

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

JÚLIO DE MESQUITA FILHO

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**Faculdade de Ciências e Tecnologia
Campus de Presidente Prudente**

ANDRESSA SILVA REZENDE

**Metodologia ativa nas aulas de Física: Júri simulado personificado pelos estudantes
representando a teoria corpuscular e a teoria ondulatória da luz**

Presidente Prudente, SP

2025

Andressa Silva Rezende

Metodologia ativa nas aulas de Física: Juri simulado personificado pelos estudantes representando a teoria corpuscular e a teoria ondulatória da luz

Dissertação apresentada ao Polo de Presidente Prudente do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Unesp, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:
Prof^ª. Dr^ª. Ana Maria Osório Araya

Presidente Prudente, SP

2025

R467m Rezende, Andressa Silva
Metodologia ativa nas aulas de Física : Juri simulado personificado pelos
estudantes representando a teoria corpuscular e a teoria ondulatória da luz /
Andressa Silva Rezende. -- Presidente Prudente, 2025
162 p. : il., tabs., fotos + objeto educacional

Dissertação (Mestrado profissional - Ensino de Física (MNPEF)) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e
Tecnologia, Presidente Prudente
Orientadora: Ana Maria Osorio Araya

1. Dualidade da luz. 2. Teoria ausubeliana. 3. Ensino de Física. 4.
Metodologia ativa. 5. Avaliação por rubrica. I. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE ANDRESSA SILVA REZENDE, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CÂMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE.

Aos 29 dias do mês de agosto do ano de 2025, às 14h, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de ANDRESSA SILVA REZENDE, intitulada **METODOLOGIA ATIVA NAS AULAS DE FÍSICA: JÚRI SIMULADO PERSONIFICADO PELOS ESTUDANTES REPRESENTANDO A TEORIA CORPUSCULAR E A TEORIA ONDULATÓRIA DA LUZ**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Dra. ANA MARIA OSORIO ARAYA (Orientador(a) - Participação Presencial) do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, Profa. Dra. AGDA EUNICE DE SOUZA ALBAS (Participação Presencial) do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia Unesp Câmpus de Presidente Prudente, Prof. Dr. JOÃO RICARDO NEVES DA SILVA (Participação Virtual) do(a) Universidade Federal de Itajubá. Após a exposição pela mestrandia e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: **Aprovado**. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Profa. Dra. ANA MARIA OSORIO ARAYA



Documento assinado digitalmente

ANA MARIA OSORIO ARAYA

Data: 10/10/2025 16:51:06-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

AGRADECIMENTOS

Inicio meus agradecimentos aos meus pais, que cuidaram de tantas coisas para que eu pudesse me dedicar aos estudos, desde sempre e até hoje. À minha filha e meu marido, pela alegria, incentivos e compreensão.

Aos professores da FCT Unesp por todo aprendizado, motivação e paciência, local onde me graduei, me especializei e acabou se tornando um refúgio para minhas angústias profissionais. Em especial à Prof^a. Dr^a. Ana Maria que esteve comigo desde 2006, enquanto eu estudava no ensino médio, indo às escolas públicas levando palestras e experimentos, me orientando na graduação e aceitou me orientar neste trabalho.

Agradeço imensamente ao Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), que propiciou dois anos de muita aprendizagem, aperfeiçoamento e reflexões na minha prática docente.

Agradeço às escolas onde trabalho e por onde já estive, que confiaram no meu trabalho, permitindo que eu adquirisse experiências importantes para poder direcionar esse sonho.

Aos professores e gestores, colegas de profissão, que muitos acolheram e foram exemplos. Aos alunos que, na verdade, é para eles que busco melhorar minhas aulas.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

“Eu considero que a educação seja o empreendimento culminante da minha vida. Isso porque a vitória da educação significa a vitória do povo.”

(DAISAKU IKEDA)

RESUMO

Uma das perguntas mais difíceis na Física e que não tem uma resposta exata: “O que é a luz?”. Newton definiu a luz sendo partícula, Huygens propôs que a luz fosse uma onda, pois em alguns experimentos descrevia comportamentos ondulatórios, e então: “A luz é uma partícula ou a luz é uma onda?” Alguém já resolveu esse embate? Juntamente com esse grande desafio na Física, vem o desafio de levar esse estudo para a sala de aula. Partindo dos organizadores prévios dos estudantes sobre a definição da luz, que trazem do Ensino Fundamental, em Ciências, ou da Física Clássica estudada na parte óptica ou por outros meios que eles tenham se deparados com esse embate, que para De Broglie a luz tem um comportamento dual, pois ora se comporta como onda, ora como partícula. Inicialmente é apresentado a turma seguindo uma sequência histórica e experimental dos fatos e conceitos que foram surgindo, de acordo com a teoria ausubeliana e aplicando o Método do Caso, essas definições do comportamento da luz, buscando ancorar nas estruturas cognitivas preexistentes desse novo conhecimento. Para potencialização da aprendizagem foi realizado com as turmas nas aulas de Física uma simulação de um Júri Popular para resolver esse caso, qual o cientista está certo? Os estudantes se personificaram como cientistas para defenderem suas teorias e tinham seus advogados, que precisavam estudar as Leis brasileiras e os conceitos científicos. Essa dinâmica proporcionou a turma não apenas os conhecimentos teóricos e experimentais, mas também o conhecimento jurídico, pensamento crítico-social e o contato com demais profissões que eles possam trilhar, tornando este conhecimento mais mobilizador e significativo.

Palavras chave: Dualidade da luz; Teoria ausubeliana; Ensino de Física.

ABSTRACT

One of the most difficult questions in Physics that does not have an exact answer: “What is light?”. Newton defined light as a particle, Huygens proposed that light was a wave, since in some experiments he described wave-like behaviors, and then: “Is light a particle or is light a wave?”. Has anyone resolved this debate? Along with this great challenge in Physics comes the challenge of taking this study to the classroom. Starting from the students’ previous organizers about the definition of light, which they bring from Elementary School, in Science, or from Classical Physics studied in the optical part or by other means that they have encountered this debate, that for De Broglie light has a dual behavior, since sometimes it behaves like a wave, sometimes like a particle, the class is initially presented following a historical and experimental sequence of the facts and concepts that have emerged, according to Ausubelian theory and applying the Case Method, these definitions of the behavior of light, seeking to anchor this new knowledge in the preexisting cognitive structures. To enhance learning, a simulation of a Popular Jury was carried out with the classes in Physics classes to resolve this case: which scientist is right? The students personified themselves as scientists to defend their theories and had their lawyers, who needed to study Brazilian laws and scientific concepts. This dynamic provided the class not only with theoretical and experimental knowledge, but also with legal knowledge, critical-social thinking and contact with other professions that they may pursue, making this knowledge more mobilizing and meaningful.

Keywords: Duality of light; Ausubelian theory; Physics Teaching.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. JUSTIFICATIVA	14
2.1. Objetivo Geral	15
2.2. Objetivos Específicos:	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1. Aprendizagem Significativa	17
3.2. Método Baseado em Caso	18
3.3. Simulação em sala de aula com Júri Popular	19
3.4. Método de Avaliação por Rubrica.....	20
4. UMA “LUZ” SOBRE A HISTÓRIA.....	23
4.1. Interdisciplinaridade com história e sociologia	23
4.2. Cronologia sobre a Natureza da luz – Organizando a linha do tempo	24
4.2.1. Newton definindo a Natureza Corpuscular da luz.....	27
4.2.2. Huygens definindo a Natureza Ondulatória da luz.....	30
4.2.3. Quantização da energia com Planck e Quantização da luz com Einstein	32
4.2.4. Dualidade da luz com De Broglie.....	39
4.3. Discussão sem agressão	44
5. REVISÃO DA LITERATURA	46
6. METODOLOGIA.....	50
6.1. Local e participantes da pesquisa	50
6.2. Elaboração do Júri Simulado.....	51
6.3. Aplicação do Júri Simulado.....	52
6.4. Avaliação do Júri Simulado.....	54
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
7.1. Aplicação do Júri Simulado – Juízes	57
7.2. Aplicação do Júri Simulado – Promotora e Escrivã	58
7.3. Aplicação do Júri Simulado – Testemunhas	59
7.4. Aplicação da Avaliação por rubrica	61
7.5. Comparativo das Atividades formativas.....	62
7.6. Análise dos questionários sobre o Júri Simulado	65
8. CONCLUSÃO.....	69

9. REFERÊNCIAS	71
10. APÊNDICE - PRODUTO EDUCACIONAL.....	75
11. ANEXOS	129
11.1. ANEXO A – Avaliação por tabela do Júri popular em 2022 e Avaliação por Rubrica em 2023	129
11.2. ANEXO B – Atividades formativas aplicadas em 2023 nas escolas A e B	144
11.3. ANEXO C – Questionário sobre o Júri simulado aplicado em 2023 na escola B.....	158

1. INTRODUÇÃO

O tema Educação começou a me inquietar no Ensino Médio, quando vivenciei a disparidade entre escolas públicas (onde estudava) e particulares (onde ganhei bolsa de estudo para fazer cursinho pré-vestibular), desde então comecei a ler Paulo Freire e até hoje carrego a mesma inquietação.

Me formei Licenciatura em Física pela FCT Unesp em 2017, durante a graduação sempre tive bolsa de pesquisa, como exemplo a PIBID/CAPES, bolsista do Programa Núcleo de Ensino, participando de grupos de pesquisas em educação e projetos como: Ensino de Física Moderna no Ensino Médio; e Física no corpo Humano – para o Ensino Médio (biofísica).

Lecionei nas escolas estaduais por, aproximadamente, quatro anos. Trabalhava como professora eventual e substitui professores em curto tempo por mais de sete escolas de Presidente Prudente, em diversos bairros. Ir nas escolas públicas periféricas ou nas centrais me deu a oportunidade de conhecer diversos estudantes, gestores, professores, conhecer a esperança e a frustração, ao mesmo tempo.

Minha experiência como professora de Física foi aprofundada no cursinho comunitário Rosa Luxemburgo, criado há mais de 15 anos por alunos dos cursos de licenciatura da Unesp, que se reuniram e montaram esse projeto bem-sucedido na cidade para pessoas de baixa renda, participei desse cursinho como professora voluntária de Física, na frente do conteúdo de Termologia, por dois anos.

Ainda em Presidente Prudente, lecionei numa escola particular por dois anos, chamada Apogeu, onde tinha bom material didático para os alunos, porém, muita falta de outros recursos. Aventurei-me em abrir um cursinho, de dois meses, preparatório para o Enem, chamado Prepara, juntamente com outros professores das demais disciplinas, como sócios, fomos bem-sucedidos na parte educacional, porém nem tanto na questão financeira. Entre as aulas particulares para crianças e adolescentes, também fui convidada a participar de um projeto da prefeitura, onde lecionei a disciplina de Física em quatro bairros carentes de Presidente Prudente, por três meses (tempo do projeto), cada dia da semana eu ia em um bairro e aos sábados tinha plantão de dúvidas.

Atualmente moro em Osvaldo Cruz, interior de São Paulo, e trabalho na escola SESI da referida cidade, local em que possuo muita estrutura Física para trabalhar: laboratório de física, laboratório de informática, material para robótica e técnico de informática a total disposição, sala de aula com televisão, data show, ar-condicionado e material apostilado para docentes e para os estudantes. Diante desse novo cenário educacional estruturado, descobri que

a mesma falta de interesse pelo estudo dos alunos das escolas estaduais também estavam presentes nessa escola, salvo alguns poucos alunos. Portanto, para provocar o interesse deles ao conteúdo de Física não basta ter computador, projetor e televisão, é preciso algo a mais, que venho buscando encontrar em cada palestra, cursos, reuniões pedagógicas, artigos que leio, livros, provavelmente será uma busca constante, já que lidar com alunos é se deparar com uma nova geração. Devido a isso, esse trabalho foca em uma metodologia ativa, oportunizando aos estudantes um espaço mais dinâmico e mobilizador.

Até antes da pandemia acontecer fazia trabalho voluntário na cidade em que residia, Lucélia, na escola estadual E.E. José Firpo (lá cursei meu ensino médio), todas as quintas-feiras a tarde tinha um grupo de estudo de matemática com alunos do 3º ano do Ensino Médio; por eu ter estudado em uma instituição pública e diante da carência educacional do povo brasileiro, sinto que preciso contribuir (retribuir) ainda mais.

Por essa minha breve trajetória na educação, fazendo análises como aluna de escola pública, ora aluna de cursinho em escola particular, aluna na universidade pública e professora nas redes públicas e particulares de ensino, sinto que o estudo, essa busca pelo “o ideal” de uma aula, nunca poderá se perder. A cada ano que atribuo uma nova turma, ou até novas disciplinas, percebo o quanto os estudantes se dedicam quando a atividade é mais prática (colocar a mão na massa) ou mais bem elaborada, tornando o aluno mais ativo e menos espectador perante o conhecimento.

Desbravando o Método do Caso nas aulas de Física

Muitos trabalhos apresentam a relevância das metodologias ativas em sala de aula com o objetivo de desenvolver a pró-atividade dos estudantes. Entre eles tem aqueles que apresentam como metodologia o Método do Caso, o qual foi feito este trabalho em forma de um Júri simulado, onde os alunos se dividem em três grupos, sendo que um faz o papel de Júri e os outros debatem sobre um tema com o objetivo de chegar a um veredito. O papel do professor é acompanhar o debate, coordenar e delimitar o tempo de cada grupo. O tema é proposto pelo professor, ele orienta os grupos na escrita, socialização das ideias e apresentação.

Tendo como objetivo dessa aula fazer algo atrativo para os estudantes, não sendo apenas uma aula expositiva tradicional, que se finaliza com uma lista de exercícios sobre o tema apresentado, a ideia é criar uma situação desafiadora para eles irem além dos conceitos decorados, expressarem-se criativamente, indo ao encontro uma das Dez Competências Gerais da BNCC citadas a seguir:

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas (BNCC, 2018).

Ensinar tornou-se ainda mais desafiador, pois não basta o estudante realizar atividades de fixação, dentro de um tradicional ensino como o behaviorismo, pois estudos indicam que a educação do século XXI caminha para a ideia de que não basta o conhecimento. A Teoria CHA (uma ferramenta baseada em três pilares, Conhecimento, Habilidade e Atitudes), esse conceito foi publicado em 1997, por Scott Parry em seu livro *The Managerial Mirror: Competencies*, com o intuito de avaliar colaboradores para uma determinada função ou cargo empresarial, hoje aplicado também na educação espera-se que o estudante aperfeiçoe o Conhecimento, as Habilidades e Atitudes, para assim, terem a Competência de realizarem uma atividade no trabalho, ou mesmo nas questões sociais, ambientais ou emocionais, conforme direciona a BNCC, sendo uma das Competências Gerais sobre o sócio- emocional:

Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza (BNCC, 2018).

A função primordial do advogado na sociedade é a resolução de conflitos. Quando temos um problema e nos sentimos injustiçados, quando tentamos resolver de várias formas e ainda assim não concordamos com o que aconteceu ou está acontecendo, recorreremos à justiça, e quem é nossa voz diante da justiça brasileira? Um advogado! Buscando aprimorar essas habilidades interpessoais, de modo crítico, criativo e desafiador, para atingirmos essa competência socioemocional, é que foi pensado em simular uma das profissões que mais resolvem conflitos e lutam por justiça na sociedade, os advogados.

Ao pesquisar sobre artigos e trabalhos relacionados a esta metodologia com alguma temática da Física para estudantes do Ensino Médio, há uma grande dificuldade em encontrá-los, sendo quase inexistente. Desta forma criar um roteiro de Júri Simulado com alguma temática da Física é um grande desafio, pois, além do professor estudar como é o roteiro oficial de um Júri Popular, com as falas, momentos e personagens, requer um tempo para assimilar os conteúdos que entrarão no debate, treiná-los, orientá-los na pesquisa dos conceitos e experimentos e destinar uma aula para o momento da simulação.

Há muitos trabalhos de Júri Simulado em cursos técnicos ou em cursos superiores; como no trabalho de Anastasiou e Alves (2004), com abordagens do âmbito universitário sobre projeto político pedagógico da instituição, currículo disciplinar e de práticas interdisciplinares

entre vários temas, a construção e elaboração do conhecimento nos cursos; e no trabalho de Alcântara, Quartieri, Marchi e Dullius (2015), aplicado no curso técnico do Instituto Federal na disciplina de Matemática com o objetivo de dinamizar as aulas e tornar o estudante mais proativo.

Após o levantamento dos referenciais bibliográficos que mais se aproximam das temáticas “Júri Simulado”, “Física” e “Ensino Médio”, e uma análise dos resultados atingidos nessas aplicações, suas relevâncias para a aprendizagem e participação dos estudantes, este trabalho busca complementar ainda mais essa metodologia com materiais de apoio para professores e apontamentos dos resultados atingidos.

O roteiro do Júri Simulado foi proposto em duas escolas diferentes em que leciono na cidade de Osvaldo Cruz, em turmas diferentes e de anos escolares diferentes. Por exemplo, no Colégio Apolo foi realizado no 2º ano do Ensino Médio, e na escola Serviço Social da Indústria (SESI), foi aplicado no 3º ano do Ensino Médio.

Ao dispor o roteiro de como seria o andamento do Júri Simulado, foi feita uma exposição (realizada pela professora em aula) sobre os conceitos ópticos da luz na concepção da Física Clássica até a Física Moderna, para os estudantes terem um norte em suas pesquisas, que ficaram como tarefas.

A sala foi dividida entre três grupos maiores, sendo um acusador, um grupo defensor e outro que foram os jurados. A acusação é fictícia entre os cientistas da Física clássica com a teoria corpuscular versus a teoria ondulatória, julgando qual o comportamento da luz: “Onda ou partícula?”, havendo participação da Física moderna nos testemunhos com a compreensão do caráter dual da luz onda-partícula.

Esse conteúdo sobre o comportamento dual da luz é um tema muito propício para se aplicar o Júri Simulado, pois permite que essas duas teorias diferentes acerca da luz estejam corretas, depende de como se aplica. Diferente, por exemplo, de querer debater em um júri simulado a questão se a Terra é uma esfera ou plana, já saberia qual é o lado vencedor do júri.

Sobre o trabalho com conteúdo conceituais, em seu livro “A Prática Educativa”, Zabala afirma:

Sabemos que faz parte do conhecimento do aluno não apenas quando este é capaz de repetir sua definição, mas quando sabe utilizá-lo para a interpretação, compreensão ou exposição de um fenômeno ou situação; quando é capaz de situar os fatos, objetos ou situações concretas naquele conceito que os inclui. [...] Uma das características dos conteúdos conceituais é que a aprendizagem quase nunca pode ser considerada acabada, já que sempre existe a possibilidade de ampliar ou aprofundar seu conhecimento, de fazê-la mais significativa. (Zabala, 1998, p. 43).

2. JUSTIFICATIVA

A necessidade de novas competências aos professores surge conforme a época e a sociedade em que se vive, por exemplo, nos dias de hoje, no Brasil, temos um perfil da maioria dos estudantes desmotivados a estudarem, até para decidirem uma carreira, mesmo tendo várias oportunidades na época da tecnologia. Assim, esse trabalho é mais uma opção de como sair ou aprimorar o modelo tradicional de ensino e tornar as aulas mais atrativas e mobilizadoras.

Um país com o quadro de famílias desestruturadas como o nosso, um professor que diz estar na sala de aula apenas para ensinar Física ou Artes, por exemplo, não basta. É necessário estar aberto a auxiliar os estudantes em outros aspectos como: escolher a profissão (mostrar as novas profissões e como chegar ali), lidar com frustrações e problemas pessoais (projeto de vida, ler sobre autoestima e dialogar com a sala sobre o tema, orientar sobre exposição midiática) enfim, o perfil do professor do século XXI é aquele que olha nos olhos de seus estudantes e os encorajam não só a resolverem um exercício, mas a prestarem um vestibular para adentrar na Faculdade ou Universidade, e/ou além disso, a enfrentarem um problema pessoal.

As gerações anteriores nasceram sem a tecnologia e viviam com base na ordem e, a obediência, geralmente, essa nova geração, que são nossos alunos do Ensino Fundamental e Médio, não se contentam em ouvir uma ordem, eles questionam e buscam uma motivação para esses atos, querem estudar algo que resolva problemas reais ou sociais e terem seus direitos garantidos, estão abertos a negociarem as “regras”.

Os professores, nos seus vícios pedagógicos de ensinar o conteúdo, acabam esquecendo-se do essencial que a escola objetiva: a formação de cidadão, e não apenas do aluno que sabe a Física ou Inglês, criando a relutância em mudar sua metodologia de acordo com a carência intelectual e afetiva dos alunos (me incluo nessas atitudes, muitas vezes).

Junto a esse grande papel social do professor, tem-se os desafios contemporâneos da docência, o que nos torna responsáveis por não legitimar discursos que enfoquem apenas na postura dos professores, colocando neles a culpa por não terem uma escola libertadora em um sistema econômico e social opressor, em que não permite tempo e nem condições financeiras para esse profissional se capacitar ainda mais. De acordo com Giroux (1997):

Encarar os professores como intelectuais também fornece uma vigorosa crítica teórica das ideologias tecnocráticas e instrumentais subjacentes à teoria educacional que separa a conceitualização, planejamento e organização curricular dos processos de implementação e execução. É importante enfatizar que os professores devem assumir um papel responsável na formação dos propósitos e condições de escolarização. Tal tarefa é impossível com uma divisão de trabalho na qual os professores têm pouca

influência sobre as condições ideológicas e econômicas de seu trabalho. (Giroux, 1997, p.161).

Ter a atenção dos alunos, fazer do âmbito escolar um local prazeroso para os alunos e professores, incluir e motivar nas atividades, fazer com que eles aprendam de forma saudável, todas essas questões nos rodeiam. Pois sabemos da necessidade de ter esse tipo de aula na escola, em ser esse tipo de professor, já que também temos nossos “traumas” de quando éramos alunos e o quanto a escola era sinônimo de sofrimento para muitos colegas.

Buscamos por receitas prontas, compreendemos a importância do nosso trabalho na sociedade, não queremos falhar com algum aluno da mesma forma que, um dia, algum professor deixou a desejar em conteúdo, conselhos ou exemplo.

A simulação do Júri Popular usando temática da Física trabalha com essa participação colaborativa, um aluno do grupo precisa compartilhar seu conhecimento com os outros, para que durante uma atividade avaliativa prática os outros consigam efetuar tal tarefa que lhe foi designada pela professora. Assim, quanto mais colaborativo os estudantes forem entre si, melhor o desempenho da equipe (defesa ou acusação no Júri). Como exemplo apontado por Perrenoud, 2002:

As faculdades de Medicina estão passando por uma revolução em diversos países. Tradicionalmente, nessa área, durante anos os estudantes acumulavam conhecimentos teóricos, sem qualquer ligação com casos clínicos, e depois passavam anos como médicos residentes em um hospital, com poucos aportes teóricos estruturados. A aprendizagem por problemas induz a outro tipo de currículo totalmente diferente; desde o início, os estudantes são confrontados com casos clínicos: primeiramente, simples e no papel e, posteriormente, mais complexos e relativos a casos reais. Diante desses problemas, eles tomam consciência dos limites de seus recursos metodológicos e teóricos, e faz com que surjam as necessidades de formação. Nas *business schools*, também se trabalha com casos por meio de simulações. Nas escolas técnicas, o trabalho é realizado por meio de projetos. (Perrenoud, 2002, p. 29).

2.1. Objetivo Geral

- Verificar a aprendizagem e mobilização de conhecimentos dos estudantes com a aplicação de uma metodologia ativa, Método do Caso, numa atividade intitulada Júri Simulado abordando conteúdos de Física, especificamente sobre a Dualidade da luz, numa visão educacional ausubeliana.

2.2. Objetivos Específicos:

- Analisar o impacto na aprendizagem dos estudantes após a realização dessa atividade como metodologia ativa, utilizando o Método do Caso;

- Formular roteiros para a simulação do Júri Popular com temas da Física Clássica e Física Moderna, de modo que evidencie os cientistas e suas respectivas colaborações à comunidade Científica;
- Criar atividade interdisciplinar entre a Física, Direito, História com aplicabilidade nas diversas profissões que o Direito abrange (como advogado, juiz, promotor de justiça, procurador, delegado, defensor público, escrevente);
- Estimular o pensamento crítico-social para pesquisar as leis brasileiras que serão encorpadas nesse trabalho juntamente com os conhecimentos científicos e a importância de um Tribunal do Júri para a comunidade.
- Propor critérios de avaliação e autoavaliação dos estudantes utilizando o Método de Avaliação por Rubrica que auxiliam os estudantes a verem com clareza esses critérios utilizados para avaliá-los, por níveis de desempenho tabelados.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Aprendizagem Significativa

Ausubel defende a aula expositiva e o ensino por recepção, apresentar ao aluno o conhecimento, podendo a aprendizagem ser significativa por recepção (a forma citada acima) ou por descoberta significativa (o aluno é desafiado a ir em busca do conhecimento). Diferente de muitos autores que podem considerar um “crime educacional” o professor fazer uma aula expositiva nos dias de hoje. Porém, para Ausubel, a exposição dessa aula tem que ter os organizadores prévios, que considere os conhecimentos já adquiridos pelos estudantes até o momento, uma sequência didática coerente e mobilizadora, criando condições ideais para a aprendizagem ser significativa.

Ele critica severamente os professores que fazem o uso da aula expositiva de modo a não oportunizar mobilizações, sem um bom planejamento, articulando poucos esforços e ficando ao estudante apenas a repetição vaga do conteúdo, de forma mecânica. Esse tipo de docência abre brechas para criticar esse método de ensino, a aula expositiva, colocando um professor que planeja sua aula, se dedica antes, durante e depois de lecionar um conteúdo para uma turma no mesmo patamar que outro professor que não se planeja adequadamente, só pelo motivo dos dois terem usado o mesmo método de ensino: a aula expositiva.

Muitas metodologias ativas veem sendo criadas na contramão da aula expositiva, como exemplo: a sala de aula invertida (flipped classroom), a aprendizagem baseada em projetos (project based learning), rotação por estações (metodologia muito usada ensino híbrido, blended learning), aprendizagem baseada em problemas (problem-based learning), enfim. São novas e ótimas metodologias que temos como sugestões de tirar o aluno da zona de conforto para colocá-lo em busca desse conhecimento. Entretanto, a aula expositiva não deveria ser rotulada como “arcaica”, como ocorre em muitas escolas e em muitos referenciais, ou até mesmo, como a forma errada de se ensinar nos dias de hoje.

No Capítulo 1 do livro de Ausubel referenciado neste trabalho, tem uma parte intitulada: “A Aprendizagem significativa é, sobretudo, Aprendizagem por Recepção”, que ele cita o seguinte:

Já se referiu que a aquisição de conhecimento de matérias em qualquer cultura é, essencialmente, uma manifestação de aprendizagem por recepção. Ou seja, geralmente apresenta-se ao aprendiz, numa forma mais ou menos final e através de ensino expositivo, o conteúdo principal daquilo que o mesmo deve aprender. Nestas circunstâncias, apenas se exige ao aprendiz que compreenda o material e o incorpore na própria estrutura cognitiva, de forma a ficar disponível para reprodução, para aprendizagem relacionada, quer para resolução de problemas no futuro.

Porém, poucos mecanismos pedagógicos dos nossos dias tem sido tão inequivocadamente repudiados pelos teóricos educacionais como método de instrução verbal expositiva. Em muitos locais, está em voga caracterizar a aprendizagem verbal como recitação semelhante à do papagaio e como memorização de fatos isolados e rejeitá-la, desdenhosamente, como vestígio arcaico da tradição educacional desacreditada. (Ausubel, 2003, p. 6-7).

Na citação acima de Ausubel destaca-se dois pontos: o conteúdo transmitido de forma expositiva ao aluno, que irá integrá-lo em sua estrutura cognitiva para futuramente reproduzi-lo ou solucionar algum problema. E segundo ponto, a crítica aos teóricos que repudiam o método de instrução verbal expositiva. Ficando a reflexão o nosso caminhar pedagógico entre o método tradicional expositivo e as críticas contemporâneas a favor de métodos mais interativos.

Este trabalho não é abordado uma aula apenas na sua forma expositiva, mas uma parte dele sim, porém acho válido evidenciar esse pensamento de Ausubel da não supervalorização do novo, assim como, da não criminalização ao que não é metodologia ativa. E mesmo com seu posicionamento rígido ao ensino mecânico, ele nos deixa a reflexão que uma aprendizagem mecânica ou de memorização, ela pode tornar-se significativa se realizado um trabalho posterior de aplicações desses conceitos, ou o contato de forma mais relevante desse conteúdo.

3.2. Método Baseado em Caso

Em 1870, na Escola de Direito da Havard University, o docente Christopher Collumbus Langdell desafiou seus alunos a defenderem suas escolhas para um caso apresentado. Com o sucesso da participação desses alunos, esse modelo de aula foi abraçado por professores de diversas áreas de Havard, tornando o Método baseado em Caso.

Existe um site de Havard Business School intitulado *Christensen Center for Teaching & Learning*, da *Harvard Business School*, estabelecido em 2004, contendo uma aba sobre *TEACHING BY THE CASE METHOD - Case Method in Practice (Ensino pelo método de Caso – Método de caso na Prática)*.

Entre os diversos materiais gratuitos ofertados nesse site (alguns são pagos), temos os seguintes tópicos: Ensino pelo Método de caso; Preparando-se para ensinar; Liderando na sala de aula; Fornecimento de avaliação e feedback; Aula de amostra.

