



Aprender

CIRCUITOS ELÉTRICOS

com estações laboratoriais para desenvolver
competências metacognitivas

Ana Rita Mota¹, João Lopes dos Santos¹, Cleci T. Werner da Rosa^{2#} 

¹Centro de Física das Universidades do Minho e do Porto, Departamento de Física e Astronomia, Universidade do Porto, Portugal.

²Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade do Passo Fundo, RS, Brasil.

Palavras-chave

metacognição
estações laboratoriais
circuitos elétricos
resistência elétrica
tensão elétrica
corrente elétrica

Resumo

Décadas de investigação confirmam que somente uma pequena percentagem de alunos do Ensino Médio (e ensino superior) desenvolve uma compreensão profunda e significativa de circuitos elétricos. Aprender em equipe através do modelo das estações laboratoriais tem-se revelado promissor no contexto do ensino de física. Neste artigo, são apresentadas oito estações laboratoriais sobre circuitos DC, com a duração de 15 minutos cada, que podem ser utilizadas no ensino fundamental e/ou Ensino Médio. As estações foram construídas a partir de indicadores internacionais sobre o tema e foram concebidas para estimular o desenvolvimento de competências metacognitivas.

1. Introdução

Datam da década de 80 do século passado os primeiros esforços para avaliar e melhorar a compreensão conceitual dos alunos sobre circuitos elétricos [1-4]. Não obstante, 30 anos depois de McDermott e Shaffer [1] terem feito uma das pesquisas mais aprofundadas nesta área, investigações recentes continuam a indicar que a compreensão de circuitos elétricos simples é desafiante para a maioria dos estudantes [5, 6].

É pouco provável que os alunos do ensino fundamental tenham concepções alternativas relacionadas com os conceitos de

corrente elétrica e/ou diferença de potencial elétrico (tensão elétrica ou *d.d.p.*), uma vez que eles são abstratos e não se manifestam diretamente em sua experiência cotidiana. Contudo, ideias equivocadas persistem frequentemente no Ensino Médio, e até mesmo no ensino superior, identificadas pelo uso de expressões como “a corrente elétrica é gasta pelas lâmpadas”, isto é, vai se gastando à medida que passa por um receptor, ou que “a *d.d.p.* nos terminais de um receptor depende da distância à fonte de energia” [1, 6, 7].

A investigação aponta alguns obstáculos que dificultam uma aprendizagem cienti-

Investigações recentes continuam a indicar que a compreensão de circuitos elétricos simples é desafiante para a maioria dos estudantes

#Autor de correspondência. E-mail: cwerner@upf.br.

Este é um artigo de acesso livre sob licença Creative Commons



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

ficamente válida sobre circuitos elétricos e impedem que o aluno desenvolva um quadro teórico sólido de referência. Estas dificuldades decorrem, muitas vezes, de aulas majoritariamente expositivas, com pouca ou nenhuma atividade experimental [6], e estão relacionadas com:

- a identificação de um circuito elétrico fechado (*para um elemento fazer parte de um circuito completo, deve haver um caminho interno entre os seus terminais, que devem ser conectados a terminais diferentes da fonte através de caminhos condutores contínuos*);
- a distinção entre elementos de um circuito em série e em paralelo;
- a possibilidade de o mesmo circuito elétrico ser apresentado de maneiras diferentes (*os alunos têm dificuldade em perceber que é a topologia de ligações e nodos que define um circuito, não a geometria da sua representação*);
- a distinção entre o conceito de corrente elétrica e o conceito de *d.d.p.* (*a maioria dos alunos usa “corrente elétrica” e “d.d.p” como sinônimos*);
- o conceito de resistência equivalente (*é uma abstração difícil de perceber e confunde-se a corrente elétrica e/ou a d.d.p. em um determinado ramo com a corrente elétrica e/ou a d.d.p. da resistência equivalente*);
- a dificuldade em perceber o que se altera (em termos de *d.d.p* e corrente elétrica) quando se colocam/removem receptores/baterias em série e/ou em paralelo.

Tal como acontece com outros temas de física, as investigações indicam que as sequências didáticas tradicionais sobre corrente elétrica apostam, sobretudo, no desenvolvimento de competências de manipulação de fórmulas. Trata-se de uma aprendizagem fácil, uma vez que pode ser desenvolvida com base na imitação e na memorização de processos algorítmicos, válidos apenas em situações muito restritas, em oposição a uma aprendizagem robusta e consistente, baseada em conceitos cientificamente validados e suas relações, aplicável em múltiplos contextos [8]. O sucesso na resolução de problemas não assegura a apropriação de um quadro de conceitos e relações que possibilitem o pensar autônomo sobre circuitos elétricos. Isso requer abordagens mais concetuais, em detrimento da insistência em questões acadêmicas, com menor ou maior grau de complexidade matemática.

Neste contexto de busca por um pensar autônomo emerge a metacognição; uma forma de pensamento que está associada ao olhar do sujeito para os próprios processos cognitivos. A metacognição está relacionada com a consciência dos processos cognitivos e de autorregulação e com a gestão desses processos em relação à tarefa de aprendizagem, incluindo a seleção consciente de estratégias e a adequação destas à tarefa [9].

Essa compreensão, ainda que esteja em constante modificação e ajustes, em virtude das diferentes áreas atreladas a ela, acaba por melhorar a aprendizagem, pois os alunos controlam e monitoram seus pensamentos e suas ações.

No presente estudo, esse controle e monitoramento da própria compreensão é proposto por meio de um conjunto de atividades que levam os estudantes a tomar decisões, no seio do grupo, de forma consciente e controlada. Esse processo inclui a reflexão e posterior análise dos seus conhecimentos e o planejamento e gestão das suas ações, possibilitando a apresentação de soluções aos problemas dentro de uma estrutura de pensamento de

natureza metacognitiva.

Algumas abordagens, mais consensuais, apresentam a d.d.p. como o conceito primário ao analisar circuitos elétricos, ao mesmo tempo que enfatizavam que a tensão elétrica se relaciona com a diferença de energia (potencial) de cada elétron entre dois pontos

2. Diferença de potencial elétrico

Para alguns autores, o principal obstáculo para a aprendizagem significativa de circuitos elétricos é a compreensão da grandeza física tensão elétrica. Por esse motivo, é decisivo que a abordagem deste tema se foque neste conceito em particular; é importante compreender que a tensão elétrica se trata de uma quantidade que se refere a dois pontos (distintos) num circuito e que atua como a causa da corrente. Algumas abordagens, mais consensuais, apresentam a *d.d.p.* como o conceito primário ao analisar circuitos elétricos, ao mesmo tempo que enfatizavam que a tensão elétrica se relaciona com a diferença de energia (potencial) de cada elétron entre dois pontos [5,10].

