein, A.;Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201–217.
- Marušić, M.; Sliško, J. (2012).Influence of Three Different Methods of Teaching Physics on the Gain in Students' Development of Reasoning.*International Journal of Science Education*. 34(2), 301–326.doi: 10.1080/09500693.2011.582522
- Mcdermott, L.C.; Shaffer, P.S. (1992). Research as a guide to curriculum development: an example from introductory electricity. Part I: investigation of student understanding. *American Journal of Physics*, 60(11), 994-1003.doi: /10.1119/1.17003
- Mcdermott, L.C.; Shaffer, P.S. (2002).Tutorials in Introductory Physics. New Jersey: Prentice-Hall.
- Planinic, M. (2006).Assessment of difficulties of some conceptual areas from electricity and magnetism using the Conceptual Survey of Electricity and Magnetism. *American Journal of Physics*, 74(12), 1143-1148. doi: 10.1119/1.2366733