

PRODUTO EDUCACIONAL

A invenção do pHmetro: uma história para a formação de professores

**Thales Caiê Lopes Romero
José Otavio Baldinato**

**São Paulo (SP)
2025**

Produto Educacional apresentado como requisito à obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, campus São Paulo.

AUTORES

Thales Caiê Lopes Romero (thalescr93@gmail.com)

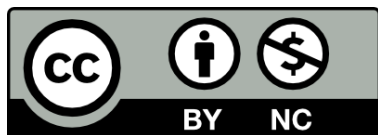
Graduado em Licenciatura em Química (USP); professor da Rede Privada de Educação do Estado de São Paulo.

José Otavio Baldinato (baldinato@ifsp.edu.br)

Doutor em Ensino de Ciências (USP); professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), São Paulo – SP.

Este trabalho está licenciado sob uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional. Para ver uma cópia desta licença, visite

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.



APRESENTAÇÃO

Este Produto Educacional integra a pesquisa de mestrado intitulada “História da Ciência e abordagem CTSA: interfaces formativas a partir da História Interrompida do pHmetro”, desenvolvida no Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciência e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), sob orientação do Professor Doutor José Otavio Baldinato.

Fundamentamos a elaboração deste Produto Educacional nos referenciais de História da Ciência (HC), estruturando uma História Interrompida sobre Arnold Beckman (1900-2004). O objetivo central deste trabalho é aproximar HC e CTSA, promovendo discussões sobre aspectos da Natureza da Ciência (NdC). Para isso, exploramos momentos-chave da trajetória de Beckman, destacando seu papel no desenvolvimento do pHmetro e suas implicações científicas e tecnológicas, assim como aspectos pessoais que permearam a trajetória do nosso personagem. Dessa forma, buscamos estimular reflexões sobre a construção do conhecimento científico, seus impactos sociais e as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Nossa proposta foi testada com professores de Química em formação, permitindo que futuros docentes vivenciassem uma abordagem que integra aspectos históricos e práticos ao ensino. Apesar de ter sido desenvolvida no contexto da licenciatura, ela também pode ser usada em cursos de bacharelado, especialmente em disciplinas voltadas à Química Analítica, Físico-Química e Instrumentação Analítica. Essa abordagem contribui para a compreensão do desenvolvimento dos instrumentos científicos e estimula uma reflexão sobre como a ciência se relaciona com situações reais e experiências vividas pelos estudantes.

Uma condição essencial para o desenvolvimento desta abordagem é a disponibilidade de um pHmetro digital, uma vez que a interrupção para prática experimental envolve esse equipamento. O uso de tal instrumento permite que os participantes compreendam não apenas seu funcionamento técnico, mas também que reflitam sobre a indústria de análises químicas e os contextos históricos e sociais que motivaram sua criação. Dessa forma, buscamos consolidar uma experiência formativa que integra teoria e prática, promovendo um ensino de Química contextualizado e significativo.



História Interrompida – Arnold O. Beckman

Caro leitor,

Nas próximas páginas você encontrará uma proposta de Ensino de Ciências conhecida como História Interrompida.

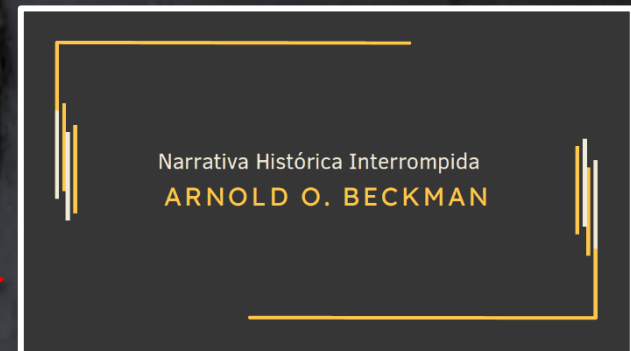
Mas antes de começarmos, convém perguntar: O que é uma História Interrompida?

Bom, uma forma simples de explicar é que a História Interrompida, como o próprio nome diz, consiste em uma narrativa, a ser contada em voz alta pelo(a) professor(a), com interrupções intencionais que visam promover aprendizagens entre os(as) estudantes. Essas pausas na história servem para que os grupos de estudantes discutam, reflitam, executem tarefas e aprendam sobre aspectos do fazer ciência. Isso inclui pensar sobre os conceitos e práticas científicas, mas também sobre o contexto político, econômico, social, assim como as motivações pessoais de um cientista.

A História Interrompida é uma abordagem usada em atividades educativas para engajar os estudantes, uma vez que, ao longo da narrativa, eles terão que explorar sua criatividade e curiosidade, sendo convidados a refletir e propor soluções. Ao participarem, os(as) estudantes se tornam parte ativa da trama, trazendo diversas possibilidades a uma narrativa em percurso.

Resumidamente, é isso!

Explicado o que é uma História Interrompida, vamos a um curto resumo sobre o personagem que dará a linha guia da nossa narrativa. Acompanharemos a vida de Arnold Beckman (1900-2004), um engenheiro químico estadunidense que teve grande participação no crescimento da indústria de equipamentos para análises químicas no século XX. Na lateral das páginas, você encontrará slides que preparamos para auxiliar a narração da história.



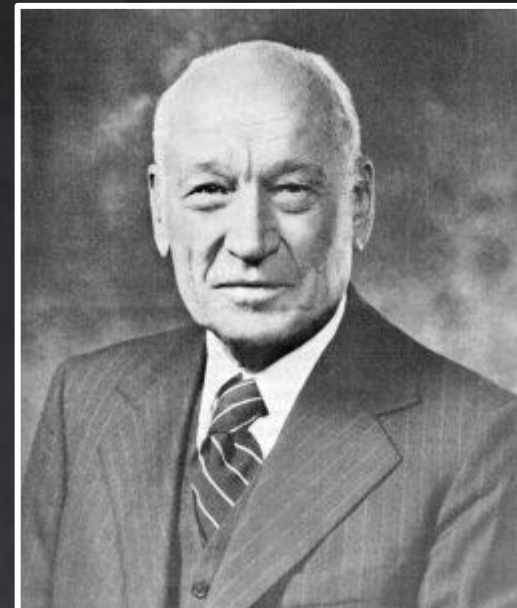
Após cada interrupção, haverá uma “nuvem” como essa, em que daremos sugestões sobre possíveis encaminhamentos didáticos. No entanto, é importante deixar claro que a intenção desse produto educacional é apenas de inspirar o trabalho de outros professores e professoras. Sinta-se à vontade para conduzir as interrupções da forma que achar melhor.

Orientamos que durante as interrupções, os participantes discutam nos grupos, e você, professor(a), passe estimulando a discussão e reflexão deles.

Resumo da história

Ao longo do século XX, o engenheiro químico Arnold Beckman desenvolveu equipamentos que contribuíram de forma direta para o aperfeiçoamento de técnicas de análise química, trazendo avanços tanto para laboratórios de pesquisa quanto para a indústria, como o pHmetro. Tais avanços tiveram grande impacto em áreas como a química e a biologia, já que, a partir de então, as análises laboratoriais se tornaram mais acessíveis e confiáveis. Ao longo do processo, Beckman enfrentou dificuldades técnicas, pessoais e contextuais, incluindo as mudanças geopolíticas provocadas pela 2ª Guerra Mundial. A colaboração de outros engenheiros e cientistas foi de extrema importância para sua contribuição para a ciência.

Agora, vamos começar nossa narrativa. Bom proveito!



1º momento: contextualização

A história do nosso personagem começa, precisamente, no ano de 1900, um período marcado por avanços significativos na ciência e mudanças importantes nas dinâmicas sociais e políticas dos Estados Unidos, local de nascimento e atuação de Arnold Orville Beckman.

Com um intenso fluxo migratório na virada do século XIX para o século XX, principalmente de países do oeste europeu, a população estadunidense cresceu rapidamente. Nesse período, os estados do centro-oeste, dentre os quais está Illinois, local de nascimento de Beckman, tinham uma população entre 15 e 20 milhões de pessoas, de um total aproximado de 76 milhões de pessoas que viviam nos EUA. Nessa região, a maior parte da população (80%) ainda vivia em áreas rurais, estando fortemente ligada às atividades agrícolas. Além dos imigrantes europeus, a população contava com grande número de afro-americanos, nativos americanos, asiáticos e hispânicos. Muitos desses imigrantes trabalharam na construção de ferrovias, interligando cidades no vasto território americano.

Como resultado dessa dinâmica populacional, a estrutura das cidades também passava por alterações. Enquanto nas áreas rurais a iluminação ainda era à base de gás e querosene, a luz elétrica já estava sendo implementada em locais de maior densidade populacional. A iluminação nas ruas tornava-se cada vez mais comum, e, nas fábricas, a eletricidade passava a dar um tom de modernidade aos processos de produção.

No início do século XX, os EUA passavam por um período de rápido crescimento industrial em diversos setores, já que os avanços tecnológicos e inovações nos métodos de produção tornavam a produção em massa uma prática comum. A elevada produção de aço, carvão, têxteis e produtos químicos impulsionava o desenvolvimento da indústria manufatureira. A *Ford Motor Company* é fundada em 1903 e alavanca o desenvolvimento da indústria automobilística (Figura 1). A indústria ferroviária também

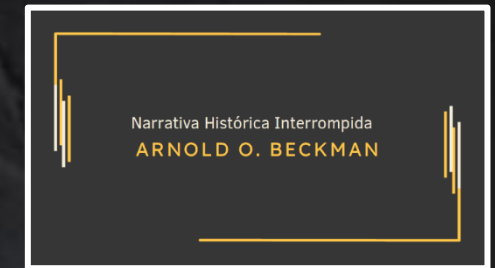


Figura 1 – Propaganda da Ford em 1903

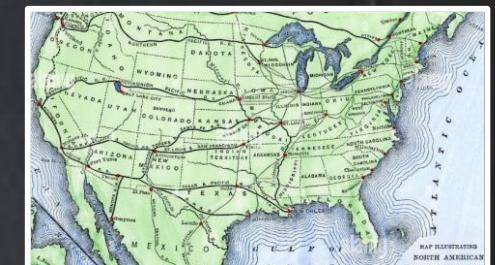


Figura 2 – Mapa ferroviário dos EUA no início do século XX

atingiu níveis consideráveis de desenvolvimento, afetando o transporte de matérias-primas, produtos acabados e pessoas em vários pontos do país (Figura 2).