Outras abordagens tentaram fazer uso de analogias [5, 11] para facilitar a compreensão de circuitos elétricos simples. A ideia é tornar os conceitos abstratos mais fáceis de compreender para os alunos, comparando-os a fenômenos conhecidos no seu dia a dia ou a experiências que tiveram. Contudo, as analogias têm suas limitações e requerem tempo de adaptação, constituindo, muitas vezes, um elemento curricular por si só [5, 6, 12].

3. Modelo das estações laboratoriais

O modelo das estações laboratoriais [13-14], enquadrado em uma perspectiva colaborativa, mais propriamente no modelo *Team-Based learning*, aposta em atividades metacognitivas para serem realizadas em grupo. Este modelo envolve ativamente os alunos em sua aprendizagem, fomentando a cooperação entre os elementos do grupo e a capacidade de decisão.

Em cada aula são montadas de quatro a cinco estações¹ independentes, uma em cada bancada. Os alunos, divididos em grupos², têm um tempo pré-definido para realizar as estações, cumprindo as diferentes atividades e tarefas práticas propostas.

Essas atividades/tarefas são diversificadas. Algumas são simples, como observar, medir, registrar dados e explorar materiais e equipamentos, enquanto outras são mais complexas, envolvendo todos os passos do raciocínio científico, como testar hipóteses e planejar e executar experiências para responder a uma questão-problema sobre um dado fenômeno. Algumas questões/atividades propostas podem exigir que os alunos respondam por escrito, outras incluem a realização de simulações e/ou elaboração de planos para serem apresentados oralmente ao professor que avalia, imediatamente, o desempenho do grupo. Essa diversidade oferece múltiplas oportunidades para aplicar os mesmos conceitos em contextos diferentes, para refletir sobre as experiências realizadas e daí partir para generalizações.

As estações têm a mesma duração e são independentes, uma vez que os alunos as percorrem em ordens diferentes. As respostas dadas, algumas em tempo real, informam o professor das aprendizagens conseguidas e/ou da necessidade de serem revisitadas em aulas posteriores. Por outro lado, o professor, ao supervisionar os alunos nas diversas atividades, pode avaliar o modo como eles manipulam, interagem, discutem ideias, aplicam e formam conhecimento.

Na construção das estações, há uma procura deliberada de situações que podem expor os erros que a literatura mostra serem mais comuns entre alunos [1, 8]. O conflito conceitual assim criado e confrontado é necessário para que alguns alunos possam atingir uma compreensão aprofundada dos diferentes conteúdos.

Para além de possibilitar uma avaliação formativa sistemática e um *feedback* rápido, este modelo apresenta também vantagens sob o ponto de vista logístico.

Na construção das estações, há uma procura deliberada de situações que podem expor os erros que a literatura mostra serem mais comuns entre alunos

Na maioria das situações, um exemplar de cada aparelho/material é suficiente, uma vez que os alunos percorrem todas as estações e, como os materiais estão geralmente guardados em *kits* portáteis, qualquer sala de aula pode funcionar como um laboratório! Por outro lado, sendo um modelo de aprendizagem colaborativo, a motivação dos alunos aumenta, pois, nestas aulas, eles se encontram mentalmente ativos por manipularem materiais do seu cotidiano.

4. Estações laboratoriais desenvolvidas

Para o presente estudo, foram elaboradas oito estações, divididas em duas aulas (Anexo 1). Os tópicos discutidos em cada estação, com duração de 15 minutos, encontram-se na Tabela 1.

Todas as estações foram construídas com base em indicadores internacionais sobre o tema, dando-se especial atenção ao conceito de *d.d.p.* entre dois pontos (em circuitos abertos e/ou fechados). Além disso, procurou-se usar circuitos semelhantes por meio de esquemas (aparentemente) diferentes.

Nas Figs. 1 e 2, apresentam-se as fotografias das estações. O material necessário a cada atividade encontra-se no Anexo 2. Note que as estações foram contempladas em duas aulas, sendo que na Aula 2, as estações 5, 6, 7 e 8 foram sinalizadas por 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

5. Discussão

Apresentam-se alguns excertos de estações que envolveram maior discussão por parte dos alunos.

A Fig. 3 mostra a questão 5 da Estação Laboratorial 1 (Anexo 1), na qual os alunos mostraram dificuldade

Tabela 1: Tópicos discutidos por estação laboratorial (EL).

Tópicos	EL
• O que é necessário para haver corrente elétrica?	1, 4
• Capacidade de tradução de representações simbólicas de circuitos em circuitos físicos	1, 2, 5, 6, 7
• Diferença de potencial elétrico em circuitos em série, com múltiplas baterias	1
• Bons e maus condutores elétricos	2
• Identificação de circuitos elétricos em série e/ou em paralelo	1, 3, 4, 6, 7
• Diferença de potencial elétrico em circuitos abertos e/ou fechados	3, 7
• Diferença de potencial elétrico em circuitos em série e/ou em paralelo	3, 4, 6, 8
• Corrente elétrica em circuitos em série e/ou em paralelo	2, 4, 6, 7, 8
• Resistência e Lei de Ohm	5
• Brilho/potência dissipada e diferença de potencial elétrico de lâmpadas em circuitos com lâmpadas em série ou em paralelo	6, 7, 8
• Ramos com resistência nula e/ou curto-circuito	3, 8
• Resistência equivalente	4

em identificar as situações em que há corrente elétrica no circuito. Apesar da análise de circuitos com múltiplas baterias não fazer parte do programa, a turma tinha material (pilhas de diferentes tensões elétricas)

para experimentar e verificar que apenas nas situações B e D há corrente elétrica [15].

O esquema da Fig. 4 foi apresentado na Estação Laboratorial 3 (Anexo 1) e foi um dos mais exigentes.

