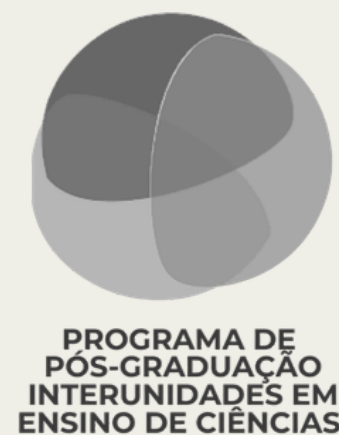


Desdobramentos Epistemológicos da Física Moderna

ANALISANDO CONCEPÇÕES DE NATUREZA DA CIÊNCIA DE LICENCIANDOS



Vitória Chirazava
Ivã Gurgel
Universidade de São Paulo
2026

OBJETIVOS

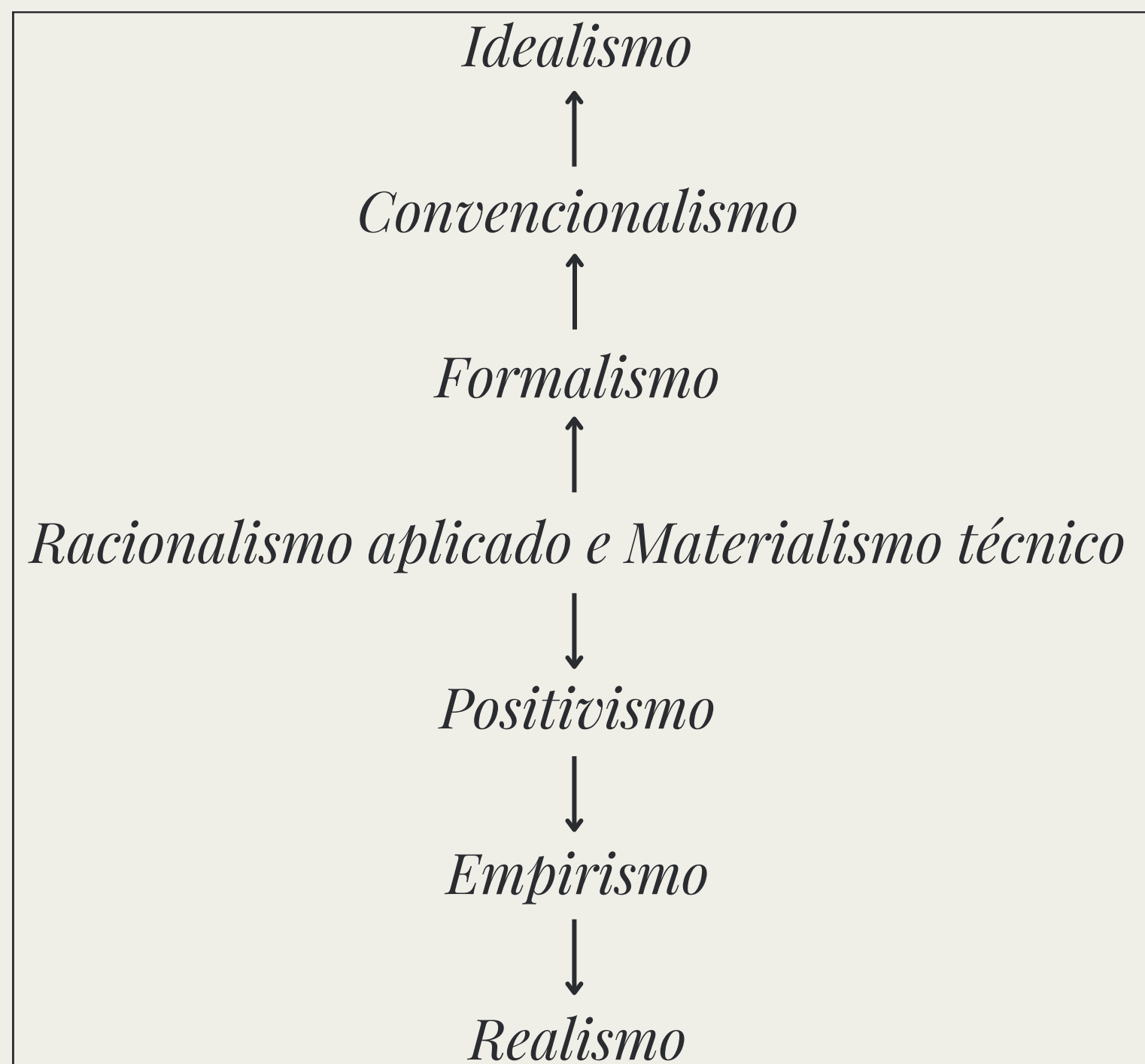
1

Analisar a relação entre os elementos teóricos e experimentais no contexto da Física Moderna, tomando como estudo de caso o episódio histórico da difração de elétrons