É importante diferenciar o Método do caso, que é uma ferramenta pedagógica, de Estudo de Caso, que se trata de uma metodologia de pesquisa, como abordado essa diferença de forma muito esclarecedora e com fatos históricos no trabalho de Menezes:

O Brasil possui uma tradição, de modo geral, dedutiva no modo de pensar e ensinar. Ainda assim, o uso do método do caso pode se configurar como uma nova mentalidade no processo pedagógico dentro das academias e que corrobora consubstancialmente para a formação dos futuros profissionais. (Menezes, 2009, p. 140).

Na citação acima Menezes defende o Método do Caso como uma nova mentalidade no processo pedagógico. E para melhor diferenciar esses métodos que possuem grandes similaridades, até nos nomes, segue o quadro 1 com as diferenciações entre: Método do Caso (ou Método baseado em Caso), Estudo de Caso e Aprendizagem baseada em Problemas. Além do quadro 1 será discorrido no próximo tópico sobre essas diferenças.

Quadro 1 - Diferenças entre Método do Caso, Aprendizagem baseada em Problemas e Estudo de Caso

	Método do Caso (Método baseado em Caso)	Aprendizagem baseada em Problemas (PBL)	Estudo de Caso
Surgiu em	1870	1960	1994
Professor que criou a teoria	Christopher Columbus Langdell.	Howard Barrows.	Robert K. Yin.
Surgiu no curso de	Direito	Medicina	Sociologia e Antropologia
Universidade	Havard University, Estados Unidos.	Universidade McMaster, Canadá.	Havard University, Estados Unidos.
Metodologia de	Ensino: Júri Simulado.	Ensino: Simular resolver problemas clínicos.	Pesquisa científica.
Como faz?	Aplicação da prática do conhecimento adquirido.	Investigar, pesquisar e aprender novos conteúdos para resolver o problema.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar um problema de pesquisa, • Levantamento de dados, • Análise do contexto, Soluções e conclusões sobre o problema.
Etapas/Fases	Não há fases/etapas definidas.	Há etapas para se seguir.	Há etapas para se seguir.
Habilidades desenvolvidas	Tomada de decisão, análise crítica etc.	Resolver problemas, trabalho em grupo etc.	Avaliar informações, formular soluções, trabalho em equipe etc.

Fonte: Elaborado pela autora.

3.3. Simulação em sala de aula com Júri Popular

No levantamento bibliográfico, em busca de trabalho que realizaram o Júri Simulado em aula de Física no Ensino Médio, foi encontrado apenas um artigo científico, de Guimarães e Massoni, 2020; em que eles abordam como temática do Júri a missão tripulada da

Apollo 11 buscando refutar o senso comum que questiona da ida do homem à lua. Eles afirmam o seguinte sobre a aplicação desse método:

Ao adotarem a postura de agentes ativos, e não apenas passivos no processo dialógico e argumentativo, os alunos passaram a ter um entendimento maior sobre tais assuntos, demonstrando desenvoltura e capacidade de compreensão, inclusive muitos assumindo o papel de líderes e condutores do debate. (Guimarães, Massoni, 2020, p. 714).

Eles apontam o trabalho como um Estudo de Caso, cometendo um engano na definição citada no trabalho de Menezes, que foi referenciada no item 2.2 acima: Método do Caso é uma Metodologia de Ensino proposta por Christopher Columbus Langdell em 1870, enquanto, Estudo de Caso é uma Metodologia de pesquisa nas Ciências Sociais e na área da Saúde, desenvolvida por Robert K. Yin, em 1994.

Quanto mais suas questões procurarem explicar alguma circunstância presente (por exemplo, “como” e “por que” algum fenômeno social funciona), mais o método estudo de caso será relevante. O método também é relevante quando suas questões exigirem uma descrição ampla e “profunda” de algum fenômeno social. (Yin, 2005, p. 4).

Pela definição do próprio autor, Yin, vemos que o Júri Simulado aplicado em sala de aula não se trata de Estudo de Caso, e sim de Método do Caso. Um engano de definição dessa metodologia encontrada em vários outros trabalhos que aplicaram o Júri Simulado em aulas de cursos universitários ou nas escolas regulares, porém, em outras disciplinas, como: Matemática, Química e Geografia.

3.4. Método de Avaliação por Rubrica

Após o preparo da atividade, sua aplicação e reflexão sobre sua aplicabilidade, vem a parte de avaliar os estudantes. Uma boa aula, ou boa atividade realizada com a turma deve proceder de uma boa avaliação, para ter um desfecho justo e coerente do que foi trabalhado. Assim como é importante preparar uma boa aula e um bom material de ensino, é necessário atentar-se aos instrumentos avaliativos que serão utilizados para aferir esse conhecimento. Como medir, como pesar ou quantizar algo tão subjetivo, e tão justo para cada um dos 35 alunos de uma sala de aula?

O educador Luckesi faz muitos apontamentos importantes sobre a Avaliação, considerando o erro uma fonte de aprendizagem que não pode ser ignorado, ou ainda mais, o aluno não pode ser “punido” por tentar e errar; do ponto de vista científico, se os erros experimentais ou teóricos fossem recriminados ao ponto de desqualificar um cientista, quantos cientistas renomados teríamos?

Com essas indagações, foi pensada numa avaliação que buscasse trazer cada estudante a refletir sobre sua aprendizagem, uma avaliação não excludente, que fosse clara para o aluno antes mesmo dele realizar a atividade proposta. Desde o início da proposta da atividade o aluno já saberá como será avaliado, por quais critérios e níveis de desempenho, com a premissa de que “é importante saber as regras do jogo antes de iniciar a partida”. Sobre os critérios avaliativos que Luckesi aponta, um deles é o seguinte:

[...] usar linguagem clara e compreensível, para salientar o que se deseja pedir. Sem confundir a compreensão do educando no instrumento de avaliação. Para responder ao que pedimos, o educando necessita saber com clareza o que estamos solicitando. Ninguém responde uma pergunta, caso não compreenda. (Luckesi, 1998, p. 178).

Ter clareza no comando da atividade proposta, ter os critérios avaliativos apresentados antes mesmo da atividade para que o aluno possa se preparar e após definido essa nota, dar a devolutiva ao estudante para ele saber onde precisa melhorar. Luckesi cita muito a questão do “amor” para avaliar, nos lembrando de teorias socioafetiva como a de Henri Wallon. O nosso modelo avaliativo afasta o aluno da prática científica ou aproxima, motiva ou desmotiva, é inclusivo ou excludente?

O ato de avaliar, por sua constituição mesma, não se destina a um julgamento “definitivo” sobre alguma coisa, pessoa ou situação, pois que não é um ato seletivo. A avaliação se destina ao diagnóstico e, por isso mesmo, à inclusão; destina-se à melhoria do ciclo de vida. Deste modo, por si, é um ato amoroso. Infelizmente, por nossas experiências histórico-sociais e pessoais, temos dificuldades em assim compreendê-la e praticá-la. Mas... fica o convite a todos nós. É uma meta a ser trabalhada, que, com o tempo, se transformará em realidade, por meio de nossa ação. Somos responsáveis por esse processo. (Luckesi, 1998, p. 180)

Um dos autores que Cipriano Luckesi cita em seus trabalhos é Ralph Tyler, um norte-americano que criou em 1930 uma avaliação chamando-a de “Avaliação por objetivos”. Que evidenciou a importância de considerar o contexto histórico-social do ensino para avaliar uma aprendizagem, substituindo o que antes se chamava “Exames escolares”. Hoje é citado sobre Avaliação por Rubricas nos referenciais, creio que seja um aperfeiçoamento da proposta de Tyler.

Neste trabalho de Júri Simulado os estudantes foram avaliados com tabelas. Trata-se de um modelo trabalhoso e criterioso para o professor montar, contudo, fica mais esclarecedor para o aluno compreender seus pontos fortes ou falhos. Por exemplo, se no Júri Simulado ele tirar uma nota 8,0, é porque ele teve um ótimo desempenho na parte de vocabulários e posicionamentos para um tribunal, porém, utilizou conceitos científicos errôneos. Para facilitar a devolutiva a cada aluno sobre seu desempenho, esse método de Avaliação por rubrica se torna muito eficiente. De acordo com Biagiotti:

As rubricas não representam economia de tempo para o professor, pois o seu processo de confecção é bastante trabalhoso. Elas abreviam o tempo, quando o professor tem em mente o que está procurando no trabalho, pois ao ler o trabalho fica mais fácil identificar se o objetivo foi atingido. (Biagiotti, 2005, p. 3).

4. UMA “LUZ” SOBRE A HISTÓRIA

4.1. Interdisciplinaridade com história e sociologia

A luz pode iluminar um caminho, mas além disso, transportar energia, se decompor, se refratar, refletir, polarizar, absorver, interferir e possui passe livre para percorrer em meios materiais e até no vácuo. A luz está desde a origem do Universo, a partir dela mudamos a rota da civilização sendo o domínio do fogo a maior conquista do homem paleolítico, pois uma de suas funções era iluminar, e com ela conseguimos fazer informações viajarem em velocidades que nos parecem instantaneamente ou até mesmo vivenciar um espetáculo luminoso como em um show do Pink Floyd. Mas, afinal, o que é a luz?

Sabe-se o que a luz faz, como ela interage com os corpos e por quais meios percorre, até a sua velocidade, porém a sua definição é tão complexa. Ter o domínio da luz e trazê-la para dentro de nossas casas de forma segura, como fez Thomas Edison em 1879, com a invenção da lâmpada elétrica, deixou visível a desigualdade econômica da população. Sendo possível diferenciar economicamente as casas dos menos favorecidos com o uso do lampião e dos mais favorecidos economicamente com as lâmpadas.



Figura 1 - Charge reflexiva acerca das temáticas Luz e Educação.

Fonte: <https://suburbanodigital.blogspot.com/2019/04/charge-de-amancio-educacao-publica-e-particular.html>

Um exemplo dessa desigualdade é a crítica que a charge de Amâncio, na figura 1, aborda mostrando alunos de escolar particulares sendo predominantemente brancos, boa vestimenta e material escolar, uma sala de aula limpa e uma fala mais “avançada”, segura (como mostrado no rosto do aluno), clara, com ideias iluminadas. Enquanto o aluno de escola pública tem desde a roupa, materiais e ideias/falas atrasadas e desvantajosas. Não menosprezando

a escola pública e seus alunos, porém a ideia é questionar o ambiente de tamanha hostilidade que se encontra e ficando à mercê de interesses partidários que atrasam ainda mais a educação do país de grande analfabetismo científico.

Os avanços científicos são cobrados pela sociedade para melhorar a qualidade de vida, mas de quais vidas? Quanto mais a ciência avança nem todos tem acesso a essa melhoria, e maior avança a desigualdade social, causando revolta e indignação. Nem todos os alunos conseguem se motivar diante dessa revolta, alguns, cientes que estão “atrasados”, acabam tendo uma desmotivação que desistem de se esforçarem, se dedicarem nos estudos, pois sabem que já estão em desvantagem em tantas coisas.

No fim, essa desmotivação dos alunos em assistirem as aulas caem apenas nos professores, alegando que estes não sabem preparar uma aula atrativa, inovadora, interessante, ou ainda culpabilizam o próprio aluno, contudo, a maior crítica é sobre o sistema político e econômico que coloca esses alunos ainda mais à margem da sociedade.

Estudar ciências e sua evolução é também desenvolver essa criticidade no estudante, não nos abdicamos desse caminho. Como aparece em uma das habilidades a ser desenvolvida com os alunos em Ciências da Natureza de acordo com a BNCC.

(EM13CNT305) Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos, em diferentes contextos sociais e históricos, para promover a equidade e o respeito à diversidade. (BNCC, 2018).

4.2.Cronologia sobre a Natureza da luz – Organizando a linha do tempo

Uma das dificuldades apontadas referente ao ensino da Física moderna é a defasagem no entendimento da própria Física Clássica. Como exemplo no artigo de Printo e Zanetic, 1999, em que é apontado o Perfil Epistemológico da Natureza da Luz, “Estamos nos aproximando do final do século XX e a Física nele desenvolvida está longe de comparecer às aulas de nossas escolas”.

Dessa forma Pinto e Zanetic iniciam a introdução do artigo, escrito no século passado, mas que mesmo estando há 22 anos no século posterior ainda há evidências da mesma dificuldade nas salas de aula, na formação continuada dos professores, na maioria dos livros didáticos; a Física Moderna é quase um tabu nas aulas da escola regular pois até a compreensão da Física Clássica é um desafio, como evidenciado no documento dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN):

Para o Ensino Médio meramente propedêutico atual, disciplinas científicas, como a Física, têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e tratam de

maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais (Brasil, 1999, p.209).

Antes de iniciar o estudo do Efeito fotoelétrico e o quantum de luz na Física Moderna, os estudantes precisam entender a construção desse conceito no decorrer da história e estudo dos cientistas na Física Clássica, começando pela questão: O que é luz? Questão que faz o humor na charge apresentada na figura 2.



Figura 2 – Charge sobre a identidade e o comportamento dual da luz.

Fonte: <https://www.picuki.com/tag/OndaParticula>

O primeiro estudo sobre a luz foi há quase 2.500 anos, com o pai da Geometria, Euclides de Alexandria, afirmando sobre a geometria da visão chamando de “cone de luz” os raios luminosos que saíam dos olhos. Porém, Euclides foi “o primeiro a notar que a luz viajava em linha reta e descreveu a lei da reflexão” (Ribeiro, 2015).

Após estudos de Heron de Alexandria (300 anos depois de Euclides), Ptolomeu (80 anos depois de Heron), e mil anos depois, aproximadamente, volta os estudos da luz com Ibn al-Haitham (conhecido por Alhazen), pensador islâmico, sobre refração, lentes e espelhos.

Este trabalho irá focar nos estudos de cientistas acerca da luz que impactaram em sua definição, sendo corpuscular ou ondulatória. Será organizado no quadro 2 os estudos que mais confirmavam se era partícula ou onda, como se fosse formar dois “times” opostos. Apesar de alguns cientistas concordarem que ela não pode ser só de uma natureza.

Quadro 2 - Cientistas e seus estudos sobre a teoria corpuscular e teoria ondulatória

Partícula (teoria corpuscular)	Onda (teoria ondulatória)
Willebrord Snellius (1580 – 1626)	Christiaan Huygens (1629 – 1695)
Isaac Newton (1643 – 1727)	Thomas Young (1773 – 1829)
Max Planck (1858 – 1947)	James Clerk Maxwell (1831 – 1879)
Albert Einstein (1879 – 1955)	Heinrich Rudolf Hertz (1857 – 1894)
Arthur Holly Compton (1892 – 1962)	Erwin Schrödinger (1887 – 1961)
Werner Heisenberg (1901 – 1976)	Louis de Broglie (1892 – 1987)

Fonte: Elaborado pela autora.

Existem muitos outros cientistas que colaboraram com o entendimento da luz, seja na parte matemática ou experimental, como Gustav Kirchhoff, Philipp Lenard, Wilhelm Wien, Robert Andrews Millikan, Paul Dirac, Clinton Joseph Davisson, George Paget Thomson, Max Born, apesar desses também serem conceituados e terem seus méritos, esse trabalho apresentaria uma extensão e um nível de complexidade não compatível com o Ensino Médio, se for apresentado aos alunos essa gama de cientistas e todos seus estudos, equacionando teorias que perpassam a BNCC, o Currículo Paulista ou até mesmo os vestibulares.

A ideia é os estudantes compreenderem como o conceito científico acerca da luz (e acabará abordando acerca da matéria) foi construído, as personalidades e os encontros e desencontros dos cientistas. A mudança de rota quando alguém descobria algo, como, por exemplo, quando finalmente a teoria ondulatória de Huygens foi aceita, contrariando a teoria newtoniana, e depois a teoria corpuscular veio à tona novamente com o efeito fotoelétrico realizado por Einstein.

Os alunos poderão explorar as diversas curiosidades como a amizade entre os físicos alemães Planck, Einstein e Schrodinger, quando esses dois últimos fugiram da Alemanha durante o nazismo e o filho de Planck foi executado, pois ele se negou a assinar o documento de apoio ao partido e tentou convencer Hitler a liberar os cientistas judeus. Em controversias os boatos de que Heisenberg, alemão, apoiou o partido nazista e até estudos da bomba atômica.

Apesar de separarmos os estudos desses cientistas em apenas dois grupos, não significa que os da teoria corpuscular se concordavam em tudo ou que os cientistas de grupos diferentes se discordavam e eram inimigos. Por exemplo, em 1927 Niels Bohr rejeitou o trabalho de Compton, sobre o efeito Compton, mas os dois estão dando embasamento na teoria corpuscular. Outro exemplo é que Aage Bohr (filho de Niels Bohr, do modelo atômico), que contribuiu para a teoria ondulatória (elétrons são ondas em órbitas), juntamente com Heisenberg

(considerou na equação a luz corpuscular) criticaram o trabalho de De Broglie, em 1927, no Conselho Solvay de Física, acerca da teoria “onda piloto” ou “teoria da dupla solução”, fotografia de uma dessas conferências na figura 3.

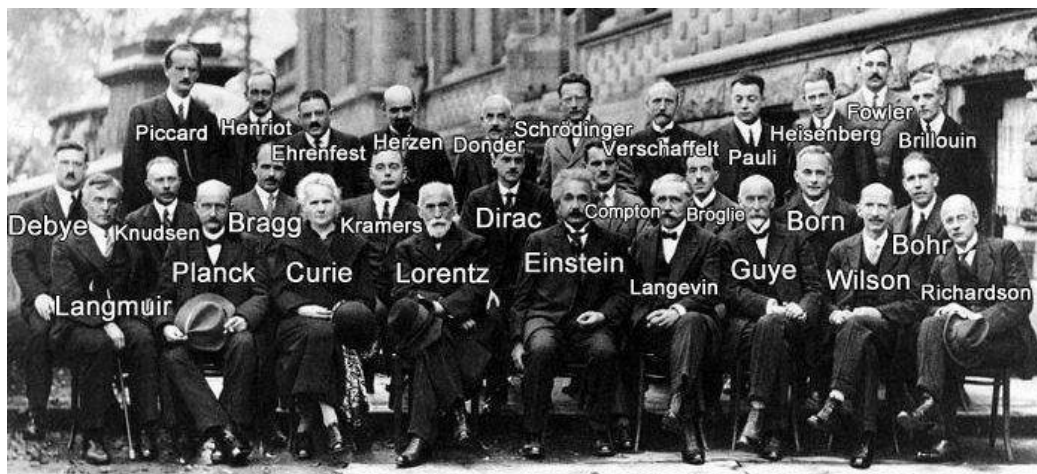


Figura 3 - Conferência de Solvay, 1927.

Fonte: <https://beststudentviolins.com/Einstein.html>

4.2.1. Newton definindo a Natureza Corpuscular da luz

Os fenômenos ópticos que comprovam a teoria corpuscular, proposta por Newton, são a refração e reflexão, e os estudos sobre esses fenômenos são aperfeiçoados no início do século XVII com Kepler e Snell.

Além das famosas três Leis de Kepler, que descrevem os movimentos dos astros no Universo, ele contribuiu para os estudos ópticos e como o olho humano funciona, no seu livro *Dioptrice*, publicado em 1611, descreve a refração para pequenos ângulos, relacionando o ângulo de incidência e o ângulo de refração.

Dez anos depois, em 1621, Willebrord Snell, apresenta a equação (1) que relaciona o ângulo de incidência e o ângulo de refração com o meio incidente e refratado, como evidenciado na figura 4, popularmente conhecida como a Lei de Snell – Descartes.

$$n_1 \cdot \text{sen } \Theta_1 = n_2 \cdot \text{sen } \Theta_2 \quad (1)$$

Considere:

n_1 = índice de refração do meio 1

Θ_1 = ângulo formado entre o raio incidente e a reta normal

n_2 = índice de refração do meio 2

Θ_2 = ângulo refratado

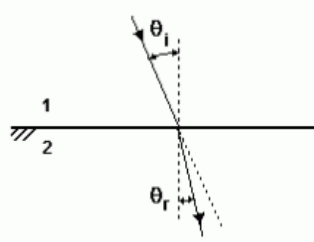


Figura 4 - Fenômeno de refração.

Fonte: <https://sites.ifi.unicamp.br/laboptica/roteiros-do-laboratorio/4-verificacao-experimental-da-lei-de-snell/>




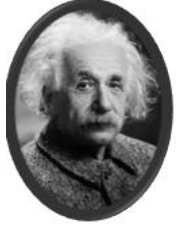


Considerando que outros cientistas importantes também estudaram sobre a luz e influenciaram Newton, como Robert Boyle, publicou seu livro *Experimentos e considerações sobre cores tocantes* em 1664, e Robert Hooke, publicando em 1665 sua obra *Micrografia*, além de René Descartes, Walter Charleton e Pierre Gassendi.

Com esses embasamentos ópticos e seus estudos sobre a decomposição e comportamento da luz, Newton propõe o Modelo Corpuscular da luz, publicado em seu primeiro artigo em 1672. Considera que a luz parte de um corpo luminoso composto com muitas partículas que ao atingir os olhos produz uma sensação, devido a isso muitos afirmam que ele antecipou o conceito de fóton e até mesmo a ideia de a luz ter comportamento ondulatório, por considerar que a luz gerasse vibrações periódicas. Em 1704 Newton publica o livro *Óptica: ou um tratado das reflexões, refrações, inflexões e cores da luz*.

[...] presumo que a luz não seja nem esse éter nem seu movimento vibratório, porém algo de natureza diferente, propagado por corpos luminosos. Quem o assim desejar poderá presumi-la como um agregado de várias qualidades peripatéticas. Outros poderão supô-la como uma multidão de corpúsculos inimaginavelmente pequenos e velozes, de tamanhos diversos, brotando dos corpos luminosos a grandes distâncias uns dos outros [...] (Newton, 2002, p.31).

Organizando a parte histórica somente da teoria corpuscular, teremos o quadro 3 e a linha do tempo com o resumo dos estudos sobre a luz, na figura 5. Que será mais bem compreendida com a Física quântica apresentada mais a frente, juntamente com o Efeito Fotoelétrico e Efeito Compton.

Quadro 3 - Resumo sobre o estudo Corpuscular da luz

					
Snell	Newton	Planck	Einstein	Compton	Heisenberg
Estudos sobre reflexão e difração.	Propõe a teoria corpuscular da luz.	Quantizou a energia usando a teoria corpuscular.	Comprovou a teoria corpuscular pelo efeito fotoelétrico, quantizou a luz e nomeou “fótons”.	Comprovou a teoria corpuscular pelo efeito Compton.	Publicou o Princípio da Incerteza.

Fonte: Elaborado pela autora.

LINHA DO TEMPO TEORIA CORPUSCULAR

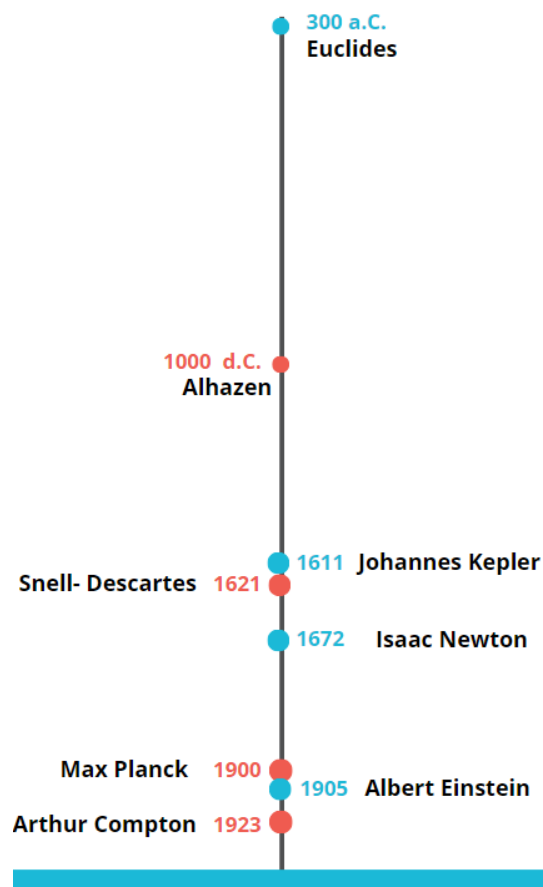


Figura 5 - Linha do tempo da Teoria Corpuscular.

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.2. Huygens definindo a Natureza Ondulatória da luz

Em 1690, Huygens publica “*Traité de la Lumière*” afirmando sobre a teoria ondulatória da luz, dez anos depois de conhecer Isaac Newton, quando visitou a Inglaterra, em 1680. Huygens afirma que cada frente de onda pode gerar (ser a fonte) de várias ondas.

Hoje, o fenômeno da difração pode ser explicado facilmente pela Teoria Ondulatória da Luz. Esta teoria, desenvolvida inicialmente por Huygens e usada por Young para explicar a interferência numa fenda dupla, levou muito tempo para ser adotada, em grande parte porque ela entrava em choque com a Teoria de Newton. (Halliday e Resnick, 1995, p. 89).

Por meio do fenômeno da difração a luz pode contornar os obstáculos. Como exemplo a figura 6 mostra esse fenômeno na natureza.



Figura 6 - Fenômeno de difração na Natureza.

Fonte: <https://www.minube.com/rincon/playa-de-terramar-a99063>

Quando a luz passa por uma fenda em que seu comprimento é menor do que o comprimento de onda, observa-se a natureza ondulatória da luz, como na figura 7.

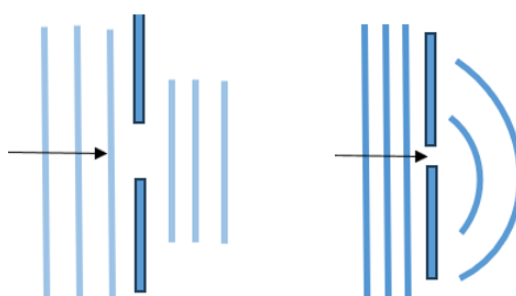


Figura 7 – Representação da Difração com fenda maior e menor ao comprimento da onda.

Fonte: Elaborado pela autora.

Os fenômenos ópticos de difração, interferência e polarização são satisfatoriamente explicados apenas quando se considera que a luz é uma onda, como foi provado experimentalmente, mais de cem anos depois, por Thomas Young, no experimento da Fenda dupla, a teoria do século XVII sendo provada no século XIX.

No experimento da Fenda dupla, representado na figura 8, foi observado um comportamento da luz semelhante ao que acontece com o som (onda sonora) e nas ondas da água, ou seja, esse experimento de Young comprovou que Huygens estava certo teoricamente. Após passar pelo painel fica mais evidente esse comportamento ondulatório devido a interferência destrutiva e construtiva das ondas formadas pela dupla fenda e as faixas formadas no anteparo, sendo as faixas escuras o encontro de duas cristas (topos) das ondas, nesse caso, interferência construtiva.

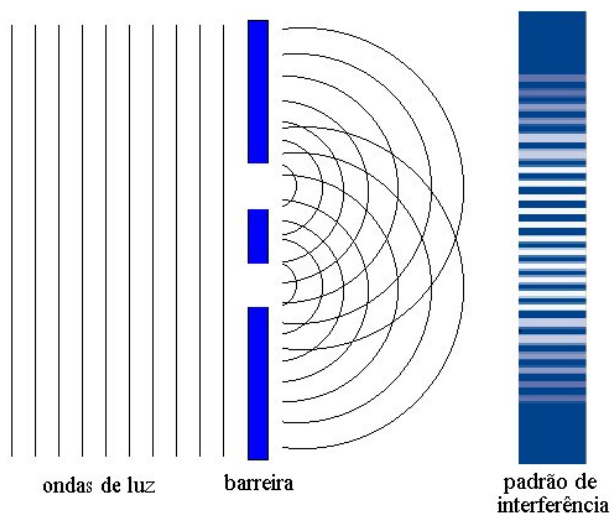


Figura 8 - Experimento da Fenda dupla e a formação das franjas com e sem interferência.

Fonte: <https://pt.quora.com/O-que-%C3%A9-experimento-da-dupla-fenda-Como-%C3%A9-poss%C3%ADvel-lan%C3%A7ar-eletrons-E-como-a-chapa-de-detec%C3%A7%C3%A3o-funciona>

Um físico importante para definir a luz como onda eletromagnética foi James Clerk Maxwell.

Na véspera de sua descoberta, conta-se que Maxwell teve um encontro com uma jovem mulher, com quem mais tarde se casaria. Enquanto caminhavam em um jardim, ele comentou sobre a beleza e o assombro das estrelas. Maxwell indagou como ela se sentia sabendo estar caminhando com a única pessoa do mundo que sabia o que realmente era a luz das estrelas. Pois aquilo era verdade. Naquela época, James Clerk Maxwell era a única pessoa no mundo a saber que qualquer tipo de luz é energia transportada por campos elétricos e magnéticos que, de maneira contínua, se regeneram mutuamente (Hewitt, 2000, p. 480).

Assim como o trabalho teórico de Huygens foi reconhecido anos depois com a comprovação experimental feita por Young, o mesmo aconteceu com o trabalho de Maxwell que não foi bem aceito pela comunidade científica na época, tendo visibilidade apenas após sua morte, em 1888 quando Heinrich Hertz comprovou experimentalmente a existência das ondas eletromagnéticas, que foi considerada por Maxwell um aspecto da luz.