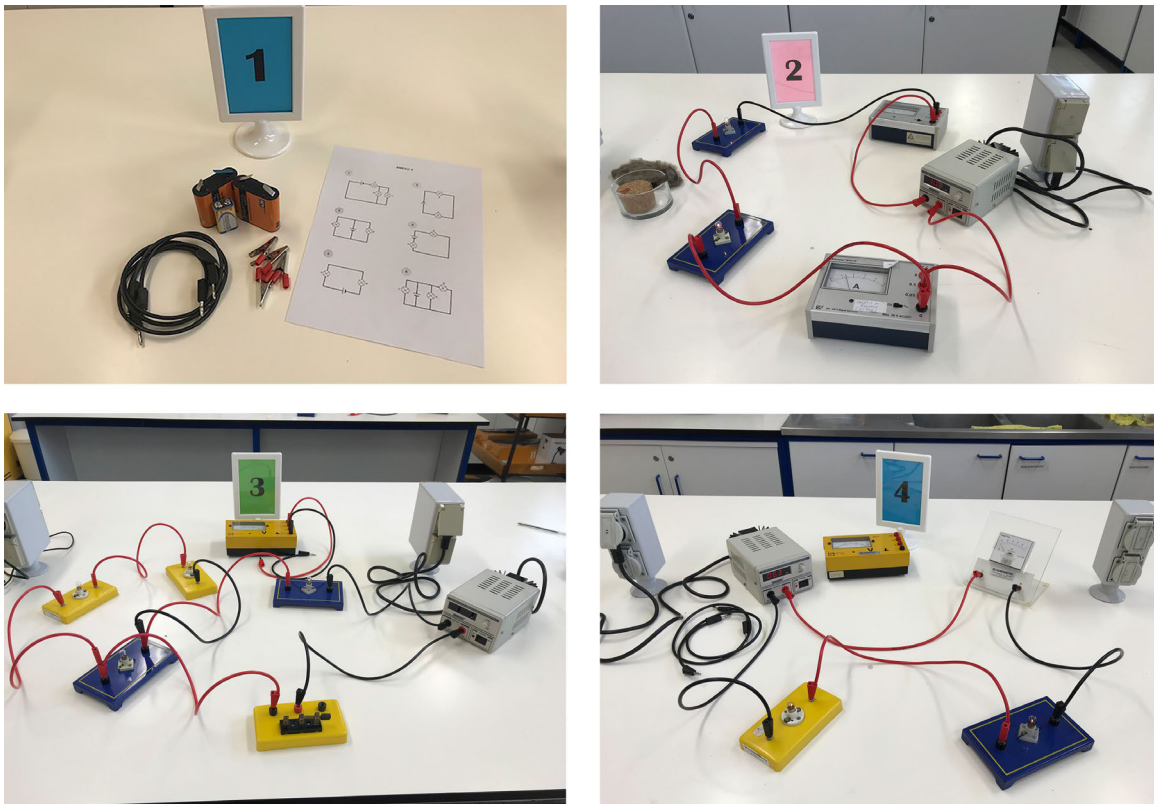


Figura 1 - Fotografias de cada uma das estações da primeira aula.



Figura 2 - Fotografias de cada uma das estações da segunda aula.

5. Observa os esquemas A, B, C e D. Selecciona o(s) esquema(s) em que a lâmpada acende.

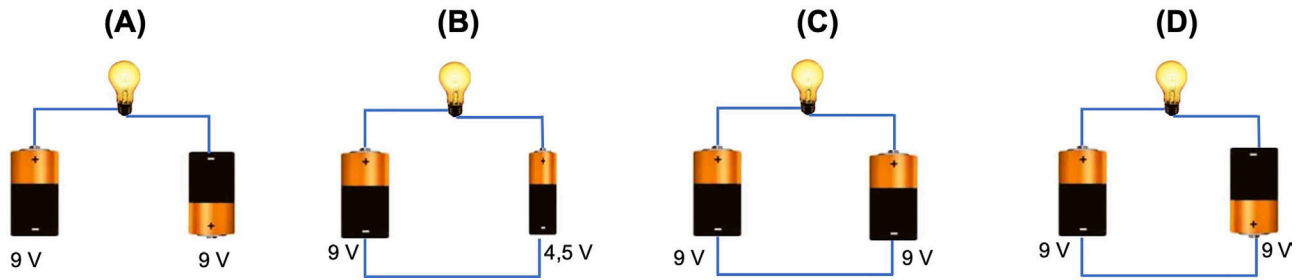
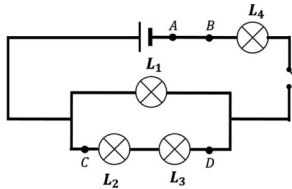


Figura 3 - Excerto da Estação Laboratorial 1.

O esquema seguinte diz respeito ao circuito elétrico apresentado na bancada, constituído pelas lâmpadas iguais L_1, L_2, L_3 e L_4 . A, B, C e D são pontos do circuito.



- Considerando que todas as lâmpadas estão acesas, selecciona a opção correta.
 - (A) $U_1 + U_4 = U_{\text{gerador}}$
 - (B) $U_1 = U_2$
 - (C) $U_1 = U_4$
 - (D) $U_1 + U_2 + U_3 + U_4 = U_{\text{gerador}}$
- Com o interruptor fechado, qual é a diferença de potencial eléctrico entre os pontos A e B? _____
- Se um fio condutor for colocado entre os pontos C e D,
 - (A) apagam-se todas as lâmpadas.
 - (B) brilham apenas as lâmpadas L_1 e L_4 com diferente intensidade.
 - (C) brilham todas as lâmpadas, mas L_4 tem um brilho mais intenso.
 - (D) apagam-se todas as lâmpadas à excepção de L_4 .
- Abre o interruptor. Qual é a diferença de potencial eléctrico
 - a) entre os terminais do gerador? _____
 - b) entre os pontos C e D? _____
 - c) entre os pontos A e C? _____

Figura 4 - Excerto da Estação Laboratorial 3.

Após medirem as diferenças de potencial eléctrico nos terminais das lâmpadas e do gerador (em circuito aberto e fechado), os alunos eram convidados a fazer o balanço da *d.d.p.* no circuito (questão 3). Alguns alunos, mesmo depois de realizarem as medições, questionaram-se o porquê da opção D não estar correta, evidenciando a confusão entre corrente eléctrica e tensão eléctrica. As dificuldades aumentaram na questão 5 desta estação ao verem que só a lâmpada L_4 acende quando é colocado um fio condutor entre os pontos C e D. De certa forma, ao olharem para o circuito, os alunos têm dificuldade em perceber que surge um “terceiro caminho” em que a resistência eléctrica é nula, uma vez que os elétrons se movem apenas nesse ramo. A estação termina com a medição da tensão eléctrica entre vários pontos com o interruptor aberto, como indicado na questão 6 desta mesma estação.