2

Identificar as concepções sobre NdC dos licenciandos, com ênfase na relação entre teoria e experimento, no contexto da disciplina “Evidências Experimentais da Natureza Quântica da Radiação e da Matéria”, do curso de licenciatura em física da USP

EPISTEMOLOGIA DE BACHELARD



Bachelard propõe uma relação dialética entre racionalismo e empirismo

O conhecimento resulta da integração entre razão e experiência

Racionalismo Aplicado e Materialismo Técnico expressam a interdependência entre teoria e prática experimental

Mutualismo obrigatório

BACHELARD, Gaston. O racionalismo aplicado. Rio de Janeiro: Zahar, 1977[1949]

VETOR EPISTEMOLÓGICO

A mecânica quântica transforma a relação
teoria–experimento

Fenômenos microscópicos tornam-se
invisíveis aos sentidos

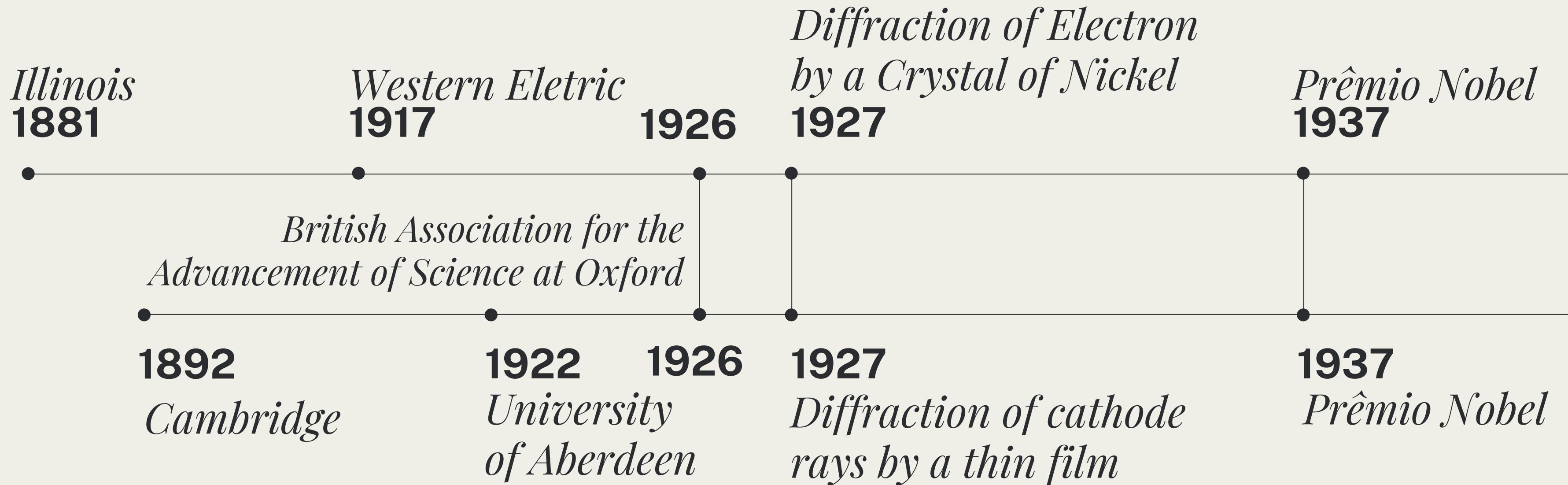
A intuição sensível é substituída pela
intuição matemática

Propõe a inversão do vetor epistemológico

“Para essa tarefa, já não se trata de, como se costumava repetir no século XIX, traduzir em linguagem matemática os fatos trazidos pela experiência. Trata-se, ao contrário, de expressar na linguagem da experiência comum uma realidade profunda que tem sentido matemático antes de ter um significado fenomenal.” (Bachelard, 2008[1932], p.16)

BACHELARD, Gaston. Númeno e microfísica. In: BACHELARD, Gaston. Estudos. Tradução de Estela dos Santos Abreu. São Paulo: Contraponto, 2008[1932]. p. 11–22.