4.2.3. Quantização da energia com Planck e Quantização da luz com Einstein

Ao ouvirem sobre “Radiação” as pessoas já associam a algo ruim, que coloque a vida em risco, como Bomba nuclear, acidente de Chernobyl, porém, desconhecem que elas mesmas emitem radiação, já que esta é emitida por todo corpo que tem temperatura. Isso explica o funcionamento das câmeras noturnas que captam as ondas eletromagnéticas emitida por uma pessoa, o infravermelho, representado na figura 9.

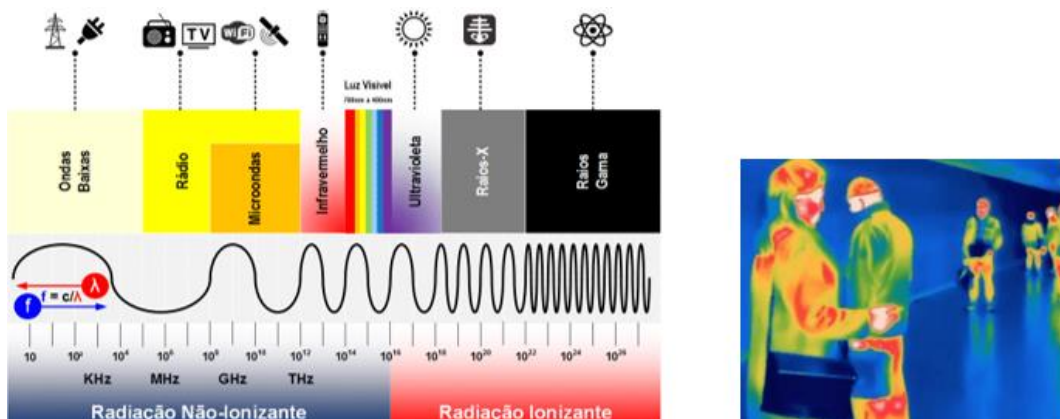


Figura 9 - Espectro eletromagnético e Imagens da câmera noturna que captam a emissão de infravermelho.

Fonte: <https://conhecimentocientifico.com/ondas-eletromagneticas/>

Temperatura define-se como o grau de agitação das moléculas que compõe um corpo, quanto mais agitadas, maior será a temperatura, emitindo as ondas eletromagnética com frequências maiores. Como nota-se no simulador Phet Estados da matéria, na figura 10.

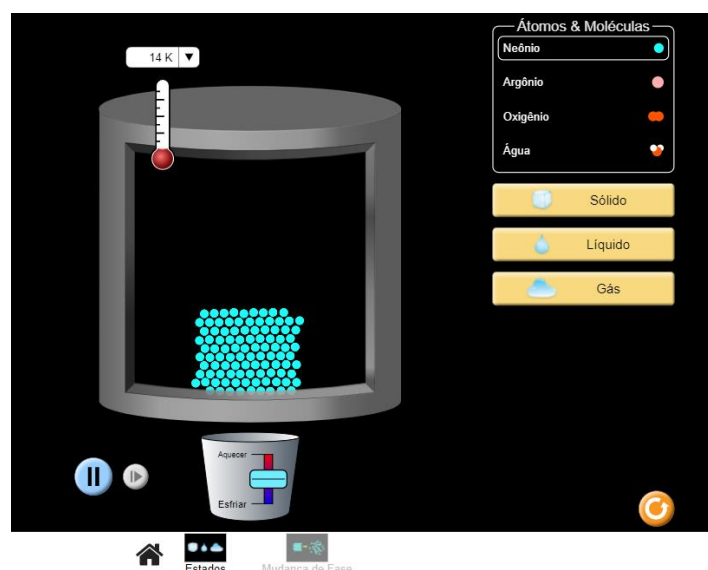


Figura 10 - Estrutura com vibração natural.

Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_all.html?locale=pt_BR

No primeiro momento o Neônio (selecionado acima) está com suas moléculas em vibração natural, ao aumentar a temperatura do sistema, subindo o botão em “aquecer”, mostra-se as moléculas vibrando rapidamente e afastando-se uma da outra, enquanto o termômetro acima (mostrado em Kelvin) vai subindo, como representado na figura 11.

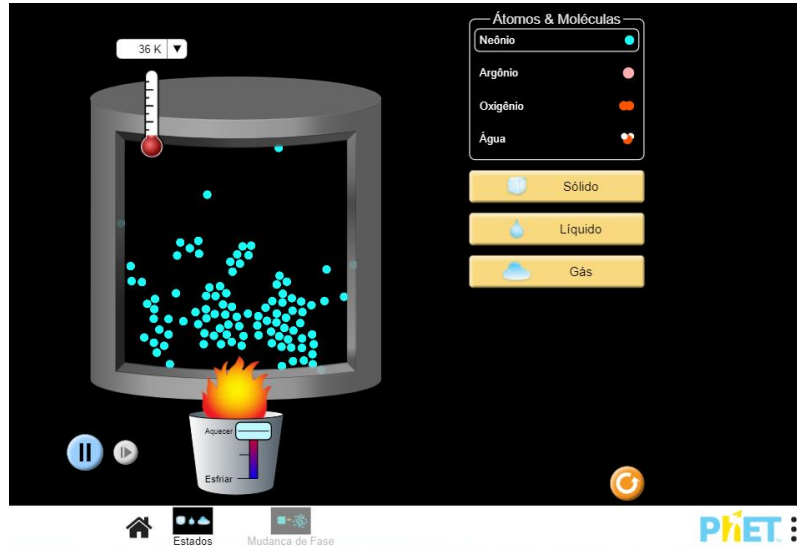


Figura 11 - Estrutura com maior vibração.

Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_all.html?locale=pt_BR

Cada cor visível possui uma frequência, Sampaio e Calçada (2005) exemplificam a situação com o aquecimento de um ferro, que a partir de certa temperatura do aquecimento ele começa a emitir luz, iniciando com vermelha, alaranjada e amarela, até chegar a azul, como evidenciado na tabela 1.

Tabela 1 - Frequência de cores do espectro eletromagnético visível

COR	FREQUÊNCIA (THz)
Vermelha	480 - 405
Alaranjada	510 - 480
Amarela	530 - 510
Azul	680 - 620

Fonte: Elaborado pela autora.

Já no livro “Física Conceitual”, cita o exemplo da resistência de uma torradeira elétrica ficar vermelha quando esquentada e da luz azul emitida por uma estrela muito quente (Hewitt, 2002). Outro exemplo é o da figura 12 em que o ferro aquecido emite a luz amarela. Consultando a tabela acima a cor azul tem uma frequência maior, então está relacionada à maiores temperaturas.



Figura 12 - Ferro aquecido emitindo a cor visível amarela.

Fonte: <https://www.vibramol.com.br/blog/voce-sabe-como-e-produzido-o-aco/>

Portanto, toda a energia que incide em um corpo é absorvida e emitida ao meio externo, seja em luz visível ou não.

Físicos desafiando o Universo no século XIX, estavam em busca de um corpo ideal, muito diferente dos corpos de modelos das revistas, o corpo ideal que os físicos buscavam tratava-se de um que absorvesse toda a radiação incidida sobre ele, que foi chamado de Corpo Negro, ou seja, não iria refletir nenhuma radiação, apenas absorver. Assim nasce a Física Quântica. Detalhando melhor esse nascimento, observa-se a construção cronológica desse caso e evidencia-se os seguintes cientistas.

Focando no processo de produção dessas ideias da Física que confirmam e engrandecem a teoria da natureza corpuscular da luz, pode se iniciar com Gustav Kirchhoff, que em 1861 comprovou sua teoria sobre a radiação de corpos negros, sendo corpos negros os que absorvem toda luz que recebe, não refletindo nada. Este mesmo físico que afirmou que a tese de Max Planck estava errada, causando grande desprestígio a Planck.

Max Planck não teve sucesso em sua tese sobre o átomos, morava com os pais enquanto fazia palestras não remuneradas. Porém, foi estudando as propostas científicas de Boltzmann notando que ele considerava a energia como pacotinhos e não como algo contínuo. A famosa analogia de que energia era como pacotes de neve uma em sequência da outra e não como jato de água contínuo saindo da mangueira, que em 1900, Max anunciava em Berlim o que chamou de "quantum". Essa teoria que deu sentido aos seus estudos anteriores e mais ainda, dava certo com os resultados experimentais de Wien, obtidos por 1896, iniciando assim a teoria quântica e uma grande reputação no meio científico, que rendeu-lhe o Nobel de 1918. Essa foi a interpretação quântica que Planck deu para o que se chama "Catástrofe do ultravioleta", lei de Rayleigh-Jeans, sobre a radiação de um corpo negro.

Quantum (plural é *quanta*) significa quantidade fixa, Max Planck enuncia que a energia é liberada ou absorvida por átomos em diferentes pedaços com um limite de tamanho.

Conforme a temperatura do corpo ele emite uma radiação eletromagnética com frequências diferentes. De acordo com a equação (2):

$$E = n.h.v \quad (2)$$

Sendo:

E = energia (quantum)

n = número inteiro

h = constante de Planck = $6,63 \cdot 10^{-24}$ J.s = $6,63 \cdot 10^{-34}$ m².kg/s = $4,14 \cdot 10^{-15}$ eV.s

v = frequência do fóton ou da onda (oscilação eletromagnética)

Apartir desse trabalho revolucionário de Max Planck, em 1905, Albert Einstein propõe a definição de fóton, trazendo de volta ao debate científico o conceito corpuscular da luz, proposto inicialmente na física newtoniana, mas deixado de lado desde quando a teoria ondulatória havia sido comprovada.

Definindo o que é quantum de luz, sendo pacotes de energia, unidades de energia emitidas na radiação eletromagnética, denominada por Einstein para explicar o efeito fotoelétrico.

Na figura 13 o quantum de luz é representado pelas esferas vermelhas sendo emitidas de um material, geralmente um metal, ao incidir as ondas eletromagnéticas, representadas pelas duas flechas azuis.

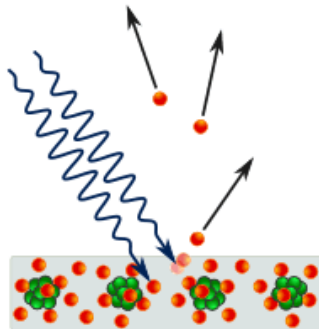


Figura 13 - Simulando o Efeito fotoelétrico.

Fonte: Wikipédia, a enciclopédia livre.

Annus mirabilis foi como ficou conhecido 1905, o ano Miraculoso devido as publicações de Einstein nesse único ano, começando pelo estudo do Efeito fotoelétrico, movimento Browniano, teoria especial da relatividade e a famosa equação $E = m.c^2$. Outro annus mirabilis para a ciência foi 1666, quando Isaac Newton tem trabalhos sobre a ótica, cálculo, movimento e gravitação.

Einstein vinha tentando explicar o efeito fotoelétrico que já estava em estudo desde 1887 com Hertz, 1888 com Hallwachs, 1899 com J. J. Thomson e 1902 com Leonard, mas foi

em 1905 que ele lança a hipótese de quantum de luz explicando as emissões dos elétrons para luz em algumas frequências, tendo aplicabilidade nos dias de hoje, como exemplo, na produção de eletricidade com energia solar, usando painéis solares. Portanto, quem descobriu o efeito fotoelétrico foi Hertz, mas apenas 18 anos depois que foi devidamente explicado por Einstein (em seu trabalho: "*Sobre um ponto de vista heurístico concernente à geração e transformação da luz*").

É possível simular o efeito fotoelétrico disponível online no seguinte link: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR.

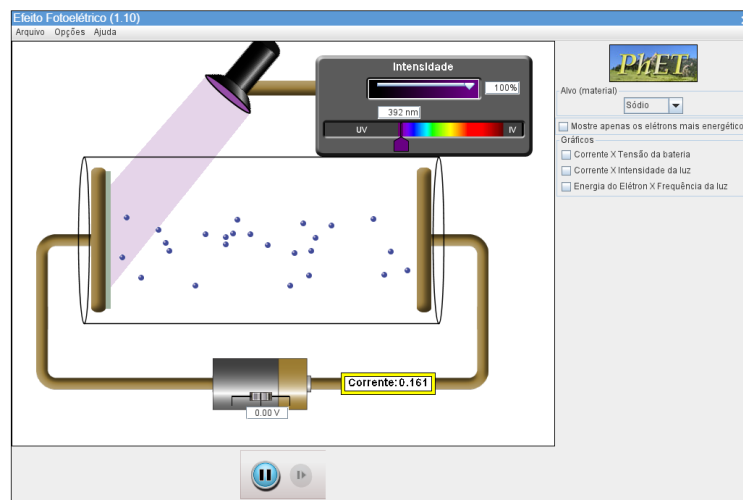


Figura 14 - Simulador do Efeito fotoelétrico, luz violeta.

Fonte: (PHET, 2022)

Na figura 14 representando o simulador Phet observa-se a incidência de um feixe de luz violeta (perto do U.V.) em uma placa de sódio, selecionada ao lado. E as esferas de cor violeta que saem dessa placa seriam os fótons, ou quantum de luz, que são muitos.

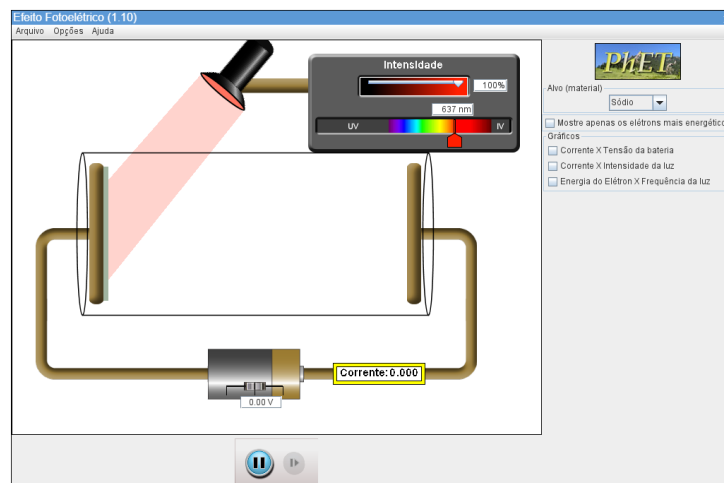


Figura 15 - Simulador do Efeito fotoelétrico, luz vermelha.

Fonte: (PHET, 2022)

Na figura 15, ao selecionar a mesma placa de sódio, porém uma luz entre as cores amarela e vermelha, vemos que não ocorre a emissão de nenhum fóton. Era justamente isso que intrigavam os cientistas da época.

O primeiro cientista a validar a experiência do efeito fotoelétrico foi Robert Millikan, mas atacou Einstein sobre a teoria semi corpuscular, sobre quantum de luz, trabalho que em 1923 compensou-lhe um Nobel sobre cargas elétricas elementares e efeito fotoelétrico.

A teoria corpuscular e a teoria ondulatória iniciam com os estudos de Kirchhoff, sobre a radiação do corpo negro, estudando o porquê a cor negra absorve mais radiação; depois cada uma tem sua linha de estudo até chegarem a Dirac, juntas, novamente, na Teoria Quântica de campos.

Planck afirma sobre a quantização da energia, em 1900, enquanto Einstein estudou sobre a quantização da luz, em 1905. Em 1913 Bohr aplica a ideia de Einstein para a emissão de luz dos átomos, quando absorvem energia liberam em forma de luz ao mudarem de camada eletrônica. Porém, não aprofundaremos nos quatro postulados de Bohr e seu modelo atômico, que foram importantes para o início da mecânica quântica, pois seria um estudo mais aprofundado sobre a matéria e focaremos mais nos estudos acerca da natureza da luz.

Finalizando a trajetória dos estudos da luz corpuscular nesta dissertação, prossegue com a confirmação da luz ser corpúsculo com o Efeito Compton, em 1922, que está representado na figura 16.

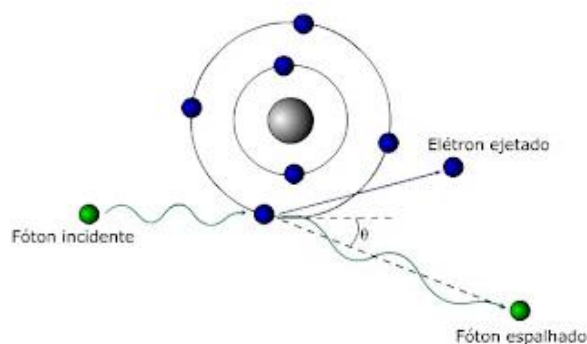


Figura 16 - Simulando o Efeito Compton.

Fonte: <http://blogtecrad.blogspot.com/2010/08/revisao-de-fisica-radiacao.html>

A interação entre uma radiação incidente (pode ser Raio x ou raio gama) com um elétron, preferencialmente das últimas camadas do átomo. Os elétrons da última camada tem energia menor do que a energia dessa radiação incidente. Essa interação provoca uma perda de energia desses raios incidentes, pois vai uma parte dela para o elétron espalhado (ejetado da

eletrosfera), é chamado de elétron Compton e outra parte da energia vai para a radiação espalhada, ou seja, perdendo a energia tem o aumento do comprimento de onda.

Esse espalhamento ocorre até 180° , considerando o ângulo do elétron sendo ejetado. Quanto maior o ângulo do espalhamento, maior foi a energia transferida, como evidenciado na figura 17, sendo a diferença ($\Delta\lambda$) do comprimento de onda inicial (λ_0) e após o deslocamento (λ) Compton maior.

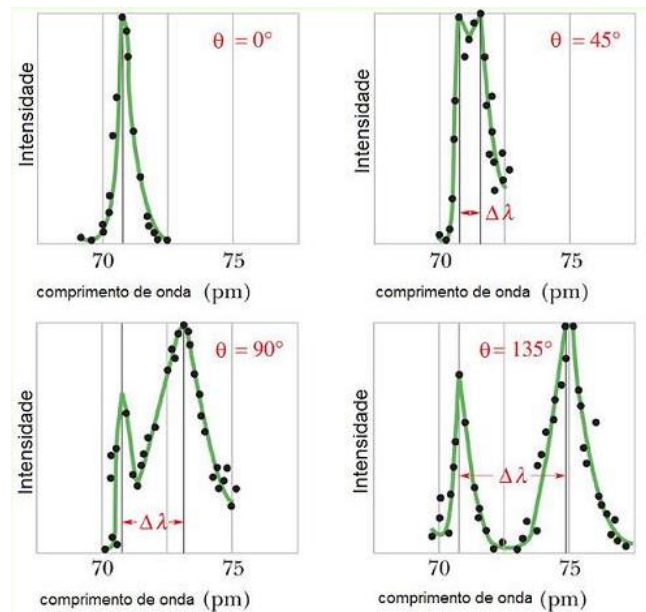


Figura 17 - Variação do comprimento de onda.

Fonte: http://www.if.ufrgs.br/computador_ensino_fisica/hotpotatoes/hotpotatoes_exemplo.htm

Compton considerou uma colisão inelástica de partículas, assim como Einstein resolveu o efeito fotoelétrico considerando partículas, sendo mais uma comprovação da teoria corpuscular. O espalhamento Compton é descrito pela seguinte equação:

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos(\theta)) \quad (3)$$

Considerando:

$\Delta\lambda$ = diferença do comprimento de onda incidente e após o espalhamento

λ = comprimento de onda após o espalhamento

λ_0 = comprimento de onda inicial

h = constante de Planck = $6,62 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \cdot \text{kg/s}$

m_e = massa de repouso do elétron = $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

c = velocidade da luz = $3,0 \cdot 10^9 \text{ m/s}$

θ = ângulo da mudança de direção do fóton.

É dado o crédito da criação da mecânica quântica à Heisenberg, não apenas matematicamente, mas trazendo à Física a filosofia indeterminista com o seu Princípio da Incerteza, algo que Einstein até afirmou na famosa frase: “Deus não joga dados!”, já que Einstein acreditava que a Física era determinista. De acordo com os estudos de Heisenberg não é possível saber com precisão a posição do elétron ou seu momento linear, ou seja, sua velocidade. Sendo o momento linear (p) é o produto da massa pela velocidade da partícula. Equacionando (4) esses termos, tem-se que:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2} \quad (4)$$

Sendo,

Δx = incerteza do valor de uma coordenada x ;

Δp = a incerteza do momento linear;

\hbar = constante de Planck (h) dividida por 2π .

h = constante de Planck = $6,62 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \cdot \text{kg/s}$

Quanto mais preciso for Δx , mais impreciso será Δp , ou seja, para manter o produto desses dois termos maior ou igual a $\frac{\hbar}{2}$, se um termo diminuir o outro irá aumentar. Para conseguirmos determinar com precisão a posição e o momento que uma partícula irá obter, seria necessário conhecer precisamente a posição e o momento de uma partícula. E aqui se encontra o problema: para se detectar a posição de um objeto deve-se lançar uma luz sobre ele, para que a partir da reflexão desta onda possamos constatar sua posição. Entretanto, quanto maior a precisão requerida, menor deverá ser o comprimento de onda da luz, e consequentemente maior a energia do fóton. A colisão deste fóton enérgico com a partícula irá alterar significativamente o valor de seu momento, tornando assim, a precisão ao medir a posição inversamente proporcional à precisão ao medir o momento (Hawking, 2015).

Observa-se na descrição dos conceitos e equações a respeito do Princípio da Incerteza os termos “partícula”, “fóton”, “momento linear”, “massa”, ou seja, o momento linear é a massa vezes a velocidade da partícula (e não a massa de uma onda!), portanto, Heisenberg contribui para a interpretação da natureza da luz ser corpuscular.

4.2.4. Dualidade da luz com De Broglie

Entre tantos outros cientistas importantes, para os quais não será possível citar todos os trabalhos, chega-se a 1924, ano em que Louis de Broglie defende sua tese, afirmando sobre a “onda de matéria” ou “onda de partículas”, em que toda partícula deve ter uma onda associada,

ou seja, um comprimento de onda. Einstein recebeu essa tese e enviou para vários cientistas, entre eles, Schrodinger, que partindo desses embasamentos publicou vários artigos, firmando a mecânica ondulatória.

Quando comparadas, a interpretação de Schrödinger e a de De Broglie mostram-se diferentes em vários aspectos. Para De Broglie, a energia do elétron estaria fortemente condensada em torno de um ponto, e sua carga elétrica estaria centralizada nesse mesmo ponto. Para Schrödinger, o elétron, sua carga e sua energia estariam distribuídos pelo espaço, sendo essa distribuição representada pela onda associada ao elétron. (...) Apesar de conhecerem-se pouco e de terem trocado somente poucas cartas, De Broglie e Schrödinger pareciam estar em perfeita harmonia quanto à maioria dos aspectos gerais da mecânica ondulatória, embora divergissem em certos pontos. (Rosa, 2004, p. 169).

Einstein propôs que a energia pode ter um comportamento dual, ser onda (eletromagnética) ou matéria (fóton), então De Broglie traz essa teoria dual da energia para a matéria, sendo a matéria também provida de comportamento dual. De Broglie parte da equação (5) de Einstein e aplica para uma partícula, como por exemplo, o elétron.

$$p = \frac{h}{\lambda} \quad (5)$$

Considere:

p = quantidade de movimento (ou momento linear);

h = constante de Planck = $6,62 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \cdot \text{kg/s}$;

λ = comprimento de onda.

Observa-se que o momento linear é uma característica corpuscular, enquanto o λ (comprimento de onda) é uma característica ondulatória. Einstein chegou nessa equação igualando as duas equações de energia (6) e (7):

$$E = m \cdot c^2 \quad (6) \qquad E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad (7)$$

Tem-se que:

$$m \cdot c^2 = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad (8)$$

Multiplicando a velocidade da luz (c) nos dois lados da equação (8), chega-se a (9):

$$m \cdot c = \frac{h}{\lambda}, \quad (9)$$

e como o momento linear (p) é o produto da massa pela velocidade, conclui-se:

$$p = \frac{h}{\lambda} \quad (10)$$

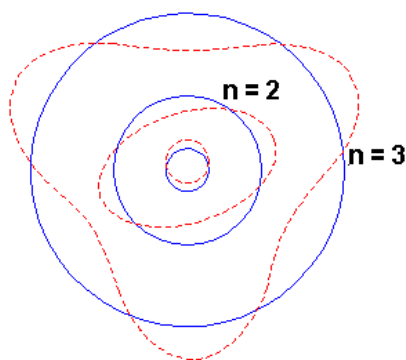


Figura 18 - Elétron representado por uma onda.

Fonte: <https://laurablogdotcom4.wordpress.com/2015/06/08/difraccion/>

Esse estudo trouxe a De Broglie o prêmio Nobel, em 1929, pela descoberta da natureza ondulatória dos elétrons, como elucidado na figura 18. Sua teoria foi provada experimentalmente em 1927, quando Davisson e Thomson conseguiram difratar o elétron, esse experimento que, dez anos mais tarde, proporcionou o Nobel a essa dupla.

A seguir, em 1935, encontra-se os estudos de Schrodinger, no desenvolvimento da Mecânica Ondulatória, sobre o estado fundamental do elétron, obtendo a função de onda do elétron, que ao plotar os dados em um plano cartesiano, chega-se ao contorno da nuvem eletrônica, acrescentando que o termo orbital estava em desuso devido ao princípio da incerteza, como na figura 19.

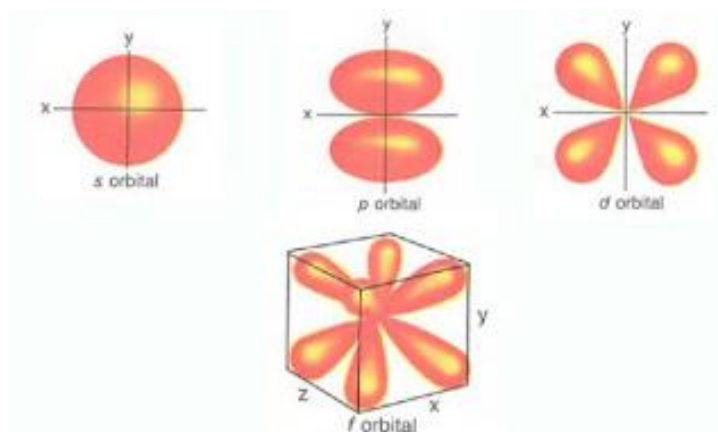






Figura 19 - Orbitais atômicos.

Fonte: <http://fisicayquimicadominicas.blogspot.com/2012/10/orbitales-atomicos-podemosdecir-que-un.html>

Como os estudos de Schrodinger não aborda especificamente sobre a natureza da luz, não será abordado com maiores detalhes. No quadro 4 é apresentado o resumo da teoria Ondulatória da luz e na figura 20 a Linha do tempo da os estudos acerca da teoria Corpuscular e Ondulatória.

Quadro 4 - Resumo sobre o estudo Ondulatório da luz

				
Huygens	Young	Maxwell	De Broglie	Schrodinger
Propõe a teoria ondulatória da luz.	Estudos sobre difração e interferência (Experimento da fenda dupla).	Comportamento das ondas eletromagnéticas.	Postulou a dualidade da luz.	Mecânica Ondulatória.

Fonte: Elaborado pela autora.

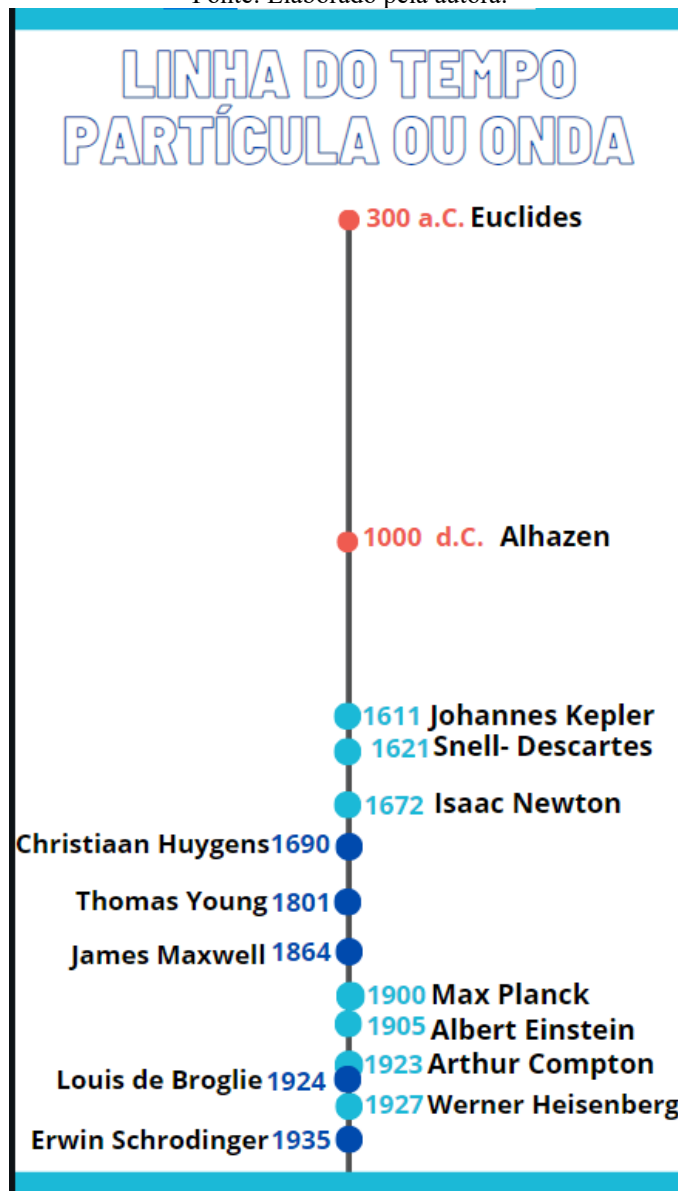


Figura 20 - Linha do tempo das teorias corpuscular e ondulatória.