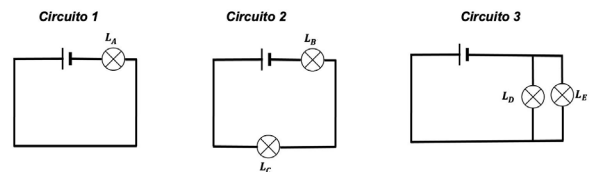
A Estação Laboratorial 4 (Anexo 1) mostrou-se exigente, não pelo grau de complexidade no que diz

respeito aos conceitos, mas porque os alunos precisavam realizar várias medições de corrente eléctrica e *d.d.p.*, o que a tornou mais demorada do que o previsto. Contudo, a sua realização foi importante, não só porque permitiu a eles ganhar destreza nas medições das grandezas físicas corrente eléctrica e *d.d.p.*, mas também porque se mostrou uma excelente preparação para a Estação Laboratorial 6.

A Estação Laboratorial 5, já na segunda aula, não foi de fácil execução. Verificou-se que, apesar de conhecerem o conceito de condutor óhmico, os alunos tiveram dificuldades em reconhecer que precisavam alterar a tensão eléctrica da fonte para terem diferentes correntes eléctricas no circuito e, assim, calcularem a resistência eléctrica do condutor. Na versão inicial, era apenas solicitado aos alunos que explicassem ao professor como deveriam proceder, experimentalmente, para verificar se o condutor era óhmico. No entanto, considerou-se, para a versão final, que era importante que os alunos fizessem medições e assim comprovassem o solicitado.

A Fig 5 apresenta os circuitos explorados na Estação Laboratorial 6 (Anexo 1) e que acabou por ser a estação que gerou mais discussão entre os grupos. Foi solicitado a eles que, após verificarem experimentalmente que os brilhos das lâmpadas A, D e E são

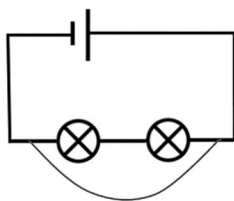
Considera os três circuitos eléctricos seguintes. Todas as lâmpadas são iguais, assim como as fontes de energia.



- Monta os circuitos eléctricos anteriores e indica a relação entre o brilho, B , das lâmpadas.
 - (A) $B_A = B_B < B_C < B_D = B_E$
 - (B) $B_B = B_C < B_A = B_D = B_E$
 - (C) $B_A < B_B = B_C < B_D = B_E$
 - (D) $B_B = B_C > B_A = B_D = B_E$
- Selecciona a opção que relaciona corretamente a corrente eléctrica nas lâmpadas.
 - (A) $I_B = I_C < I_A = I_D = I_E$
 - (B) $I_A = I_B = I_C < I_D = I_E$
 - (C) $I_A < I_B = I_C < I_D = I_E$
 - (D) $I_B = I_C < I_D = I_E < I_A$

Figura 5 - Excerto da Estação Laboratorial 6.

4. Se colocares um fio de cobre a unir os terminais das lâmpadas, tal como é indicado na figura, o que acontece?



- (A) As lâmpadas apagam-se porque a diferença de potencial elétrico nos terminais das lâmpadas aumenta.
(B) Ocorre um curto-circuito, as lâmpadas apagam-se e a corrente elétrica no circuito aumenta.
(C) As lâmpadas continuam acesas mas o brilho diminui.
(D) As lâmpadas apagam-se porque a corrente elétrica diminui.

Figura 6 - Excerto da Estação Laboratorial 8.

iguais (e superiores aos brilhos das lâmpadas B e C), relacionassem esta observação com a potência dissipada. Como $P = \frac{U^2}{R} = R \times I^2$ e sendo a resistência elétrica de cada lâmpada aproximadamente igual (para pequenas variações de temperatura), a *d.d.p.* nos seus terminais e a corrente elétrica vão ser iguais para as lâmpadas A, D e E e inferior para as restantes. Em conclusão, a corrente elétrica no gerador é superior no Circuito 3. Salienta-se que alguns alunos precisaram desta estação para perceber que circuitos com a mesma fonte (mesma tensão elétrica) podem ter diferente corrente elétrica no ramo do gerador, consoante o número de receptores e a forma como estão colocados no circuito. Note que as pilhas são fontes de tensão e não de corrente ou de energia, isto é, não podem ser caracterizadas pela energia ou corrente que fornecem, mas sim pela tensão elétrica que produzem (considerando uma pilha ideal).

Na Estação Laboratorial 7 (Anexo 1), alguns alunos tiveram dificuldade em montar o circuito proposto, outros em perceber que quando se abre o interruptor, as três lâmpadas (A, B e D) ficam em série. As questões que suscitaram mais dúvidas foram as questões 2.3a) e b). O fato dos manuais, neste nível de ensino, apenas abordarem circuitos em que as lâmpadas ou estão em série ou estão em paralelo fez com que os alunos ficassem espantados ao verificarem que quando se fecha o interruptor, a luminosidade da lâmpada B diminuiu e a da lâmpada A aumentou. Esta atividade mostra a dificuldade de os alunos perceberem que se os receptores estiverem ligados diretamente à bateria em paralelo, o fato de remover ou adicionar outro receptor (em paralelo) não traz qualquer alteração ao circuito, isto é, a luminosidade da lâmpada existente inicialmente não sofre alteração (a *d.d.p.* mantém-se). Contudo, se os receptores em paralelo entre si não estão ligados diretamente à bateria, a alteração em um ramo afeta todo o circuito.

A Fig. 6 ilustra a questão 4 da Estação Laboratorial 8 (Anexo 1). Durante a discussão desta questão, os alunos demonstraram ter dificuldade em associar a situação de curto-circuito à baixa resistência elétrica do circuito e ao conseqüente aumento da corrente elétrica.