DAVISSON



G.P. THOMSON

G.P. THOMSON

- Formação na Universidade de Cambridge
- Pesquisa em Cavendish sob a supervisão de J.J. Thomson, pesquisando raios positivos
- 1922: professor na Universidade de Aberdeen
- Relata que um comentário de Bragg o interessa no trabalho de de Broglie
- 1926 - *British Association for the Advancement of Science at Oxford*
- *Dymond*



O APARATO EXPERIMENTAL

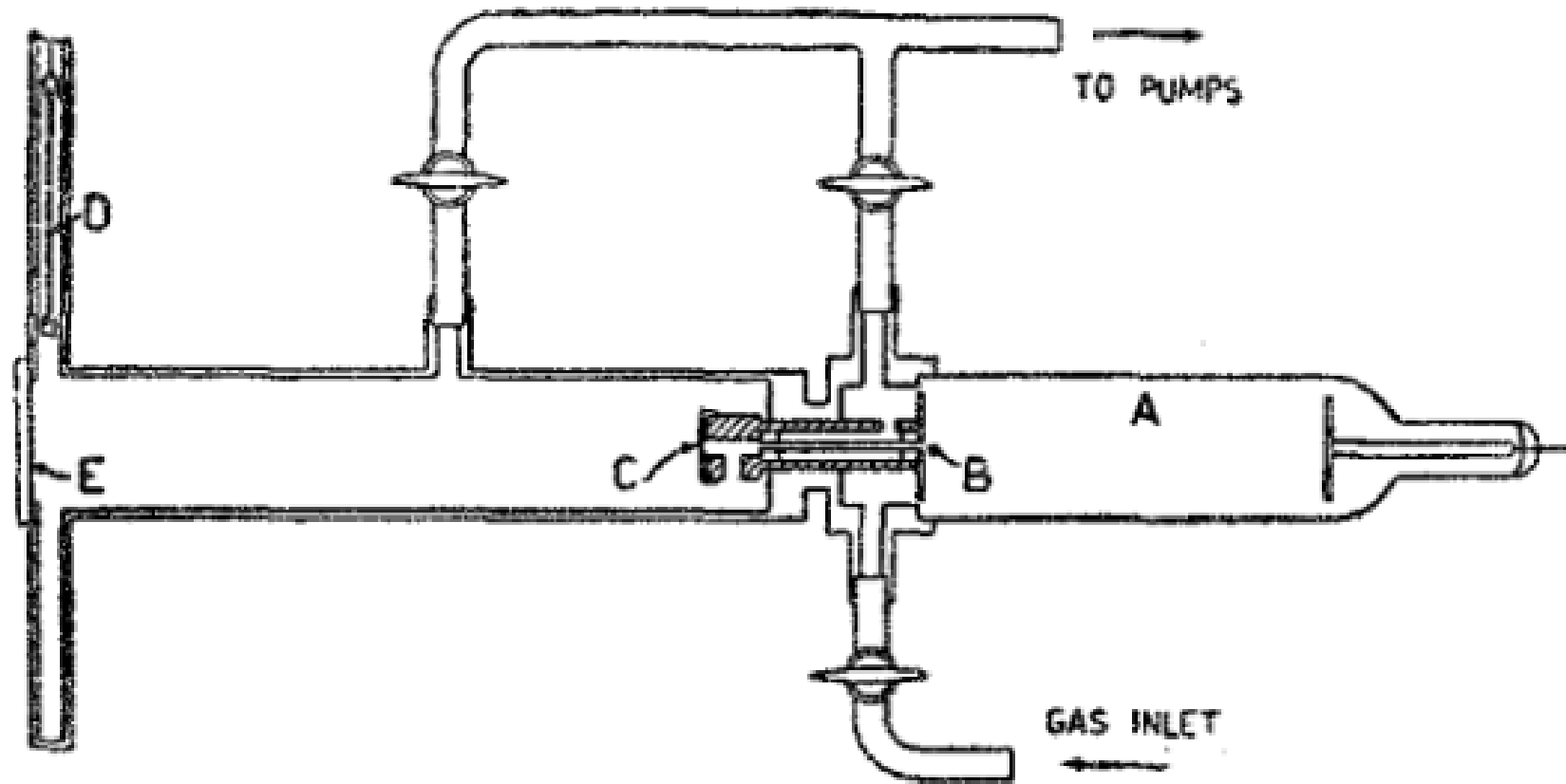


FIG. 2. Reid's apparatus for scattering from celluloid.