Fonte: Elaborado pela autora.

Para ajudar a se localizar nessa linha do tempo, uma forma interessante e complementar é utilizar a lista dos laureados do Prêmio Nobel de Física, focando apenas nos estudos mais antigos acerca da luz, como apresentado no quadro 5. Mas, apenas utilizá-la não é o bastante para se localizar no tempo, pois nem todos estudos significativos receberam o Nobel, ou mesmo os cientistas receberam o prêmio anos depois de seus trabalhos serem publicados ou por outros temas; como exemplo o Arthur Compton que recebeu o prêmio Nobel de Física em 1927, mas seus estudos sobre o Efeito Compton foi observado em 1923.

Quadro 5 - Vencedores do Prêmio Nobel de Física que fizeram trabalhos relevantes para o estudo da luz

1905	Philipp Lenard		Alemanha Áustria- Hungria	Trabalho sobre raios catódicos
1906	Joseph John Thomson		Reino Unido	Investigações sobre a condução de eletricidade por gases
1911	Wihelm Wien		Alemanha	Descobertas sobre as leis que regem a radiação de calor
1918	Max Planck		Alemanha	Avanço da física através de sua descoberta de energia quântica
1921	Albert Einstein		Alemanha Suíça	Física teórica e descoberta da lei do Efeito fotoelétrico
1922	Niels Bohr		Dinamarça	Investigação da estrutura dos átomos e da radiação emanada por eles
1923	Robert Andrews Millikan		Estados Unidos	Estudo das cargas elétricas elementares e do efeito fotoelétrico
1927	Arthur Holly Compton		Estados Unidos	Descrição dos fótons quando este interage com a matéria
1929	Louis de Broglie		França	Descrição da natureza das ondas dos elétrons
1932	Werner Heisenberg		Alemanha	Criação da Mecânica quântica, cuja aplicação levou à descoberta das formas alotrópicas do hidrogênio

1933	Erwin Schrodinger		Áustria	Descobertas de novas formas produtivas da teoria atômica
	Paul Dirac		Reino Unido	
1937	Clinton Joseph Davisson		Estados Unidos	Descoberta experimental da difração dos elétrons por cristais
	George Paget Thomson		Reino Unido	
1954	Max Born		Alemanha Ocidental	Pesquisa fundamental na mecânica quântica, especialmente pela sua interpretação estatística da função de onda

Fonte: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/>

4.3. Discussão sem agressão

Sabe-se que a Filosofia é a mãe de todas as ciências, os primeiros cientistas foram os filósofos com os questionamentos sobre a vida e a natureza. Uma disciplina interessante para quem faz o curso de direito é a Filosofia do direito. Nela os alunos se aprofundam sobre a lógica aristotélica, verificando as possíveis falácias justamente para desenvolver a argumentação jurídica.

A lógica aristotélica aponta o pensamento correto, sem falhas; ela busca validar ou invalidar um raciocínio. Como, por exemplo, a falácia, que são falas que parecem ter lógica (possuem a estrutura lógica), mas não tem.

Um exemplo famoso de pensamento lógico é o de Aristóteles: “Todo homem é mortal. Se Sócrates é homem, logo, Sócrates é mortal”. A partir dessa estrutura pode-se criar uma falácia da seguinte forma: Toda gelatina é água doce. A lagoa tem água doce. Logo, toda lagoa é uma gelatina. Essa frase aparenta ter sentido, mas sabe-se de imediato que não tem.

Sócrates defendia o diálogo e argumentação objetivando o conhecimento, e não apenas para vencer um interlocutor, como faziam os Sofistas. Sofistas eram mercenários que desenvolviam o diálogo para debates, apenas com a finalidade de vencer o oponente, desenvolviam a fala, a argumentação e retórica para esse fim, como na figura 21.



Figura 21 -Charge representando um exemplo de falácia em discurso político.

Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/17546399/>

Na dialética socrática apresenta-se dois momentos:

[...] o momento em que Sócrates levava o interlocutor a reconhecer sua própria ignorância: primeiro ele forçava uma definição do assunto sobre o qual se centrava a investigação; depois, escavava de vários modos a definição fornecida, explicava e destacava as carências e contradições que implicava; então exortava o interlocutor a tentar uma nova definição, criticando-a e refutando-a com o mesmo procedimento; e assim continuava procedendo, até o momento em que o interlocutor se declarava ignorante. (Reale e Antiseri, 1990, p. 98)

Existe mais profundidade nessas definições, sofistas não eram apenas isso. Porém, é uma breve diferença de discursos que pode ser abordado em aula de modo interdisciplinar. Essa é uma visão compartilhada por Sócrates, que os via desse modo negativo, diferente dos filósofos, que dialogavam em busca do verdadeiro conhecimento.

Essa temática nesse trabalho vem para complementar e lembrar que o objetivo da atividade proposta no júri não se trata de apenas vencer um debate usando qualquer artimanha ou apelação, e sim, a melhor exposição dos conceitos e experimentos, corretamente.

Estudando a etimologia da palavra dialética, tem-se que “*Dia*”, significa, em grego, dualidade, troca; e “*Léktikós*” significa palavra, razão. Ou seja, nesse trabalho sobre os estudos da Dualidade da luz, os alunos usarão da dialética para demonstrar, argumentar, diferenciar, explicar, sobre essa temática física por meio do diálogo.

Historiadores revelam sobre o temperamento briguento de Isaac Newton, não era muito sociável, era solitário e vingativo. Teve atrito com Robert Hooke, Leibniz, entre outros. É importante trazer a proposta de discussões sem agressões verbais (físicas, evidentemente), devido a isso, simular que estão em um júri ajudará a manter essa ordem.

5. REVISÃO DA LITERATURA

Iniciando um levantamento do Referencial bibliográfico acerca da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e Ensino de Física no Ensino Médio nas plataformas como: Google Acadêmico, SciELO e Periódicos da CAPES, existem diversas publicações sobre essa temática, sendo a teoria ausubeliana grande referência na educação científica. Desde 1963, com a publicação de seu livro “The Psychology of Meaningful Verbal Learning”, Ausubel apresenta conceitos de muita relevância no campo educacional, como:

- Conhecimentos prévios como subsunçores, não podemos desconsiderar o que os estudantes já sabem, mesmo que sejam conceitos errados;
- Buscar a atenção dos estudantes por meio dos organizadores prévios, sendo a ponte entre o conhecimento prévio acerca do conteúdo e a relação/problematização com seu cotidiano.
- Aprendizagem significativa versus a aprendizagem mecânica, como já discorrido no capítulo 3, Ausubel defende que o foco deve ser compreender e não decorar; a aprendizagem deve levar o aluno ao raciocínio crítico e autonomia intelectual, logo, revemos a abordagem científica nas salas de aulas não apenas para entender conceitos e equações, mas para que este estudante questione, se posicione, reflita, crie, projete, viva e até vote dentro de sua realidade com consciência, autonomia e criticidade.

Como esses exemplos citados e um breve resumo da teoria ausubeliana, nota-se que essa proposta de atividade do Júri Simulado para ser realizada no Ensino Médio apresenta essas conexões de conhecimento prévio, organizadores prévios, aprendizagem significativa, experimentos e problemas contextualizados, autonomia intelectual, discussões em aula e curiosidade científica.

Entre as publicações mais antigas e recentes no Brasil relacionando essa temática encontra-se, de 1979, o trabalho de Marco Antonio Moreira, intitulado, *A Teoria de Aprendizagem de David Ausubel como Sistema de Referência para a Organização de Conteúdo de Física*, publicado na Revista Brasileira de Física. Nesse trabalho é utilizado a teoria ausubeliana para organizar o conteúdo de Física sobre Eletricidade e Magnetismo, utilizando a aplicação de experimento para comparar essa organização didática ao modo convencional, entre diversas outras publicações, como os livros: *Ensino e Aprendizagem Significativa*; *Teorias de Aprendizagem*; *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares*.

Entre diversos outros artigos, tem-se, de 2013, *A Aprendizagem Significativa no Ensino de Física Moderna e Contemporânea*, de Tironi, Schmit e Schuhmacher, e discutem

sobre como foi realizada a inserção de conceitos sobre nanotecnologia e efeito fotoelétrico e quais os organizadores prévios para essas atividades buscando assimilação desses conceitos nas estruturas cognitivas dos alunos.

Ao ampliar a pesquisa bibliográfica para os demais componentes curriculares do ensino básico até o ensino superior, encontra-se ainda mais trabalhos referente a teoria ausubeliana. Agora, “afunilando” a pesquisa acerca da temática: Teoria ausubeliana e Júri simulado, é possível identificar trabalhos sobre a formação de docentes e em outros cursos, como exemplos os artigos: *A teoria de da aprendizagem significativa e a o método de utilização de júris simulados literários*, de Margarete Costa e Rodrigo Santos, de 2025, abordando sobre conexão de disciplinas no século XXI e a formação de professores de modo efetivo. Ou, outro artigo de 2025, publicado na Revista Contemporânea, da autoria de Valéria Ferreira e Victor Oliveira, *Metodologias ativas no ensino de Contabilidade: Estratégias de engajamento e aprendizagem significativa para estudantes de Ciências Contábeis*.

Não é possível encontrar um trabalho sobre a teoria ausubeliana aplicada nas aulas de Física, do Ensino Médio, com a prática de Júri Simulado, ou Método baseado em Caso (teorizado em 1870, por Langdell) citado no capítulo 3 deste trabalho. Porém, os demais trabalhos já publicados aplicando o Método do Caso em ensino superior ou com outras metodologias que utilizaram a teoria de Ausubel, foram de grande contribuição para referenciar e contribuir a esse trabalho.

O Método do Caso é citado nos referenciais na área jurídica, como exemplo do trabalho publicado em 2018, com o título *O Caso da Gravidez Indesejada. Dilemas Éticos e Jurídicos Sobre Aborto*, autoria de Soraya Lunardi e Dimitri Dimoulis. Por mais que alguns trabalhos com aplicação de Júri simulado em outros componentes curriculares do Ensino regular, ou mesmo no componente curricular de Física, esses trabalhos que foram realizados e publicados, não citam o Método do Caso.

As pesquisas encontradas com as palavras chaves: Dualidade da Luz, realizadas no banco de dados da Sociedade Brasileira de Física, no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) são quatro dissertações que serão resumidas a seguir. Trabalhos estes que colaboraram no desenvolvimento dessa dissertação.

Na dissertação de Monteiro (2017), foi referenciado teoricamente embasado na teoria de Vygotsky e Ausubel (assim como esta dissertação que baseou-se na teoria ausubeliana) e os conceitos de Laboratório Aberto proposto por Azevedo. Monteiro aplica um questionário inicial em sua turma, notando os conceitos referentes ao comportamento da luz sendo “primitivos”, como ele se refere, então após a aula dialogada e a realização de três

experimentos com placas Arduino, linguagem de programação C++ e microcontroladores, ele aplica um questionário nessa mesma turma e ressalta a assimilação dos conceitos de modo correto, por parte dos estudantes. Os experimentos consistiam em: medir a velocidade da luz a partir da radiação do micro-ondas, obter o valor da constante de Planck a partir da luz emitida de um LED e observar o efeito fotoelétrico. Monteiro aponta como a aprendizagem foi significativa por meio dessa sequência didática que ele percorreu.

Anjos (2019) apresenta uma sequência didática composta por duas sugestões de roteiros experimentais para serem realizados manualmente (propagação retilínea e propriedade ondulatória da luz) e um experimento virtual sobre o efeito fotoelétrico, embasado na teoria da aprendizagem significativa de Vygotsky.

Em 2019 nota-se, também, a dissertação de Pereira onde apresenta uma sequência de ensino e aprendizagem embasada na teoria de David Ausubel, utilizando Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) que são sequências didáticas elaboradas com base na teoria da Aprendizagem significativa. A autora apresenta questionamentos para introdução dos conceitos, sugestões de vídeos e muitos experimentos com laser, resultando na aprendizagem significativa desde a Física clássica até a quântica.

No trabalho de Pimentel (2022) esse conteúdo é abordado com um bom embasamento na teoria da mediação de Vygotsky, teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e momentos pedagógicos desenvolvidos por Delizoicov e Angotti, sendo: problematização inicial, organização do conhecimento, aplicação do conhecimento. Seu trabalho é uma Sequência didática com duas aulas tendo a parte teórica, vídeos, imagens, simuladores digitais e experimentos para que os estudantes compreendam a construção do conceito da “Dualidade onda-partícula”. Pimental não aprofunda em conhecer os demais físicos além de Newton, Huygens, Compton e Maxwell, contudo, traz uma construção utilizando conceitos, formulações e experimentos de grande valia para compreender desde a Física clássica ao mundo quântico.

Resumindo as pesquisas encontradas no quadro abaixo.

Quadro 6 – Dissertações do MNPEF sobre o conteúdo Dualidade da Luz

Banco de Dados: Produção do MNPEF				
Título: Dualidade da Luz				
Ano	Título	Autor	Referencial Teórico	Produto Educacional
2017	Concepções da dualidade da luz onda-partícula para estudantes da 3ª. série do ensino	Leonardo Pereira Monteiro	Teoria da aprendizagem significativa pela abordagem de Ausubel, pelo referencial de	Sequência didática

	médio: uma abordagem com “microcontroladores”		Vygotsky e os conceitos de Laboratório Aberto proposto por Azevedo.	
2019	Dualidade onda-partícula da luz: uma abordagem para o ensino médio	Enio dos Anjos	Teoria de sequências didáticas de Méheut; Psillos, Belluco; Carvalho, e da aprendizagem sociointeracionista de Vygotsky.	Sequência didática
2019	A Física Quântica no ensino médio: o interferômetro de Mach-Zehnder no ensino da dualidade onda-partícula	Ana Márcia Lopes Pereira	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) e na perspectiva da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel	Sequência didática
2022	A linguagem e o ensino conceitual da dualidade onda-partícula no ensino médio	Rafael Filgueira Pimentel	A teoria da mediação de Vygotsky, teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e momentos pedagógicos desenvolvidos por Delizoicov e Angotti	Sequência didática

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao buscar por outros títulos sobre os temas em comum a essa dissertação, como “Comportamento Dual”, “Júri Simulado”, “Júri”, “Simulação”, “Método do Caso” ou “Método Baseado em Caso” não há resultado de nenhuma outra dissertação, artigo, tese ou qualquer tipo de publicação acadêmica/científica.

E ainda é possível afirmar que não existem outros trabalhos sobre o Método do Caso aplicado no Ensino médio, nas aulas de Física sobre o conteúdo da Dualidade da Luz, nem no banco de dados do MNPEF, no site dos Periódicos da CAPES, da SciELO e do Google Acadêmico.

6. METODOLOGIA

6.1. Local e participantes da pesquisa

Esse trabalho desenvolve-se como uma pesquisa descritiva, pois busca aplicar um tema já abordado em diversas áreas do conhecimento e em nível superior de ensino (Método do Caso), após aplicá-lo na escola regular para as aulas de Física, tem-se uma análise desses resultados qualitativamente.

Foram produzidos roteiros detalhados de Júri Simulado sobre conteúdos de Física para o Ensino Médio, aplicados em duas escolas regulares que leciono na cidade de Osvaldo Cruz- SP (chamarei de escola A e escola B), para 2º e 3º ano, que possuem faixa etária 15, 16, 17 e 18 anos, mais bem resumido no quadro 6. Com esse trabalho foi possível aplicar e identificar a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, levando em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes, a problemática do comportamento Dual da Luz com aplicação em Júri Popular, sendo os Organizadores prévios para assimilação da temática, com posicionamento crítico e autonomia.

Quadro 7 - Aplicações da pesquisa e ações realizadas nas turmas do Ensino Médio entre 2022 e 2023

Turmas/ano	Escola	Aplicações do Júri Simulado	Ações realizadas
3º ano EM 2022	A	1ª aplicação	<ul style="list-style-type: none"> • Realização do júri e • uso de tabelas para pontuação.
3º ano EM 2023	A	Não realizou	<ul style="list-style-type: none"> • Apenas aula expositiva sobre o conteúdo e • atividade formativa para comparar aprendizagem com a turma que realizou o Júri Simulado.
2º ano EM 2023	B	2ª aplicação	<ul style="list-style-type: none"> • Realização do júri; • avaliação por rubricas; • atividade formativa para comparar aprendizagem com a turma que não realizou o Júri Simulado e • aplicação do questionário sobre sugestões dos estudantes.

Fonte: Elaborado pela autora.

Ou seja, o Júri Simulado foi aplicado pela primeira vez em 2022, numa turma do 3º ano do Ensino Médio. Nessa primeira aplicação os estudantes que compunha a equipe de jurados avaliaram apenas usando uma tabela simples de pontuação, sem a utilização da avaliação por rubrica.

Na segunda aplicação do júri, realizada em outra escola e com a turma do 2º ano do Ensino Médio, em 2023, essa atividade foi aperfeiçoada em vários aspectos, como, por exemplo, no uso de avaliação por rubricas pelo júri popular para decidir qual a melhor equipe (do réu ou da vítima); a aplicação de uma atividade formativa sobre o conteúdo e um questionário pessoal para os alunos comentarem sobre a atividade.

Em outra turma, na escola A, que não realizou o Júri Simulado, foi abordado o mesmo conteúdo, mas com metodologia diferente, apenas com aula expositiva pela professora, e ao final da aula, os estudantes realizaram a mesma atividade formativa que os da escola B, para comparar os resultados da assimilação e compreensão desse tema.

6.2.Elaboração do Júri Simulado

Acredito que possa ser aplicado em qualquer ano do Ensino Médio (1º, 2º e 3º), pois trata-se de um conteúdo flexível de adentrar no planejamento, apesar de não ter muito tempo para tratar da física moderna no currículo.

O ideal seria os alunos já terem estudado Mecânica (momento Linear para compreender o Princípio da Incerteza), Óptica (natureza da luz e Lei de Snell-Descartes), Ondulatória (propriedades da onda, frequência, comprimento de onda, espectro de luz) e Eletromagnetismo (a onda eletromagnética proposta por Maxwell). Contudo, por exemplo, na escola que leciono, atualmente, no final do conteúdo de mecânica, no 1º ano do Ensino Médio, abordaram no material didático sobre a Física moderna e o comportamento da luz (a respeito da dualidade), então, é um tema possível de ser abordado mesmo não tendo visto os demais conteúdos.

Após a realização da simulação proposta, uma aplicação da Avaliação por Rubrica, que tiveram os critérios avaliativos evidenciados por níveis de desempenho numa tabela para se autoavaliarem e avaliarem os demais alunos, por fim, uma avaliação formativa para análise desses resultados com a resolução de lista de exercícios para toda a turma.

O Produto Educacional é composto por um roteiro da simulação do júri, dando uma sequência parecida ao júri oficial que acontece nos casos reais, apenas não foi muito realista devido ao tempo disponível em aula. Além do roteiro, compõe o Produto Educacional toda a

fala que o juiz teve, pois ele quem é o responsável pelo andamento da simulação e a figura de maior poder nessa instância, portanto, para garantir que as falas estejam à altura do cargo, já ficará tudo registrado. Outro item importante é a sequência do júri, com os espaçamentos prontos para serem preenchidos pelo escrivão, durante todo o processo terá um aluno escrevendo as partes principais da atividade.

No Produto Educacional contém proposta de interrogações para cada advogado, que as farão para as testemunhas e seus respectivos clientes. Como os advogados são os que mais aparecem e atuam durante o júri, ficaria uma pesquisa muito extensa a esses alunos saberem a fundo os trabalhos de cada testemunha para direcionar uma boa pergunta, além da pesquisa dos seus vocabulários jurídicos e formas de apelações. Deixar muitas lacunas não preenchidas para o júri pode dar muita chance ao erro, e todo o júri desandar, pois trata-se de temas muito complexos.

Um penúltimo arquivo são as fichas em forma de rubricas para as pessoas que compõe o júri preencherem durante as apresentações, afinal, eles quem decidirão o vencedor.

Por fim, o produto contém uma proposta de atividade formativa para ser aplicada aos alunos, com questões de vestibulares e questões dissertativas, que contemplam os diversos temas envolvidos no caso.

É importante fazer uso dos materiais propostos a seguir para que a atividade flua de modo organizado.

1. Composição do Júri Popular
2. Roteiro do Júri Simulado
3. Leitura do texto a seguir pelo juiz
4. Texto para Escrivã (o) preencher
5. Propostas de Interrogatório para advogados
6. Organização do local/tribunal
7. Ficha para Jurados preencherem
8. Lista de exercícios para Avaliação formativa

6.3. Aplicação do Júri Simulado

Para ser considerado um júri exige alguns itens como os personagens do tribunal, uma sequência oficial de um júri e a formalidade no trato social, portanto, para não fugir desses critérios, alguns tópicos do júri não foram espontâneos ou ficaram apenas a responsabilidade dos alunos. Houve uma grande elaboração da sequência oficial do júri (não no sentido que o trabalho está grandioso, mas no sentido que foi muito trabalhoso realizá-lo), transpondo de

acordo com o tempo que a aula de 50 minutos (ou duas aulas) permite. Por exemplo, quem é responsável por dar a sequência no júri e a ordem no “tribunal” (sala de aula) é o juiz, este ficará com o texto pronto, tendo apenas o trabalho de atentar-se nos momentos finais de cada tópico para seguir com o texto, caso haja protesto por alguma das partes, o juiz também fica responsável por autorizar ou não, assim como, se houver exaltação de algum aluno, ele pode ordenar que se retire do tribunal (sala de aula).

Dar essa autoridade para o aluno que representa o juiz ajuda-o a entrar no personagem, da mesma forma, sugiro que estejam caracterizados formalmente todos os integrantes do tribunal (juiz, promotor, escrivão, oficial de justiça e advogados), a vítima, o réu e as testemunhas, que são os cientistas, podem vir com o traje de época ou uma vestimenta que represente seu respectivo personagem.

O ambiente deve estar o mais parecido possível com algum tribunal, por exemplo, toalhas monocromáticas forrando as mesas, copo d’água para os personagens que ficam o tempo todo exposto no júri. O cenário, as roupas, algumas falas bem características de um júri, ajudará a trazer seriedade e postura aos demais participantes. Por isso, trato como elementos essenciais, que disponha de devida atenção.

Além do juiz, que falará do início ao fim do júri, dois personagens que ditarão o ritmo são os advogados, o de defesa e o da acusação. Eles discursam no início e no fim, durante o júri eles quem interrogam cada testemunha e seus clientes. Por isso, seria importante um ensaio repassando a ordem, antes do dia oficial que ocorrerá o júri. Nesses ensaios, não precisa ter a fala dos advogados, testemunhas e os dois principais envolvidos no caso (vítima e réu), para ter uma adrenalina e muita expectativa no dia do Júri.

Nas duas turmas que realizaram o júri simulado, cada uma de escolas diferentes e em anos diferentes, receberam um advogado para palestrar sobre a profissão, como foi sua formação e como é a atuação de um advogado no tribunal. Isso tornou o júri mais desafiador, em conhecer uma pessoa real que eles iriam representar, falando dos desafios de representar um cidadão num júri.

É importante que o professor faça uma clara orientação aos envolvidos no júri, principalmente aos cientistas, direcionando o que eles podem pesquisar e abordar, pois alguns cientistas tem estudos a respeito de diversos temas, e o aluno pode acabar citando um tema que não condiz com a natureza da luz. Para isso, pode compartilhar as perguntas, antecipadamente, que cada advogado fará para suas testemunhas e clientes, assim, por meio da pergunta o aluno consegue ter uma pesquisa direcionada, além do acompanhamento antecipado do professor, para que no dia não seja citado algo muito errado.

Um exemplo disso é a abordagem de Einstein, que em 1905 publicou cinco artigos revolucionários na Física, como: o efeito fotoelétrico, teoria da relatividade restrita, equivalência massa e energia, movimento Browniano e dimensões moleculares. Dentro tudo isso, o professor pode direcionar o aluno a pesquisar apenas sobre o efeito fotoelétrico e sobre a história de vida de Einstein. Do mesmo modo, direcionar a pesquisar quando Maxwell propôs de a luz ser onda eletromagnética, e a relação do princípio da Incerteza com o momento linear (que precisa da massa, ou seja, trata-se de uma partícula).

O professor não poderá dar as respostas prontas, afinal, será no percurso, na busca pelas respostas que eles aprenderão, porém, o professor poderá corrigir antecipadamente e direcionar algumas falas, já que terão muitas abordagens complexas a respeito da Física, como os citados no parágrafo anterior.

Como parâmetro comparativo da aprendizagem que esse Júri Simulado proporcionou terá o seguinte critério de pesquisa: foi aplicada uma atividade formativa em uma turma do Ensino Médio que não fez o júri simulado, apenas teve aula expositiva sobre o tema da dualidade da luz; e em outra turma que foi aplicada a mesma atividade formativa, além da mesma aula expositiva, realizaram o júri simulado.

Dessa forma, é possível comparar quem teve uma efetiva aprendizagem sobre esse conteúdo proposto: a turma que apenas teve a aula expositiva ou a turma de alunos que, além da aula expositiva, realizou o júri.

Nesse contexto realista e envolvente os alunos integram o novo conhecimento aos saberes prévios sendo os protagonistas, juntando o Método do Caso e a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. O conteúdo de Física faz mais sentido aos estudantes numa situação prática, em que eles se posicionam, pesquisam, argumentam, debatem e compartilham, não ficam somente na aula expositiva e postura passiva.

6.4. Avaliação do Júri Simulado

Um dos objetivos desse trabalho é trazer uma proposta aplicável em sala para os professores, buscando facilitar a docência, porém, qual o motivo de utilizar o método de avaliação trabalhoso? Devido a isso, juntamente com o produto desse trabalho é apresentado o Modelo pronto de Avaliação por Rubrica para essa atividade, ou seja, o professor não terá o trabalho de criar as tabelas com os critérios e os níveis de desempenho, apenas assinalar na

tabela a nota de seu aluno. Biagiotti ainda ressalta que a avaliação por rubricas é uma “quantificação de observações qualitativas” (Biagiotti, 2005).

Para um aluno tirar a nota máxima nessa atividade, 10 (dez), ele precisa tirar 2,5 pontos em cada critério, ou seja, ter o desempenho ideal em cada um dos critérios sugeridos. Como o exemplo da tabela 2.

Tabela 2 - Modelo de Rubrica

Menções	Nível de desempenho 1 (1,5 pt)	Nível de desempenho 2 (2,0 pt)	Nível de desempenho 3 (2,5 pt)	
Critérios avaliativos				
Critério 1				
Critério 2				
Critério 3				
				Total:

Fonte: Elaborado pela autora.

A rubrica para avaliar essa atividade do Júri Simulado será sugerida com os seguintes critérios avaliativos:

- Critério 1. Argumentação/experimentação científica;
- Critério 2. Arguição para defesa e acusação;
- Critério 3. Vocabulário jurídico e postura; e
- Critério 4. Aproveitamento e respeito do tempo.

Para cada um desses critérios o aluno pode ter uma pontuação, sendo uma dessas quatro menções:

- Pouco preparo e exposição insuficiente (recebendo a pontuação mínima de 1,5 pontos);
- Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pontos); ou
- Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (pontuação máxima de 2,5 pontos).

Se nos quatro critérios o aluno tirar a nota mínima, ele ficará com (4 vezes 1,5 pontos) 6,0 pontos no total. Se ele tirar a nota máxima nos quatro critérios, ele ficará com (4 vezes 2,5 pontos) 10,0 pontos. Nenhum aluno ficará com menos de 6,0, pois, aceitou participar da atividade, se expor e se expressar em público, o que é um grande desafio que se aperfeiçoará cada vez mais.

Assinalando com “X” a menção que ele correspondeu para cada critério na tabela de autoavaliação e em seguida fazer a mesma análise sobre a menção de outro aluno na tabela referente a este, como exemplificado na tabela 3.

Tabela 3 – Modelo de Rubrica avaliativa para o Júri Simulado

Menções Critérios avaliativos	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

Fonte: Elaborado pela autora.

A autoavaliação é um processo importante para o estudante refletir sobre sua própria postura e aprendizagem, se seu modo de estudar está de acordo com seus objetivos pessoais, ou seja, seu projeto de vida. Muitos alunos questionam suas notas (o que não é errado) e tem até os que se sentem injustiçados com notas que recebem ou como são avaliados, então será que eles conseguem se avaliarem e avaliarem seus colegas de sala sendo justos e honestos?

Considerar que há muitas juventudes implica organizar uma escola que acolha as diversidades, promovendo, de modo intencional e permanente, o respeito à pessoa humana e aos seus direitos. E mais, que garanta aos estudantes ser protagonistas de seu próprio processo de escolarização, reconhecendo-os como interlocutores legítimos sobre currículo, ensino e aprendizagem. Significa, nesse sentido, assegurar-lhes uma formação que, em sintonia com seus percursos e histórias, permita-lhes definir seu projeto de vida, tanto no que diz respeito ao estudo e ao trabalho como também no que concerne às escolhas de estilos de vida saudáveis, sustentáveis e éticos. (BNCC, 2018).