6. Conclusão

A nossa experiência sugere que este modelo de ensino, tal como tínhamos verificado em outros contextos [8, 13], ajuda a desenvolver a capacidade de raciocínio assim como a clareza conceitual. Os alunos se sentem muito mais motivados neste tipo de aula porque podem explicar ideias, testar teorias, resolver conflitos conceituais e partilhar conhecimento com os seus pares. Algumas tarefas exigem reflexão interna, pensamento crítico e mobilização de competências metacognitivas; outras têm um carácter mais prático, igualmente importante no desenvolvimento de outro tipo de competência em uma disciplina de natureza experimental.

Para o professor, este modelo é fundamental porque lhe permite ouvir as discussões dentro dos grupos e, conseqüentemente, identificar dificuldades (seja na compreensão de procedimentos, nas previsões com base no conhecimento adquirido, na aplicação de conceitos, etc.), criando, assim, um ambiente favorável de aprendizagem. Informações obtidas durante estas aulas facilitam a elaboração de uma próxima aula mais eficaz e objetiva.

A natureza metacognitiva das estações laboratoriais está relacionada com a reflexão oportunizada pelas tarefas propostas que levam os estudantes a tomar consciência dos seus conhecimentos e a proceder de forma mais controlada e avaliativa [9]. Nesse sentido, as atividades/tarefas propostas tinham como objetivo levar os alunos a desenvolverem estas competências metacognitivas por meio de diferentes possibilidades estratégi-

A natureza metacognitiva das estações laboratoriais está relacionada com a reflexão oportunizada pelas tarefas propostas que levam os estudantes a tomar consciência dos seus conhecimentos e a proceder de forma mais controlada e avaliativa

cas para pensar o problema ou abordar a tarefa. Ao pensar de forma metacognitiva, os alunos refletirão sobre os próprios processos de pensamento, aprendendo com os erros e tomando decisões sobre os passos que devem ser seguidos para atingir o objetivo (realizar a tarefa) com sucesso. Portanto, o foco estava em desenvolver competências metacognitivas associadas à tomada de consciência que o estudante tem sobre o seu próprio conhecimento e à capacidade de autorregular suas ações por meio de um processo de planejamento, monitorização e avaliação [9].

As estações aqui apresentadas e discutidas (Anexo 1) apresentam algumas melhorias com relação às estações originais realizadas pelos alunos. Aliás, essa é

uma das características das estações: podem e devem ser melhoradas a cada implementação.

A experiência decorrente deste estudo sugere que um ensino experimental, com base nas estações, possibilita a construção de modelos e o desenvolvimento do raciocínio, contribuindo para que os estudantes não reduzam a aprendizagem a tarefas de memorização de soluções para exercícios padrão. Como continuidade deste estudo, os autores pretendem fazer, no futuro, um estudo mais detalhado para analisar a importância destas estações na compreensão de circuitos elétricos.

Recebido em: 17 de Agosto de 2022

Aceito em: 7 de Dezembro de 2022

Notas

¹Consoante a duração da aula e o número de estudantes.

²O número de grupos coincide com o número de estações, por questões logísticas.

Referências

- [1] L.C. McDermott, P.S. Shaffer, *Am. J. Phys.* **60**, 994 (1992). [doi](#)
- [2] P.S. Shaffer, L.C. McDermott, *Am. J. Phys.* **60**, 1003 (1992). [doi](#)
- [3] L.C. McDermott, P.S. Shaffer, *Tutorials in Introductory Physics* (Prentice Hall, Upper Saddle River, 2002).
- [4] L.C. McDermott, P.S. Shaffer, M.L. Rosenquist, *Introduction to Physics and the Physical Sciences* (Wiley, New York, 1996).
- [5] J-P. Burde, T. Wilhelm, *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* **16**, 020153 (2020). [doi](#)
- [6] L. Ivanjek, L. Morris, T. Schubatzky, M. Hopf, J. Burde, C. Haagen-Schützenhöfer, e cols., *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* **17**, 020123 (2021). [doi](#)
- [7] M.R. Stetzer, P. van Kampen, P.S. Shaffer, L.C. McDermott, *Am. J. Phys.* **81**, 134 (2013). [doi](#)
- [8] A.R. Mota, J. Lopes dos Santos, *Exp. Ens. Ciên.* **15**, 124 (2020).
- [9] C.T.W. Rosa, *Metacognição no Ensino de Física: Da Concepção à Aplicação* (UPF Editora, Passo Fundo, 2014).
- [10] D. Psillos, A. Tiberghien, P. Koumaras, *Int. J. Sci. Educ.* **10**, 29 (1988). [doi](#)
- [11] M.J.B.M. de Almeida, A. Salvador, M.M.R.R. Costa, *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* **10**, 0201118 (2014). [doi](#)
- [12] H. Schwedes, W.-G. Dudeck, *Research in Science Education in Europe* (Routledge, New York, 1996).
- [13] A.R. Mota, J. Lopes dos Santos, *Science Scope* **37**, 20 (2013).
- [14] A.R. Mota, *Ensaio prático do Movimento Core Knowledge no Ensino da Física em Portugal*. Tese de Doutoramento, Universidade do Porto, 2011.
- [15] L. Viennot, *Reasoning in Physics: The Part of Common Sense* (Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 2002).

ANEXO 1

Estação Laboratorial 1



15 min

1. Na bancada tens vários materiais à tua disposição. Planifica e executa um circuito de forma a conseguires acender a luz das lâmpadas.



Chama o professor para avaliar a tarefa anterior.

Avaliação do professor:

Circuito + Execução: *Correto* *Incompleto* *Errado* | Assinatura _____

2. Faz o esboço do circuito elétrico construído, usando simbologia universal.
Não te esqueças da legenda e indica, através de uma seta, o sentido do movimento dos eletrões.

3. Dos circuitos elétricos apresentados, indica os circuitos em que as lâmpadas A e B se encontram em série.
4. Com o material disponível monta o circuito elétrico 3.



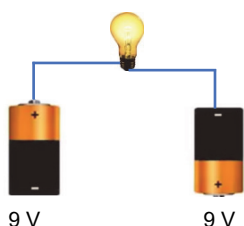
Chama o professor para avaliar a tarefa anterior.

