

## UEPS 5

### **Título: O ‘mito’ do experimento crucial: Newton e a teoria da luz e cores**

**Objetivo geral:** Discutir entre alunos de física em formação que a ideia de um experimento crucial que, *per se*, de forma definitiva e inequívoca, permite decidir ‘instantaneamente’ entre teorias ou concepções rivais, é um mito.

**Conceito central:** Experimento Crucial.

**Público-alvo:** Alunos da licenciatura e bacharelado em física.

**Disciplina:** Uma disciplina que envolva aspectos históricos e epistemológicos da ciência.

**Duração:** Aproximadamente 12 aulas (cada uma com 50 min).

**Constituintes da UEPS:** A UEPS “O ‘mito’ do experimento crucial: Newton e a teoria da luz e cores” é constituída por trechos da *obra original* de Newton, trechos de um *texto histórico*, dois *artigos*, trecho de um *vídeo*, um *mapa conceitual*, uma *avaliação escrita*, além de *atividades coletiva*.

Os trechos selecionados do artigo original de Newton, “Nova teoria sobre luz e cores” (Newton, 1672) – artigo traduzido por Silva e Martins (1996) – explicitam as diversas hipóteses levantadas por ele para explicar a forma oblonga da luz, e a intensa dinâmica com experimentos; além disso, descrevem o experimento crucial por ele assim denominado.

O texto histórico “La gramática de una controversia científica” (Granés, 2001) apresenta os estudos de Newton sobre luz e cores, incluindo sua experiência crucial, e distintos elementos dos debates que se desencadearam após a apresentação de sua teoria. Entre as diversas críticas recebidas por Newton, aborda-se aquela apresentada por Hooke, que embora reconheça o resultado trazido pelo experimento newtoniano, diverge contundentemente da explicação dada a ele por Newton.

O artigo “Uma análise da ilustração do *experimentum crucis* de Newton em materiais de divulgação científica” (Raicik; Peduzzi & Angotti, 2017a) analisa como uma amostra de livros de divulgação científica, de autores com distintas formações, contextualiza os estudos de Newton sobre a teoria da luz e cores, na perspectiva das ilustrações dos experimentos por ele desenvolvidos, particularmente do *experimentum crucis*. Em conclusão, apresenta implicações da análise desenvolvida para o ensino de ciências.

O artigo “Da *instantia crucis* ao experimento crucial: diferentes perspectivas na filosofia e na ciência” (Raicik; Peduzzi & Angotti, 2017b) ressalta que a existência e o significado de experimentos cruciais são questões que não reúnem consenso na ciência e na filosofia da ciência. Discorrendo sobre os posicionamentos de Duhem, Popper e Lakatos, por exemplo, explicita que essas concepções antagônicas entre si diferem da ideia de *instantia crucis* apresentada por Francis Bacon, em 1620. Nesse sentido, resgata a definição baconiana e discute concepções de experimento crucial de alguns estudiosos, como o de Newton. Por fim, o artigo aponta reflexões para o ensino de ciências.

O trecho do documentário “Os seis experimentos que mudaram o mundo – Newton e o prisma” (National Geographic, 1999) apresenta o experimento crucial com uma visão de experimentação bastante questionável.

O mapa conceitual apresenta um quadro geral de visões acerca do experimento crucial, com as teses de Duhem, Popper e Lakatos, as possíveis funções atribuídas por Newton ao seu experimento e a origem da ideia, com a *instantia crucis* de Bacon, além de relacionar essas concepções com o objetivo da UEPS. Cabe ressaltar, como faz Moreira (2013), a necessidade de os mapas serem explicados por seus autores, pois eles são representações externas de uma organização interna pessoal; porém, a título de exemplo, isto não impede que eles sejam lidos por outros sujeitos.

A avaliação escrita, dissertativa e individual, compreende as seguintes questões: 1. Desenvolva uma análise crítica, em termos epistemológicos, acerca do experimento crucial, no que se refere ao episódio histórico envolvendo Newton, em materiais a serem selecionados (livros didáticos ou trechos de vídeos); 2. Em relação aos elementos da UEPS, materiais e estratégias de ensino utilizadas, que comentários e sugestões você teria quanto: a) a dinâmica em sala de aula; b) as atividades coletivas; c) aos textos e artigos; d) ao mapa conceitual.

## **Sequência didática:**

### **Situação-inicial (1 aula)**

Inicialmente, solicita-se que os alunos levantem possíveis funções dos experimentos na ciência. Em seguida, projeta-se um trecho do vídeo “Os seis experimentos que mudaram o mundo – Newton e o prisma” (National Geographic, 1999), que serve como um organizador prévio. A partir de suas colocações e do vídeo, fomentam-se discussões orais e coletivas, com as possíveis questões: Será que “um” experimento pode fazer com que uma hipótese seja rejeitada e outra aceita com base somente na evidência empírica produzida? Existe um único experimento que, por si só, permite resolver uma disputa científica? Essas perguntas visam levantar as concepções prévias dos alunos acerca do papel do experimento na ciência. O professor poderá desenvolver uma lista no quadro com as principais colocações dos alunos e discuti-las, posteriormente, com o grande grupo.