A rubrica sugerida anteriormente pode ser alterada a critério do professor, assim como, ao expor a rubrica aos alunos, antes do Júri Simulado acontecer, pode abrir para um consenso se todos estão de acordo com as menções e critérios de como serão avaliados, se desejam alterar algo ou acrescentar, para eles sentirem-se participativos até durante esse processo de montar os próprios critérios que lhe avaliarão.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1. Aplicação do Júri Simulado – Juízes

Nas duas aplicações do júri simulado, em 2022 e em 2023, notou-se o comprometimento dos estudantes para desempenharem da melhor forma possível seus respectivos “papéis”. O arranjo da sala (com mesas forradas, bandeiras do Brasil e do Estado de São Paulo), a vestimenta formal, a postura e vocabulários estavam coerentes com a atividade proposta, e ainda superaram as expectativas principalmente no quesito da boa competitividade, pois, cada equipe (da vítima ou do réu) queria ser a vencedora, ou seja, a equipe com maiores pontuações realizada pelo júri popular.

Um grande receio era eles não se empenharem em atender os requisitos e haver um desapeço pela atividade por parte deles. Contudo, os critérios foram atendidos, eles se tornaram protagonistas na aula, utilizando o Método Baseado em Caso e a teoria da Aprendizagem Significativa foi possível o engajamento e aprendizagem do conteúdo.

Na primeira aplicação do júri, em 2022, a estudante que fez o papel da juíza estava um pouco desatenta e se perdia muito ao chamar os próximos passos do júri, um dos motivos para isso foi não ter realizado nenhum ensaio com a turma para ficar claro a todos a ordem que cada um iria se apresentar e, acredito que ela não notou que estava dando o “ritmo” da atividade. Na segunda aplicação do júri, em 2023, além de ter realizado os ensaios de toda a dinâmica dessa atividade, foi esclarecido para o estudante que representou o juiz, que ele é quem seria o responsável por todo o andamento do júri no tribunal, assim, deveria ter uma postura mais confiante, atenta e rápida, fotos de 2022 e 2023 na figura 22.



Figura 22 - Mesa dos juízes em 2022 e 2023.

Fonte: Elaborado pela autora.

A prioridade em definir os estudantes e seus personagens, era quem se identificasse com uma das profissões que estava no roteiro, por exemplo, os dois alunos que foram juízes, eles pretendiam prestar o curso de direito e o projeto de vida era um dia se tornarem juízes, levando em conta os conhecimentos prévios deles acerca das profissões e habilidades socioemocionais. Vale destacar que a estudante do 3º ano do Ensino Médio em 2022 que fez esse personagem, atualmente está cursando direito.

7.2. Aplicação do Júri Simulado – Promotora e Escrivã

Na figura 23 temos ênfase que duas estudantes se voluntariaram para serem a promotora e a escrivã, e, por coincidência, o mesmo ocorreu no ano seguinte, foram duas alunas. Na figura 23 observa-se a mesa da juíza a frente do telão e na mesa logo a frente está a promotora e ao lado a escrivã com um notebook registrando os testemunhos, porém, neste momento, ela estava fazendo o sorteio dos nomes das pessoas que iriam compor o júri popular.

Na figura 23 as mesas da escrivã e promotora ocupam a mesma posição, a frente da mesa do juiz, e observa-se a escrivã registrando no notebook, enquanto a promotora faz seu discurso inicial de acusação ao réu, em pé, e ao lado da porta está o oficial de justiça.



Figura 23 - Promotora e escrivã em 2022.

Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 24 - Promotora e escrivã em 2023.

Fonte: Elaborado pela autora.

7.3. Aplicação do Júri Simulado – Testemunhas

Todas as testemunhas, réu e vítima, antes de iniciarem o depoimento, precisavam fazer o juramento, esse fato é observado na figura 25, lado direito, uma aluna em pé, realizando o juramento com a mão levantada, repetindo o que o oficial de justiça solicita: “Juro, por minha honra, dizer toda a verdade e só a verdade”. A mesa para depor fica um pouco à frente da mesa do juiz e do lado oposto a promotora e escrivã. Na figura 25 ainda, lado esquerdo, está uma testemunha depondo sobre o que o advogado do réu perguntou.



Figura 25 - Testemunhas depondo em 2022 e 2023.

Fonte: Elaborado pela autora.

Os cientistas que iriam depor, sendo as testemunhas, o réu e a vítima, precisavam antes falar sobre sua vida particular e profissional, alguns alunos buscaram encenar as características e personalidades de alguns cientistas e, por fim, explicavam seus estudos, se eram teóricos ou experimentais. A explicação de seus estudos eram utilizando os slides,

simuladores digitais, como o Phet Colorado, faziam anotações na lousa ou até experimentos, como verificado nas figuras 26 e 27.



Figura 26 - Maxwell e De Broglie depondo em 2023.

Fonte: Elaborado pela autora.

A primeira imagem, na figura 27, nota-se um estudante explicando o efeito fotoelétrico na lousa, ele representava Einstein. Ao lado está uma aluna realizando um experimento de refração da luz, ela representou o cientista Snell.

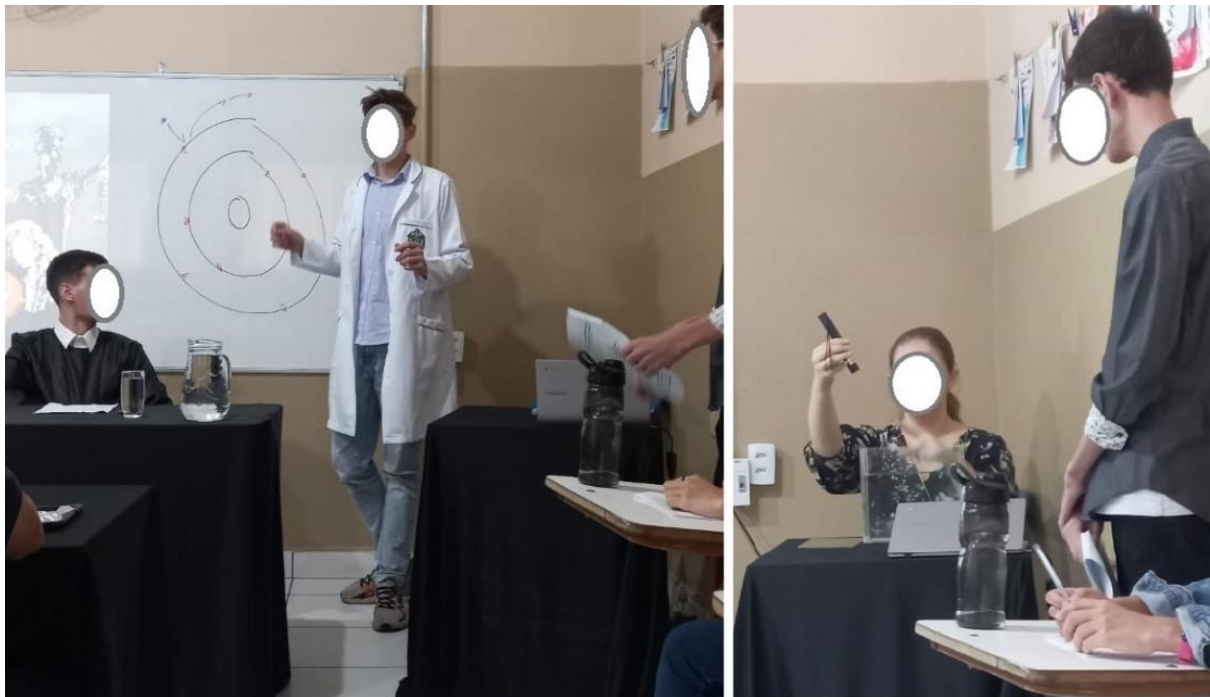


Figura 27 - Einstein e Snell depondo em 2023.

Fonte: Elaborado pela autora.

Ficou cada vez mais visível nessa atividade que os Organizadores Prévios, estabelecidos por David Ausubel em sua Teoria da Aprendizagem, que são as “pontes” cognitivas para assimilar o novo saber aos saberes prévios, ocorreu de forma efetiva nessa proposta de simular o Júri Popular e assisti-los apresentando uma temática complexa da Física de forma lógica e estruturada pode-se considerar que houve a chama consolidação do conhecimento.

Durante todo o júri não foi preciso fazer intervenções pela professora, seja por motivos comportamentais dos demais estudantes que assistiam ou por algum aluno estar perdido com o roteiro. A sala estava tensa, afinal, havia a questão da competição entre dois grupos. Também, fora compartilhado com antecedência, os critérios avaliativos dos jurados, sendo um deles, a questão do comportamento e postura durante todo o júri.

Uma observação importante é que dois estudantes considerados com comportamento “difícil” fizeram seus papéis durante o júri como testemunhas/cientistas de forma muito colaborativa e admirável. Como exemplo, no ano de 2022, uma aluna estava sendo cogitada pela escola a ser transferida, pois apresentava muitas faltas e não tinha comprometimento nas aulas, ela foi uma das cientistas do júri e apresentou de modo surpreendente, foi uma das que mais nos chamou a atenção. Ao parabenizar a aluna pelo seu desempenho, ela disse que estudou muito para conseguir “entrar” no personagem, pois fazia aulas de teatro há um ano.

7.4. Aplicação da Avaliação por rubrica

Em 2022, na primeira aplicação do júri simulado a pontuação dos alunos de cada equipe era feita em uma tabela com pontos de 0 a 5. A equipe com mais pontos era a campeã. Em cada tabela havia a pontuação para o advogado, o cientista réu ou vítima e duas testemunhas.

Como mostrado na figura 28, no Anexo A deste trabalho contém as folhas entregue para cada jurado, porém, foram anexadas as respostas de apenas três dos sete jurados, como exemplos.

ACUSAÇÃO		
		Notas (0 a 5)
Advogado de acusação	Gasparini	4
Snell	Tripoloni	4
Bohr	Sabrina	4
Newton (acusador)	Rogério	3

15

DEFESA		
		Notas (0 a 5)
Advogado de defesa	João Vitor	5
Einstein	Arthur	5
De Broglie	Lara	5
Huygens (réu)	Daniel	2 3

18

Ganha a acusação ou defesa quem a somatória de notas for maior.

Figura 28 - Tabela de avaliação em 2022.

Fonte: Elaborado pela autora.

Em 2023, na segunda aplicação do júri simulado o sistema avaliativo foi aprimorado utilizando a avaliação por rubrica, como mostrado na figura 28, sendo necessária uma tabela para cada aluno das equipes que seria avaliado, ou seja, somente para a equipe de defesa havia uma tabela para: o advogado, o réu, e três testemunhas (diferente do ano anterior que eram duas testemunhas), totalizando cinco tabelas para cada equipe.

Antes do dia da apresentação do júri simulado, foi exposto para toda a turma como as equipes seriam avaliadas, utilizando a avaliação por rubrica. Neste dia foi explicado para o júri popular como deveriam preencher as tabelas (assinalando com um “X”) e deveriam se atentar aos critérios e menções durante as apresentações de cada estudante. Os alunos que seriam avaliados, dentro de cada equipe também ficaram cientes e foi aberto um momento para a turma sugerir alguma alteração nos critérios ou menções. Mas, toda a turma concordou com o sistema avaliativo.

Ter um bom instrumento avaliativo é importante para a conclusão da atividade. Acredito que ter uma boa atividade aplicada com a turma, eles se empenharem, mas ao final, se sentirem injustiçados na avaliação, pode não ser um desfecho bacana.

DEFESA

Advogado do réu: Caral

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	
Arguição para defesa e acusação		X		
Vocabulário jurídico e postura			X	
Aproveitamento e respeito do tempo			X	
				Total: 9,5

Figura 29 - Avaliação por rubrica em 2023.

Fonte: Elaborado pela autora.

7.5. Comparativo das Atividades Formativas

Nota-se primeiramente a dificuldade de os alunos resolverem questões com cálculos, principalmente que necessitam das propriedades da potenciação.

Independentemente da escola que realizou o Júri Simulado ou não, o grau de dificuldade na resolução de exercícios com cálculos é o mesmo. Para ilustrar essa afirmação, é

apresentada abaixo seis imagens da mesma questão, dos seis alunos há um acerto. A figura 30 refere-se à escola B, que realizou a segunda aplicação do júri simulado em 2023 e a figura 31 é da escola A, que não realizou o júri simulado em 2023.

2 - (UFRGS) O físico francês Louis de Broglie (1892-1987), em analogia ao comportamento dual onda-partícula da luz, atribuiu propriedades ondulatórias à matéria.

Sendo a constante de Planck $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s, o comprimento de onda de Broglie para um elétron (massa $m = 9,0 \cdot 10^{-31}$ kg) com velocidade de módulo $v = 2,2 \cdot 10^6$ m/s é, aproximadamente:

A) $3,3 \times 10^{-10}$ m.
 B) $3,3 \times 10^{-9}$ m.
 C) $3,3 \times 10^3$ m.
 D) $3,0 \times 10^9$ m.
 E) $3,0 \times 10^{10}$ m.

$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{9,0 \cdot 10^{-31} \cdot 2,2 \cdot 10^6} = \frac{6}{19,8} \cdot 10^{-25} = 3,3 \cdot 10^{-10}$

2 - (UFRGS) O físico francês Louis de Broglie (1892-1987), em analogia ao comportamento dual onda-partícula da luz, atribuiu propriedades ondulatórias à matéria.

Sendo a constante de Planck $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s, o comprimento de onda de Broglie para um elétron (massa $m = 9,0 \cdot 10^{-31}$ kg) com velocidade de módulo $v = 2,2 \cdot 10^6$ m/s é, aproximadamente:

A) $3,3 \times 10^{-10}$ m.
 B) $3,3 \times 10^{-9}$ m.
 C) $3,3 \times 10^3$ m.
 D) $3,0 \times 10^9$ m.
 E) $3,0 \times 10^{10}$ m.

$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{9,0 \cdot 10^{-31} \cdot 2,2 \cdot 10^6} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{1,98 \cdot 10^{-25}} = 3,3 \cdot 10^{-9}$

2 - (UFRGS) O físico francês Louis de Broglie (1892-1987), em analogia ao comportamento dual onda-partícula da luz, atribuiu propriedades ondulatórias à matéria.

Sendo a constante de Planck $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s, o comprimento de onda de Broglie para um elétron (massa $m = 9,0 \cdot 10^{-31}$ kg) com velocidade de módulo $v = 2,2 \cdot 10^6$ m/s é, aproximadamente:

A) $3,3 \times 10^{-10}$ m.
 B) $3,3 \times 10^{-9}$ m.
 C) $3,3 \times 10^3$ m.
 D) $3,0 \times 10^9$ m.
 E) $3,0 \times 10^{10}$ m.

$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{9,0 \cdot 10^{-31} \cdot 2,2 \cdot 10^6} = 3,3 \cdot 10^{-10}$

Figura 30 - Avaliação formativa com o Júri Simulado, em 2023.

Fonte: Elaborado pela autora.

2 - (UFRGS) O físico francês Louis de Broglie (1892-1987), em analogia ao comportamento dual onda-partícula da luz, atribuiu propriedades ondulatórias à matéria.

Sendo a constante de Planck $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s, o comprimento de onda de Broglie para um elétron (massa $m = 9,0 \cdot 10^{-31}$ kg) com velocidade de módulo $v = 2,2 \cdot 10^6$ m/s é, aproximadamente:

A) $3,3 \times 10^{-10}$ m. X
 B) $3,3 \times 10^{-9}$ m. X
 C) $3,3 \times 10^3$ m. X
 D) $3,0 \times 10^9$ m.
 E) $3,0 \times 10^{10}$ m. X

$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{9,0 \cdot 10^{-31} \cdot 2,2 \cdot 10^6} = 3,3 \cdot 10^{-10}$

2 - (UFRGS) O físico francês Louis de Broglie (1892-1987), em analogia ao comportamento dual onda-partícula da luz, atribuiu propriedades ondulatórias à matéria.

Sendo a constante de Planck $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s, o comprimento de onda de Broglie para um elétron (massa $m = 9,0 \cdot 10^{-31}$ kg) com velocidade de módulo $v = 2,2 \cdot 10^6$ m/s é, aproximadamente:

A) $3,3 \times 10^{-10}$ m.
 B) $3,3 \times 10^{-9}$ m.
 C) $3,3 \times 10^3$ m.
 D) $3,0 \times 10^9$ m.
 E) $3,0 \times 10^{10}$ m.

$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{9,0 \cdot 10^{-31} \cdot 2,2 \cdot 10^6} = 3,3 \cdot 10^{-10}$

2 - (UFRGS) O físico francês Louis de Broglie (1892-1987), em analogia ao comportamento dual onda-partícula da luz, atribuiu propriedades ondulatórias à matéria.

Sendo a constante de Planck $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s, o comprimento de onda de Broglie para um elétron (massa $m = 9,0 \cdot 10^{-31}$ kg) com velocidade de módulo $v = 2,2 \cdot 10^6$ m/s é, aproximadamente:

A) $3,3 \times 10^{-10}$ m.
 B) $3,3 \times 10^{-9}$ m.
 C) $3,3 \times 10^3$ m.
 D) $3,0 \times 10^9$ m.
 E) $3,0 \times 10^{10}$ m.

$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{9,0 \cdot 10^{-31} \cdot 2,2 \cdot 10^6} = 3,3 \cdot 10^{-10}$

Figura 31 - Avaliação formativa na escola sem o júri simulado, em 2023.

Fonte: Elaborado pela autora.

Estudantes da escola que realizou o Júri Simulado obtiveram melhor desempenho nas questões conceituais em comparação aos da escola que não o realizou, como visto na última questão da atividade formativa. A figura 32 refere-se a mesma questão, sendo as três primeiras da escola que fez o júri e as três últimas da escola que não fez.

7) Cite experimentos que colaboraram para a consideração da luz ser de natureza. Podendo citar a época e nomes dos cientistas envolvidos.

CORPUSCULAR	ONDULATÓRIA
Um feixe de luz incidindo na água e mudando sua trajetória, explicando o comportamento da refração, que comprova a teoria corpuscular da luz. Snell	O experimento de fenda dupla, observando o comportamento da luz quando colocada frente à duas fendas. Young

7) Cite experimentos que colaboraram para a consideração da luz ser de natureza. Podendo citar a época e nomes dos cientistas envolvidos.

CORPUSCULAR	ONDULATÓRIA
Refração da luz - Snell	Experimento de fenda dupla - Thomas Young

7) Cite experimentos que colaboraram para a consideração da luz ser de natureza. Podendo citar a época e nomes dos cientistas envolvidos.

CORPUSCULAR	ONDULATÓRIA
Experimento da Luz propagando de um meio para o outro, mudando sua direção. Einstein - Efeito fotoelétrico	Experimento da fenda dupla

7) Cite experimentos que colaboraram para a consideração da luz ser de natureza.
Podendo citar a época e nomes dos cientistas envolvidos.

CORPUSCULAR	ONDULATÓRIA
O Cientista envolvido era o Huygens X Os modelos para Propagação teriam que ser alcançados a partir de um modelo mecânico.	O Cientista envolvido era Newton X A Propagação teria que acontecer a partir de um modelo mecânico, com fenômenos luminosos, com Propagação e emissão e absorção da luz.

7) Cite experimentos que colaboraram para a consideração da luz ser de natureza.
Podendo citar a época e nomes dos cientistas envolvidos.

CORPUSCULAR	ONDULATÓRIA
Niels Bohr 1928 Newton	Séc XIX Thomas Young Niels Bohr 1928

7) Cite experimentos que colaboraram para a consideração da luz ser de natureza.
Podendo citar a época e nomes dos cientistas envolvidos.

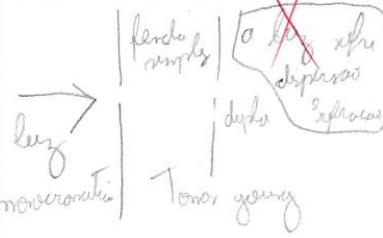
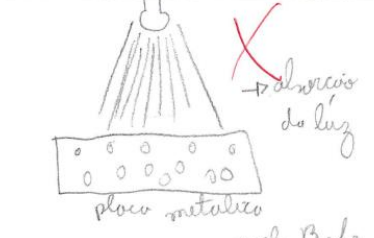
CORPUSCULAR	ONDULATÓRIA
	

Figura 32 - Avaliação formativa nas escolas A e B em 2023.

Fonte: Elaborado pela autora.

Toda aprendizagem dos estudantes não pode ser externalizada em apenas essa atividade impressa, pois os objetivos do Júri Simulado vão além de resolver exercícios de vestibulares. Foi percebido durante o júri que muitos outros objetivos também foram atingidos, como o pensamento crítico, a comunicação, o aluno se posicionar e argumentar. Ainda assim, até na atividade formativa a turma que fez o júri simulado obteve melhor desempenho na resolução das questões conceituais, históricas e apresentou resoluções com mais coerência e argumentos sobre esse conteúdo da Física, afinal, tinham um repertório muito bom advindo das pesquisas, do júri que realizou e que também assistiu os colegas da turma apresentando.

7.6. Análise dos questionários sobre o Júri Simulado

Após a segunda aplicação do Júri Simulado, além da atividade formativa foi aplicada a turma um questionário com três perguntas para saber a opinião deles sobre essa

atividade, pois, na visão de professora a atividade pode ter repercutido de forma muito positiva, porém, só os próprios estudantes para afirmarem o quanto foi proveitosa ou, nem tanto.

As três perguntas foram as seguintes:

1. Comente sobre a atividade proposta, se achou proveitosa e o que mais gostou ou menos gostou.
2. Você acha que a atividade ajudou a entender melhor o conteúdo?
3. O que mudaria na atividade para torná-la melhor?

Sobre a atividade ser proveitosa, a resposta da turma foi unânime, todos responderam “sim” ou “com certeza”. Acrescentaram que a atividade tornou a compreensão do conteúdo mais fácil, a aula ficou dinâmica e criativa. Entretanto, em algo que também foram unânimes, foi não terem gostado da plateia assistindo ao júri, pois a turma do 3º ano do Ensino Médio foi convidada para assistir a esse júri simulado que o 2º ano do Ensino Médio realizou, isso os intimidou e atrapalhou muito no desempenho deles.

Como apontado na figura 33.

1. Comente sobre a atividade proposta, se achou proveitosa e o que mais gostou ou menos gostou.

Foi uma boa proposta que nos obrigou a pesquisar e entender sobre o assunto que estávamos apresentando além de que assistir as outras explicações também ajudou a entender as outras teorias. Os experimentos ajudaram a melhor também a ilustrar e organizar as ideias que a teoria propunha. Além de que quem interpretou profissões, como os advogados, conseguiu entender melhor o funcionamento delas.

1. Comente sobre a atividade proposta, se achou proveitosa e o que mais gostou ou menos gostou.

Achei a atividade proveitosa, gostei da forma de tribunal para discutir duas ideias contrárias, organização das falas, melhor que um debate entre a sala. Não gostei do plateia, tive no hora de expor meus argumentos por causa disso.

1. Comente sobre a atividade proposta, se achou proveitosa e o que mais gostou ou menos gostou.

Eu achei a atividade super criativa, futeu áreas de trabalho (física e direito)

achei proveitosa sim, pois fez os alunos usarem a cabeça para escrever papéis e julgar.

Não gostei da exposição com outros salas!

1. Comente sobre a atividade proposta, se achou proveitosa e o que mais gostou ou menos gostou.

- Foi de bom proveito, contribuindo para o aprendizado de forma dinâmica, tornando a matéria mais interessante.

Figura 33 - Questionários na escola B em 2023

Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação a tornar a atividade melhor numa próxima aplicação, eles apontaram sobre não ter plateia, ou seja, alunos que não sejam da turma assistindo, sobre ter mais ensaios e repassar mais vezes os momentos de falas de cada um. Anotaram que seria bom se tivessem mais jurados para a avaliação, mais tempo para eles estudarem (principalmente com o apoio da professora) e muitos manifestaram que acharam injusta a distribuição dos papéis do júri, pois alguns estudantes tiveram muita pesquisa para fazer, tiveram que falar no júri, enquanto outros já receberam as “falas” prontas, como exemplo o juiz, ou outros só assistiram ao júri para avaliar. Porém, desde o primeiro momento que a atividade foi proposta, foi esclarecido pela professora que nem todos teriam um papel tão ativo ou complexo quanto outros.

Uma aluna até sugeriu que o juiz não recebesse o texto pronto, e sim, que ele montasse seu texto a partir do roteiro estabelecido, como na figura 34.

3. O que mudaria na atividade para torná-la melhor?

Alguns dos personagens acabam por ter mais trabalho do que outros, seria mais interessante que personagens como o juiz elaborasse o próprio texto ou que escrevessem algum relatório ao final para equalizar os esforços.

3. O que mudaria na atividade para torná-la melhor?

Disponibilidade maior de estudos, um espaço maior tanto sobre cientista quanto da matéria.

3. O que mudaria na atividade para torná-la melhor?

- Aumentaria um número maior de jurados se fosse possível.

3. O que mudaria na atividade para torná-la melhor?

Sem plateia, principalmente para pessoas mais tímidas atrapalha ter pessoas de fora do sala, que não estão acostumados, e assim falar, pressão.

Figura 34 - Questionário sobre sugestões

Fonte: Elaborado pela autora.

8. CONCLUSÃO

No cenário educacional encontra-se muitas limitações para os projetos fluírem, saírem do papel e termos ânimo de aplicá-los, porém, continua sendo um campo fértil para potencializar a cultura científica, o pensamento crítico-social e humanizarmos a sala de aula.

Nem toda aula “nota dez” precisa ser criada do zero pelo professor. Este pode buscar inspirações e é nisso que este trabalho busca contribuir, principalmente diante do novo currículo do Ensino Médio que foram inseridas aulas práticas e com temáticas interdisciplinares diversificadas. Esta proposta de aula é um atalho para o professor conseguir aprofundar, mobilizar e inovar com seus alunos, talvez seja um pouco dificultoso, porém, gratificante.

Espero que ao ler este trabalho traga mais ânimo para aplicá-lo do que ter um desespero contra o tempo que temos, afinal, tempo é uma grandeza que criamos, e é muito relativo. Então, desejo que os estudantes alcem voos incríveis e que, mesmo quando estivermos fartos e aflitos, não percamos a chance de admirar as pessoas que formamos para a sociedade.

Assim como o besouro não possui as leis da aerodinâmica a seu favor para voar, ele voa. Ele é grande demais para suas asas tão pequenas. Que consigamos utilizar nosso conhecimento em aula para ajudar esses estudantes a voarem, e não, os limitarmos com a nossa régua do julgamento.

O Método do Caso iniciou e deu muito certo em Harvard, talvez devido ao perfil de estudantes universitários, que foram submetidos a uma seleção por um alto padrão financeiro ou alto quociente de inteligência, será que dará certo na escola em que leciono? Há respostas que teremos apenas quando tentamos.

A metodologia ativa não significa que irá ativar o interesse de todos os estudantes pelo conteúdo estudado, assim como, não significa que todos serão proativos e sairão na busca de pesquisas aprofundadas para sua aprendizagem, acreditar nisso é uma utopia (embora a gente sempre acaba se iludindo). Reafirmo esse ponto, pois, quando muitos professores trazem suas aflições da sala de aula ou sobre algum aluno específico que não realiza as atividades, algumas pessoas dizem: “Mas por que você não usa uma metodologia ativa?” Como se esse fosse o “Santo Graal” do sistema educacional.

Ao aplicar essa proposta do júri simulado, muitos vão abraçar e se entregar ao personagem, porém, outros continuarão ancorados em seus desinteresses no fundo da sala, portanto, não se frustre, professor (a)!

Essa mesma proposta de Júri Simulado pode ser desenvolvida usando outras temáticas da Física, como exemplo, a Lei da Gravitação Universal de Newton (Física clássica)

versus e teoria de Einstein que de os corpos não se atraem, e sim, deformam o espaço-tempo (Física moderna). Outro exemplo de conteúdo que pode ser abordado na forma de Júri Simulado é o dilema na Física que deu origem ao filme “Guerra das Correntes”, baseado na realidade, entre Nikola Tesla e Thomas Edison, qual a melhor corrente elétrica, a contínua ou a alternada? Outros temas polêmicos como: Buracos negros ou buracos de minhoca, qual é real? Teoria do Multiverso paralelo: existe ou não existe? Ou temas envolvendo questões políticas, ambientais e econômicas no país, como: Carros elétricos ou carros a diesel, qual é menos poluente para o planeta? Esse tema daria um bom repertório, pois está em alta no mundo.

9. REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, L. A. G., QUARTIERI, M. T., MARCHI, M. I., & DULLIUS, M. M. (2015). **As estratégias de ensino júri simulado e phillips 66 como facilitadores do ensino e da aprendizagem na disciplina de matemática.** *Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco*. 4 (1), 17-28.
- ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. **Processos de Ensino na Universidade:** Pressupostos para as estratégias de trabalho em aula. Joinville: Editora UNIVILLE, 2004.
- ANJOS, Enio dos. **Dualidade onda-partícula da luz: uma abordagem para o ensino médio.** 2019. 123 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Sociedade Brasileira de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Blumenau, 2019.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos:** uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003, p. 6-7.
- BIAGIOTTI, L. C. B. **Conhecendo e aplicando rubricas em avaliações.** In: **Congresso Brasileiro de Educação a Distância.** 2005. p. 1-9.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB.** Lei nº 9.394/1996. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/tvescola/leis/lein>. Acesso em: 27 jul. 2022.
- BRASIL. MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio.** Brasília: Ministério da Educação, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular.** Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 25 jul. 2022.
- GIROUX, Henry A. **Os professores como intelectuais:** rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- GUIMARÃES, R.R; MASSONI, N. T. **Relato crítico de uma experiência didática acerca de uma temática científica aplicada na educação básica: algumas reflexões epistemológicas e a defesa de um ensino de ciências fundamentado na argumentação dialógica.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 37, n. 2, p. 695-717, ago. 2020.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Física**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1995, p. 89.