“Foi um experimento extremamente fácil de realizar, pois havíamos trabalhado nos últimos anos na dispersão de raios positivos e, basicamente, tudo o que precisávamos fazer era desconectar um terminal da bobina de indução que fornecia a voltagem e trocá-lo pelo outro, invertendo a polaridade.”

THOMSON, George. Early work on electron diffraction, American Physical Society e American Association of Physics Teachers, p. 821-825, 1961.

EXPERIMENTS ON THE DIFFRACTION OF CATHODE RAYS.

“As consequências dessa teoria foram desenvolvidas por de Broglie, Schrödinger e outros, sendo aplicadas a problemas em espectroscopia, onde forneceram a solução para várias dificuldades remanescentes da antiga teoria das órbitas.

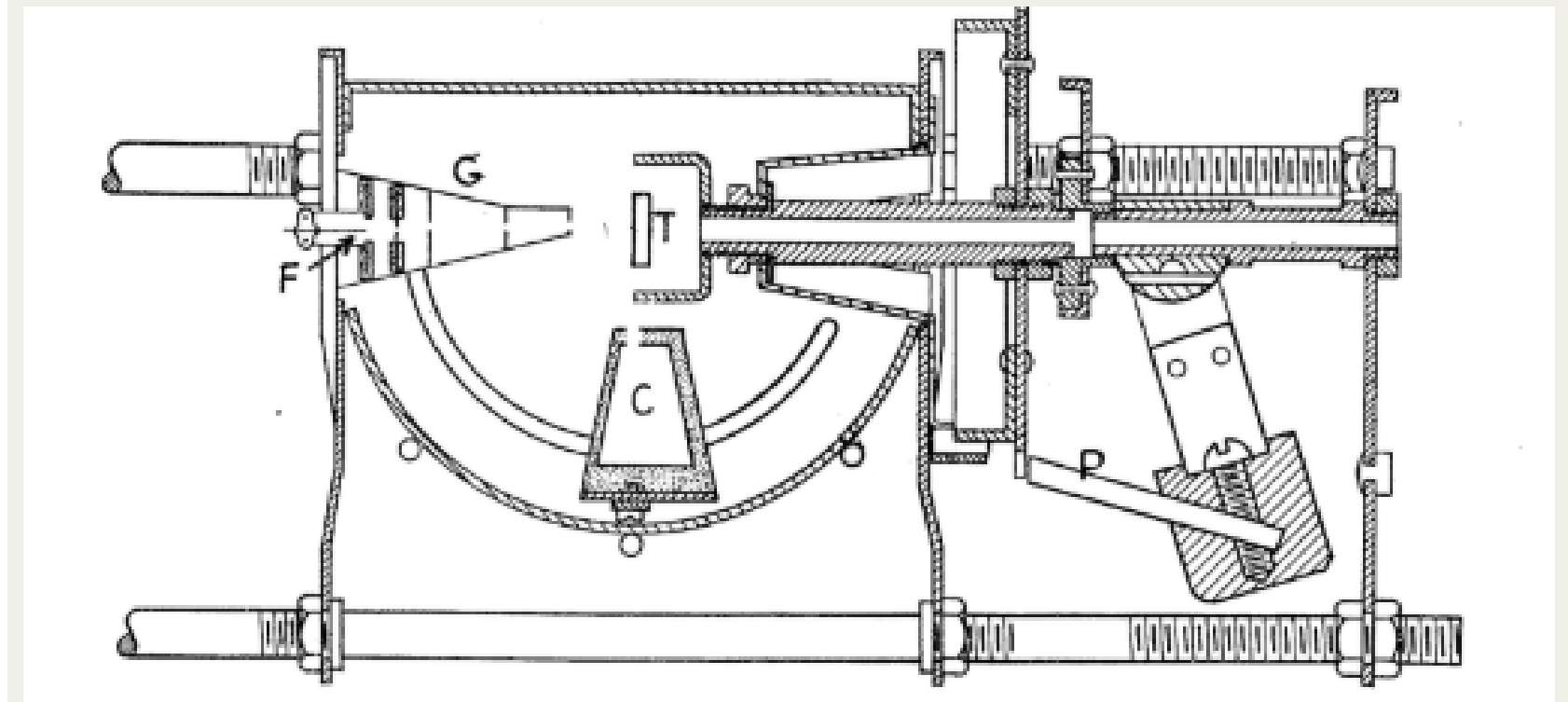
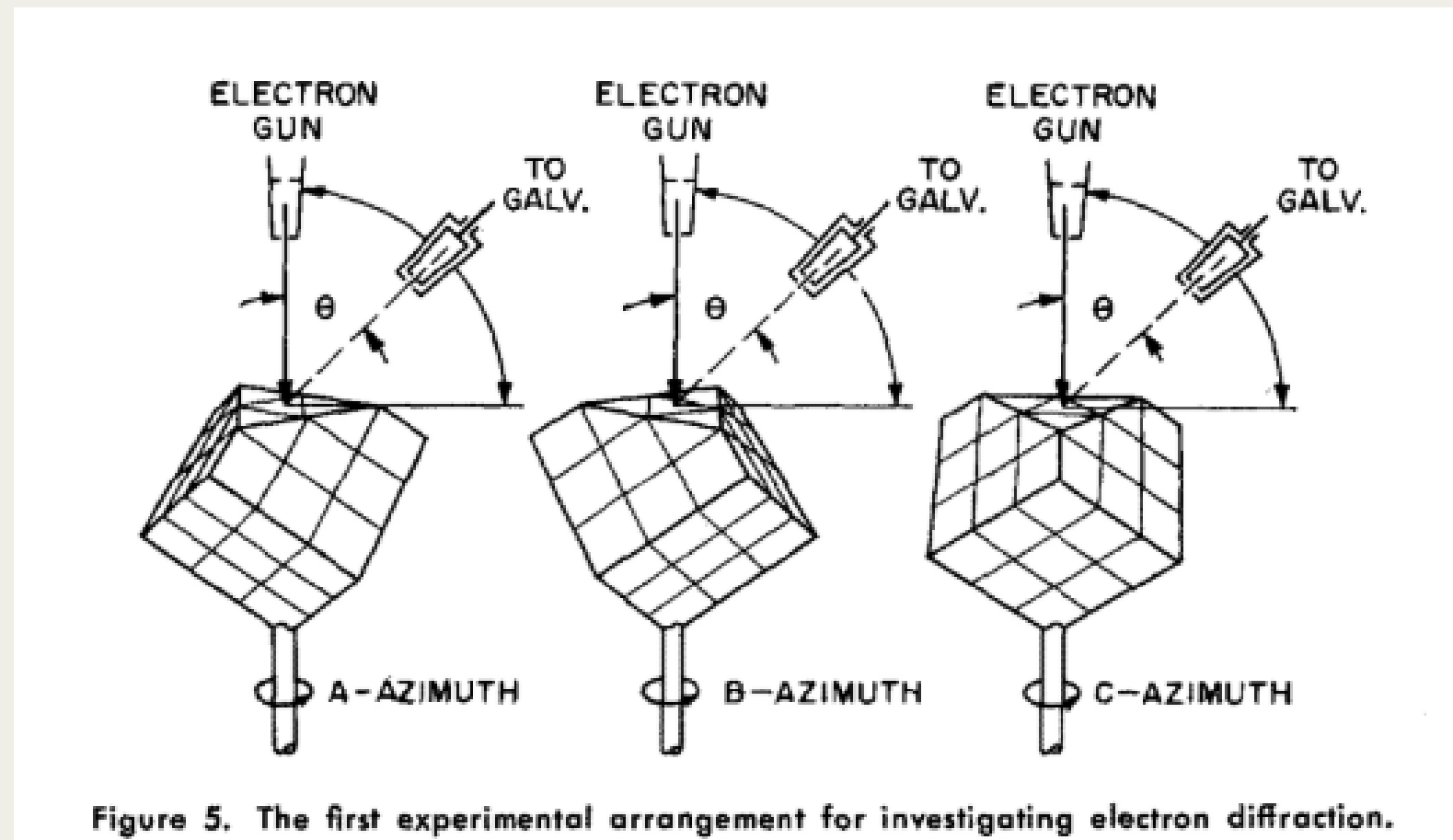
No entanto, dado o caráter extremamente fundamental da teoria, é altamente desejável que ela se baseie em evidências mais diretas e, em particular, que seja capaz não apenas de explicar, mas também de prever fenômenos.”