Esse desenvolvimento industrial não era livre de custos, e as condições de trabalho, na maior parte dos casos, eram inadequadas. Jornadas longas, de 10 a 14 horas diárias, 6 dias na semana, eram comuns. Muitas vezes os salários eram baixos, deixando trabalhadores e suas famílias em situação de pobreza. Somados a esses fatores, a falta de regulamentação de segurança e de equipamentos de proteção adequados, assim como ambientes perigosos, como minas de carvão e estaleiros, faziam com que lesões graves e mortes fossem acontecimentos frequentes entre os trabalhadores. Muitos patrões exerciam comportamentos abusivos, sendo comum o trabalho infantil. Essas condições provocavam insatisfação nos trabalhadores, o que fomentou a consolidação de movimentos trabalhistas e sindicatos que lutavam por melhores condições. Essa luta culminou em eventos como a Greve dos Mineiros do Carvão em Ludlow, em 1914, e a Greve dos Trabalhadores do Aço, em 1919 (Figura 3). Esses eventos contribuíram para reformas trabalhistas e na concepção de legislação social do país.

Em estados do sul, pessoas negras representavam cerca de 43% da população e a implementação das Leis Jim Crow evidenciava a segregação racial existente (Figura 4). Mesmo com a abolição oficial no ano de 1863, o escravismo ainda se fazia muito presente.

Se, por um lado os coletivos negros eram privados de muitos de seus direitos e viviam sob condições de exploração e pobreza, por outro, eles exerceram grande influência na cultura estadunidense. Expressando raízes profundas em várias tradições musicais, incluindo africanas e caribenhas, e florescendo em áreas urbanas, principalmente em Nova Orleans, emerge o Jazz, destacando-se músicos como Louis Armstrong, Duke Ellington e Charlie Parker (Figura 5). Na década de 1920 esse estilo ganhou força e causou grandes impactos sociais, tornando-se símbolo de modernidade, liberdade e expressão artística. Como se vê, os fluxos migratórios, mudanças populacionais e estruturais na sociedade marcaram a virada do século.



Figura 3 – Grevistas em Seattle, 1919



Figura 4 – Leis Jim Crow



Figura 5 – King's Oliver Creole Jazz Band

Nesse contexto, as ciências da natureza e da matéria, como construções sociais, também passavam por grandes mudanças. Estudos sobre radiações eram realizados de maneira intensa desde a descoberta dos Raios X, de Roentgen, no ano de 1895, sendo rapidamente aplicados em medicina e para fins militares (Figura 6). Nesse novo ramo em ascensão, a polonesa Marie Curie, trabalhando na França, ganha destaque ao caracterizar a radioatividade como um fenômeno relacionado aos átomos pesados, de urânio e tório (Figura 7). Ernest Rutherford, formado em 1893 na Universidade de Wellington (Nova Zelândia) e atuando no Canadá, contava com o apoio de colegas e alunos para seguir os passos do casal Curie, investigando o comportamento das emissões radioativas. A partir da caracterização das partículas α e β e de estudos sobre a sua interação com corpos sólidos, Rutherford propõe um modelo nuclear para explicar a estrutura do átomo.

Aproveitando-se do “boom” experimentado pela radioatividade no início do século XX, a indústria de propaganda dos EUA utilizava-se desse termo científico como um slogan para vender produtos diversos. Os apelos variavam desde efeitos fisiológicos proporcionados pelos produtos “com radioatividade adicionada”, até os efeitos terapêuticos que eles poderiam propiciar, como a cura de tumores. Nesse contexto, o rádio é qualificado como uma “solução mágica da medicina” (Figura 8). Tais promessas milagrosas podiam ser vistas em diversas manchetes de jornais da época.

Produtos cosméticos prometiam uma beleza permanente e apresentavam o elemento Rádio como “a maior ajuda da natureza para a beleza da mulher” (Figura 9). A euforia relacionada a esses produtos era tamanha que, se efeitos como a eliminação de rugas, acnes, cravos e branqueamento da pele não fossem observados na utilização dos produtos, a empresa Radior oferecia um reembolso de US\$ 5.000,00 para as consumidoras insatisfeitas.

Outro produto amplamente explorado nesse contexto foi a água mineral. Com a publicação de um artigo escrito por Joseph J. Thompson (orientador do doutorado de E. Rutherford), relatando a presença de radioatividade em águas minerais medicinais no ano de 1903, na revista *Nature*, spas e centros de

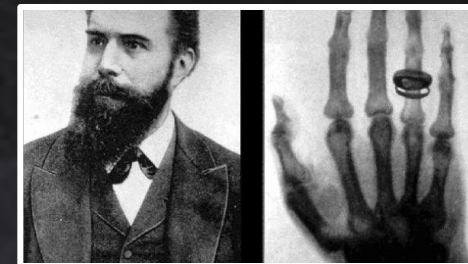


Figura 6 – Roentgen e a primeira imagem de Raio X



Figura 7 – Marie Curie

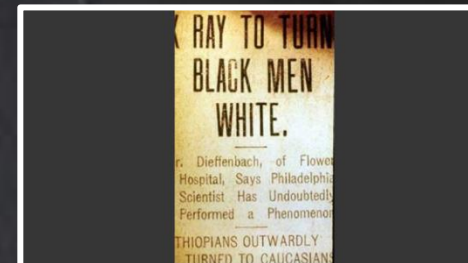


Figura 8 – Radioatividade: propaganda 1



Figura 9 – Radioatividade: propagandas 2 e 3

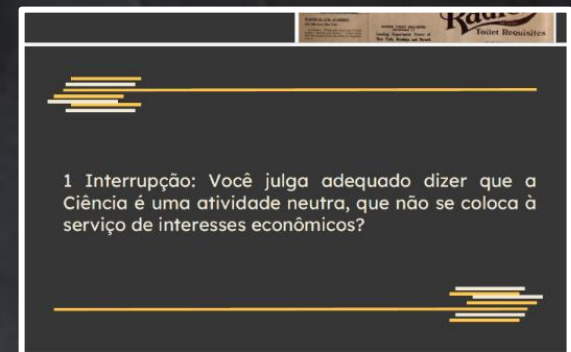
tratamento foram construídos para atender especialmente a idosos e doentes. Como muitas pessoas não tinham disponibilidade para ir até esses locais e a água perdia rapidamente suas “propriedades terapêuticas” - devido ao escape ou desintegração do Rádio - uma solução encontrada foi oferecer água com a adição de radioatividade, com o objetivo de “fazer a pessoa se sentir bem em caso de doença e evitar que fique doente caso esteja bem de saúde”.

Na interface entre ciência, tecnologia e sociedade, as projeções no início do século XX eram de que o desenvolvimento da indústria química afetaria áreas como saúde, transportes, vestuários, higiene pessoal e automobilística, dentre outras, impactado diretamente a forma de vida das pessoas.

1ª interrupção:

Considerando as descrições acima, vocês julgam adequado dizer que a Ciência é uma atividade neutra, que não está à serviço de interesses econômicos?

Nessa primeira interrupção, sugerimos que você passe pelos grupos estimulando os estudantes a buscarem outros exemplos, se possível, de casos históricos vistos anteriormente, em que seja possível buscar respostas para esse questionamento.



2º momento

Neste contexto encontra-se o protagonista desta narrativa, Arnold Orville Beckman. Seus antepassados são de origem alemã, tendo migrado para os EUA em 1857 (Figura 10). Filho de Georđe W. Beckman e Elizabeth E. Jewkes, Arnold nasceu em 1900, sendo o mais novo entre os seis filhos do casal, no vilarejo de Cullom, Illinois, um local com pouco mais de 500 habitantes, onde passou sua juventude (Figura 12).

A mãe de Arnold tinha saúde frágil e a leitura era uma das únicas opções de lazer na casa, principalmente no inverno, quando as temperaturas atingiam até dez graus negativos, Arnold Beckman teve um contato precoce com a química mediado pelo livro “*Fourteen Weeks in Chemistry*” (Figura 14). Escrito por J. Dorman Steele e publicado pela primeira vez no ano de 1873, a obra foi planejada para fornecer um curso básico de química em quatorze semanas, e foi bastante popular na época devido à sua abordagem prática e didática. As ilustrações de processos industriais e experimentos de laboratório fizeram com que Beckman ficasse interessado pelos assuntos tratados no livro.

Aos 10 anos de idade, seu pai construiu uma espécie de cabana para que Arnold pudesse fazer pequenos testes, aproveitando vidrarias e materiais trazidos por seu irmão mais velho, Roland, que trabalhava como revendedor de suprimentos químicos em Chicago. Com a morte de sua mãe, em 1912, Beckman passava ainda mais tempo fazendo seus experimentos como distração e, neste momento, o piano também passa a ter grande importância em sua vida (Figura 15). Diante dessa nova realidade de vida, aos doze anos, Arnold começa a trabalhar como atendente na *Leiserwitzes' General Store*, uma loja que vendia produtos do dia a dia, como leite, comida fresca, ferramentas e roupas.

No período em que Arnold deveria se matricular no Ensino Médio, sua família muda-se para *Normal*. O pai faz a matrícula dos irmãos Fred, Arnold e Wilma na *University High School*, enquanto Roland trabalhava em um banco local (Figura 16). Na nova casa, Arnold transformou o porão em um laboratório de elétrica e o sótão, em seu novo laboratório de química. Após um ano, a família muda-se novamente, agora para Bloomington, mas mesmo com a mudança, Arnold e Fred continuam frequentando a *University High School*. Tendo como plano seguir carreira na área de química, Arnold conversa com o diretor, que o libera das aulas de latim para que pudesse cursar matérias de aprofundamento relacionadas a essa área, pois isso poderia facilitar seus estudos na faculdade após concluir o Ensino Médio. Howard Adams, um dos professores do colégio, percebe o interesse de Beckman pela química e o convida a fazer pesquisas

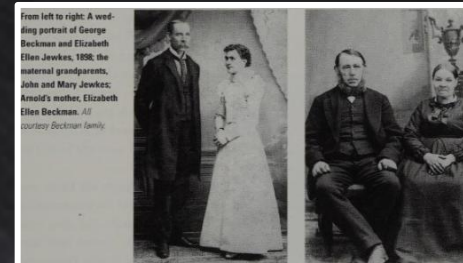


Figura 10 – Avós maternos de Arnold Beckman



Figura 11 – Mapa dos EUA

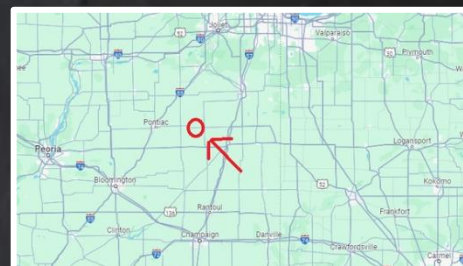


Figura 12 – Mapa da região de Illinois

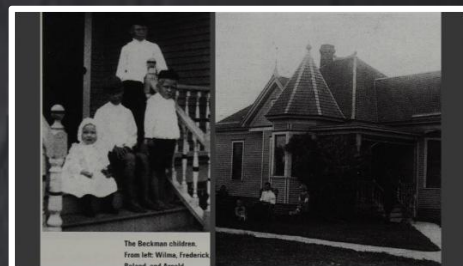


Figura 13 – Beckman e seus irmãos; casa da família Beckman

na área de metalografia. Devido à falta de equipamentos na escola, Adams e Beckman se dirigiam à *Universidade de Illinois*, aos sábados, para usar microscópios e outros equipamentos ali presentes. Howard consegue um cliente para Arnold, que se tornaria o responsável por fazer análises periódicas de cavacos de madeira utilizados pela *Union Gas and Electric* para gerar vapor e produzir eletricidade.