Avaliação do professor:

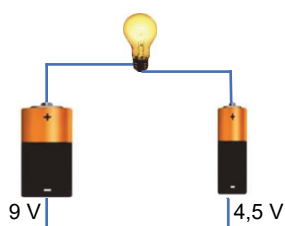
Montagem: *Correta* *Incompleta* *Errada* | Assinatura _____

5. Observa os esquemas A, B, C e D. Selecciona o(s) esquema(s) em que a lâmpada acende.

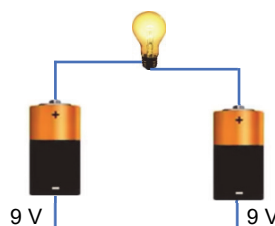
(A)



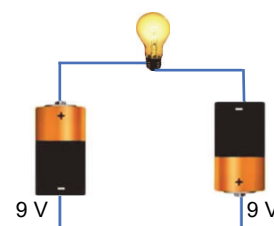
(B)



(C)



(D)



Estação Laboratorial 2



15 min

1. Pretende-se medir a corrente elétrica em vários pontos do circuito que tens na bancada.
 - 1.1 Prevê-se que a corrente elétrica nos diversos pontos seja
 - (A) igual porque a corrente elétrica só depende da diferença de potencial elétrico da pilha, pelo que o número de lâmpadas não condiciona a intensidade da corrente elétrica no ramo principal.
 - (B) diferente porque parte da corrente elétrica é consumida pela lâmpada.
 - (C) diferente porque a corrente elétrica diminui com o aumento da distância à fonte de energia.
 - (D) igual porque as lâmpadas estão em série.
 - 1.2 Solicita uma fonte de energia ao professor e procede à medição da corrente elétrica nos pontos assinalados.

$I_1 =$ _____ $I_2 =$ _____ $I_3 =$ _____

2. Considera os materiais presentes no cesto.
 - 2.1 Como podes verificar, experimentalmente, se esses materiais são bons ou maus condutores da corrente elétrica?

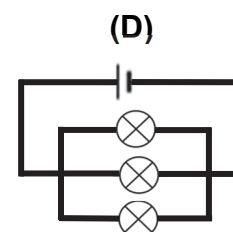
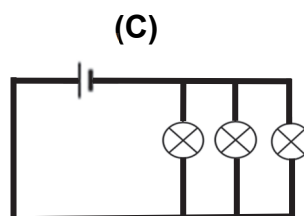
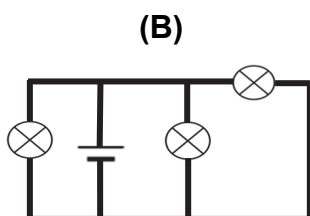
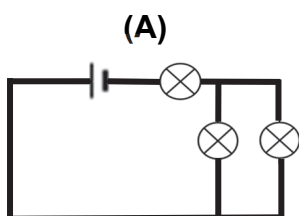


Chama o professor para avaliar o plano!

Avaliação do professor:

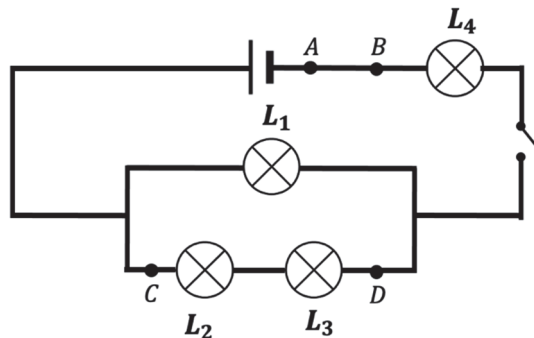
Plano: Correto Incompleto Errado | Assinatura _____

- 2.2 Identifica os materiais bons condutores elétricos.
 - 2.3 Se removeres o plástico do clip, a classificação feita na questão anterior é alterada? Justifica.
3. Considera um circuito elétrico constituído por três lâmpadas em paralelo. Indica o(s) esquema(s) que pode(m) representar este circuito.





O esquema seguinte diz respeito ao circuito elétrico apresentado na bancada, constituído pelas lâmpadas iguais L_1, L_2, L_3 e L_4 . A, B, C e D são pontos do circuito.



1. A lâmpada L_4 está em série com a lâmpada L_1 ?
2. Mede e regista a diferença de potencial elétrico, U , nos terminais do gerador e das lâmpadas com o interruptor aberto e com o interruptor fechado.

Interruptor	U_1 / V	U_2 / V	U_3 / V	U_4 / V	U_{Gerador} / V
Aberto					
Fechado					

3. Considerando que todas as lâmpadas estão acesas, seleciona a opção correta.
 - (A) $U_1 + U_4 = U_{\text{gerador}}$
 - (B) $U_1 = U_2$
 - (C) $U_1 = U_4$
 - (D) $U_1 + U_2 + U_3 + U_4 = U_{\text{gerador}}$
4. Com o interruptor fechado, qual é a diferença de potencial elétrico entre os pontos A e B? _____
5. Se um fio condutor for colocado entre os pontos C e D,
 - (A) apagam-se todas as lâmpadas.
 - (B) brilham apenas as lâmpadas L_1 e L_4 com diferente intensidade.
 - (C) brilham todas as lâmpadas, mas L_4 tem um brilho mais intenso.
 - (D) apagam-se todas as lâmpadas à exceção de L_4 .
6. Abre o interruptor. Qual é a diferença de potencial elétrico
 - a) entre os terminais do gerador? _____
 - b) entre os pontos C e D? _____
 - c) entre os pontos A e C? _____



1. Com o material disponível monta um circuito elétrico de forma a acenderes a lâmpada L_1 .
Regista a corrente elétrica (I) e a diferença de potencial elétrico, U , nos terminais da lâmpada L_1 .

$I =$ _____

$U_{L_1} =$ _____



Chama o professor!

Avaliação do professor:

Medição: Correta Incompleta Errada | Assinatura _____

2. Adiciona uma nova lâmpada, L_2 , em série com L_1 . Regista a corrente elétrica (I) no gerador e a diferença de potencial elétrico, U , nos terminais das lâmpadas.