### **Situação-problema (2 aulas)**

Propõem-se questões como: vocês sabem que Isaac Newton chamou um de seus experimentos de crucial? Com que intenção Newton assim o denominou? Será que esse experimento evidenciou um resultado incontroverso na óptica? Depois das discussões geradas pelas perguntas, propõe-se aos alunos a leitura de parte do artigo “Uma análise da ilustração do *experimentum crucis* de Newton em materiais de divulgação científica”, disponibilizado em cópia impressa. Este material introdutório serve como um organizador prévio e introduz o assunto, que posteriormente será debatido com maior aprofundamento, em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade. Esta situação-problema permitirá, de forma sucinta, geral e por meio de observações em sala de aula, perceber que relações iniciais foram feitas pelos alunos nas leituras prévias realizadas no que se refere ao experimento crucial newtoniano, sua apresentação em livros de divulgação científica e as situações-problema colocadas inicialmente. Esta situação deve ser mediada pelo docente e debatida em grande grupo sem, necessariamente, estabelecer-se respostas e consensos.

### **Aprofundamento do tema (3 aulas)**

Apresenta-se, por meio de exposição oral e de trechos do texto “La gramática de uma controvérsia científica” (Granés, 2001), bem como de extratos do artigo de Newton “Nova teoria sobre luz e cores” (Newton, 1672; Silva; Martins, 1996), esses últimos disponibilizados em cópia impressa para os alunos, o experimento crucial de Newton e as implicações dele na controvérsia com Hooke. Esse momento visa detalhar e especificar a concepção de experimento crucial newtoniana, apresentada em termos gerais na etapa anterior, e evidenciar as discussões que ele teve com Hooke. Nesse sentido, espera-se que a concepção de que um experimento, por si só, é capaz de ser definidor e incontestável seja, progressivamente, revista e diferenciada ao longo das discussões. Busca-se sempre o diálogo com os alunos e não apenas uma exposição oral, para que o processo seja interativo e dialético, de modo a propiciar que os subsunçores da etapa anterior sirvam de ancoradouro para a análise do papel do *experimentum crucis* de Newton em seu debate com Hooke.

### **Nova situação-problema (3 aulas)**

Sugere-se uma atividade colaborativa mediada por uma nova situação-problema, a saber: É possível definir o que é um experimento crucial? Ele pode, de fato, existir na ciência? Que significados, então, podem ser atribuídos a eles? Em pequenos grupos, os alunos poderão se reunir e apresentar respostas, não únicas nem consensuais, sobre as questões levantadas. Esta atividade colaborativa visa levar os alunos a interagirem, novamente, negociando significados, tendo o professor como mediador.

Para a próxima aula, como uma atividade a ser feita em casa, propõe-se a leitura de parte do artigo “Da *instantia crucis* ao experimento crucial: diferentes perspectivas na filosofia e na ciência”, em que se ressalta que a existência e o significado de experimentos cruciais são questões que não ostentam consenso na ciência e na filosofia da ciência.

Na aula seguinte, então, retomam-se as discussões acerca do *experimentum crucis* newtoniano em um nível mais alto de complexidade, juntamente com as concepções de Duhem, Popper e Lakatos acerca desse tipo de experimento. Instiga-se os alunos a destacarem, de forma coletiva e oral, semelhanças e diferenças entre as suas repostas às novas situações-problema e àquelas apresentadas no artigo.

Visa-se, desta forma, a partir da análise filosófica da concepção de experimentos cruciais na ciência, salientar que não existe consenso sobre essa matéria. Ademais, que esse segmento da história da óptica, por certo, contra argumenta a ideia de que um experimento, único e definidor, permite, de forma inequívoca, decidir ‘instantaneamente’ entre teorias ou concepções rivais.

### ***Avaliação somativa individual (2 aulas)***

Distribui-se extratos de cópias de livros didáticos aos alunos, ou sugere-se trechos de vídeos, que tratem do episódio histórico em questão, e solicita-se que eles desenvolvam uma análise crítica dos materiais, em termos epistemológicos, no que se refere ao experimento crucial. Cada aluno deverá identificar possíveis noções e/ou definições de experimento crucial e, conseqüentemente, visões de ciência que estão sendo passadas pelos materiais, apresentando vínculos e comparações com o que já foi discutido em sala de aula. Esta avaliação somativa busca avaliar a capacidade dos alunos em evidenciar noções de experimento crucial passadas por materiais didáticos (e vídeos, se for o caso) e em discorrer sobre as implicações de determinadas asserções sobre esse experimento para uma melhor (ou não), compreensão da ciência. Tem-se a opção de permitir que os alunos desenvolvam a avaliação em casa.