HARVARD BUSINESS SCHOOL. Christensen Center for Teaching & Learning. **Teaching by the Case Method**. Disponível em: <<https://www.hbs.edu/teaching/case-method/Pages/default.aspx>>. Acesso em: 20 jun. 2022.

HAWKING, S. W. **Uma breve história do tempo**. Tradução de Cássio de Arantes Leite. 1. ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015, p. 256.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002, p. 480 – 532, 2002.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da Aprendizagem Escolar**. 20. ed. São Paulo: Cortez, 1998, p. 178 - 180.

LUNARDI, Soraya; DIMOULIS, Dimitri. **O Caso da Gravidez Indesejada: Dilemas Éticos e Jurídicos Sobre Aborto**. São Paulo: *Revista dos Tribunais*, 2018.

MENEZES, Maria Arlinda de Assis. **Do método do caso ao case: a trajetória de uma ferramenta pedagógica**. *Revista Educação e Pesquisa*, v. 35, n. 1, p. 129-143, jan./abr. 2009.

MONTEIRO, Leonardo Pereira. **Concepções da dualidade da luz onda-partícula para estudantes da 3ª série do ensino médio: uma abordagem com “microcontroladores”**. 2017. 132 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Sociedade Brasileira de Física, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

MOREIRA, M. A. **A Teoria de Aprendizagem de David Ausubel como Sistema de Referência para a Organização de Conteúdo de Física**. *Revista Brasileira de Física*, v. 9, n. 1, p. 275-292, 1979.

NEWTON, Isaac. **A Hipótese da Luz**. In: COHEN, I. Bernard & WESTFALL, Richard S. (eds.) *Isaac Newton: textos, antecedentes, comentários*. Rio de Janeiro: EdUERj – Contraponto, 2002.

PEREIRA, Ana Márcia Lopes. **A Física Quântica no ensino médio: o interferômetro de Mach-Zehnder no ensino da dualidade onda-partícula**. 2019. 132 f. Dissertação (Mestrado

Profissional em Ensino de Física) - Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Sociedade Brasileira de Física, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2019.

PEREZ, S. **Mecânica Quântica**: um curso para professores da Educação Básica. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016

PERRENOUD, Phillipe et al. **As competências para ensinar no século XXI**: a formação dos professores e o desafio da educação. 1. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2002, p. 29.

PhET **Projeto de Simulações Interativas da Universidade do Colorado** (PhET), https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR Acessado em: Abril de 2022.

PIMENTEL, Rafael Filgueira. **A linguagem e o ensino conceitual da dualidade onda-partícula no ensino médio**. 2022. 148 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Sociedade Brasileira de Física, Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

PINTO, A. C; ZANETIC, J. **É possível levar a física quântica para o ensino médio?** Revista Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Santa Catarina, v. 16, n. 1, p. 7, 1999.

PRÊMIO NOBEL. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/>. Acesso em: 10 ago. 2023.

REALE, Giovanni; ANTISERI, Dário. **História da Filosofia**: Antiguidade e Idade Média. São Paulo: Edições Paulinas, 1990, p. 98.

RIBEIRO, A.R; COELHO, L.; BERTOLAMI, O.; & ANDRÉ, R. **Luz**: História, Natureza e Aplicações. Gazeta de Física, Lisboa, 2015.

ROSA, P. S. **Louis de Broglie e as ondas de matéria**. 2004. 190f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física “Gleb Wataghin”, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SAMPAIO, J.L.; CALÇADA, C. S. **Física: volume único**. 2 ed. São Paulo: Atual, p. 402 – 403, 2005.

WHEATON, Bruce R. **The tiger and the shark. Empirical roots of wave-particle dualism**. London: Cambridge University Press, 1983.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso, planejamento e métodos**. 5.ed. São Paulo: Bookman, 2005, p.4.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ArtMed, 1998, p. 43.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
JÚLIO DE MESQUITA FILHO**

**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Campus de Presidente Prudente**

10. APÊNDICE - PRODUTO EDUCACIONAL

**ROTEIRO E ORIENTAÇÕES PARA UM JÚRI SIMULADO
A DUALIDADE DA LUZ**

Andressa Silva Rezende e Ana Maria Osório Araya

Presidente Prudente
2025
Andressa Silva Rezende

Sistema de geração automática de fichas catalográficas

Rezende, Andressa Silva

Roteiro e orientações para um júri simulado [recurso eletrônico] : A dualidade da luz / Andressa Silva Rezende. — Presidente Prudente, 2025.

55 p. ; PDF ; 1,33 MB : fotos color., fórmulas

Recurso educacional derivado de dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Orientado por Ana Maria Osorio Araya.

1. Dualidade da luz 2. Teoria ausubeliana 3. Ensino de Física 4. Metodologia ativa 5. Avaliação por rubrica

Sumário

1. APRESENTAÇÃO	78
2. RECOMENDAÇÕES.....	79
3. REFERENCIAL TEÓRICO	81
3.1. Aprendizagem Significativa	81
3.2. Método Baseado em Caso	82
3.3. Simulação em sala de aula com Júri Popular	83
3.4. Método de Avaliação por Rubrica.....	84
4.UMA “LUZ” SOBRE A HISTÓRIA	87
5. MATERIAIS PARA O JÚRI SIMULADO	103
5.1. Orientações para os estudantes	103
5.2. Composição do Júri Popular.....	105
5.3. Roteiro do Júri Simulado.....	106
5.4. Leitura do texto a seguir pelo juiz	108
5.5. Texto para Escrivã (o) preencher.....	111
5.6. Propostas de Interrogatório.....	113
5.7. Organização do local	116
5.8. Ficha para Jurados preencherem.....	117
5.9. Lista de exercício para Avaliação formativa	121
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	125
7. REFERÊNCIAS	126

1. APRESENTAÇÃO

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: Metodologia ativa nas aulas de Física: Júri Simulado personificado pelos estudantes representando a teoria corpuscular e a teoria ondulatória da luz, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Unesp – SP, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Trata-se de uma atividade pronta para ser aplicada em sala de aula, com um roteiro de júri simulado detalhado, com orientações para os alunos de acordo com seus personagens nesse Júri e orientações para o professor. Essa ideia surgiu quando decidi aplicar um Júri na sala de aula com alguma temática da física e não havia nenhum modelo, eu não encontrava nenhuma sugestão de tema, tive que “gastar” um bom tempo pesquisando como se faz um júri e desenvolvendo o tema da física que seria abordado, portanto, buscando facilitar os trabalhos futuros de professores que manifestem esse mesmo desejo, aqui lhe apresento um modelo acurado e preciso, inclusive já com a proposta de como avaliar e motivar o júri.

Tendo como objetivo dessa aula fazer algo atrativo para os alunos, não sendo apenas uma aula expositiva tradicional, que se finaliza com uma lista de exercícios sobre o tema apresentado, a ideia é criar uma situação desafiadora para os alunos irem além dos conceitos decorados, expressarem-se criativamente, indo de encontro a duas das Dez Competências Gerais da BNCC citadas a seguir:

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas (BNCC, 2018).

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

2. RECOMENDAÇÕES

O ideal seria os alunos já terem estudado Mecânica (momento Linear para compreender o Princípio da Incerteza), Óptica (natureza da luz e Lei de Snell-Descartes), Ondulatória (propriedades da onda, frequência, comprimento de onda, espectro de luz) e Eletromagnetismo (a onda eletromagnética proposta por Maxwell). Contudo, por exemplo, na escola que leciono, atualmente, no final do conteúdo de mecânica, no 1º ano do Ensino médio, abordaram no material didático sobre a física moderna e o comportamento da luz (a respeito da dualidade), então, é um tema possível de ser abordado mesmo não tendo visto os demais conteúdos.

O produto Educacional é composto por um roteiro da simulação do júri, dando uma sequência parecida ao júri oficial que acontece nos casos reais, apenas não foi muito realista devido ao tempo disponível em aula. Além do roteiro, compõe o Produto educacional toda a fala que o juiz teve, pois ele quem é o responsável pelo andamento da simulação e a figura de maior poder nessa instância, portanto, para garantir que as falas estejam à altura do cargo, já ficará tudo. Outro item importante é a sequência do júri, com os espaçamentos prontos para serem preenchidos pelo escrivão, durante todo o processo terá um aluno escrevendo as partes principais da atividade.

No produto educacional contém proposta de interrogações para cada advogado, que interrogarão as testemunhas e seus respectivos clientes. Como os advogados são os que mais aparecem e atuam durante o júri, ficaria uma pesquisa muito extensa a esses alunos pesquisarem os trabalhos de cada testemunha para direcionar uma boa pergunta, além da pesquisa dos seus vocabulários jurídicos e formas de apelações. Deixar muitas lacunas não preenchidas para o júri pode dar muita chance ao erro e todo o júri desandar, pois trata-se temas muito complexos.

Um penúltimo arquivo são as fichas em forma de rubricas para as pessoas que compõe o júri preencherem durante as apresentações, afinal, eles quem decidirão o vencedor.

Por fim, o produto contém uma proposta de atividade formativa para ser aplicada aos alunos, com questões de vestibulares e questões dissertativas, que contemplam os diversos temas envolvidos no caso.

Para ser considerado um júri exige alguns itens como os personagens do tribunal, uma sequência oficial de um júri e a formalidade no trato social, portanto, para não fugir desses critérios, alguns tópicos do júri não foram espontâneos ou ficaram apenas a responsabilidade dos alunos. Houve uma grande elaboração da sequência oficial do júri (não no sentido que o trabalho está grandioso, mas no sentido que foi muito trabalhoso realizá-lo), transpondo de

acordo com o tempo que a aula de 50 minutos (ou duas aulas) permite. Por exemplo, quem é responsável por dar a sequência no júri e a ordem no “tribunal” (sala de aula) é o juiz, este ficará com o texto pronto, tendo apenas o trabalho de atentar-se nos momentos finais de cada tópico para seguir com o texto, caso haja protesto por alguma das partes, o juiz também fica responsável por autorizar ou não, assim como, se houver exaltação de algum aluno, ele pode ordenar que se retire do tribunal (sala de aula).

Dar essa autoridade para o aluno que representa o juiz ajuda-o a entrar no personagem, da mesma forma, sugiro que estejam caracterizados formalmente todos os integrantes do tribunal (juiz, promotor, escrivão, oficial de justiça e advogados), a vítima, o réu e as testemunhas, que são os cientistas, podem vir com o traje de época ou uma vestimenta que represente seu respectivo personagem.

O ambiente deve estar o mais parecido possível com algum tribunal, por exemplo, toalhas monocromáticas forrando as mesas, copo d’água para os personagens que ficam o tempo todo exposto no júri. O cenário, as roupas, algumas falas bem características de um júri, ajudará a trazer seriedade e postura aos demais participantes. Por isso, trato como elementos essenciais, que disponha de devida atenção.

Além do juiz, que falará do início ao fim do júri, dois personagens que ditarão o ritmo são os advogados, o de defesa e o da acusação. Eles discursam no início e no fim, durante o júri eles quem interrogam cada testemunha e seus clientes. Por isso, seria importante um ensaio repassando a ordem, antes do dia oficial que ocorrerá o júri. Nesses ensaios, não precisa ter a fala dos advogados, testemunhas e os dois principais envolvidos no caso (vítima e réu), para ter uma adrenalina e muita expectativa no dia do Júri.

É importante que o professor faça uma clara orientação aos envolvidos no júri, principalmente aos cientistas, direcionando o que eles podem pesquisar e abordar, pois alguns cientistas tem estudos a respeito de diversos temas, e o aluno pode acabar citando um tema que não condiz com a natureza da luz. Para isso, pode compartilhar as perguntas, antecipadamente, que cada advogado fará para suas testemunhas e clientes, assim, por meio da pergunta o aluno consegue ter uma pesquisa direcionada, além do acompanhamento antecipada do professor, para que no dia não seja citado algo muito errado.

O professor não poderá dar as respostas prontas, afinal, será no percurso, na busca pelas respostas que eles aprenderão, porém, o professor poderá corrigir antecipadamente e direcionar algumas falas, já que terão muitas abordagens complexas a respeito da física, como os citados no parágrafo anterior.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Aprendizagem Significativa

Ausubel defende a aula expositiva e o ensino por recepção, apresentar ao aluno o conhecimento, podendo a aprendizagem ser significativa por recepção (a forma citada acima) ou por descoberta significativa (o aluno é desafiado a ir em busca do conhecimento). Diferente de muitos autores que podem considerar um “crime educacional” o professor fazer uma aula expositiva nos dias de hoje. Porém, para Ausubel, a exposição dessa aula tem que ter os organizadores prévios, que considere os conhecimentos já adquiridos pelos estudantes até o momento, uma sequência didática coerente e mobilizadora, criando condições ideais para a aprendizagem ser significativa.

Ele critica severamente os professores que fazem o uso da aula expositiva de modo a não oportunizar mobilizações, sem um bom planejamento, articulando poucos esforços e ficando ao estudante apenas a repetição vaga do conteúdo, de forma mecânica. Esse tipo de docência abre brechas para criticar esse método de ensino, a aula expositiva, colocando um professor que planeja sua aula, se dedica antes, durante e depois de lecionar um conteúdo para uma turma no mesmo patamar que outro professor que não se planeja adequadamente, só pelo motivo dos dois terem usado o mesmo método de ensino: a aula expositiva.

Muitas metodologias ativas veem sendo criadas na contramão da aula expositiva, como exemplo: a sala de aula invertida (flipped classroom), a aprendizagem baseada em projetos (project based learning), rotação por estações (metodologia muito usada ensino híbrido, blended learning), aprendizagem baseada em problemas (problem-based learning), enfim. São novas e ótimas metodologias que temos como sugestões de tirar o aluno da zona de conforto para colocá-lo em busca desse conhecimento, mas que, não deveria acontecer, como ocorre em muitas escolas e em muitos referenciais, ser rotulada a aula expositiva como “arcaica” ou até mesmo, como a forma errada de se ensinar nos dias de hoje.

No Capítulo 1 do livro de Ausubel referenciado neste trabalho, tem uma parte intitulada: “A Aprendizagem significativa é, sobretudo, Aprendizagem por Recepção”, que ele cita o seguinte:

Já se referiu que a aquisição de conhecimento de matérias em qualquer cultura é, essencialmente, uma manifestação de aprendizagem por recepção. Ou seja, geralmente apresenta-se ao aprendiz, numa forma mais ou menos final e através de ensino expositivo, o conteúdo principal daquilo que o mesmo deve aprender. Nestas circunstâncias, apenas se exige ao aprendiz que compreenda o material e o incorpore na própria estrutura cognitiva, de forma a ficar disponível para reprodução, para aprendizagem relacionada, quer para resolução de problemas no futuro.

Porém, poucos mecanismos pedagógicos dos nossos dias tem sido tão inequivocadamente repudiados pelos teóricos educacionais como método de instrução verbal expositiva. Em muitos locais, está em voga caracterizar a aprendizagem verbal como recitação semelhante à do papagaio e como memorização de fatos isolados e rejeitá-la, desdenhosamente, como vestígio arcaico da tradição educacional desacreditada. (Ausubel, 2003, p. 6-7).

Na citação acima de Ausubel destaca-se dois pontos: o conteúdo transmitido de forma expositiva ao aluno, que irá integrá-lo em sua estrutura cognitiva para futuramente reproduzi-lo ou solucionar algum problema. E segundo ponto, a crítica aos teóricos que repudiam o método de instrução verbal expositiva. Ficando a reflexão o nosso caminhar pedagógico entre o método tradicional expositivo e as críticas contemporâneas a favor de métodos mais interativos.

Este trabalho não é abordado uma aula apenas na sua forma expositiva, mas uma parte dele sim, porém acho válido evidenciar esse pensamento de Ausubel da não supervalorização do novo, assim como, da não criminalização ao que não é metodologia ativa. E mesmo com seu posicionamento rígido ao ensino mecânico, ele nos deixa a reflexão que uma aprendizagem mecânica ou de memorização, ela pode tornar-se significativa se realizado um trabalho posterior de aplicações desses conceitos, ou o contato de forma mais relevante desse conteúdo.

3.2. Método Baseado em Caso

Em 1870, na Escola de Direito da Havard University, o docente Christopher Collumbus Langdell desafiou seus alunos a defenderem suas escolhas para um caso apresentado. Com o sucesso da participação desses alunos, esse modelo de aula foi abraçado por professores de diversas áreas de Havard, tornando o Método baseado em Caso.

Existe até um site de Havard Business School intitulado *Christensen Center for Teaching & Learning*, da *Harvard Business School*, estabelecido em 2004, contendo uma abanessa site sobre *TEACHING BY THE CASE METHOD - Case Method in Practice (Ensino pelo método de Caso – Método de caso na Prática)*.

Entre os diversos materiais gratuitos ofertados nesse site (alguns são pagos), temos os seguintes tópicos: Ensino pelo Método de caso; Preparando- se para ensinar; Liderando na sala de aula; Fornecimento de avaliação e feedback; Aula de amostra.

É importante diferenciar o Método do caso, que é uma ferramenta pedagógica, de Estudo de Caso, que se trata de uma metodologia de pesquisa, como abordado essa diferença de forma muito esclarecedora e com fatos históricos no trabalho de Menezes:

O Brasil possui uma tradição, de modo geral, dedutiva no modo de pensar e ensinar. Ainda assim, o uso do método do caso pode se configurar como uma nova mentalidade no processo pedagógico dentro das academias e que corrobora consubstancialmente para a formação dos futuros profissionais. (Menezes, 2009, p. 140).

Na citação acima Menezes defende o Método do Caso como uma nova mentalidade no processo pedagógico. E para melhor diferenciar esses métodos que possuem grandes similaridades, até nos nomes, segue o quadro 1 com as diferenciações entre: Método do Caso (ou Método baseado em Caso), Estudo de Caso e Aprendizagem baseada em Problemas. Além do quadro 1 será discorrido no próximo tópico sobre essas diferenças.

Quadro 2 - Diferenças entre Método do Caso, Aprendizagem baseada em Problemas e Estudo de Caso

	Método do Caso (Método baseado em Caso)	Aprendizagem baseada em Problemas (PBL)	Estudo de Caso
Surgiu em	1870	1960	1994
Professor que criou a teoria	Christopher Columbus Langdell.	Howard Barrows.	Robert K. Yin.
Surgiu no curso de	Direito	Medicina	Sociologia e Antropologia
Universidade	Havard University, Estados Unidos.	Universidade McMaster, Canadá.	Havard University, Estados Unidos.
Metodologia de	Ensino: Júri Simulado.	Ensino: Simular resolver problemas clínicos.	Pesquisa científica.
Como faz?	Aplicação da prática do conhecimento adquirido.	Investigar, pesquisar e aprender novos conteúdos para resolver o problema.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar um problema de pesquisa, • Levantamento de dados, • Análise do contexto, Soluções e conclusões sobre o problema.
Etapas/Fases	Não há fases/etapas definidas.	Há etapas para se seguir.	Há etapas para se seguir.
Habilidades desenvolvidas	Tomada de decisão, análise crítica etc.	Resolver problemas, trabalho em grupo etc.	Avaliar informações, formular soluções, trabalho em equipe etc.

Fonte: Elaborado pela autora.

3.3. Simulação em sala de aula com Júri Popular

No levantamento bibliográfico, em busca de trabalho que realizaram o Júri Simulado em aula de Física no Ensino médio, foi encontrado apenas um artigo científico, de Guimarães e Massoni, 2020; em que eles abordam como temática do Júri a missão tripulada da

Apollo 11 buscando refutar o senso comum que questiona da ida do homem à lua. Eles afirmam o seguinte sobre a aplicação desse método:

Ao adotarem a postura de agentes ativos, e não apenas passivos no processo dialógico e argumentativo, os alunos passaram a ter um entendimento maior sobre tais assuntos, demonstrando desenvoltura e capacidade de compreensão, inclusive muitos assumindo o papel de líderes e condutores do debate. (Guimarães, Massoni, 2020, p. 714).

Eles apontam o trabalho como um Estudo de Caso, cometendo um engano na definição citada no trabalho de Menezes, que foi referenciada no item 2.2 acima: Método do Caso é uma Metodologia de Ensino proposta por Christopher Columbus Langdell em 1870, enquanto que Estudo de Caso é uma Metodologia de pesquisa nas Ciências Sociais e na área da Saúde, desenvolvida por Robert K. Yin, em 1994.

Quanto mais suas questões procurarem explicar alguma circunstância presente (por exemplo, “como” e “por que” algum fenômeno social funciona), mais o método estudo de caso será relevante. O método também é relevante quando suas questões exigirem uma descrição ampla e “profunda” de algum fenômeno social. (Yin, 2005, p. 4).

Pela definição do próprio autor, Yin, vemos que o Júri Simulado aplicado em sala de aula não se trata de Estudo de Caso, e sim de Método do Caso. Um engano de definição dessa metodologia encontrada em vários outros trabalhos que aplicaram o Júri Simulado em aulas de cursos universitários ou nas escolas regulares, porém, em outras disciplinas, como: Matemática, Química e Geografia.

3.4. Método de Avaliação por Rubrica

Após o preparo da atividade, sua aplicação e reflexão sobre sua aplicabilidade, vem a parte de avaliar os estudantes. Uma boa aula, ou boa atividade realizada com a turma deve proceder de uma boa avaliação, para ter um desfecho justo e coerente do que foi trabalhado. Assim como é importante preparar uma boa aula e um bom material de ensino, é necessário atentar-se aos instrumentos avaliativos que serão utilizados para aferir esse conhecimento. Como medir, como pesar ou quantizar algo tão subjetivo, e tão justo para cada um dos 35 alunos de uma sala de aula?

O educador Luckesi faz muitos apontamentos importantes sobre a Avaliação, considerando o erro uma fonte de aprendizagem que não pode ser ignorado, ou ainda mais, o aluno não pode ser “punido” por tentar e errar; do ponto de vista científico, se os erros experimentais ou teóricos fossem recriminados ao ponto de desqualificar um cientista, quantos cientistas renomados teríamos?

Com essas indagações é que foi pensando numa avaliação que busque trazer cada estudante a refletir sobre sua aprendizagem, uma avaliação não excludente, que seja clara para o aluno antes mesmo dele realizar a atividade proposta. Desde o início da proposta da atividade o aluno já saberá como será avaliado, por quais critérios e níveis de desempenho, com a premissa de que “é importante saber as regras do jogo antes de iniciar a partida”. Sobre os critérios avaliativos que Luckesi aponta, um deles é o seguinte:

[...] usar linguagem clara e compreensível, para salientar o que se deseja pedir. Sem confundir a compreensão do educando no instrumento de avaliação. Para responder ao que pedimos, o educando necessita saber com clareza o que estamos solicitando. Ninguém responde uma pergunta, caso não compreenda. (Luckesi, 1998, p. 178).

Ter clareza no comando da atividade proposta, ter os critérios avaliativos apresentados antes mesmo da atividade para que o aluno possa se preparar e após definido essa nota, dar a devolutiva ao estudante para ele saber onde precisa melhorar. Luckesi cita muito a questão do “amor” para avaliar, nos lembrando de teorias socioafetiva como a de Henri Wallon. O nosso modelo avaliativo afasta o aluno da prática científica ou aproxima, motiva ou desmotiva, é inclusivo ou excludente?

O ato de avaliar, por sua constituição mesma, não se destina a um julgamento “definitivo” sobre alguma coisa, pessoa ou situação, pois que não é um ato seletivo. A avaliação se destina ao diagnóstico e, por isso mesmo, à inclusão; destina-se à melhoria do ciclo de vida. Deste modo, por si, é um ato amoroso. Infelizmente, por nossas experiências histórico-sociais e pessoais, temos dificuldades em assim compreendê-la e praticá-la. Mas... fica o convite a todos nós. É uma meta a ser trabalhada, que, com o tempo, se transformará em realidade, por meio de nossa ação. Somos responsáveis por esse processo. (Luckesi, 1998, p. 180)

Um dos autores que Cipriano Luckesi cita em seus trabalhos é Ralph Tyler, um norte-americano que criou em 1930 uma avaliação chamando de “Avaliação por objetivos”. Que evidenciou a importância de considerar o contexto histórico-social do ensino para avaliar uma aprendizagem, substituindo o que antes se chamava “Exames escolares”. Hoje é citado sobre Avaliação por Rubricas nos referenciais, creio que seja um aperfeiçoamento da proposta de Tyler.

Neste trabalho de Júri Simulado os estudantes foram avaliados com tabelas, trata-se de um modelo trabalhoso e criterioso para o professor montar, contudo, fica mais esclarecedor para o aluno compreender seus pontos fortes ou falhos. Por exemplo, se no Júri Simulado ele tirar uma nota 8,0, mas ele teve um ótimo desempenho na parte de vocabulários e posicionamentos para um tribunal, porém, utilizou conceitos científicos errôneos. Para facilitar a devolutiva a cada aluno sobre seu desempenho, esse método de Avaliação por rubrica se torna muito eficiente. De acordo com Biagiotti:

As rubricas não representam economia de tempo para o professor, pois o seu processo de confecção é bastante trabalhoso. Elas abreviam o tempo, quando o professor tem em mente o que está procurando no trabalho, pois ao ler o trabalho fica mais fácil identificar se o objetivo foi atingido. (Biagiotti, 2005, p. 3).

4. UMA “LUZ” SOBRE A HISTÓRIA

O primeiro estudo sobre a luz foi há quase 2.500 anos, com o pai da Geometria, Euclides de Alexandria, afirmando sobre a geometria da visão chamando de “cone de luz” os raios luminosos que saiam dos olhos (sabe-se que não é assim que acontece). Porém, Euclides foi “o primeiro a notar que a luz viajava em linha reta e descreveu a lei da reflexão” (Ribeiro, 2015).

Após estudos de Heron de Alexandria (300 anos depois de Euclides), Ptolomeu (80 anos depois de Heron), e mil anos depois, aproximadamente, volta os estudos da luz com Ibn al-Haitham (conhecido por Alhazen), pensador islâmico, sobre refração, lentes e espelhos.

Porém, este trabalho irá focar nos estudos de cientistas acerca da luz que impactaram em sua definição, sendo corpuscular ou ondulatória. Portanto, será organizado no quadro 2 os estudos que mais confirmavam se era partícula ou onda, como se fosse formar dois “times” opostos. Apesar de alguns cientistas concordarem que ela não pode ser só de uma natureza.

Quadro 2 - Cientistas e seus estudos sobre a teoria corpuscular e teoria ondulatória




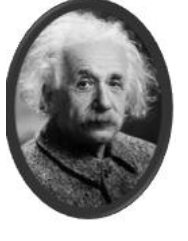


Partícula (teoria corpuscular)	Onda (teoria ondulatória)
Willebrord Snellius (1580 – 1626)	Christiaan Huygens (1629 – 1695)
Isaac Newton (1643 – 1727)	Thomas Young (1773 – 1829)
Max Planck (1858 – 1947)	James Clerk Maxwell (1831 – 1879)
Albert Einstein (1879 – 1955)	Heinrich Rudolf Hertz (1857 – 1894)
Arthur Holly Compton (1892 – 1962)	Erwin Schrödinger (1887 – 1961)
Werner Heisenberg (1901 – 1976)	Louis de Broglie (1892 – 1987)

Fonte: Elaborado pela autora.

Existem muitos outros cientistas que colaboraram com o entendimento da luz, seja na parte matemática ou experimental, como Gustav Kirchhoff, Philipp Lenard, Wilhelm Wien, Robert Andrews Millikan, Paul Dirac, Clinton Joseph Davisson, George Paget Thomson, Max Born, apesar desses também serem conceituados e terem seus méritos, esse trabalho apresentaria uma extensão e um nível de complexidade não compatível com o Ensino médio, se for apresentado aos alunos essa gama de cientistas e todos seus estudos, equacionando teorias que perpassam a BNCC, o Currículo Paulista ou até mesmo os vestibulares.

Portanto, serão aprofundados os estudos mais relevantes sobre a definição da Natureza da luz, apoiando-se nos físicos que constam no quadro 2 acerca da teoria corpuscular e no quadro 3 acerca da teoria ondulatória.

Quadro 3 - Resumo sobre o estudo Corpuscular da luz

					
Snell	Newton	Planck	Einstein	Compton	Heisenberg
Estudos sobre reflexão e difração.	Propõe a teoria corpuscular da luz.	Quantizou a energia usando a teoria corpuscular.	Comprovou a teoria corpuscular pelo efeito fotoelétrico, quantizou a luz e nomeou “fótons”.	Comprovou a teoria corpuscular pelo efeito Compton.	Publicou o Princípio da Incerteza.

Fonte: Elaborado pela autora.