$U_{L_1} =$ _____

$U_{L_2} =$ _____

$I_{\text{ramo principal}} =$ _____

3. Coloca as duas lâmpadas em paralelo e repete as medições anteriores.

$U_{L_1} =$ _____

$U_{L_2} =$ _____

$I_{\text{ramo principal}} =$ _____

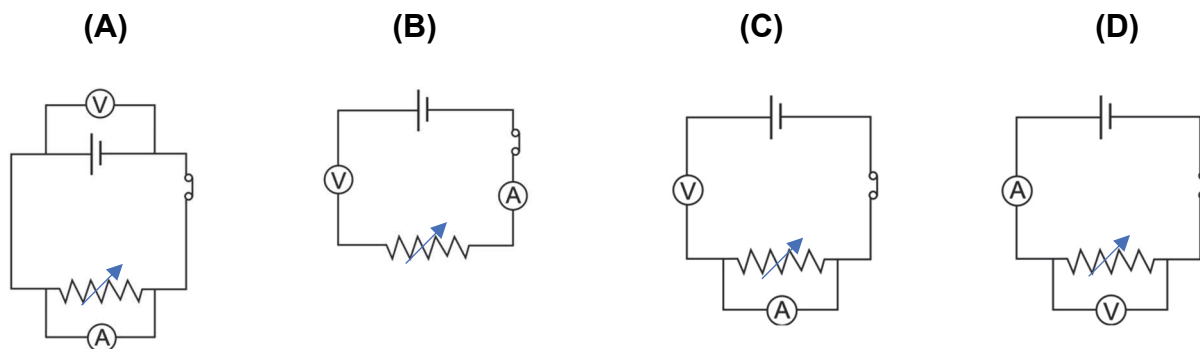
4. Preenche os espaços em branco com as palavras **aumentou**, **diminuiu** ou **permaneceu constante**.

- Quando se adicionou uma lâmpada em série, a diferença de potencial elétrico entre os terminais da lâmpada L_1 _____ e a corrente elétrica _____, uma vez que a resistência total externa do circuito (resistência equivalente) _____.
- Quando se adicionou uma lâmpada em paralelo, a diferença de potencial elétrico entre os terminais da lâmpada L_1 _____ e a corrente elétrica no gerador _____, uma vez que a resistência total externa do circuito (resistência equivalente) _____.



O objetivo desta estação é determinar a resistência elétrica de um condutor puramente resistivo (a uma dada temperatura).

1. Qual dos esquemas seguintes pode representar o circuito elétrico que deves montar?



Chama o professor para avaliar o teu plano.

Avaliação do professor:

Plano: Correto Incompleto Errado | Assinatura _____

2. Realiza as medições necessárias e calcula a resistência elétrica do condutor.

3. Que instrumento podes usar para medir diretamente a resistência elétrica do condutor?

4. Como podes verificar, experimentalmente, que este condutor é óhmico?



Chama o professor para avaliar o teu plano.

Avaliação do professor:

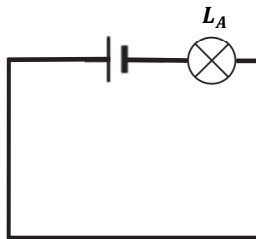
Plano: Correto Incompleto Errado | Assinatura _____

5. Verifica se o condutor é óhmico, registando todas as medições efetuadas.

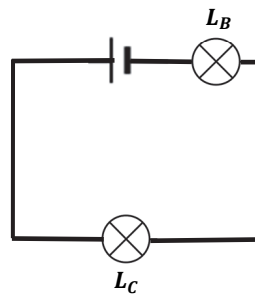


Considera os três circuitos elétricos seguintes. Todas as lâmpadas são iguais, assim como as fontes de energia.

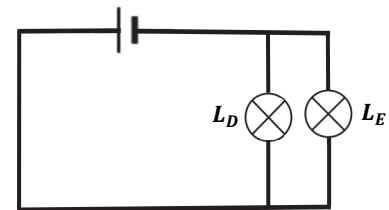
Circuito 1



Circuito 2



Circuito 3



- Monta os circuitos elétricos anteriores e indica a relação entre o brilho, B , das lâmpadas.

(A) $B_A = B_B < B_C < B_D = B_E$
 (B) $B_B = B_C < B_A = B_D = B_E$
 (C) $B_A < B_B = B_C < B_D = B_E$
 (D) $B_B = B_C > B_A = B_D = B_E$
- Qual é a relação da diferença de potencial elétrico, U , entre os terminais das diferentes lâmpadas?

(A) $U_A = U_B < U_C < U_D = U_E$
 (B) $U_A < U_B = U_C < U_D = U_E$
 (C) $U_B = U_C > U_A = U_D = U_E$
 (D) $U_B = U_C < U_A = U_D = U_E$
- Seleciona a opção que relaciona corretamente a corrente elétrica nas lâmpadas.

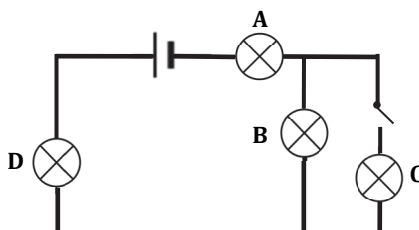
(A) $I_B = I_C < I_A = I_D = I_E$
 (B) $I_A = I_B = I_C < I_D = I_E$
 (C) $I_A < I_B = I_C < I_D = I_E$
 (D) $I_B = I_C < I_D = I_E < I_A$
- Seleciona a opção que compara corretamente a corrente elétrica, no gerador, dos três circuitos.

(A) $I_{\text{circuito1}} < I_{\text{circuito2}} < I_{\text{circuito3}}$
 (B) $I_{\text{circuito2}} < I_{\text{circuito1}} < I_{\text{circuito3}}$
 (C) $I_{\text{circuito3}} < I_{\text{circuito2}} < I_{\text{circuito1}}$
 (D) $I_{\text{circuito1}} < I_{\text{circuito3}} < I_{\text{circuito2}}$



Os equipamentos elétricos necessitam de fontes de energia adequadas para funcionarem, denominados de geradores. As pilhas são exemplos de fontes de energia.

- O papel de um gerador num circuito é
 - acumular protões no polo positivo e produzir eletrões no polo negativo.
 - acumular eletrões no polo negativo.
 - disponibilizar energia aos eletrões presentes no circuito.
 - converter energia elétrica noutras formas de energia.
- Considera o circuito elétrico apresentado, com o **interruptor aberto**. As lâmpadas são iguais.



2.1 Monta o circuito elétrico, com o material disponível.



Chama o professor para avaliar a tua montagem.

Avaliação do professor:

Montagem: Correta Incompleta Errada | Assinatura _____

2.2 Se o interruptor estiver aberto

- todas as lâmpadas acendem, à exceção da lâmpada D.
- a diferença de potencial elétrico nos terminais das lâmpadas A, B e D tem o mesmo valor.
- a diferença de potencial elétrico nos terminais da lâmpada B é zero.
- a corrente elétrica na lâmpada A é diferente da corrente elétrica na lâmpada B.