Em 1915, um teatro é inaugurado em Bloomington, e Arnold, então com 15 anos, assume o posto de pianista regular de cinema, com filiação sindical. Quase todas as noites, ele tocava com outros músicos que faziam a trilha sonora do cinema, cujos filmes eram mudos. Dentre suas diversas apresentações, Arnold considera marcante a participação em “*O nascimento de uma nação*”, de D. W. Griffith. O filme aborda conflitos entre abolicionistas e confederados após a Guerra de Secessão (1861-1865) nos Estados Unidos e teve grande repercussão, não apenas pelas inovações cinematográficas que trazia, mas principalmente pelas críticas que recebeu em função do viés racista da produção. Com mais de duas horas de duração, foi o filme mais longo produzido até então e o primeiro a ser exibido na Casa Branca. Beckman tocava em sessões das dez da manhã às dez da noite. Quando não estava tocando, juntava-se com Paul e Harry Burke - músicos profissionais - para tocar na hora do jantar no *Hills Hotel*, ou estava com a banda de Arthur Dornaus, com a qual faziam sons no ritmo do Jazz.

Em 1917, quando Arnold cursava o último ano de Ensino Médio, os EUA entram na “Grande Guerra Europeia” e um clima de mobilização toma conta do país. Universidades, escritórios e fábricas esvaziados. Postos de recrutamento sobrecarregados. O oferecimento de títulos de guerra e o incentivo para que alunos fizessem uma horta ou criassem gado eram situações comuns daquela época. Ainda naquele ano, na formatura do Ensino Médio, Beckman foi condecorado por alcançar a média geral de 89.41, a maior até então na história do *University High*. No ano de 1918, em meio à Guerra e suas implicações que assolavam boa parte do mundo, Arnold conta com outra indicação do Prof. Adams para conseguir um emprego na *Keystone Steel and Iron*, uma empresa siderúrgica. À época, a empresa tinha cerca de 50 funcionários e Arnold atuaria como químico analítico, determinando o teor de carbono e outros elementos na composição do aço e do ferro produzidos. Assim, sua renda se divide entre o trabalho na indústria e os concertos musicais dos quais participava como pianista.

Aos 18 anos de idade, após completar o Ensino Médio, Beckman entrou para a Marinha (Figura 17). Durante a Guerra, a indústria Química, de forma geral, avançou consideravelmente em diversos setores.

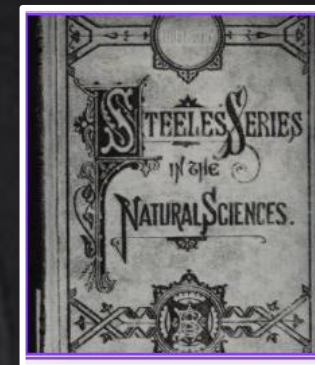


Figura 14 – Capa do livro “Fourteen Weeks in Chemistry”

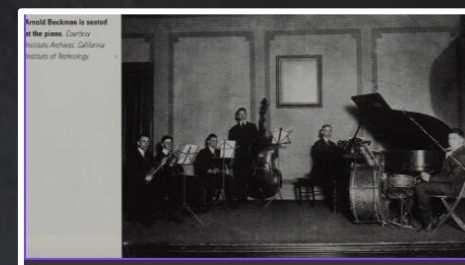


Figura 15 – Beckman tocando piano



Figura 16 – University High School, Illinois



Figura 17 – EUA na primeira Guerra; Beckman na Marinha

A grande demanda por explosivos levou ao desenvolvimento e produção em larga escala de materiais como nitroglicerina, trinitrotolueno (TNT) e ácido pícrico (Figura 18 e Figura 19). A química de sínteses e a tecnologia de produção também foram impulsionadas pela produção em massa de gases venenosos, como cloro, fosgênio e gás mostarda. Ao mesmo tempo, o desenvolvimento de analgésicos, antibióticos, antissépticos e outros medicamentos contribuem para o desenvolvimento da indústria farmacêutica. Outro setor que avançou foi o de tintas e corantes, que deveriam ser aplicados em uniformes e equipamentos militares. Além destes materiais, plásticos, borrachas sintéticas e fibras artificiais eram necessários para a produção de equipamentos de guerra, como pneus para veículos e armas.

Com o fim do conflito, no ano de 1918, como uma forma de agradecer aos militares, foi oferecido um jantar de ação de graças em *Greenpoint*, uma divisão da Cruz Vermelha sediada no Brooklyn, Nova Iorque (Figura 20). Durante esse jantar, Beckman conhece Mabel Meizner, filha do diretor de manutenção de um dos maiores centros hospitalares da metrópole em expansão. Mabel era de uma família com características muito mais urbanas que a de Beckman, mas suas histórias tinham elementos comuns. Assim como a família paterna de Beckman, os avós maternos de Mabel emigraram da Alemanha, e sua mãe, Alice Stone, juntamente com sua tia, foram ainda jovens para os Estados Unidos. Durante a estadia no Brooklyn, Mabel e Beckman se encontraram sete vezes, e ele assegurou a Mabel que não tinha a intenção de continuar a carreira militar (Figura 21).

Após a Guerra, muitas discussões e planos foram conduzidos considerando a importância da indústria química estadunidense. Em concordância, líderes de diferentes setores, como governo, universidades, órgãos militares e indústrias, passaram a tratar o desenvolvimento da indústria química como um interesse nacional. Nesse novo contexto, os químicos e engenheiros químicos da Universidade de Illinois estavam confiantes de que poderiam liderar essa expansão, formando profissionais competentes para servirem às indústrias nacionais. Mesmo com toda essa possibilidade de crescimento, Arnold, naquele momento com 19 anos de idade, não se preocupava com o desenvolvimento de sua carreira ou com contribuir para o desenvolvimento de uma indústria. Segundo palavras do próprio Beckman, naquele momento, ele se interessava em “produzir tintas sofisticadas e coisas que cheirassem bem”.

Como Arnold tinha feito cursos de aprofundamento em química durante o Ensino Médio, ao ingressar na Universidade de Illinois, consegue eliminar matérias e fazer disciplinas mais avançadas quando

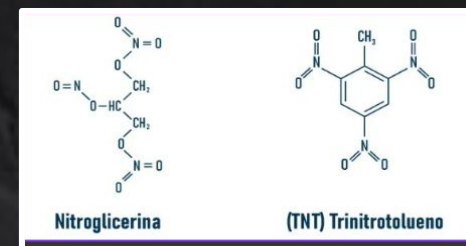


Figura 18 – Fórmulas estruturais da nitroglicerina e do TNT

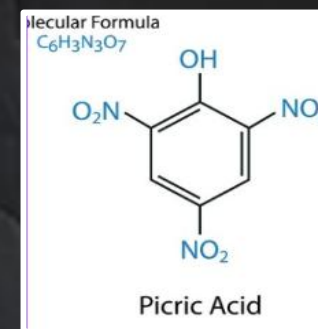


Figura 19 – Fórmula estrutural do ácido pícrico



Figura 20 – Mabel no Greenpoint



Figura 21 – Mabel com uniforme da Cruz Vermelha; Mabel e Beckman.

comparadas às que os demais calouros cursavam. Dessa forma, logo no início da graduação, passa a ser orientado pelo professor Carl Marvel (Speed), da área de Química Orgânica, que era recém doutor e trabalhava como instrutor no departamento de química (Figura 22). Speed planejava desenvolver um programa para produção de compostos dialquilados de mercúrio e viu em Beckman essa possibilidade. Beckman e Speed iniciam a produção desses compostos na década de 1920 e passam a ter contato frequente com substâncias como o dipropil mercúrio e o isopropil mercúrio. Após certo tempo de exposição, ambos apresentam problemas de saúde relacionados à intoxicação por mercúrio. Mesmo notando alguma perda de cabelo, como seu trabalho progredia, Beckman continuou trabalhando com esses compostos. Após retornar do recesso de um mês em casa, devido ao período de Natal, os sintomas de intoxicação voltaram de forma intensa.

2ª interrupção:

O que vocês fariam ao descobrir que sua pesquisa compromete a sua saúde e a de outras pessoas no local de trabalho?

Sugerimos que o(a) professor(a) passe em cada grupo, fazendo perguntas como:

Quais atitudes seriam possíveis nesta situação?
Considerem todas as opções, mesmo aquelas com as quais vocês não concordam.

Quais seriam os impactos dessas atitudes para você? E para os colegas de pesquisa? Para seu orientador? Sua Instituição de Ensino Superior?

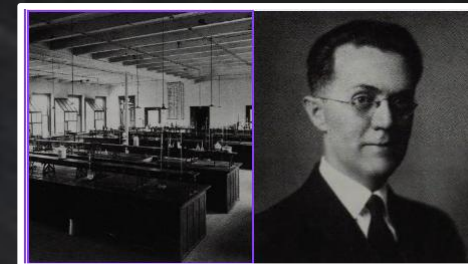


Figura 22 – Laboratório de Química da Universidade de Illinois; Speed Marvel.



2 Interrupção: O que você faria se suspeitasse que a sua pesquisa compromete a sua saúde e a de outras pessoas no local de trabalho?



Devido à frequente exposição aos compostos de mercúrio, Speed e Beckman desenvolvem uma sensibilidade extrema à esses compostos, forçando o professor a abandonar sua linha de pesquisa. Arnold decide mudar da Orgânica para a Físico-Química. Na nova área, ele começa a desenvolver uma visão diferente da relação entre a Química e a indústria, e aprofunda seu interesse pela Engenharia Química.

Interessado em entender as propriedades termodinâmicas de soluções eletrolíticas à base de amônia, o professor T. A. White aceita que Arnold atue como seu assistente de pesquisa. Após trabalhar pouco tempo ao lado de White, Gerhard Dietrichson faz um convite para que Beckman passe a trabalhar como seu assistente no curso de eletroquímica. Em uma realidade de desenvolvimento da indústria química e de rápido crescimento da Engenharia Química, suas atenções são então voltadas à esta área.