DAVISSON

- Formação na Universidade de Chicago
- 1911 - Professor no Carnegie Institute of Technology
- 1918 - Departamento de Engenharia da Western Electric, pesquisa relacionada a interesses militares
 - Missão da companhia: ser um corpo científico, em que os resultados da ciência são de utilidade para o desenvolvimento da comunicação elétrica
- Natureza da emissão de elétrons secundários para superfícies bombardeadas de elétrons



DIFFRACTION OF ELECTRONS BY A CRYSTAL OF NICKEL



DAVISSON, Clinton; GERMER, Lester H. Diffraction of electrons by a crystal of nickel. Physical review, v. 30, n. 6, p. 705, 1927.

O ACIDENTE

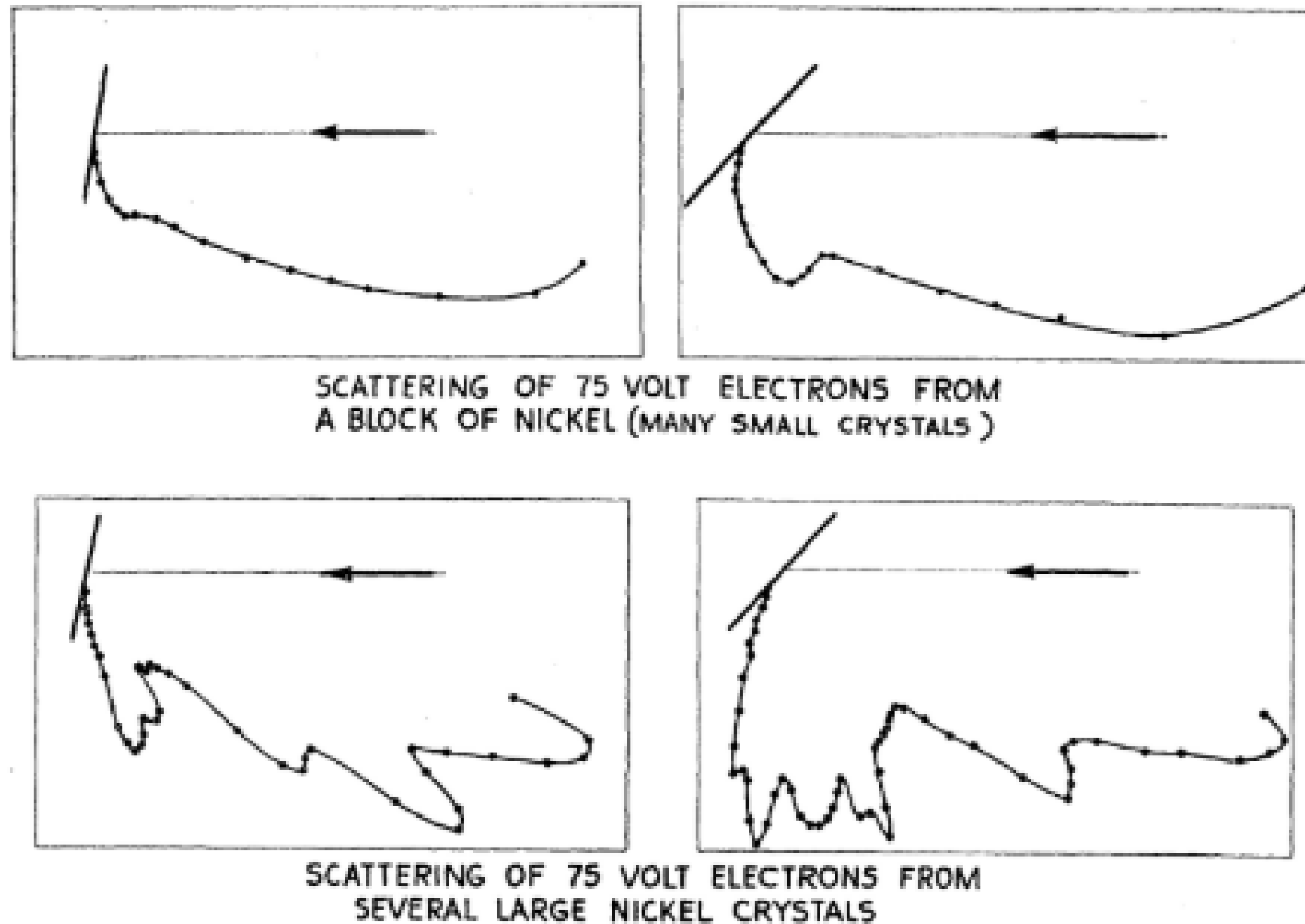


Fig. 1. Scattering curves from nickel before and after crystal growth had occurred.

- Resultados anômalos
 - mudança de pesquisa para a estrutura dos cristais
- British Association for the Advancement of Science
 - discussão dos seus resultados prévios como evidência de difração

DAVISSON, Clinton; GERMER, Lester H. Diffraction of electrons by a crystal of nickel. Physical review, v. 30, n. 6, p. 705, 1927.

DIFFRACTION OF ELECTRONS BY A CRYSTAL OF NICKEL

“A investigação relatada neste artigo teve início como resultado de um acidente ocorrido neste laboratório em abril de 1925 (...)

Durante o curso desse trabalho, uma garrafa de ar líquido explodiu enquanto o alvo estava em alta temperatura; o tubo experimental se quebrou (...)

Quando os experimentos foram retomados, descobriu-se que a distribuição angular dos elétrons dispersos havia mudado completamente.”

DAVISSON, Clinton; GERMER, Lester H. Diffraction of electrons by a crystal of nickel. Physical review, v. 30, n. 6, p. 705, 1927.

CONSIDERAÇÕES EPISÓDIO HISTÓRICO

Relação entre as práticas experimentais e pressupostos teóricos

Thomson

Relação direta, sendo o experimento como uma maneira de verificar a validade da teoria

Davisson

Resultados iniciais que corroboram a teoria antes mesmo de ter conhecimento dela