### ***Aula integradora final (1 aula)***

Retoma-se os conteúdos discutidos na UEPS, revendo as colocações dos alunos em relação às situações-problema propostas ao longo da unidade buscando a reconciliação integrativa. Isto é, exploram-se relações entre ideias, conceitos, proposições e apontam-se similaridades e diferenças importantes em relação à concepção de experimento crucial na ciência. Para tanto, ressalta-se a incongruência de se admitir que um único experimento, *per se*, é capaz de oferecer subsídios para a escolha teórica na ciência, de forma definitiva e inequívoca, como no exemplo newtoniano. Destaca-se que o assunto é complexo, não havendo consenso sobre o significado ou a existência de experimentos cruciais, como visto em Duhem, Popper e Lakatos. Salienta-se, por fim, a relevância de discussões desse tipo para o ensino de ciências, que visa fomentar uma compreensão mais adequada, por exemplo, do papel do experimento na ciência. Este momento mediado pelo docente em uma breve exposição oral, fará uso também de um mapa conceitual [fig. 1, abaixo], distribuído aos alunos, que visa apresentar um panorama geral das concepções de experimento crucial discutidas nas aulas anteriores. Cabe ressaltar, novamente, que apesar de um mapa conceitual ser uma construção pessoal, a sua apresentação pelo docente, por exemplo, pode ser útil para fins de uma análise crítica do tema em discussão, no sentido em que pode oferecer uma visão integradora do mesmo.

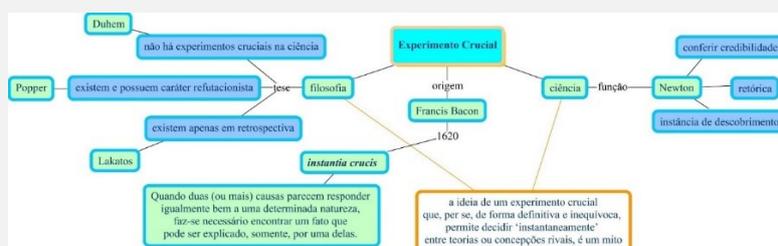


Figura 1- Mapa conceitual sobre a ideia de experimento crucial

### ***Avaliação da aprendizagem na UEPS***

Esta avaliação baseia-se nas observações livres em sala de aula, na participação dos alunos nas discussões e atividades coletivas e na avaliação somativa individual. Sugere-se que seu peso compreenda 70% da nota final. Cabe ressaltar, como faz Moreira (2011c), que a UEPS será considerada profícua se apresentar indícios de aprendizagem significativa, por meio, por exemplo, da captação de significados, da compreensão e capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema, etc.

### ***Avaliação da UEPS pelos alunos***

Avaliação individual, dissertativa, que abrange a análise crítica de cada componente da UEPS – os materiais e as estratégias de ensino utilizadas. Analisam-se comentários e sugestões pertinentes para o aperfeiçoamento da UEPS, pelos alunos que tiveram a oportunidade de vivenciar a aplicação da mesma. Esta avaliação compreende 30% da nota final.

### ***Avaliação da UEPS pelo docente***

Analisa-se qualitativamente a UEPS em função dos resultados de aprendizagem obtidos. O docente pode modificar a sequência da UEPS e produzir alterações para o melhor desencadeamento da unidade visando a aprendizagem significativa, se necessário.

### **Referências**

GRANÉS, J. S. **La gramática de una controversia científica**: El debate alrededor de la teoría de Newton sobre los colores de la luz. Colombia: Editorial Unibiblos, 2001.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas v e unidades de ensino potencialmente significativas**. Material de Apoio. Instituto de Física, UFRGS, 2013.

MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011c.

NATIONAL GEOGRAPHIC. **Os seis experimentos que mudaram o mundo** – Newton e o prisma. National Geographic, 1999.

NEWTON, I. A letter of Mr. Isaac Newton, professor of the Mathematicks in the University of Cambridge; containing his new theory about light and colours; sent by the author to the publisher from Cambridge, Febr. 6. 1671/72; in order to be communicated to the R. Society”, **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 6, n. 80, p. 3075-3087, 1672.

RAIČIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q.; ANGOTTI, J. A. P. Da *instantia crucis* ao experimento crucial: diferentes perspectivas na filosofia e na ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 3, p. 192-206, 2017a.

RAIČIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q.; ANGOTTI, J. A. P. Uma análise da ilustração do experimentum crucis de Newton em materiais de divulgação científica. **Física na Escola**, v. 15, n. 2, p. 24-30, 2017b.

RAIČIK, A. C.; PEDUZZI, L. O.; ANGOTTI, J. A. P. Experimentos exploratórios e experientia literata: (re) pensando a experimentação. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 1, 2018<sup>a</sup>.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. A Nova teoria sobre luz e cores de Isaac Newton: uma tradução comentada. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 18, p. 313- 27, 1996.