No último ano da faculdade, Beckman começa a trabalhar com um amigo, Glen Joseph, na revista “*The Illinois Chemist*”, publicando discussões sobre eletroquímica, espectroscopia, e novidades na área da medicina. Após quatro anos de estudos, em 1922, Beckman consegue o título de bacharel em Engenharia Química, e cogita seguir uma carreira dentro da academia.

3ª interrupção:

Se vocês reconhecem que gostam de participar de pesquisas científicas, mas já terminaram o curso que dava acesso aos laboratórios e tarefas da faculdade, como poderiam dar prosseguimento à carreira de cientista?

Quais seriam os próximos passos?

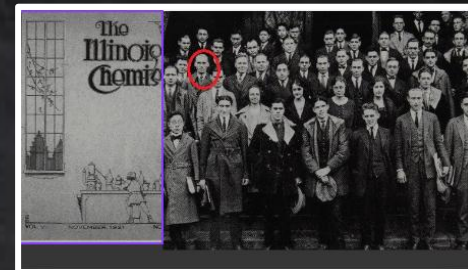


Figura 23 – Capa do periódico “*The Illinois Chemist*”; clube de Química da Universidade de Illinois

3 Interrupção: Se você reconhece que gosta de participar de pesquisas científicas mas já terminou o curso que te dava acesso aos laboratórios e tarefas da faculdade, como pode dar prosseguimento ?

Para conduzir essa discussão, comece incentivando os alunos a pensarem sobre **suas próprias motivações para fazer ciência**. Pergunte: *O que levaria alguém a insistir nessa jornada? Curiosidade? Desejo de contribuir para a sociedade? Interesse por desafios?*

Depois, leve a conversa para a ideia de **colaboração e competição** na ciência. Pergunte se eles acham que um cientista trabalha sozinho ou precisa de uma rede de contatos. Dê exemplos de como grupos de pesquisa se organizam em torno de um(a) professor(a) orientador(a) e como os estudantes do grupo são, de fato, as pessoas que conduzem as pesquisas científicas.

Por fim, verifique o que a turma já sabe sobre as formas de ingresso na pós-graduação, em cursos de mestrado e doutorado. Estudantes podem compartilhar informações que já possuem sobre Universidades próximas, Programas de Pós-Graduação e Linhas de Pesquisa conduzidas por potenciais orientadores que conheçam.

3º momento

Decidindo continuar sua carreira acadêmica, Beckman continua a pesquisar sob a orientação do Professor White. Em 1923, ele consegue o título de mestre em físico-química apresentando a dissertação intitulada: “A determinação da concentração dos íons de hidrogênio por titulação eletrométrica”. Para o próximo passo em sua carreira como pesquisador, Beckman se inscreve em três diferentes Instituições de Ensino Superior para fazer seu doutorado (que nos Estados Unidos é chamado de “PhD”): Universidade de Chicago, MIT e Caltech. Vamos analisar apenas um dos fatores, que é a distância. Illinois está mais próxima de Chicago, a 250 km de distância, enquanto Massachusetts (MIT) fica 1600 km a leste e a Califórnia (Caltech) fica 3400 km a oeste de Illinois (Figura 24).

Mesmo com a maior distância, Beckman escolhe o Caltech, principalmente por ter dois velhos conhecidos de Illinois. Um deles é Richard Tolman, ex-membro do corpo docente de físico-química, que deixou Illinois logo após Beckman ingressar na Universidade. O outro é seu amigo próximo e colega de classe, William Hincke, que ao ser contatado por Beckman, argumenta sobre as vantagens de ter um amigo em um local desconhecido, assim como um companheiro de viagens. Além dos dois conhecidos, Arnold declarou: “Este lendário país da Califórnia, terra do leite, mel, laranja e tudo mais. Eu só queria ver isso”, justificando assim a sua decisão pela vida na costa oeste.

Durante o doutorado, o engenheiro químico decide interromper os estudos no Caltech e cruza o país mais uma vez, agora rumo a Nova Iorque, para ficar mais próximo de Mabel.

Beckman procura emprego num momento em que o setor de telecomunicações passava por grandes avanços. Após a criação do tubo de vácuo pela *Western Electric*, possibilitando diversos avanços com relação aos telefones e outros eletrônicos, o departamento de engenharia sugere a criação da *Bell Laboratories*, para que ainda mais tempo e pessoas estivessem dedicados à pesquisa básica. Arnold, então, é contratado para atuar com Walter A. Shewhart no setor de controle de qualidade da empresa que era líder mundial em eletrônica. Sua permanência por dois anos na *Bell Labs*, assim como a passagem pelo Caltech, contribui para que seu olhar se volte para a área de tecnologia, sendo a sua mais profunda experiência a exposição ao tubo de vácuo, diante do qual ele percebe o potencial dos eletrônicos, a necessidade de um controle de qualidade e as possibilidades abrangidas na interação entre os dois.

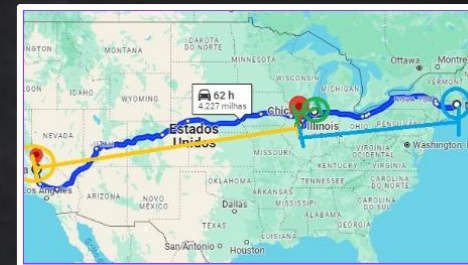


Figura 24 – Mapa dos EUA com distâncias

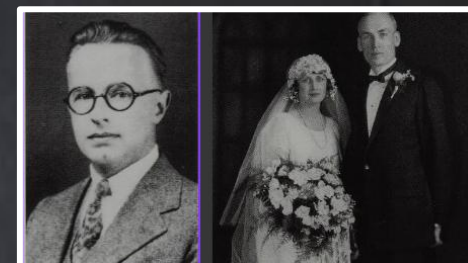


Figura 25 – Esquerda: Shewhart, do Bell Labs; Direita: casamento de Beckman e Mabel.

Nesse período, enquanto trabalhava na *Bell Labs*, no dia 10 de junho de 1925, Beckman se casa com Mabel na Igreja de Todos os Santos, localizada em Bayside, Long Island. Mesmo com os pais de Mabel por perto e os diversos projetos a serem tocados na empresa, Beckman se questiona se não deveria retornar à Califórnia para concluir o doutorado (Figura 25).

4ª interrupção:

**Vocês voltariam para a Califórnia para concluir o doutorado, ou
continuariam em Nova Iorque, trabalhando no *Bell Labs*?
Quais fatores pesariam na decisão de vocês?**

4 Interrupção: Você voltaria para a Califórnia para concluir o doutorado, ou continuaria em Nova Iorque, trabalhando na Bell Labs?

Direcione a discussão para o papel das **crenças culturais no fazer ciência**. Pergunte: *Será que a cultura de um lugar pode influenciar no desenvolvimento científico? Dê exemplos de como diferentes regiões valorizam a inovação, a pesquisa acadêmica ou a aplicação imediata do conhecimento. Nos EUA, por exemplo, a Costa Leste (onde fica Nova Iorque) era mais tradicionalmente ligada à indústria e ao setor privado, enquanto a Costa Oeste (Califórnia) estava começando a se tornar um polo de inovação e pesquisa acadêmica.*

Por fim, conecte a discussão com a realidade dos alunos: *Hoje, quais fatores fazem um estudante decidir seguir na pesquisa ou buscar um emprego logo após a graduação? Como crenças culturais influenciam essas escolhas?*

O objetivo é que eles percebam que a ciência não acontece isolada do contexto social e cultural, e que as decisões dos cientistas não são apenas técnicas, mas também influenciadas por valores, oportunidades e até pelo ambiente em que estão inseridos.

No ano seguinte, Beckman e Mabel decidem regressar para Pasadena, Califórnia. Ao retornar para o *Caltech*, Arnold volta a pesquisar na área de físico-química, juntamente com Arthur Amos Noyes, e aproveita o momento de ascensão da cristalografia por Raios-X para aprofundar seus estudos sobre estrutura atômica. A aplicação dessa técnica tem como base um padrão de difração identificado pelo equipamento após interações entre os raios X e os átomos da substância cristalizada. De acordo com o padrão captado, é possível calcular e inferir informações como a distância entre os átomos e seus arranjos espaciais, aplicando técnicas matemáticas como a Transformada de Fourier, que possibilitam reconstruir a distribuição de densidades eletrônicas dentro do cristal.

Mesmo estudando nessa área, para o doutorado ele decide usar como base um composto conhecido como hidrazina, explorando conexões entre a Teoria Quântica e as reações químicas. Beckman escolhe, especificamente, a fotoquímica como área de estudo, tendo Roscoe Dickinson como seu orientador. O desenvolvimento da mecânica quântica ajudou a construir explicações modernas sobre a estrutura eletrônica dos átomos, contribuindo, por exemplo, para o modelo proposto por Bohr no ano de 1913. Uma teoria sobre a distribuição dos elétrons pelo átomo foi essencial para o entendimento do comportamento dos elementos em ligações e reações químicas. Outra importante contribuição da teoria quântica foi sobre o entendimento de conceitos como estado de transição e barreiras de energia, que estão diretamente relacionados às velocidades das reações químicas.

Com o aumento da frota de veículos no país, no ano de 1927, Beckman motivou-se a desenvolver um equipamento que consiste em um tubo de metal montado no painel do carro, que vibra e emite um som característico quando atinge determinada velocidade, permitindo que o motorista verifique rapidamente se seu veículo está operando normalmente. Em poucos anos, Arnold torna-se uma referência no Caltech em relação a instrumentos e aparatos para medições, área pela qual mostrava-se interessado. Logo após terminar seu doutorado, Beckman é contratado para atuar como instrutor no Departamento de Química, e um ano depois é promovido a professor assistente (Figura 27).

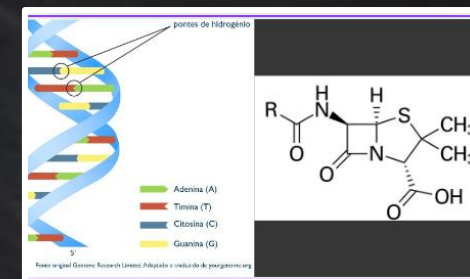


Figura 26 – Representação da estrutura do DNA e fórmula estrutural da penicilina



Figura 27 – Professores do Caltech, com Beckman e Linus Pauling em destaque

4º momento

Além da carreira acadêmica, neste momento Arnold presta serviços de consultoria de acordo com demandas emergentes. Em 1934, ao receber a visita de I. H. Lyons (Buzz), presidente da *National Postal Meter*, de Los Angeles, surge a demanda de corrigir um problema em prensas mecânicas para gráficas, que estavam entupindo e comprometeriam a eficiência do serviço a logo prazo (Figura 28). No mesmo ano é aberta sua subsidiária chamada *National Inking Appliance Company*, na qual foi designada à Beckman a função de vice-presidente.