Inferiu a natureza ondulatória dos elétrons somente a partir da teoria

A inversão do vetor epistemológico apontada por Bachelard para a física quântica, pode ser parcialmente evidenciada nesse caso. Ela é aparente no caso de Thomson, mas surge tardiamente no caso de Davisson.

INTERVENÇÃO

Evidências Experimentais da Natureza Quântica da Radiação e da Matéria

Os experimentos de difração de elétrons foram independentemente realizados por Davisson e Thomson, tendo seus resultados publicados em 1927. Esses resultados apontavam para uma mesma conclusão, providenciando evidências experimentais da natureza ondulatória dos elétrons. Entretanto, suas motivações iniciais e aparatos experimentais para a condução de pesquisas sobre os elétrons foram bem distintas.

- 1. Como você enxerga a diferença entre eles?*
- 2. Algum deles caracteriza melhor o desenvolvimento da física moderna?*
- 3. Você reconhece algum deles nos experimentos que você realizou nessa disciplina?*

PERCEPÇÕES DOS ALUNOS

1. Quais as concepções de NdC referentes a relação teoria-experimento dos estudantes?

- Identificação da relação dialética entre teoria e experimento
- Validação dos dois movimentos

“Thomson e Davisson são como duas pessoas que partem de um mesmo ponto, em uma ilha pequena, em direções distintas e circulam a ilha até se encontrarem no outro ponto da mesma.”

PERCEPÇÕES DOS ALUNOS

2. Quais elementos empregados para sustentar suas concepções?

- Episódios históricos da disciplina, episódios históricos não mencionados, elementos epistemológicos para as duas respostas
- Extrapolação dos elementos epistemológicos: contextos intitucionais/familiares, privilégios

“A história da ciência, efeito fotoelétrico, catástrofe do ultravioleta, raio x nos conta que a pesquisa científica muitas vezes se origina de experimentos que dão errado que não corroboram ou não são explicados pela teoria vigente (...)”