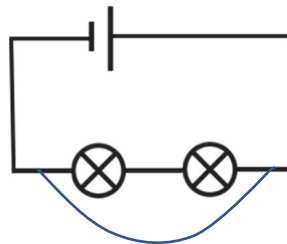
2.3 Fecha o interruptor.

- O que acontece ao brilho da lâmpada A?
 - aumenta porque a corrente elétrica no gerador aumenta.
 - diminui porque a corrente elétrica no gerador diminui.
 - aumenta porque a diferença de potencial elétrico nos seus terminais diminui.
 - diminui porque a resistência elétrica da lâmpada diminui.
- O brilho da lâmpada B _____ (aumentou/ diminuiu/ permaneceu constante), o que significa que diferença de potencial elétrico nos seus terminais _____ (aumentou/ diminuiu/ permaneceu constante) e a corrente elétrica _____ (aumentou/ diminuiu/ permaneceu constante).



O circuito elétrico montado na bancada é constituído pelas lâmpadas L_1 e L_2 .

1. Identifica a lâmpada que converte mais energia elétrica em energia luminosa, por intervalo de tempo.
2. Selecciona a opção que relaciona corretamente a corrente elétrica nas lâmpadas.
(A) $I_{L1} = I_{L2}$
(B) $I_{L1} < I_{L2}$
(C) $I_{L1} > I_{L2}$
3. Selecciona a opção que compara corretamente a diferença de potencial elétrico nos terminais das lâmpadas.
(A) $U_{L1} = U_{L2}$
(B) $U_{L1} < U_{L2}$
(C) $U_{L1} > U_{L2}$
4. Se colocares um fio de cobre a unir os terminais das lâmpadas, tal como é indicado na figura, o que acontece?

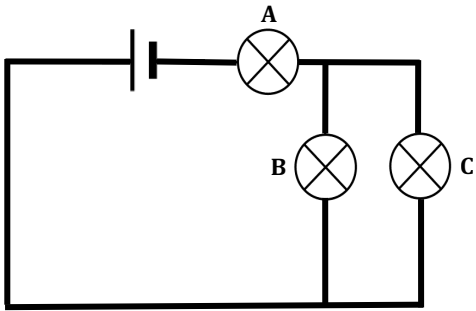


- (A) As lâmpadas apagam-se porque a diferença de potencial elétrico nos terminais das lâmpadas aumenta.
 - (B) Ocorre um curto-circuito, as lâmpadas apagam-se e a corrente elétrica no circuito aumenta.
 - (C) As lâmpadas continuam acesas mas o brilho diminui.
 - (D) As lâmpadas apagam-se porque a corrente elétrica diminui.
5. Calcula a energia dissipada pela lâmpada L_1 , durante 90 min de funcionamento.
Apresenta o resultado em kw h.
Explicita todos os cálculos efetuados.

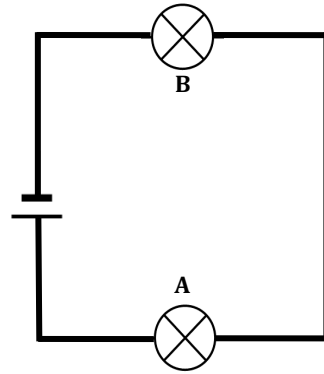
ANEXO 2

Aula	Estação Laboratorial	Material
1	1	<ul style="list-style-type: none"> • Esquemas em papel com 6 circuitos elétricos (página seguinte) • 1 Pilha de 4,5 V + 2 Pilhas de 9 V • 2 Lâmpadas com suporte • Fios de ligação (4) • Crocodilos (4)
	2	<ul style="list-style-type: none"> • Fonte de tensão elétrica • 3 Amperímetros • Fios de ligação (5) • 2 Lâmpadas com suporte (ligadas em série) • Cesto com cortiça, colher de metal, grafite, borracha, clip,...
	3	<ul style="list-style-type: none"> • Fonte de tensão elétrica • 4 Lâmpadas iguais com suporte • 1 Interruptor + 1 Voltímetro • Fios de ligação (9)
	4	<ul style="list-style-type: none"> • Fonte de tensão elétrica • 1 Amperímetro + 1 Voltímetro • 2 Lâmpadas iguais • Fios de ligação (5)
2	1	<ul style="list-style-type: none"> • Fonte de tensão elétrica (variável)/ pilhas de 4,5 V, 9 V,... • Multímetro • Condutor puramente resistivo • Fios de ligação (5) • Crocodilos (2)
	2	<ul style="list-style-type: none"> • Fonte de tensão elétrica • 2 Lâmpadas iguais • Fios de ligação (4)
	3	<ul style="list-style-type: none"> • Fonte de tensão elétrica • 4 Lâmpadas iguais com suporte • 1 Interruptor • Fios de ligação (7)
	4	<ul style="list-style-type: none"> • Fonte de tensão elétrica • 1 Amperímetro + 1 Voltímetro • 2 Lâmpadas diferentes • Fios de ligação (5) • Etiquetas (L₁ e L₂)

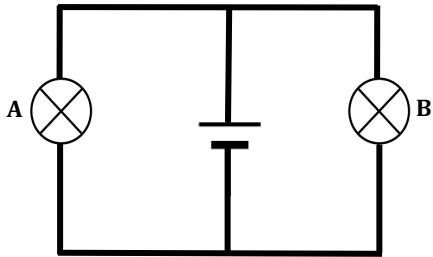
1



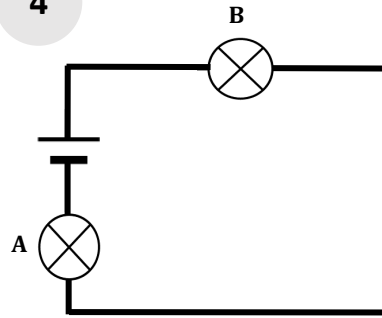
2



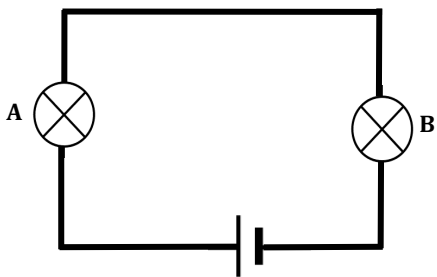
3



4



5



6