Em meio ao crescimento da produção de óleo e gasolina em todo o país, e do cultivo de cítricos, especialmente na Califórnia, a atenção de Beckman se divide entre a academia e o empreendedorismo. Nessa nova realidade, cresce a importância da química aplicada, seja na determinação de acidez do solo, na produção de pesticidas ou no cultivo de frutos.

Trabalhando em um dos laboratórios da *California Fruits Grower Exchange*, uma cooperativa agrícola responsável por colher, embalar e distribuir uma variedade de frutos cítricos, Glen Joseph, amigo de Beckman dos tempos da faculdade, enfrentava dificuldades para determinar, de forma precisa, a acidez do suco de limão que era produzido. O papel tornassol usado para essa finalidade fica vermelho em meio ácido e azul em meio básico, mas tem essa visualização dificultada pela presença de dióxido de enxofre, que atua como alvejante. Uma alternativa para medir a acidez era utilizar eletrodos de hidrogênio para determinar a concentração de íons H^+ em função da condutividade elétrica da solução. Utiliza-se, então, a escala de pH, criada por Sorensen em 1909, sendo classificadas como ácidas as substâncias com pH inferior a 7 e alcalinas quando este valor é superior a 7 à temperatura ambiente. Neste método, o dióxido de enxofre também causa problemas na determinação, já que “envenena” os eletrodos de hidrogênio. Como uma tentativa de contornar as dificuldades de leitura, Glen Joseph passa a utilizar eletrodos de vidro, mas tem problemas com a sensibilidade do galvanômetro utilizado e com a potência do sinal gerado. Diante das dificuldades, ele procura a ajuda de Beckman para resolver tal questão. A explicação abaixo foi dada pelo próprio Beckman em um documento chamado “*The Development of pH Instrumentation*” (O desenvolvimento da instrumentação do pH).

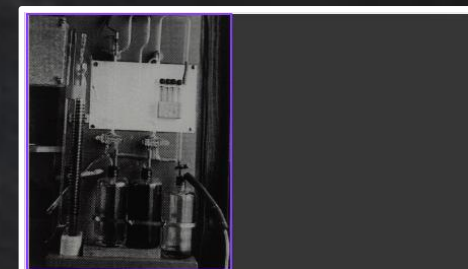
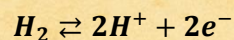


Figura 28 – Aparato para produzir tintas

É bem conhecido que o potencial elétrico estabelecido entre um pedaço de metal e uma solução contendo seus íons é dependente da concentração desses íons. Foi notado que quando um metal quimicamente inerte, como platina ou ouro, é imerso em uma solução contendo íons hidrogênio e o gás hidrogênio é borbulhado ao redor do metal inerte, o eletrodo se comporta como se fosse hidrogênio metálico. Existe um potencial elétrico reproduzível entre o eletrodo e a solução. A magnitude do potencial depende da concentração de íons hidrogênio (O potencial também depende da pressão do gás hidrogênio. Para simplificar, a pressão será considerada constante como 1 atm, assim o efeito da pressão não precisa ser considerado). A equação que relaciona o potencial elétrico e a concentração de íons hidrogênio foi desenvolvida pelo químico alemão, Walter Nernst, em 1889:



Se E_0 representa a voltagem existente entre o eletrodo de hidrogênio e a solução contendo íons hidrogênio, a voltagem E em qualquer outra concentração é dada pela equação

$$E = E_0 - \frac{RT}{F} \ln(H^+)$$

onde R é a bem conhecida constante universal dos gases, T é a temperatura absoluta e F é a constante de Faraday. Em qualquer temperatura dada, a mudança na voltagem resultante de uma mudança na concentração de íons hidrogênio será diretamente proporcional à mudança no logaritmo da concentração de íons hidrogênio, ou seja, será diretamente proporcional à mudança de pH.

$$\Delta E = -C \cdot \Delta [-\log(H^+)] = -C \cdot \Delta pH$$

Substituindo R por 1,986 cal / °C / mol, F por 96500 coulombs, e introduzindo o fator 2,303 para converter o logaritmo natural em logaritmo comum, os seguintes valores de C são obtidos para diferentes temperaturas.

O original deste documento está disponível no link:

<https://digital.sciencehistory.org/works/z029p529v/viewer/5712m7024>

A tradução foi realizada pelos autores deste produto educacional.

No final deste produto educacional (p. 37-40), apresentamos detalhes do raciocínio matemático que leva a esta equação.

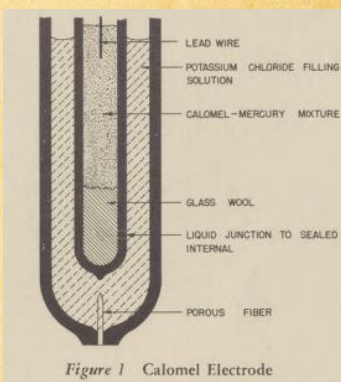
Table III
Nernst Equation Constant

<u>Temp.</u>	<u>C mv/pH</u>
0°C	54.19
25°	59.15
100°	74.03

Uma mudança em 1 unidade de pH produzirá uma mudança na voltagem, de aproximadamente 59 milivolts à temperatura ambiente, 54 milivolts à 0 graus, e 74 milivolts à 100 graus.

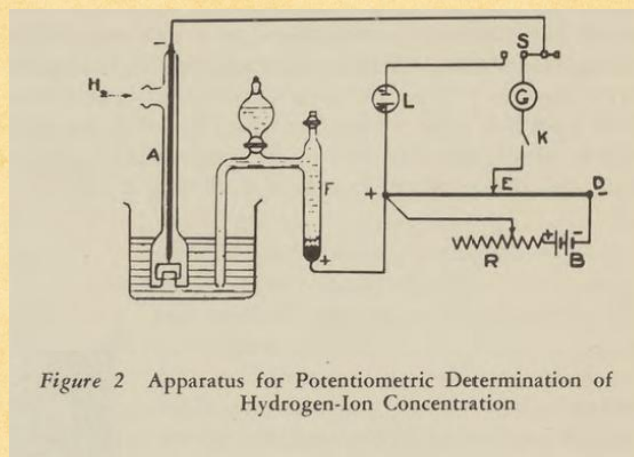
O eletrodo de hidrogênio proporciona assim uma forma de determinar a concentração de íons hidrogênio. Felizmente, a mudança na voltagem é linear com respeito à variação de pH. Obviamente, é necessário ter um segundo eletrodo para fechar o circuito elétrico e medir a força eletromotriz (FEM). A função deste eletrodo é meramente fornecer um potencial constante para verificar as mudanças de potencial que ocorrem no eletrodo de pH. Qualquer eletrodo estável serviria para esse propósito; na prática, observou-se que um eletrodo de calomelano seria um eletrodo de referência conveniente. A composição de um eletrodo de calomelano moderno é mostrada na Figura I [à direita].

O eletrodo de calomelano consiste em mercúrio metálico em contato com uma solução saturada de calomelano (cloreto de mercúrio). A conexão eletrolítica entre a solução imediatamente ao redor do eletrodo de mercúrio e a solução que se deseja determinar o pH, normalmente é estabelecida por uma solução de cloreto de potássio. O contato eletrolítico com a solução teste é feito através da fibra porosa, mostrada na Figura 1. A solução geralmente é saturada com relação ao cloreto de potássio, ou tem alguma concentração definida, como 0,1 N de KCl. Como o potencial do



eletrodo de mercúrio é dependente da concentração de íons cloreto, uma concentração conhecida de KCl é de fundamental importância para seu correto funcionamento. Quando uma solução saturada de cloreto de potássio é utilizada, o potencial da célula de referência de calomelano é de 0,2443 volts com relação ao potencial do eletrodo-padrão de hidrogênio. A magnitude da voltagem de referência é irrelevante, mas deve permanecer constante. Se um tipo diferente de eletrodo de referência é utilizado, a curva FEM - pH é apenas deslocada ao longo do eixo da voltagem, permanecendo inalterada a inclinação da curva. Na prática, a voltagem do eletrodo de referência raramente é utilizada, pois o "pHmetro" é padronizado através de uma solução de pH precisamente conhecido e o instrumento é ajustado até que a leitura da escala corresponda a este valor de pH.

A Figura II [abaixo] mostra esquematicamente um aparato típico de laboratório para determinação do pH.



O aparato inclui um eletrodo de hidrogênio responsivo ao pH, um eletrodo de referência de calomelano com voltagem constante, e um circuito convencional para medir a FEM produzida pelos eletrodos. No método potenciométrico, a FEM é equilibrada por uma tensão de igual valor que se obtém movendo o pino de uma resistência variável [potenciômetro] pela qual flui uma corrente elétrica constante. Quando as duas voltagens opostas são

exatamente iguais, não há fluxo de corrente, como é indicado pela medida zero de um galvanômetro.

Embora o eletrodo de hidrogênio tenha sido amplamente utilizado nos primórdios do desenvolvimento das teorias eletroquímicas, e ainda seja usado como padrão primário para a escala de pH, ele apresenta sérias limitações quando utilizado na prática. O uso do gás hidrogênio é inconveniente. O eletrodo atinge o equilíbrio lentamente e é rapidamente “envenenado” por diversas substâncias. Eletrodos de pH mais convenientes foram procurados e vários foram desenvolvidos. [...] Quaisquer que sejam os méritos relativos do hidrogênio, quinidrona, antimônio e outros eletrodos de íons hidrogênio, todos sofriam de uma falha básica. A reação eletroquímica que estabelece o potencial do eletrodo sempre envolvia a transferência de elétrons entre o eletrodo e a solução. Na terminologia química, a reação que envolve transferência de elétrons é chamada de reação de oxirredução. A substância que perde elétrons é oxidada e a que ganha elétrons é reduzida. Em casos que a solução-teste contenha íons diferentes do hidrogênio e que sejam capazes de receber elétrons, ocorre uma reação no eletrodo, dando assim origem a um potencial de eletrodo equivocado. Obviamente, se o potencial do eletrodo não for estabelecido a partir da reação dos íons hidrogênio, mas por reações paralelas envolvendo outras substâncias, o potencial do eletrodo não será uma medida exata da concentração de íons hidrogênio. Na presença de substâncias oxidantes ou redutoras, as medidas de pH obtidas com eletrodos de hidrogênio, antimônio, quinidrona, ou outros desse tipo são sempre duvidosas. Os eletrodos não devem ser usados na presença de fortes agentes oxidantes ou redutores, como o dióxido de enxofre, cloro etc. Essa era a situação que existia [...] no que diz respeito à instrumentação industrial de pH. A necessidade de controlar o pH em processos industriais já começava a ser reconhecida, mas as inadequações dos equipamentos de pH até então disponíveis limitavam seriamente as possibilidades de controle de pH. Era necessário um eletrodo de pH responsivo que fosse conveniente para o uso e que também fosse livre dos problemas que limitavam o uso de outros eletrodos.