Snell e Newton – Física Clássica

Em 1621, Willebrord Snell, apresenta a equação que relaciona o ângulo de incidência e o ângulo de refração com o meio incidente e refratado, como evidenciado na figura 1, popularmente conhecida como a Lei de Snell – Descartes.

$$n_1 \cdot \text{sen } \Theta_1 = n_2 \cdot \text{sen } \Theta_2$$

Considere:

n_1 = índice de refração do meio 1

Θ_1 = ângulo formado entre o raio incidente e a reta normal

n_2 = índice de refração do meio 2

Θ_2 = ângulo refratado

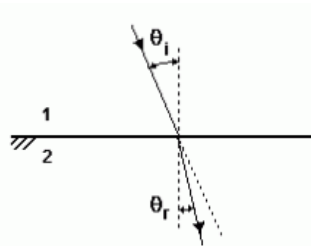


Figura 1 - Fenômeno de refração.

Fonte: <https://sites.ifi.unicamp.br/laboptica/roteiros-do-laboratorio/4-verificacao-experimental-da-lei-de-snell/>

Considerando que outros cientistas importantes também estudaram sobre a luz e influenciaram Newton, como Robert Boyle, publicou seu livro *Experimentos e considerações sobre cores tocantes* em 1664, e Robert Hooke, publicando em 1665 sua obra *Micrografia*, além de René Descartes, Walter Charleton e Pierre Gassendi.

Com esses embasamentos ópticos e seus estudos sobre a decomposição e comportamento da luz, Newton propõe o Modelo Corpuscular da luz, publicado em seu primeiro artigo em 1672. Considera que a luz parte de um corpo luminoso composto com muitas partículas que ao atingir os olhos produz uma sensação, devido a isso muitos afirmam que ele antecipou o conceito de fóton e até mesmo a ideia da luz ter comportamento ondulatório, por considerar que a luz gerasse vibrações periódicas. Em 1704 Newton publica o livro *Óptica: ou um tratado das reflexões, refrações, inflexões e cores da luz*.

[...] presumo que a luz não seja nem esse éter nem seu movimento vibratório, porém algo de natureza diferente, propagado por corpos luminosos. Quem o assim desejar poderá presumi-la como um agregado de várias qualidades peripatéticas. Outros poderão supô-la como uma multidão de corpúsculos inimaginavelmente pequenos e velozes, de tamanhos diversos, brotando dos corpos luminosos a grandes distâncias uns dos outros [...] (Newton, 2002, p.31).

Planck, Einstein e Compton – Física Quântica

Físicos, desafiando o Universo, no século XIX, estavam em busca de um corpo ideal, muito diferente dos corpos de modelos das revistas, o corpo ideal que os físicos buscavam tratava-se de um que absorvesse toda a radiação incidida sobre ele, chamando de Corpo Negro, ou seja, não iria refletir nenhuma radiação, apenas absorver, assim, nasce a Física Quântica. Detalhando melhor esse nascimento, observa-se a construção cronológica desse caso e evidencia-se os seguintes cientistas.

Focando na parte histórica das teorias que confirmam e engrandessem a teoria da Natureza corpuscular da luz, pode-se iniciar com Gustav Kirchhoff, que em 1861 comprovou sua teoria sobre a radiação de corpos negros, sendo corpos negros os que absorvem toda luz que recebe, não refletindo nada. Este mesmo físico que afirmou que a tese de Max Planck estava errada, causando grande desprestígio a Planck.

Max Planck não teve sucesso em sua tese sobre o átomo, morava com os pais enquanto fazia palestras não remuneradas. Porém, foi estudando as propostas científicas de Boltzmann notando que ele considerava a energia como pacotinhos e não como algo contínuo, a famosa analogia de que energia era como pacotes de neve uma em sequência da outra e não

como jato de água contínuo saindo da mangueira, que em 1900, Max anunciava em Berlim o que chamou de "quantum", teoria que deu sentido aos seus estudos anteriores e mais ainda, dava certo com os resultados experimentais de Wien, obtidos por 1896, iniciando assim a teoria quântica e uma grande reputação no meio científico, que rendeu-lhe o Nobel de 1918. Essa foi a interpretação quântica que Planck deu para o que se chama “Catástrofe do ultravioleta”, lei de Rayleigh-Jeans, sobre a radiação de um corpo negro.

Quantum (plural é *quanta*) significa quantidade fixa, Max Planck enuncia que a energia é liberada ou absorvida por átomos em diferentes pedaços com um limite de tamanho. Conforme a temperatura do corpo ele emite uma radiação eletromagnética com frequências diferentes. De acordo com a seguinte equação:

$$E = n.h.v$$

Sendo:

E = energia (quantum)

n = número inteiro

h = constante de Planck = $6,63.10^{-24}$ J.s = $6,63.10^{-34}$ m².kg/s = $4,14.10^{-15}$ eV.s

v = frequência do fóton ou da onda (oscilação eletromagnética)

Apartir desse trabalho revolucionário de Max Planck, em 1905, Albert Einstein propõe a definição de fóton, trazendo de volta ao debate científico o conceito corpuscular da luz, proposto inicialmente na física newtoniana, mas deixado de lado desde quando a teoria ondulatória havia sido comprovada.

Definindo o que é quantum de luz, sendo pacotes de energia, unidades de energia emitidas na radiação eletromagnética, denominada por Einstein para explicar o efeito fotoelétrico.

Na figura 2 o quantum de luz é representado pelas esferas vermelhas sendo emitidas de um material, geralmente um metal, ao incidir as ondas eletromagnéticas, representadas pelas duas flechas azuis.

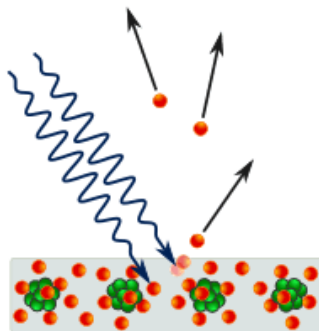


Figura 2 - Simulando o Efeito fotoelétrico.

Fonte: Wikipédia, a enciclopédia livre.

Annus mirabilis foi como ficou conhecido 1905, o ano Miraculoso devido as publicações de Einstein nesse único ano, começando pelo estudo do Efeito fotoelétrico, movimento Browniano, teoria especial da relatividade e a famosa equação $E = m.c^2$. Outro annus mirabilis para a ciência foi 1666, quando Isaac Newton tem trabalhos sobre a ótica, cálculo, movimento e gravitação.

Einstein vinha tentando explicar o efeito fotoelétrico que já estava em estudo desde 1887 com Hertz, 1888 com Hallwachs, 1899 com J. J. Thomson e 1902 com Leonard, mas foi em 1905 que ele lança a hipótese de quantum de luz explicando as emissões dos elétrons para luz em algumas frequências, tendo aplicabilidade nos dias de hoje, como exemplo, na produção de eletricidade com energia solar, usando painéis solares. Portanto, quem descobriu o efeito fotoelétrico foi Hertz, mas apenas 18 anos depois que foi devidamente explicado por Einstein (em seu trabalho: "*Sobre um ponto de vista heurístico concernente à geração e transformação da luz*").

É possível simular o efeito fotoelétrico disponível online no seguinte link: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR.

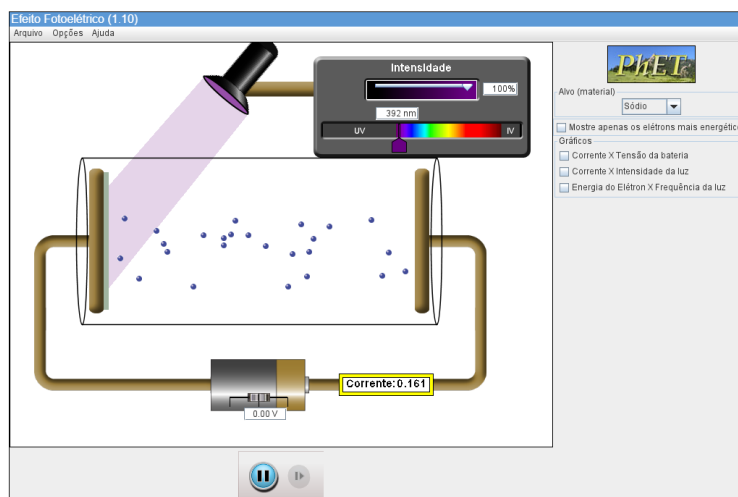


Figura 3 - Simulador do Efeito fotoelétrico, luz violeta.

Fonte: (PHET, 2022)

Na figura 3 representando o simulador Phet observa-se a incidência de um feixe de luz violeta (perto do U.V.) em uma placa de sódio, selecionada ao lado. E as esferas de cor violeta que saem dessa placa seriam os fótons, ou quantum de luz, que são muitos.

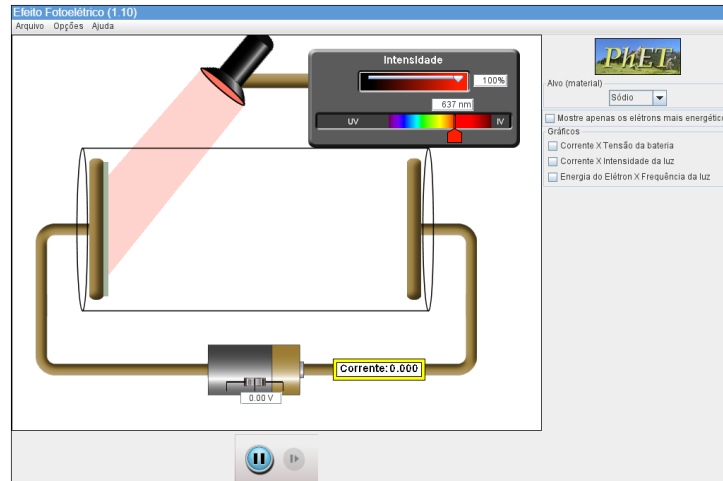


Figura 4 - Simulador do Efeito fotoelétrico, luz vermelha.

Fonte: (PHET, 2022)

Na figura 4, ao selecionar a mesma placa de sódio, porém uma luz entre as cores amarela e vermelha, vemos que não ocorre a emissão de nenhum fóton. Era justamente isso que intrigavam os cientistas da época.

O primeiro cientista a validar a experiência do efeito fotoelétrico foi Robert Millikan, mas atacou Einstein sobre a teoria semi corpuscular, sobre quantum de luz, trabalho que em 1923 compôs-lhe um Nobel sobre cargas elétricas elementares e efeito fotoelétrico.

A teoria corpuscular e a teoria ondulatória iniciam com os estudos de Kirchhoff, sobre a radiação do corpo negro, estudando o porquê a cor negra absorve mais radiação; depois cada uma tem sua linha de estudo até chegarem a Dirac, juntas, novamente, na Teoria Quântica de campos.

Planck afirma sobre a quantização da energia, em 1900, enquanto Einstein estudou sobre a quantização da luz, em 1905. Em 1913 Bohr aplica a ideia de Einstein para a emissão de luz dos átomos, quando absorvem energia liberam em forma de luz ao mudarem de camada eletrônica, porém, não aprofundaremos nos quatro postulados de Bohr e seu modelo atômico, que foram importantes para o início da mecânica quântica, pois seria um estudo mais aprofundado sobre a matéria e focaremos mais nos estudos acerca da Natureza da luz.

Finalizando a trajetória dos estudos da luz corpuscular nesta dissertação, prossegue com a confirmação da luz ser corpúsculo com o Efeito Compton, em 1922, que está representado na figura 5.

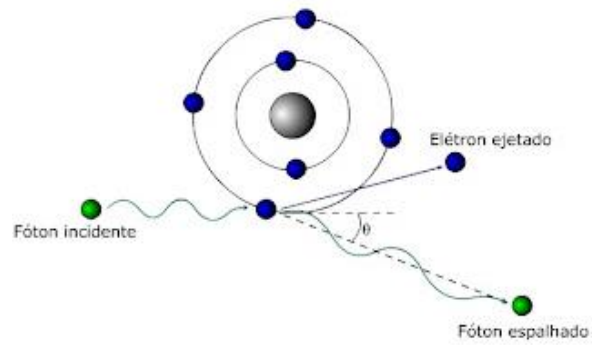


Figura 5 - Simulando o Efeito Compton.

Fonte: <http://blogtecrad.blogspot.com/2010/08/revisao-de-fisica-radiacao.html>

A interação entre uma radiação incidente (pode ser Raio x ou raio gama) com um elétron, preferencialmente das últimas camadas do átomo, pois esses têm energia menor do que a energia dessa radiação incidente, essa interação provoca uma perda de energia desses raios incidentes, pois vai uma parte dela para o elétron espalhado (ejetado da eletrosfera), é chamado de elétron Compton e outra parte da energia vai para a radiação espalhada, ou seja, perdendo a energia tem o aumento do comprimento de onda.

Esse espalhamento ocorre até 180° , quanto maior o ângulo do espalhamento, maior foi a energia transferida, como evidenciado na figura 6, sendo a diferença ($\Delta\lambda$) do comprimento de onda inicial (λ_0) e após o deslocamento (λ) Compton maior.

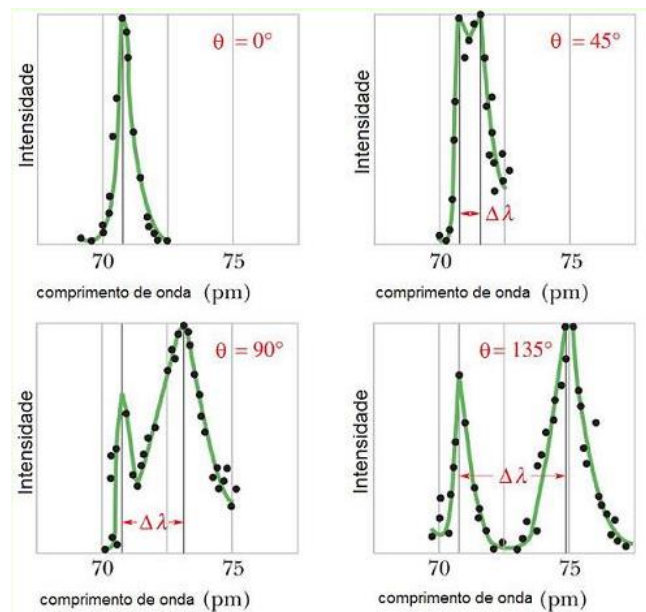


Figura 6 - Variação do comprimento de onda.

Fonte: http://www.if.ufrgs.br/computador_ensino_fisica/hotpotatoes/hotpotatoes_exemplo.htm

Compton considerou uma colisão inelástica de partículas, assim como Einstein resolveu o efeito fotoelétrico considerando partículas, sendo mais uma comprovação da teoria corpuscular. O espalhamento Compton é descrito pela seguinte equação:

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = \frac{h}{m_e \cdot c} (1 - \cos(\theta))$$

Considerando:

$\Delta\lambda$ = diferença do comprimento de onda incidente e após o espalhamento

λ = comprimento de onda após o espalhamento

λ_0 = comprimento de onda inicial

h = constante de Planck = $6,62 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \cdot \text{kg/s}$

m_e = massa de repouso do elétron = $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

c = velocidade da luz = $3,0 \cdot 10^9 \text{ m/s}$

θ = ângulo da mudança de direção do fóton.

Heisenberg – Princípio da Incerteza

É dado o crédito da criação da mecânica quântica à Heisenberg, não apenas matematicamente, mas trazendo à física a filosofia indeterminista com o seu Princípio da Incerteza, algo que Einstein até afirmou a famosa frase: “Deus não joga dados!”, já que Einstein acreditava que a física era determinista. De acordo com os estudos de Heisenberg não é possível saber com precisão a posição do elétron ou seu momento linear, ou seja, sua velocidade. Pois, como vimos anteriormente, o momento linear (p) é o produto da massa pela velocidade da partícula. Equacionando esses termos, tem-se que:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

Sendo,

Δx = incerteza do valor de uma coordenada x ;

Δp = a incerteza do momento linear;

\hbar = constante de Planck (h) dividida por 2π .

h = constante de Planck = $6,62 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \cdot \text{kg/s}$



Quanto mais preciso for Δx , mais impreciso será Δp , ou seja, para manter o produto desses dois termos maior ou igual a $\frac{\hbar}{2}$, se um termo diminuir o outro irá aumentar. Para conseguirmos determinar com precisão a posição e o momento que uma partícula irá obter, seria necessário conhecer precisamente a posição e o momento de uma partícula. E aqui se

encontra o problema: para se detectar a posição de um objeto deve-se lançar uma luz sobre ele, para que a partir da reflexão desta onda possamos constatar sua posição. Entretanto, quanto maior a precisão requerida, menor deverá ser o comprimento de onda da luz, e conseqüentemente maior a energia do fóton. A colisão deste fóton enérgico com a partícula irá alterar significativamente o valor de seu momento, tornando assim, a precisão ao medir a posição inversamente proporcional à precisão ao medir o momento (Hawking, 2015).

Observa-se na descrição dos conceitos e equações a respeito do Princípio da Incerteza os termos “partícula”, “fóton”, “momento linear”, “massa”, ou seja, o momento linear é a massa vezes a velocidade da partícula (e não a massa de uma onda!), portanto, Heisenberg contribui para a interpretação da natureza da luz ser corpuscular.

A seguir o resumo dos estudos dos físicos sobre a teoria ondulatória conforme o quadro 3 elucidada.

Quadro 4 - Resumo sobre o estudo Ondulatório da luz

				
Huygens	Young	Maxwell	De Broglie	Schrodinger
Propõe a teoria ondulatória da luz.	Estudos sobre difração e interferência (Experimento da fenda dupla).	Comportamento das ondas eletromagnéticas.	Postulou a dualidade da luz.	Mecânica Ondulatória.

Fonte: Elaborado pela autora.

Na “onda” da teoria de Huygens

Em 1690, Huygens publica “*Traité de la Lumière*” afirmando sobre a teoria ondulatória da luz, dez anos depois de conhecer Isaac Newton, quando visitou a Inglaterra, em 1680. Huygens afirma que cada frente de onda pode gerar (ser a fonte) de várias ondas.

Hoje, o fenômeno da difração pode ser explicado facilmente pela Teoria Ondulatória da Luz. Esta teoria, desenvolvida inicialmente por Huygens e usada por Young para explicar a interferência numa fenda dupla, levou muito tempo para ser adotada, em grande parte porque ela entrava em choque com a Teoria de Newton. (Halliday e Resnick, 1995, p. 89).

Por meio do fenômeno da difração a luz pode contornar os obstáculos, como exemplo na figura 7 encontra-se esse fenômeno na natureza.



Figura 7 - Fenômeno de difração na Natureza.

Fonte: <https://www.minube.com/rincon/playa-de-terramar-a99063>

Quando a fenda por onde a luz passa tem comprimento menor do que o comprimento de onda, observa-se a natureza ondulatória da luz, como na figura 8.

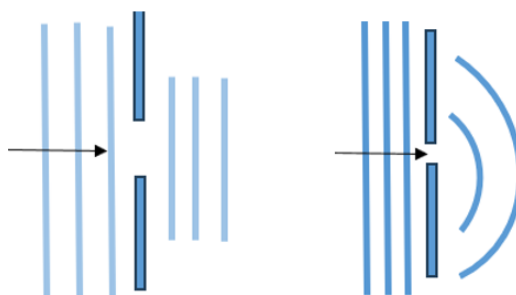


Figura 8 – Representação da Difração com fenda maior e menor ao comprimento da onda.

Fonte: Elaborado pela autora.

Os fenômenos ópticos de difração, interferência e polarização são satisfatoriamente explicados apenas quando se considera que a luz é uma onda, como foi provado experimentalmente, mais de cem anos depois, por Thomas Young, no experimento da Fenda dupla, a teoria do século XVII sendo provada no século XIX.

No experimento da Fenda dupla, representado na figura 9, foi observado um comportamento da luz semelhante ao que acontece com o som (onda sonora) e nas ondas da água, ou seja, esse experimento de Young comprovou que Huygens estava certo teoricamente. Após passar pelo painel fica mais evidente esse comportamento ondulatório devido a interferência destrutiva e construtiva das ondas formadas pela dupla fenda e as faixas formadas no anteparo, sendo as faixas escuras o encontro de duas cristas (topos) das ondas, nesse caso, interferência construtiva.

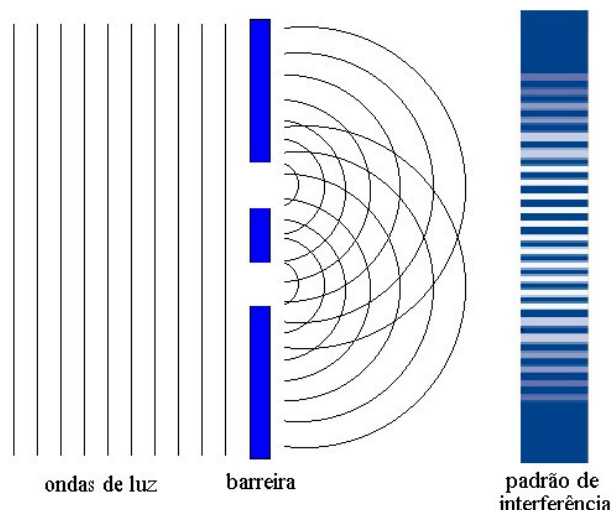


Figura 9 - Experimento da Fenda dupla e a formação das franjas com e sem interferência.

Fonte: <https://pt.quora.com/O-que-%C3%A9-experimento-da-dupla-fenda-Como-%C3%A9-poss%C3%ADvel-lan%C3%A7ar-eletrons-E-como-a-chapa-de-detec%C3%A7%C3%A3o-funciona>

Entretanto, a natureza ondulatória da luz não explicava o efeito fotoelétrico, que será abordado mais à frente.

Assim como o trabalho teórico de Huygens foi reconhecido anos depois com a comprovação experimental feita por Young, o mesmo aconteceu com o trabalho de Maxwell que não foi bem aceito pela comunidade científica na época, tendo visibilidade apenas após sua morte, em 1888 quando Heinrich Hertz comprovou experimentalmente a existência das ondas eletromagnéticas, que foi considerada por Maxwell um aspecto da luz.

Na véspera de sua descoberta, conta-se que Maxwell teve um encontro com uma jovem mulher, com quem mais tarde se casaria. Enquanto caminhavam em um jardim, ele comentou sobre a beleza e o assombro das estrelas. Maxwell indagou como ela se sentia sabendo estar caminhando com a única pessoa do mundo que sabia o que realmente era a luz das estrelas. Pois aquilo era verdade. Naquela época, James Clerk Maxwell era a única pessoa no mundo a saber que qualquer tipo de luz é energia transportada por campos elétricos e magnéticos que, de maneira contínua, se regeneram mutuamente (Hewitt, 2000, p. 480).

De Broglie e Schrodinger

Entre tantos outros cientistas importantes que não será possível citar o trabalho de todos, chega-se a 1924, ano em que Louis de Broglie defende sua tese, afirmando sobre a “onda de matéria” ou “onda de partículas”, que toda partícula deve ter uma onda associada, ou seja, um comprimento de onda. Einstein recebeu essa tese e enviou para vários cientistas, entre eles, Schrodinger, que partindo desses embasamentos publicou vários artigos, firmando a mecânica ondulatória.

Quando comparadas, a interpretação de Schrödinger e a de De Broglie mostram-se diferentes em vários aspectos. Para De Broglie, a energia do elétron estaria fortemente

condensada em torno de um ponto, e sua carga elétrica estaria centralizada nesse mesmo ponto. Para Schrödinger, o elétron, sua carga e sua energia estariam distribuídos pelo espaço, sendo essa distribuição representada pela onda associada ao elétron. (...) Apesar de conhecerem-se pouco e de terem trocado somente poucas cartas, De Broglie e Schrödinger pareciam estar em perfeita harmonia quanto à maioria dos aspectos gerais da mecânica ondulatória, embora divergissem em certos pontos. (Rosa, 2004, p. 169).

Einstein propôs que a energia pode ter um comportamento dual, ser onda (eletromagnética) ou matéria (fóton), então De Broglie traz essa teoria dual da energia para a matéria, sendo a matéria também provida de comportamento dual. De Broglie parte da equação de Einstein e aplica para uma partícula, como por exemplo, o elétron.

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

Considere:

p = quantidade de movimento (ou momento linear);

h = constante de Planck = $6,62 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \cdot \text{kg/s}$;

λ = comprimento de onda.

Observa-se que o momento linear é uma característica corpuscular, enquanto o λ (comprimento de onda) é uma característica ondulatória. Einstein chegou nessa equação igualando as duas equações de energia:

$$E = m \cdot c^2 \qquad E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

Tem-se que:

$$m \cdot c^2 = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

Cortando a velocidade da luz (c) que tem dos dois lados da igualdade, chega-se a:

$$m \cdot c = \frac{h}{\lambda},$$

e como o momento linear (p) é o produto da massa pela velocidade, conclui-se:

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

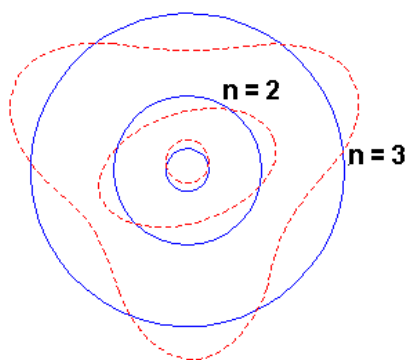


Figura 10 - Elétron representado por uma onda.

Fonte: <https://laurablogdotcom4.wordpress.com/2015/06/08/difraccion/>

Esse estudo trouxe a De Broglie o prêmio Nobel, em 1929, pela descoberta da natureza ondulatória dos elétrons, como elucidado na figura 10. Sua teoria foi provada experimentalmente em 1927, quando Davisson e Thomson conseguiram difratar o elétron, esse experimento que, dez anos mais tarde, proporcionou o Nobel a essa dupla.

A seguir, em 1935, encontra-se os estudos de Schrodinger, no desenvolvimento da Mecânica Ondulatória, sobre o estado fundamental do elétron, obtendo a função de onda do elétron, que ao plotar os dados em um plano cartesiano, chega-se ao contorno da nuvem eletrônica, acrescentando que o termo orbital estava em desuso devido ao princípio da incerteza, como na figura 11.

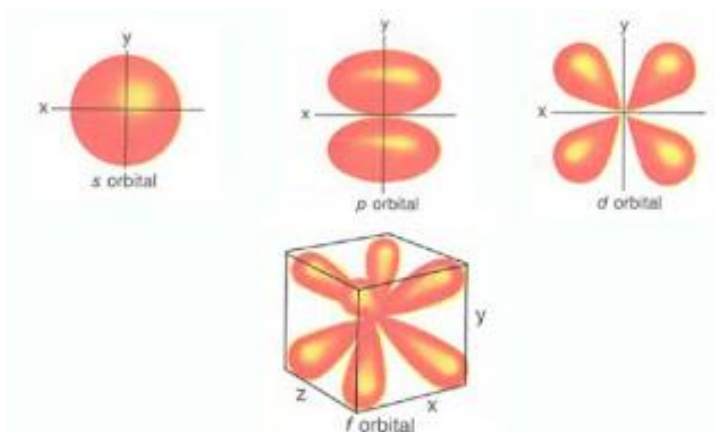


Figura 11 - Orbitais atômicos.

Fonte: <http://fisicayquimicadominicas.blogspot.com/2012/10/orbitales-atomicos-podemosdecir-que-un.html>

Como os estudos de Schrodinger não aborda especificamente sobre a natureza da luz, não será abordado com maiores detalhes. Na figura 12 a Linha do tempo da os estudos acerca da teoria Corpuscular e Ondulatória.

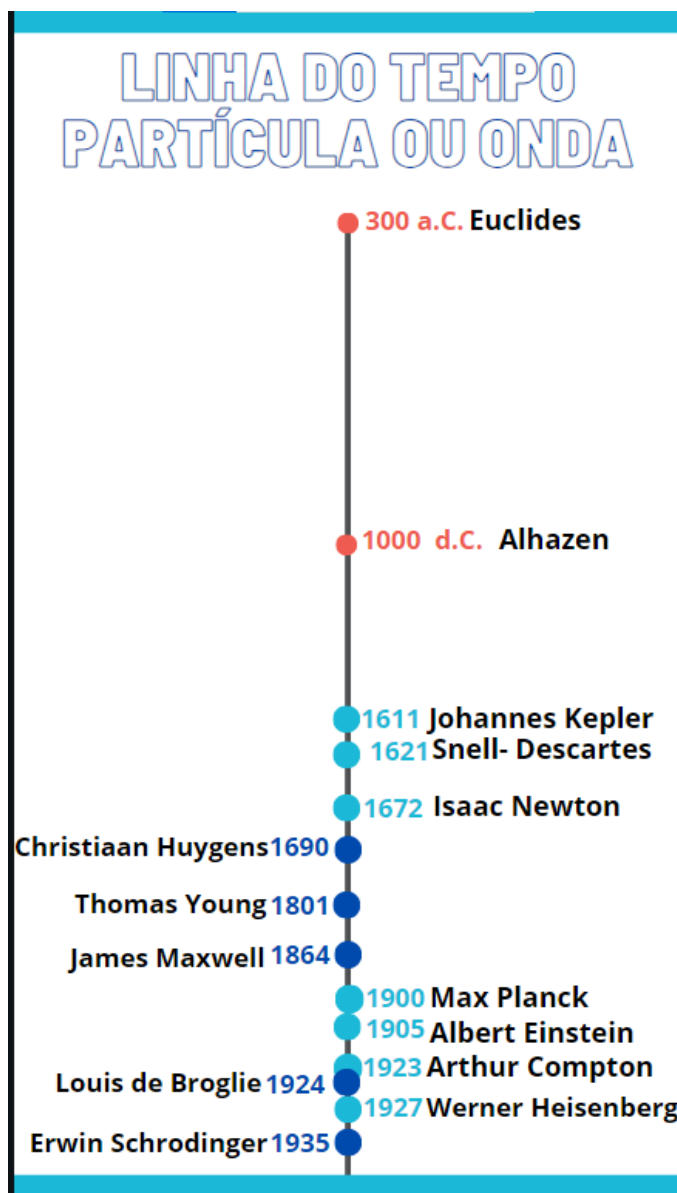



Figura 15 - Linha do tempo das teorias corpuscular e ondulatória.