Vamos voltar agora para ano de 1909. Naquele ano, o químico alemão, Fritz Haber, e um estudante chamado Klemensiewicz, perceberam que quando um bulbo de vidro de parede fina contendo uma solução interna e um eletrodo fosse imerso em uma solução teste, a voltagem produzida entre o eletrodo interno e o eletrodo de referência em contato com a

mesma solução variava com uma mudança de acidez da solução teste. Esse arranjo era usado para indicar o ponto final de uma titulação por neutralização. A grande utilidade do eletrodo de vidro não foi percebida naquela época e muitos anos se passaram antes que outros pesquisadores tomassem conhecimento das características singulares do eletrodo de vidro. Até 1925, apenas algumas pessoas, principalmente bioquímicos, haviam investigado as propriedades do eletrodo e determinado que, sob condições adequadas, a mudança no potencial tinha uma relação linear com a mudança de pH

Contrastando com todos os outros tipos de eletrodos de pH, a grande vantagem do eletrodo de vidro era o fato de ser completamente livre de erros provocados por agentes oxidantes e redutores na solução. A razão para esse fato é que não há transferência de elétrons na interface eletrodo-solução e, portanto, não ocorre oxidação, nem redução. O potencial elétrico que é estabelecido através da membrana de vidro depende apenas da diferença de concentração de íons hidrogênio das soluções nos dois lados da membrana. O eletrodo de vidro se comporta como uma pilha de concentração e não como uma pilha de oxidação-redução. Não é apropriado aprofundar aqui a discussão sobre pilhas de concentração. Basta notar que aplicando conceitos da termodinâmica, pode-se mostrar que a diferença de potencial através da membrana do eletrodo de vidro pode ser determinada pela multiplicação da constante "C", da equação de Nernst, pelo logaritmo da razão entre as concentrações de íons hidrogênio dos dois lados da membrana. Na prática, a solução interna permanece inalterada, e juntamente com um eletrodo metálico, constitui um eletrodo interno de referência com voltagem constante. Sob tais condições, o pH da solução externa é o único fator variável. Assim, a mudança na voltagem do eletrodo de vidro é proporcional à mudança de pH da solução teste.

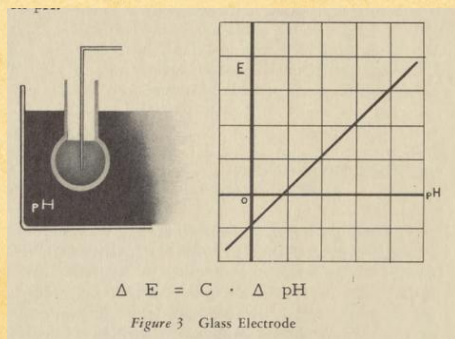


Figure 3 Glass Electrode

Interrupção para prática instrumental:

Como se opera um pHmetro digital para determinar a acidez de uma solução?

ORIENTAÇÕES PARA CONDUÇÃO DA PRÁTICA COM PHMETRO DIGITAL

A prática com pHmetro digital é uma excelente oportunidade para que os alunos desenvolvam habilidades experimentais e compreendam os impactos da indústria de análises químicas. No decorrer da atividade, é essencial que os estudantes tenham a oportunidade de manusear tanto o equipamento quanto as soluções, torando o aprendizado mais dinâmico e participativo.

Durante o teste deste produto educacional, que foi realizado com estudantes de licenciatura em Química, optamos por realizar a calibração do aparelho com as soluções estoque padronizadas e, em seguida, medir o pH do suco de limão que foi espremido na hora, para que os estudantes pudessem realizar as medições contextualizadas pelo episódio histórico.



Esses foram os modelos de pHmetro usados no desenvolvimento e teste deste produto educacional.

Metrohm - 827 pH Lab;

Tecnopon - MPA 210.

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES

A lavagem dos eletrodos deve ser realizada após cada medição para evitar contaminações, alterando assim o resultado. Cuidado ao realizar tal procedimento, pois os eletrodos são sensíveis e podem ser danificados. SIGA SEMPRE AS ORIENTAÇÕES DO FABRICANTE!

Durante a prática, você pode aproveitar para chamar a atenção para a estrutura do aparelho, indicando a localização e composição dos eletrodos. Também pode explorar os componentes da Equação de Nernst.

Ao final da prática, certifique-se de que o eletrodo seja armazenado corretamente em solução apropriada, conforme as recomendações do fabricante.

Voltando ao problema trazido a Beckman sobre a determinação de pH do suco de limão, Glen Joseph já tinha tentado utilizar o eletrodo de vidro e esbarrava na dificuldade de lidar com um sinal elétrico muito fraco, da ordem de milivolts. Arnold produz, então, um protótipo com bateria portátil e sistema eletrônico com amplificador embutido, resolvendo o problema apresentado pelo amigo, que ficou muito satisfeito com a solução (Figura 29). Os colegas que trabalham com Joseph passaram a utilizar o aparelho, fazendo com que ele voltasse a fazer contato com Arnold, pedindo uma nova unidade, idêntica à produzida anteriormente.

Escancara-se, então, uma oportunidade de mercado para Beckman, que inicia uma inovação na área de instrumentação química. Pela experiência de seu amigo, pareceu claro que um aparelho portátil, com bateria acoplada, seria de grande praticidade, facilitando sua utilização na mensuração do pH em campo, onde os frutos cítricos eram colhidos.

Mesmo sendo o Caltech uma instituição estritamente científica, que não permitia que pesquisas para fins comerciais fossem realizadas em suas instalações, o engenheiro decide continuar esse trabalho utilizando a *National Inking Company Appliance*, que então se tornava o *National Technical Laboratories (NTL)*, para tal fim. Beckman apresenta sua nova criação em um encontro da *American Chemical Society (ACS)*, em setembro de 1935, e mesmo não tendo as melhores devolutivas, decide partir em uma jornada, juntamente com Mabel, para apresentar seu acidímetro a possíveis clientes e financiadores.

Arnold visitou negociadores e comerciantes como a *National Dairy Products Corporation*, uma empresa de laticínios, e recebeu muitas negativas com relação à tentativa de achar uma aplicação comercial para o seu produto. Após enfrentar esses obstáculos e continuar tentando mostrar o potencial de seu equipamento, a *Arthur H. Thomas Company*, uma empresa que fornecia equipamentos de laboratório, foi otimista com o projeto, já que o valor de venda do equipamento seria menos da metade do valor caso seus componentes fossem vendidos separadamente.

Contrariando o pessimismo das primeiras estimativas, em 15 meses foram vendidas 531 unidades do pHmetro de Beckman, registrando algum sucesso entre aqueles que utilizavam o equipamento. Com o aumento da produção, em 1939, Arnold é então nomeado presidente do NTL.

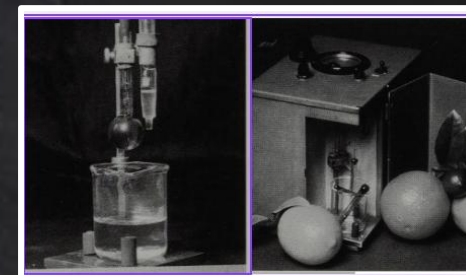


Figura 29 – Diferentes componentes do acidímetro produzido por Beckman

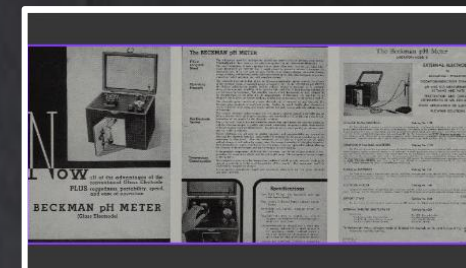


Figura 30 – Primeiras propagandas do pHmetro

5ª interrupção:

Neste momento da carreira, Beckman encontrou algum sucesso como empreendedor, mas a Universidade em que trabalhava era declaradamente contrária às pesquisas com viés comercial. O que vocês fariam nesta situação?

Abandonariam a área acadêmica? Abandonariam o empreendedorismo?

Tentariam conciliar os dois? Como?

5 Interrupção: Neste momento da carreira, Beckman encontrou algum sucesso como empreendedor, mas a Universidade em que trabalhava era declaradamente contrária às pesquisas com viés comercial. O que você faria nesta situação?

- abandonaria a área acadêmica?
- abandonaria o empreendedorismo?
- tentaria conciliar os dois?

Direcione a conversa para o **conflito pessoal de interesses**. Pergunte: *É possível ser um cientista comprometido com a pesquisa e, ao mesmo tempo, buscar lucro? A ciência deve se manter "pura" ou pode ser aplicada para resolver problemas comerciais?* Discuta como essa questão ainda é atual, especialmente em áreas como biotecnologia e inteligência artificial.

Em seguida, introduza a questão da **economia e financiamento da ciência**. Explique que, muitas vezes, a pesquisa precisa de investimentos externos para avançar. Pergunte: *Se a universidade não apoia esse tipo de trabalho, de onde viriam os recursos? As empresas podem ser boas parceiras da ciência?*

Por fim, conecte a discussão com a importância de **novos instrumentos científicos e suas validações**. No caso de Beckman, ele estava criando equipamentos que ajudavam outros cientistas a fazerem suas pesquisas. Pergunte: *Até que ponto a validação acadêmica de um instrumento ou tecnologia deve ser independente do seu potencial comercial?*

O objetivo é que os alunos compreendam os desafios éticos e práticos da relação entre ciência e mercado, refletindo sobre como a inovação pode surgir tanto da pesquisa pura quanto do empreendedorismo.

5º momento

Beckman decide seguir com seus empreendimentos, já que as vendas se mostravam promissoras. Segundo palavras do próprio Beckman:

Em 1939, a empresa havia crescido a ponto de precisar de alguém que se dedicasse integralmente a ela. Então eu tive que tomar uma decisão entre deixar o Caltech, desistir da área acadêmica, e me dedicar aos negócios, ou permanecer lá e ter mais alguém para gerenciar a empresa comigo. Bem, nesse momento, eu estava me divertindo com os negócios; além disso, eu descobri que me manteria em contato com a ciência, porque os instrumentos estavam sendo usados em laboratórios científicos. Eu estava exposto a todos os tipos de novas aplicações nas ciências, então senti que não estaria me divorciando totalmente da ciência. Então eu decidi deixar o Caltech e mergulhar nos negócios. (p. 144).

Em 1940 o mundo encontra-se em um segundo grande conflito militar. Com a entrada dos EUA no ano de 1941, as produções nacionais são redirecionadas, em grande parte, para o esforço de guerra (Figura 31). O Governo e o exército passam a fazer demandas específicas para empresas, tornando-se grandes compradores. A empresa de Beckman é reconhecida pela produção de peças e equipamentos eletrônicos de precisão usados em análises químicas, e foi sondada pelo Governo para contribuir com o esforço de guerra. As demandas iniciais eram por grandes quantidades de potenciômetros e outros componentes eletrônicos que poderiam ser usados em radares e painéis de aviões.

6ª interrupção:

Vocês aceitariam esse tipo de demanda?

7ª interrupção:

O cientista ou empreendedor tem a responsabilidade sobre os usos que serão feitos do conhecimento, e dos produtos que desenvolve?

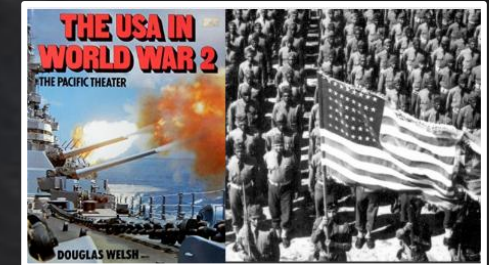


Figura 31 – EUA na Segunda Guerra

6 Interrupção: Você esse aceitaria esse tipo de demanda?

7 Interrupção: O cientista ou empreendedor tem responsabilidade sobre os usos que serão feitos do conhecimento e dos produtos que ele desenvolve?

Depois que os estudantes fizerem seus comentários iniciais, sugerimos que você amplie a discussão para a **responsabilidade do cientista sobre o uso de seus produtos**. Pergunte: *Beckman tinha controle sobre como sua invenção seria usada? Um cientista deve pensar nas consequências do que desenvolve?* Conecte com casos históricos e dilemas atuais, como inteligência artificial e biotecnologia.

Relacione com temas anteriores:

- **Conflito de interesses** (crescimento empresarial vs. princípios pessoais).
- **Economia e financiamento da ciência** (pesquisa muitas vezes depende de demandas externas).
- **Uso dual da tecnologia** (instrumentos científicos podem ter aplicações civis e militares).

Por fim, provoque a reflexão: *Os cientistas devem aceitar qualquer oportunidade ou precisam definir limites?* O objetivo é que os alunos percebam que ciência e ética caminham juntas.

Beckman aceita a demanda, pois além da oportunidade de negócio com grandes vendas, entende que é seu dever contribuir com o esforço de guerra. Assim, sua empresa passa a produzir equipamentos que auxiliam no pouso de aviões, peças para o funcionamento de radares, aparelhos que auxiliam a preservação de condições de permanência dos soldados em submarinos, além de sua participação no Projeto Manhattan.

Objetivando produzir as primeiras bombas atômicas, o governo estadunidense cria o Projeto Manhattan. O professor Paul Rosenberg, do laboratório de radioatividade do MIT, apresenta a Beckman a necessidade de produzir radares com a máxima precisão possível, ou seja, uma combinação de ajustes precisos com a sintonização do aparelho em frequências específicas. Diante dessa demanda, a produção do chamado “*helipot*,” um controlador que proporcionava o melhor ajuste possível, coloca Arnold e sua equipe em um projeto de desenvolvimento de potenciômetros para radares (Figura 32). Com a grande demanda da guerra, é aberta a *Helipot Company*, sem deixar de lado as demais pesquisas. Um dosímetro, capaz de avisar em caso de vazamento de radiação, também foi desenvolvido para o mesmo projeto por sua outra empresa, a *Arnold O. Beckman Inc.* Essa mesma empresa foi responsável pela produção de um equipamento capaz de medir a quantidade de oxigênio em misturas gasosas, solicitado pelo professor do Caltech, Linus Pauling (Figura 33).

Mesmo em meio ao contexto da guerra, Beckman decide empreender em uma nova área: produzir um espectrômetro de ultravioleta, equipamento capaz de determinar a composição de uma substância a partir do padrão de comprimentos de onda absorvidos por ela. A determinação da composição da Vitamina A, assim como a determinação da quantidade de butadieno na borracha, possibilitando a produção de borracha sintética, e a de tolueno no TNT foram outras aplicações de destaque da espectroscopia UV. Após esse recente sucesso, um contato da *Rubber Reserve* é feito para que Arnold auxilie na produção de espectrômetros de infravermelho.

Como resultado do crescimento populacional da Califórnia na faixa dos 57%, passando de 7 para 11 milhões de habitantes entre os anos 40 e 50, surge um problema ambiental decorrente da poluição causada pelos veículos automotivos: o smog. Mesmo estando totalmente vinculado ao NTL e suas produções, em 1946 Beckman aceita trabalhar na Câmara de Comércio de Los Angeles, em prol da resolução do iminente problema (Figura 35). Com o crescimento rápido dos níveis de produção, o NTL passou a se chamar



Figura 32 – Helipot



Figura 33 – Esquerda: espectrômetro IV; Direita: Analisador de gás oxigênio



Figura 34 – Propagandas de guerra

Beckman's Instruments e, com a morte de um dos seus sócios no ano de 1948, Beckman assume o controle total da empresa. Em 1953 começa a vender títulos de sua empresa, tornando-a de capital aberto na bolsa de valores.

Nos anos seguintes a atuação da empresa se expande para Berlim, África do Sul e diversos outros locais, e em 1956, juntamente com William Shockley, abre-se uma subsidiária chamada *The Shockley Semiconductors Laboratories*, sediada na Califórnia. Atuando em diversas frentes, incluindo a informática e a biomedicina, e enfrentando problemas com seus principais representantes, em 1963, Arnold decide que sua empresa seria a responsável direta pela venda e distribuição dos produtos. Sem deixar de lado a preocupação com a ciência e pesquisas relacionadas, Beckman é nomeado presidente do Conselho de Curadoria do Caltech no ano de 1964, e no ano seguinte, passa a direção de sua empresa para William Ballhaus, assumindo, então, a presidência do Conselho Administrativo.

Em termos de posicionamento político, Beckman foi um republicano atuante e envolveu-se diretamente em campanhas eleitorais. Depois que Richard Nixon perdeu a eleição presidencial para John Kennedy em 1962, Beckman o apoiou na campanha para governador da Califórnia (Figura 37). Logo depois de sua derrota na campanha eleitoral, Beckman organiza o *Lincoln Club of Orange County*, buscando candidatos a ocuparem cargos de confiança. Ele apoia Ronald Reagan em sua eleição como governador em 1966 e Richard Nixon, que é nomeado presidente dos EUA em 1968.

Paralelamente à sua atuação como conselheiro, Arnold inicia com sua esposa Mabel a *Fundação Beckman*, de caráter filantrópico, trabalho ao qual decidiu dedicar-se inteiramente a partir de 1976, direcionando os recursos para a pesquisa científica básica, com foco especial nas áreas de química, bioquímica e medicina. Em seu primeiro ano de existência, a *Beckman's Foundation* faz uma doação de 1 milhão de dólares para a *Scripps Clinic and Research Foundation*, onde Beckman atua como conselheiro e se impressiona com os avanços em imunologia e bioquímica trazidos pela clínica.

Tendo como seus principais focos as áreas de biotecnologia e biomedicina, a *Beckman's Instruments* funde-se, em 1981, com uma empresa do ramo farmacêutico estabelecida na Filadélfia. Este novo projeto, focado principalmente no desenvolvimento de pesquisas nas áreas de química, bioquímica e biomedicina, contribui com doações milionárias para instituições como a Universidade de Illinois, Stanford e o *Caltech*, além de centros culturais e hospitais (Figura 38). Reconhecido por suas contribuições às diversas áreas do



Figura 35 – Esquerda: Base móvel para monitorar a qualidade do ar; Direita: Plano de combate ao SMOG

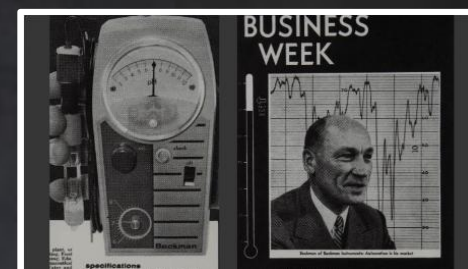


Figura 36 – Esquerda: pHmetro digital; Direita: Capa da *Business Week* de maio de 1954



Figura 37 – Esquerda: *Man of the year*, Orange County; Direita: Beckman e Richard Nixon.

conhecimento, especialmente às ciências, Beckman recebe em 1988, do seu amigo político, Ronald Reagan, a Medalha Nacional de Tecnologia. No ano seguinte, mesmo ano em que perde Mabel, recebe das mãos do presidente George W. Bush - outro republicano - a Medalha Nacional da Ciência. A jornada de Beckman encerra-se em 25 de maio de 2004, após sofrer uma insuficiência cardíaca congestiva.

8ª interrupção:

Vocês consideram possível explicitar relações CTSA a partir da história de Arnold Beckman? Montem uma lista.

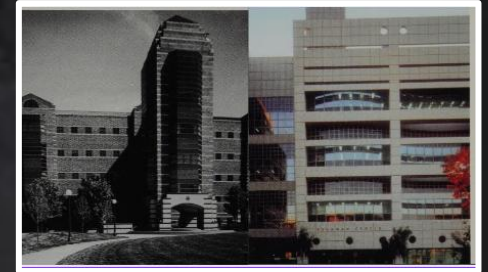


Figura 38 – Esquerda: *Beckman Institute*, Universidade de Illinois; Direita: Escola de Medicina da Universidade de Stanford

8 Interrupção: Vocês consideram possível explicitar relações CTS a partir da história de Arnold Beckman? Montem uma lista.

Estimule o debate: *Quais aspectos da história de Beckman se relacionam com impactos sociais? Como a tecnologia desenvolvida por ele influenciou a sociedade?*

Se necessário, faça perguntas amplas para incentivar novas conexões, como:

- *Que desafios científicos e tecnológicos apareceram na trajetória dele?*
- *Quais demandas da sociedade impulsionaram seu trabalho?*
- *Houve impactos ambientais em sua atuação?*

Evite induzir respostas, mas ajude a organizar os temas levantados. O objetivo é que os alunos percebam, por conta própria, como o aprofundamento de episódios da história da ciência facilita a percepção de relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, valorizando questões mais amplas do mundo real.

Elucidando os cálculos desenvolvidos por Beckman

Em estudos na área de eletroquímica, as equações são escritas no sentido da redução, ou seja, do ganho de elétrons. No caso do hidrogênio, elemento envolvido nos cálculos de Beckman, os íons hidrogênio (H^+) devem ganhar elétrons, sofrendo redução, para formar gás hidrogênio (H_2).



Mesmo que Beckman tenha utilizado a equação no sentido contrário ao indicado, ou seja, gás hidrogênio formando íons hidrogênio, para utilizar a Equação de Nernst, devemos utilizar a equação no sentido de redução, conforme apresentada acima.

$$\text{Equação de Nernst: } E = E^0 - \frac{R T}{n F} \ln Q \text{ (Equação 2)}$$

Nesta equação, temos os seguintes fatores:

E: potencial em condições não padrão

E⁰: potencial padrão (P = 1 atm; T = 25°C; Concentração = 1 mol/L)

- Para o hidrogênio, quando as condições são padrão, $E^0 = 0$

T: temperatura

R: constante dos gases ($R = 1,987 \text{ cal. K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$)

n: quantidade de mols de elétrons envolvida (2 mols, nesse caso)

F: constante de Faraday ($F = 96500 \text{ C/mol}$)

$$Q = \frac{p_{H_2}}{[H^+]^2} \Rightarrow \text{para pressão de 1 bar temos: } Q = \frac{1}{[H^+]^2}$$

Os autores agradecem ao
Professor Pedro Miranda Junior
pela elucidação dos cálculos que facilitam o
entendimento das equações descritas no
artigo original de Beckman
(p. 21-25 deste produto educacional).

Para desenvolver a equação 2, vamos resolver o $\ln Q$.

$$\ln Q = \ln 1 - \ln [H^+]^2 = 0 - 2 \ln [H^+] = -2 \ln [H^+]$$

Substituindo o valor de $\ln Q$, e $n = 2$, na Equação 2, temos:

$$E = E^0 - \frac{R T}{2 F} 2 \ln [H^+]$$

$$E = E^0 - \frac{R T}{F} \ln [H^+] \quad (\text{Equação 3}). \rightarrow \text{Mesma equação apresentada de forma direta no artigo (p. 21 deste produto educacional)}$$

Para escrever a Equação de Nernst em termos de pH, devemos transformar $\ln$ em $\log$. Sendo assim, devemos aplicar a seguinte propriedade:

$$\ln x = \ln 10 \cdot \log x$$

Dessa forma:

$$-2 \ln [H^+] = -2 \ln 10 \cdot \log [H^+] = 2 \ln 10 \cdot (-\log [H^+])$$

Como $\text{pH} = -\log [H^+]$, temos:

$$\ln Q = -2 \ln [H^+] = 2 \ln 10 \cdot \text{pH}$$

$$\ln Q = \ln [H^+] = \ln 10 \cdot \text{pH} \quad (\text{Equação 4}).$$

Substituindo a Equação 4 na Equação 3, temos:

$$E = E^0 - \frac{R T}{F} \ln 10 \cdot \text{pH}$$

$$E - E^0 = - \frac{R T}{F} \ln 10 \cdot \text{pH}$$

$$\Delta E = - \frac{R T}{F} \ln 10 \cdot \text{pH} \text{ (Equação 5)}$$

Sendo o fator “C” uma relação de constantes, que muda em função da temperatura, temos:

$$C = \frac{R T}{F} \ln 10$$

Substituindo o valor de “C”, na Equação 5, temos:

$$\Delta E = - C \cdot \text{pH}$$

Trocando pH por ΔpH , temos:

$$\Delta E = - C \cdot \Delta \text{pH} \text{ (Equação 6)} \rightarrow \text{Equação mostrada no artigo (p. 21)}$$

Rearranjando as variáveis, temos que:

$$C = - \frac{\Delta E}{\Delta \text{pH}} \text{ (Equação 7)}$$

A unidade de DDP é volts (ou milivolts). Para calcular C para as temperaturas indicadas na Tabela III, temos que ter atenção para o uso correto das unidades. Para cálculos termodinâmicos, temos as seguintes condições:

- T: deve ser usada em kelvin;
- $R = 1,987 \text{ cal. } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,987 \text{ cal. K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
- $F = 96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
- $J = C \cdot V$; $1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$

O valor de C é calculado pela razão $C = \frac{R T}{F} \ln 10$. Utilizaremos a análise dimensional para fazer a conversão de unidades.

Considerando uma temperatura de 0°C (273,15 K), o valor de C é dado por:

$$C = \frac{1,987 \text{ cal } K^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times 273,15 \text{ K}}{96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}} \ln 10 \times \left(\frac{4,184 \text{ J}}{1 \text{ cal}} \right) \times \left(\frac{\text{C} \cdot \text{V}}{\text{J}} \right) \times \left(\frac{10^3 \text{ mV}}{1 \text{ V}} \right)$$

$$C = 59,14 \text{ mV} = - \frac{\Delta E}{\Delta pH} \text{ (Equação 8)}$$

Analisando a equação acima, para uma variação de uma unidade de pH, à uma temperatura de 0°C, teremos uma variação de 59,14 mV.

Utilizando o mesmo cálculo para as outras duas temperaturas, temos:

- Para 25°C (298,15 K) → C = 59,14 mV/pH
- Para 100°C (373,15 K) → C = 74,02 mV/pH

Fechamento da proposta

Essa História Interrompida foi elaborada com base em três fontes, sendo duas delas primárias e uma secundária (Kragh, 1987). As fontes primárias foram uma entrevista concedida por Arnold Beckman, que se encontra disponível no site do *California Institute of Technology* (Caltech) (Beckman, 1978), e um documento original sobre o desenvolvimento do pHmetro, intitulado “*The Development of pH instrumentation*” (Beckman, 1950). Nossa fonte secundária foi a biografia escrita por Thackray e Myers (2020), de título “*Arnold O. Beckman: One hundred years of excellence*”. Esses materiais permitiram uma reconstrução do contexto em que Arnold Beckman viveu e trabalhou, destacando tanto os desafios científicos enfrentados quanto as motivações que levaram à criação do pHmetro. Além desses originais, recomendamos as seguintes leituras ao(à) professor(a) que quiser saber mais sobre a abordagem de histórias interrompidas no Ensino de Ciências:

- ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, v. 95, p. 518-542, 2011.
- CORREIA, L. O.; BALDINATO, J. O. A história do fogo na formação dos professores de química. *Ensino & Multidisciplinaridade*, v. 7, n. 1, p. 22-41, 2021.
- METZ, D. Story Interrupted: Using History and Philosophy of Science in Everyday Instruction. In: SILVA, C. C.; PRESTES, E. B. (Ed.). *Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas*. São Carlos: Tipographia Editora Expressa, 2013, p. 389-396.

Quadro A – Relação das figuras usadas na narrativa e suas referências.

Número e descrição da figura na narrativa	Fonte
Figura 1 – Propaganda da Ford no ano de 1903	https://bowienewsonline.com/2018/07/1903-ford-motor-company-takes-its-first-order/
Figura 2 – Mapa ferroviário do início do século XX	https://www.alamy.com/map-of-the-north-american-transcontinental-railways-late-1800s-hand-image60844807.html?imageid=16E6AE1D-4B3A-4C8E-9752-EE145212D414&p=15096&pn=1&searchId=abe21c452b0662e60d4d630ed94b3535&searchtype=0
Figura 3 – Grevistas em Seattle, 1919	https://www.dmtmdebate.com.br/11-de-fevereiro-de-1919-chega-ao-fim-a-greve-geral-em-seattle-movimento-que-disparou-a-histeria-em-torno-da-ameaca-comunista-nos-eua/
Figura 4 – Leis Jim Crow	https://declaracao1948.com.br/2020/07/27/uma-nacao-dividida-pelo-racismo/
Figura 5 – King's Oliver Creole Jazz Band	https://muralcultural2.blogspot.com/2021/03/historias-do-jazz-chicago-e-gravacao-de.html
Figura 6 – Roentgen e a primeira imagem de Raio X	https://brlautos.com.br/8-de-novembro-dia-do-radiologista/
Figura 7 – Marie Curie	https://super.abril.com.br/historia/marie-curie-a-polonesa-mais-brilhante-do-mundo
Figura 8 – Radioatividade: propaganda 1	http://www.imaginologia.com.br/dow/upload%20historia/Noticias-do-Descobrimento-dos-Raios-x.pdf
Figura 9 – Radioatividade: propagandas 2 e 3	http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_2/04-HQ10509.pdf
Figura 10 – Casamento dos avós maternos	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 11 – Mapa dos EUA	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 12 – Mapa da região de Illinois	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 13 – Beckman e seus irmãos; Casa da família Beckman	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 14 – Capa do livro “Fourteen Weeks in Chemistry”	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 15 – Beckman tocando piano	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 16 – University High School, Illinois	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 17 – EUA na Primeira Guerra; Beckman na Marinha	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 18 – Fórmulas estruturais da nitroglicerina e do TNT	https://blogdoenem.com.br/quimica-compostos-nitrogenados/ https://brasilescola.uol.com.br/quimica/dinamite.htm
Figura 19 – Fórmula estrutural do ácido pícrico	https://br.freepik.com/vetores-premium/ilustracao-em-vetor-formula-esqueletica-molecula-de-acido-picrico_71707804.htm
Figura 20 – Mabel no Greenpoint	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up

Figura 21 – Mabel com uniforme da Cruz Vermelha; Beckman e Mabel	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 22 – Laboratório de química da Universidade de Illinois; Speed Marvel	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 23 – Capa do periódico “The Illinois Chemist”; Clube de Química da Universidade de Illinois	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 24 – Mapa dos EUA com distâncias	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 25 – Shewart, do Bell Labs; Casamento de Beckman e Mabel	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 26 – Fórmula estrutural do DNA e da penicilina	https://dagenetica.wordpress.com/2016/11/10/estrutura-e-organizacao-do-dna/
Figura 27 – Professores do Caltech com Beckman e Linus Pauling em destaque	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 28 – Aparato para produzir tinta	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 29 – Componentes do eletrodo do acidímetro feito por Beckman	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 30 – Primeiras propagandas do pHmetro	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 31 – EUA na Segunda Guerra	https://www.politize.com.br/segunda-guerra-mundial/
Figura 32 – Helipot	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 33 – Espectrômetro IV e analisador de gás oxigênio	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 34 – Propagandas de guerra	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 35 – Esquerda: Base móvel para monitorar a qualidade do ar; Direita: Plano de combate ao SMOG	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 36 – pHmetro portátil dos anos 50 e capa da Business Week de maio de 1954	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 37 – Man of the year, Orange County; Beckman e Nixon	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up
Figura 38 – Beckman Institute: Universidade de Illinois; Beckman Center, escola de Medicina da Universidade de Stanford	https://archive.org/details/arnoldbeckmanon0000thac/mode/2up