Fonte: Elaborado pela autora.

Para ajudar a se localizar nessa linha do tempo, uma forma interessante e complementar é utilizar a lista dos laureados do Prêmio Nobel de Física, focando apenas nos estudos mais antigos acerca da luz, como apresentado no quadro 4. Mas, apenas utilizá-la não é o bastante para se localizar no tempo, pois nem todos estudos significativos receberam o Nobel, ou mesmo os cientistas receberam o prêmio anos depois de seus trabalhos serem publicados ou por outros temas; como exemplo o Arthur Compton que recebeu o prêmio Nobel de Física em 1927, mas seus estudos sobre o Efeito Compton foi observado em 1923.

Quadro 5 - Vencedores do Prêmio Nobel de Física que fizeram trabalhos relevantes para o estudo da luz

1905	Philipp Lenard		Alemanha Áustria- Hungria	Trabalho sobre raios catódicos
1906	Joseph John Thomson		Reino Unido	Investigações sobre a condução de eletricidade por gases
1911	Wihelm Wien		Alemanha	Descobertas sobre as leis que regem a radiação de calor
1918	Max Planck		Alemanha	Avanço da física através de sua descoberta de energia quântica
1921	Albert Einstein		Alemanha Suíça	Física teórica e descoberta da lei do Efeito fotoelétrico
1922	Niels Bohr		Dinamarça	Investigação da estrutura dos átomos e da radiação emanada por eles
1923	Robert Andrews Millikan		Estados Unidos	Estudo das cargas elétricas elementares e do efeito fotoelétrico
1927	Arthur Holly Compton		Estados Unidos	Descoberta dos fótons quando este interage com a matéria
1929	Louis de Broglie		França	Descoberta da natureza das ondas dos elétrons
1932	Werner Heisenberg		Alemanha	Criação da Mecânica quântica, cuja aplicação levou à descoberta das formas alotrópicas do hidrogênio
1933	Erwin Schrodinger		Áustria	Descobertas de novas formas produtivas da teoria atômica
	Paul Dirac		Reino Unido	
1937	Clinton Joseph Davisson		Estados Unidos	Descoberta experimental da difração dos elétrons por cristais
	George Paget Thomson		Reino Unido	

1954	Max Born		Alemanha Occidental	Pesquisa fundamental na mecânica quântica, especialmente pela sua interpretação estatística da função de onda
------	----------	---	------------------------	---

Fonte: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/>

5. MATERIAIS PARA O JÚRI SIMULADO

5.1. Orientações para os estudantes

Sem uma boa orientação do professor aos estudantes, ensaios (das ordens das falas) e roteiro claro fica difícil aplicar e credibilizar essa atividade, podendo passar a eles uma visão de atividade “bagunçada” ou “desorganizada”. Se eles verem dessa forma, possivelmente assim será suas pesquisas e apresentações no dia do Júri Simulado.

É importante fazer uso dos materiais propostos a seguir para que a atividade flua como esperado.

1. Composição do Júri Popular

Definir antecipadamente as funções de cada estudante no júri e a quantidade de cada um dos integrantes (número de testemunhas, de jurados, etc).

2. Roteiro do Júri Simulado

Essa parte deve ser ensaiada para cada um saber seu momento de fala.

3. Leitura do texto a seguir pelo juiz

O juiz deve ser um aluno muito atento, pois, ele é quem ditará o andamento de todo o júri, do início ao fim, chamando cada um quando for falar.

4. Texto para Escrivã (o) preencher

É importante o escrivão ter a ordem das falas para ficar mais fácil de escrever todos os depoimentos.

5. Propostas de Interrogatório para advogados

Sem boas perguntas direcionadas às testemunhas, vítimas e ao réu, não teremos os depoimentos sobre os assuntos que desejamos. Por exemplo: se perguntar a testemunha Einstein quais ideias na Física ele defende, a testemunha pode falar sobre a relatividade restrita, algo que pode fugir ao tema da natureza da luz, pois deveria depor com mais afinco sobre o efeito fotoelétrico.

6. Ficha para Jurados preencherem

As fichas seguem os modelos de avaliação por rubrica, podendo ter alteradas os critérios ou menções.

7. Lista de exercício para avaliação formativa

Além de monitorar o processo de aprendizagem após essa atividade, é importante os estudantes verem alguns exercícios de como esse conteúdo é encontrado nos vestibulares.

5.2. Composição do Júri Popular

Um júri é composto pelas seguintes pessoas:

- **Juiz (a):** Se o réu for julgado culpado pelo júri, quem estipula a pena é o juiz, também é responsável pelo andamento do júri.

- **Jurados:** dá o veredito conforme os fatos apresentados no tribunal.
- **Advogado (s) de defesa:** defende o réu, apresentando fatos, provas, interrogando as testemunhas, de forma coerente.

- **Promotores:** acusam o réu e tentam provar sua culpa, também considerado advogado de acusação ao réu.

- **Testemunhas:** com seu testemunho, apresentando provas, dados e informações, busca inocentar o réu ou acusá-lo.

- **Réu:** o acusado por um crime ou delito, está em análise se sofrerá uma condenação.
- **Escrivão/escrivã:** redige tudo o que foi dito no júri.
- **Oficial de Justiça:**
 - Conduz a entrada do (a) juiz (a) no tribunal,
 - Conduz o juramento das testemunhas.
- **Policiais:** responsáveis pela segurança e diligência judicial.
- **Jurados:** assiste o júri com atenção, pode fazer anotações e avaliará os alunos que apresentarão utilizando o método de avaliação por rubrica. Não podem fazer perguntas.

5.3. Roteiro do Júri Simulado

ETAPAS DO JÚRI

1º Momento

1. Primeira fala do Oficial da Justiça (_____). “A corte está em sessão. Todos de pé”. (Após todos em pé, entra a Juíza).
2. Juíza abre a sessão lendo o texto. **[5 minutos]**
3. Escrivão (_____) faz sorteio dos jurados, chamando pelo nome. Jurados respondam “*Presente*”.
- O escrivão entregará o resumo do caso a cada um dos jurados.
4. Advogado de acusação (promotora _____) acusa o réu ou ré (a questão em pauta). **[5 minutos]**
5. Advogado de defesa defende o réu ou a ré. **[5 minutos]**
6. Juíza solicita à Promotoria(acusação) que chamem as testemunhas para darem os depoimentos.
7. Advogado de acusação (_____) toma a palavra e continua a acusação. (chama, uma por vez, as testemunhas de acusação, Snell (_____), Compton (_____) e Einstein (_____) **[15 minutos para ouvir todas as testemunhas]**
8. O oficial de justiça vai até a testemunha e a conduz a cadeira que estará no centro da sala solicitando que a mesma faça o seguinte juramento:
“Levante a mão esquerda. Jura dizer a verdade, somente a verdade, nada mais que a verdade?”
9. Resposta da testemunha: *“Eu juro!”*
10. Advogado de defesa (_____), retoma a defesa. Chama as testemunhas de defesa, uma por vez, Young (_____), Maxwell (_____) e De Broglie (_____) **[15 minutos para ouvir todas as testemunhas]**

11. Advogado de acusação (_____) chama a vítima, seu cliente, (_____) Newton;
12. Advogado de defesa (_____) chama o réu, seu cliente, (_____) Huygens.

[5 minutos para cada]

2º Momento

13. Considerações finais do advogado de acusação e defesa. **[5 minutos para cada parte]**
14. Os jurados saem para sala secreta para deliberar a respeito do júri. **[5 minutos para cada parte retornar]**
15. Os jurados retornam com o veredicto.
16. O juiz perguntará ao presidente do júri se já chegaram a um veredito. Neste momento, o presidente responderá que sim e entregará ao oficial de justiça o papel contendo a palavra do vencedor, conforme a decisão dos jurados.
17. Leitura e justificativa da sentença pelo juiz. Encerrar a sessão.

5.4. Leitura do texto a seguir pelo juiz

01. Declaro abertos os trabalhos da 34ª sessão, da 1ª reunião do Tribunal do Júri da comarca de Oswaldo Cruz, ano de 2022. (art. 462).

Vai ser submetido a julgamento o réu: Christiaan Huygens (Isaac Newton, um matemático, físico, astrônomo, teólogo e autor inglês que é amplamente reconhecido como um dos cientistas mais influentes de todos os tempos e como uma figura-chave na Revolução Científica, defende a teoria corpuscular da luz e está processando Huygens, um físico, matemático, astrônomo neerlandês, por defender e divulgar a sua teoria ondulatória). Determino que os policiais presentes no auditório apregoem as partes e as testemunhas, colocado em salas separadas as da acusação, das de defesa, (art. 447 e 454).

A seguir o Juiz declara: “Vou proceder à chamada dos jurados que deverão compor o conselho de sentença. Devo adverti-los, entretanto, que são impedidos de servir no mesmo conselho: marido e mulher, ascendentes e descendentes, sogro ou genro ou nora, cunhados, tio e sobrinho, padrasto ou madrasta. Também não poderão servir os jurados que tiverem parentesco com a Juíza _____, com a promotora _____, com o advogado _____, com o réu Christiaan Huygens e com a vítima Isaac Newton. (art. 448 CPP). Em seguida, devem desligar e manter desligados seus aparelhos durante todo o julgamento.

Finalmente esclareço que a dispensa ou recusa de algum jurado não constitui nenhum demérito ou discriminação. Ao contrário, o jurado, às vezes, é dispensado por causa de suas virtudes e qualidades.

O Sr. Escrivão procederá a chamada dos jurados sorteados para esta sessão.

O jurado ausente terá seu motivo apreciado pelo juiz. Não havendo motivo justificado e comprovado para a ausência, o jurado será punido com multa de um a dez salários mínimos. O jurado faltoso, com justificativa ou não, será automaticamente incluído na próxima sessão periódica do Tribunal do Júri. Peço ao jurado que, ao ser chamado, que se levante e responda “PRESENTE”.

[O Escrivão faz a chamada, anota os jurados presentes e no final entrega a folha de resumo do caso.]

02. Está formado o conselho de sentença, farei a exortação legal, e à chamada, cada um dos senhores deverá responder “Assim prometo”. Todos de pé. “Em nome da lei, concito-vos a examinar com imparcialidade esta causa e a proferir vossa decisão de acordo com a vossa consciência e com os ditames da Justiça” art. 472).

[Todos dirão “**Assim prometo!**”]

03. Com a palavra a Dra. Promotora _____, Vossa Excelência tem o prazo de até 5 minutos para a acusação.

04. Com a palavra o Dr. _____, que terá até 5 minutos para promover a defesa do réu.

05. Iniciamos, neste momento, a instrução do processo aqui no Plenário do Júri. Esta instrução é uma coleta de provas na presença dos Senhores Jurados. Podemos ouvir as testemunhas, caso queiram a Promotora e o Defensor, e, ouvimos, obrigatoriamente, o réu e o acusado. Dr. _____, advogado de acusação, pode chamar suas testemunhas, uma por vez.

10. Advogado de defesa, Dr. _____, pode chamar suas testemunhas para interrogatório, uma por vez.

11. Dr. _____, pode chamar a vítima, sr. Isaac Newton.

12. Dr. _____, pode chamar o réu, sr. Christiaan Huygens.

13. Rumo as considerações finais, advogado do acusador e da defesa tem 5 minutos cada.

14. Vai-se proceder ao julgamento.

Peço aos Senhores Policiais que retirem o réu da sala.

Aguardaremos o retorno dos jurados para deliberar o veredicto.

17. Peço a todos os presentes que fiquem em pé para a leitura da sentença.

Em primeiro lugar, levamos em conta o princípio da não culpabilidade. É certo que foi submetida ao veredicto dos jurados, a pessoa acusada de disseminar uma ideia cientificamente correta tanto experimental quanto teoricamente, a compreensão da natureza ondulatória da luz.

Diante destes preceitos repousam no inafastável tratamento humanitário do cidadão, na necessidade de lhe ser preservada a dignidade de sua pesquisa científica aos que vivem em um Estado Democrático de Direito.

A infração que motiva a acusação afasta a lógica do progresso científico de sempre avançarmos com novas ideias e olhares. De toda forma, permanece nosso olhar de admiração e respeito aos cientistas envolvidos, tanto acusador Newton, com a teoria corpuscular, quanto o réu Huygens, com a teoria ondulatória.

Conforme deliberado pelo Júri Popular, fica declarado como vencedor do Júri Simulado da turma de 2022, do 3º ano do Ensino médio,

o réu Cristiaan Huygens, por...

Isaac Newton, por...

...por apresentarem as interrogações, as teorias e relatos com alta qualificação, digna de nosso mérito.

Agradeço a Dr^a. Promotora de Justiça, _____, ao advogado de acusação _____ e ao Dr. Defensor _____, pelo comportamento e pelas palavras a mim dirigidas. Agradeço, também, à Polícia Militar, aos servidores desta Casa, ao público presente e, finalmente, agradeço aos senhores Jurados, pela presença e pelo cumprimento do dever.

Declaro encerrados os presentes trabalhos relativos à 34ª sessão, da 1ª reunião do Tribunal do Júri da comarca de Osvaldo Cruz, periódica do corrente ano de 2023, do Tribunal do Júri Popular desta comarca. [BATE MARTELO encerrando a sessão].

5.5. Texto para Escrivã (o) preencher

Anotações de tudo que foi falado no Júri

1 – Abertura com a promotoria, Dr (ª). _____.

2- Abertura com advogado de defesa, Dr. _____:

3 – Interrogação da testemunha de acusação Snell (aluno _____), as perguntas que o Dr. _____ (advogado do acusador) fez:

4 – Respostas da testemunha de acusação, Snell (aluno _____):

5- Interrogação da testemunha de acusação, Compton (aluno _____), as perguntas que o Dr. _____ (advogado do acusador) fez:

6- Respostas da testemunha de acusação, Compton (aluno _____):

7- Interrogação da testemunha de acusação, Einstein (aluno _____), as perguntas que o Dr. _____ (advogado do acusador) fez:

8- Respostas da testemunha de acusação, Einstein (aluno _____):

9- Interrogação da testemunha de defesa, Young (aluno _____), as perguntas que o Dr. _____ (advogado de defesa) fez:

8- Respostas da testemunha de defesa, Young (aluno _____):

9- Interrogação de Maxwell (aluno _____), as perguntas que o Dr. _____ (advogado de defesa) fez:

10- Respostas da testemunha de defesa, Maxwell (aluno _____):

11- Interrogação da testemunha de defesa, De Broglie (aluno _____), as perguntas que o Dr. _____ (advogado de defesa) fez:

12- Respostas da testemunha de defesa, De Broglie (aluno _____):

13- Interrogação da vítima, Newton (aluno _____). As perguntas que o Dr. _____ (advogado de defesa) fez:

14- Resposta da vítima, Newton (aluno _____):

15- Interrogação do réu, Huygens (aluno _____). As perguntas que o Dr. _____ (advogado do acusador) fez:

16- Resposta do réu, Huygens (aluno _____):

17 – Considerações finais do advogado de acusação, Dr. _____ (advogado do acusador):

18 – Considerações finais do advogado de defesa, Dr. _____ (advogado de defesa)

19 – Veredicto do júri foi:

5.6. Propostas de Interrogatório

A seguir apresenta-se as orientações e algumas sugestões de perguntas dos advogados.

Acusação

Para Snell:

- 1- Poderia expor seus estudos sobre refração e reflexão para nós?
- 2- O que afirma a Lei Snell- Descartes, que antecede a teoria corpuscular de Newton, mas que traz embasamento científico para ela?

(Alunos pesquisarem a resposta).

Sugestão: Snell fazer uma apresentação experimental de sua teoria.

Para Compton:

- 1- O seu famoso experimento, intitulado de “Efeito Compton”, que leva seu próprio nome (um pouco narcisista, por sinal), mas que foi esse experimento que comprovou a teoria corpuscular, proposta por Newton, meu cliente. Explique para o júri, aqui presente, a respeito desse efeito.

(Alunos pesquisarem a resposta).

Para Einstein:

- 1- O senhor poderia nos relatar sua trajetória na academia e comunidade científica?

Sugestão de resposta: Alunos pesquisarem a biografia de Einstein e citar seus vários estudos. Seria interessante, nesse momento, citar que ele fugiu da Alemanha durante o regime nazista, por ser judeu, e mesmo Max Planck solicitando a Hitler para autorizar que os cientistas judeus permanecessem.

Ou, outra curiosidade histórica que poderia citar é sobre 1905 ser considerado o Annus Mirabilis (ano miraculoso) da ciência, devido aos cinco artigos revolucionários que Einstein publicou nesse ano. E o outro ano miraculoso da ciência, foi apenas em 1666, devido as publicações revolucionárias de Newton.

- 2 – Após a comunidade científica ter aceitado, finalmente, o modelo ondulatório o senhor apresentou o artigo sobre o Efeito fotoelétrico, em 1905, trazendo à tona, novamente, o modelo corpuscular. Gostaria que esclarecesse mais a respeito do Efeito fotoelétrico, por favor.

(Alunos pesquisarem a resposta).

Para Newton:

1 – Senhor Newton, há matérias que dizem o seguinte a respeito da sua personalidade:

“Newton era uma pessoa detestável, um homem amargo, estranho, recluso. Diz a lenda que só riu uma vez na vida: quando lhe perguntaram que utilidade via em Euclides. É, com certeza, um exagero, mas não está de todo longe da sua personalidade real”, entre renomados historiadores. Devido ao seu excessivo racionalismo, foi descrito como um homem problemático que usava a ciência para conseguir se promover.

Poderia apontar para o júri a importância de seus trabalhos para a física e o quão toda essa característica é irrelevante perto da relevância de seus estudos?

Sugestão de resposta: (Eu sou a pessoa que mais tem ciência da minha terrível personalidade e a assumo, assim como arco com as consequências. Porém, esse terrível defeito foi minha armadura diante das humilhações que já passei por vir de família humilde e o que não me deixou desistir até aqui. Meus estudos foram longe, mudaram o rumo da humanidade e quem não teve essa façanha, ao invés de me glorificar é mais fácil me difamar, para, assim, encobrir suas frustrações.

Apesar de isso ser uma verdade, não pode ser usado contra mim nesse tribunal, pois pode diminuir a admiração das pessoas a meu respeito, mas não diminui o mérito do meu trabalho).

2- Em 1704 você apresentou o modelo corpuscular da luz. Podemos afirmar, diante do júri, neste tribunal, que a luz é uma partícula?

(Alunos pesquisarem a resposta).

Defesa

Para Young:

1 – Em 1801, seu famoso experimento da Fenda dupla comprovou que a teoria do meu cliente, Huygens, estava correta. Somente após cento e onze anos é que a comunidade científica aceitou a teoria ondulatória, proposta com ele (apontar para Huygens) em 1690.

Nas faculdades de Física, os alunos estudam o famoso livro dos autores Halliday e Resnick, nesse livro, na página 89 diz o seguinte:

Hoje, o fenômeno da difração pode ser explicado facilmente pela Teoria Ondulatória da Luz. Esta teoria, desenvolvida inicialmente por Huygens e usada por Young para explicar a interferência numa fenda dupla, levou muito tempo para ser adotada, em grande parte porque ela entrava em choque com a Teoria de Newton. (Halliday e Resnick, 1995, p. 89).

Por favor, senhor Young, o senhor que iluminou a teoria de meu cliente, graças a seu experimento essa teoria foi reconhecida, explica melhor a respeito das Fendas duplas.

(Alunos pesquisarem a resposta).

Para Maxwell:

1 - Assim como o trabalho teórico de Huygens foi reconhecido anos depois com a comprovação experimental feita por Young, o mesmo aconteceu com o trabalho de Maxwell que não foi bem aceito pela comunidade científica na época, tendo visibilidade apenas após sua morte, em 1888 quando Heinrich Hertz comprovou experimentalmente a existência das ondas eletromagnéticas, que foi considerada por Maxwell um aspecto da luz.

Usarei como referência, trazendo veracidade a minha defesa, um livro muito utilizado sobre os conceitos Físicos, que diz:

Na véspera de sua descoberta, conta-se que Maxwell teve um encontro com uma jovem mulher, com quem mais tarde se casaria. Enquanto caminhavam em um jardim, ele comentou sobre a beleza e o assombro das estrelas. Maxwell indagou como ela se sentia sabendo estar caminhando com a única pessoa do mundo que sabia o que realmente era a luz das estrelas. Pois aquilo era verdade. Naquela época, James Clerk Maxwell era a única pessoa no mundo a saber que qualquer tipo de luz é energia transportada por campos elétricos e magnéticos que, de maneira contínua, se regeneram mutuamente (Hewitt, 2000, p. 480).

Portanto, senhor Maxwell, por favor, diga mais a respeito de sua teoria sobre a luz ser onda eletromagnética.

(Alunos pesquisarem a resposta).

Observação: Ao final da fala de Maxwell, o advogado de defesa pode enaltecer que ele morreu sem ter uma homenagem da comunidade científica, que na época não compreenderam sua teoria, só após a comprovação experimental de Hertz.

Para De Broglie:

- 1- Qual a relação entre o comportamento dualístico proposto por Einstein para os fótons, e por você, De Broglie, para as partículas?
- 2- Você acha que há necessidade de descartabilidade dos estudos de Huygens?

(Alunos pesquisarem a resposta).

Para Huygens:

1 – Em 1672 Newton afirmava que a luz era composta por partículas, em 1690, o senhor publicou “*Traité de la Lumière*” afirmando sobre a teoria ondulatória da luz, dez anos depois de conhecer Isaac Newton, quando visitou a Inglaterra, em 1680. O senhor afirma que cada frente de onda pode gerar (ser a fonte) de várias ondas. Poderia descrever melhor para nós sua teoria ondulatória?

(Alunos pesquisarem a resposta).

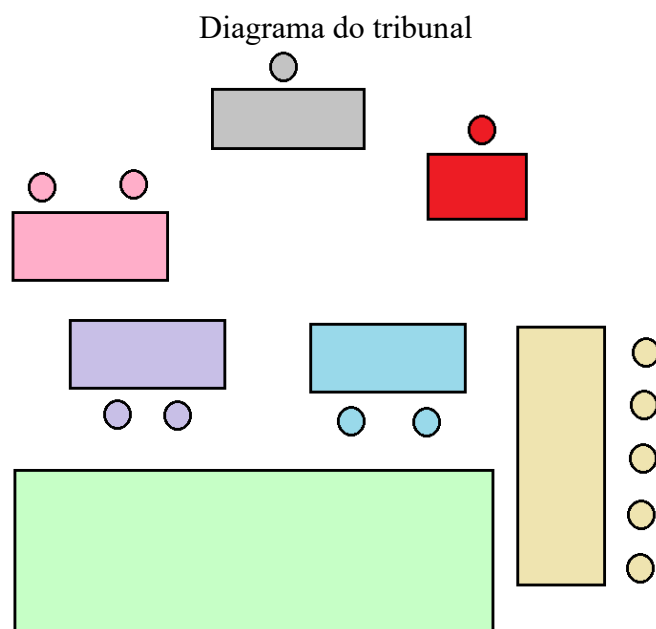
5.7. Organização do local

Para não haver dúvida sobre a predisposição das carteiras de cada um dos personagens que irão compor o tribunal, segue o diagrama abaixo.

É importante que cada aluno saiba com antecedência ao dia da apresentação onde irá se sentar, exceto o oficial de justiça do tribunal que fica em pé durante todo o júri, perto da parede, mas rente ao juiz (para proteção), e é ele quem acompanha cada testemunha até a mesa para depor e solicita que repita a fala para o juramento.

O telão do projetor pode ficar atrás da mesa do juiz, nas laterais, se possível.

Uma outra opção é solicitar o uso do tribunal da cidade para fazer a simulação, ou até mesmo de alguma universidade na cidade que tem o curso de direito.



Fonte: Elaborado pela autora.

Legenda do diagrama

- Mesa do juiz
- Mesa da escrivã e promotora
- Mesa para testemunha
- Mesa do réu e advogado
- Mesa da vítima e advogado
- Mesa do júri popular
- Público

5.8. Ficha para Jurados preencherem

Cada um dos jurados receberá essas tabelas para serem preenchidas individualmente.

Cabe a cada um preencher e fazer os cálculos finais para apresentar ao Juiz.

Logo após o Júri, os cálculos serão refeitos e confirmados pela professora.

Nome do Jurado: _____

Ganha a acusação ou defesa quem a somatória de notas for maior.

ACUSAÇÃO

Advogado do acusador: _____

Menções Critérios avaliativos	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

Acusador (Newton): _____

Menções Critérios avaliativos	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

Testemunha 1 (Snell): _____

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Critérios avaliativos				
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

Testemunha 2 (Compton): _____

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Critérios avaliativos				
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

Testemunha 3 (Einstein): _____

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Critérios avaliativos				
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

DEFESA

Advogado do réu: _____

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Critérios avaliativos				
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

Réu (Huygens): _____

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Critérios avaliativos				
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

Testemunha 1 (Young): _____

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Critérios avaliativos				
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

Testemunha 2 (Maxwell): _____

Menções Crériterios avaliativos	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

Testemunha 3 (De Broglie): _____

Menções Crériterios avaliativos	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

5.9. Lista de exercício para Avaliação formativa

Nome: _____ nº: _____ Turma: _____ Data: __/__/__

Lista sobre a Dualidade da Luz

1 - (ENEM) Quando se considera a extrema velocidade com que a luz espalha-se por todos os lados e que, quando vêm de diferentes lugares, mesmo totalmente opostos, os raios luminosos atravessam uns aos outros sem se atrapalharem, compreende-se que, quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala que atravessa o ar, pois certamente isso repugna bastante a essas duas propriedades da luz, principalmente a última.

HUYGENS, C. in: MARTINS, R. A. Tratado sobre a luz, de Cristian Huygens. Caderno de História e Filosofia da Ciência, supl. 4, 1986.

O texto contesta que concepção acerca do comportamento da luz?

- a) O entendimento de que a luz precisa de um meio de propagação, difundido pelos defensores da existência do éter.
- b) O modelo ondulatório para a luz, o qual considera a possibilidade de interferência entre feixes luminosos.
- c) O modelo corpuscular defendido por Newton, que descreve a luz como um feixe de partículas.
- d) A crença na velocidade infinita da luz, defendida pela maioria dos filósofos gregos.
- e) A ideia defendida pelos gregos de que a luz era produzida pelos olhos.

JUSTIFICAR:

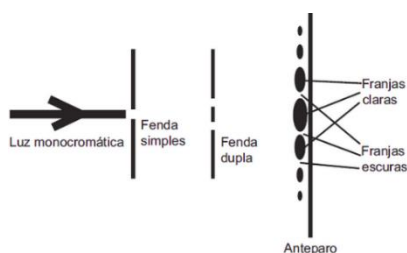
2 - (UFRGS) O físico francês Louis de Broglie (1892-1987), em analogia ao comportamento dual onda-partícula da luz, atribuiu propriedades ondulatórias à matéria.

Sendo a constante de Planck $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s, o comprimento de onda de Broglie para um elétron (massa $m = 9,0 \cdot 10^{-31}$ kg) com velocidade de módulo $v = 2,2 \cdot 10^6$ m/s é, aproximadamente:

- A) $3,3 \times 10^{-10}$ m.
- B) $3,3 \times 10^{-9}$ m.
- C) $3,3 \times 10^3$ m.
- D) $3,0 \times 10^9$ m.
- E) $3,0 \times 10^{10}$ m.

Apresente o cálculo:

3- (ENEM) O debate a respeito da natureza da luz perdurou por séculos, oscilando entre a teoria corpuscular e a teoria ondulatória. No início do século XIX, Thomas Young, com a finalidade de auxiliar na discussão, realizou o experimento apresentado de forma simplificada na figura.



Nele, um feixe de luz monocromático passa por dois anteparos com fendas muito pequenas. No primeiro anteparo há uma fenda e no segundo, duas fendas.

Após passar pelo segundo conjunto de fendas, a luz forma um padrão com franjas claras e escuras.

Com esse experimento, Young forneceu fortes argumentos para uma interpretação a respeito da natureza da luz, baseada em uma teoria

- corpuscular, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer dispersão e refração.
- corpuscular, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer dispersão e reflexão.
- ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer difração e polarização.
- ondulatória, justificada pelo fato, de no experimento, a luz sofrer interferência e reflexão.
- ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer difração e interferência.

JUSTIFICAR:

4 - (UDESC) Para se chegar à descrição atual sobre a natureza da luz, caracterizada pelo comportamento dual (onda-partícula), houve debates épicos entre propositores e defensores de modelos explicativos divergentes. Sobre a natureza da luz, um dos debates que ficou marcado na história da Ciência envolveu grandes estudiosos, tendo de um lado Isaac Newton e de outro Christiaan Huygens.

Focado no debate Newton-Huygens, relativo à natureza da luz, analise as proposições.

I. Dois aspectos centrais alimentavam o debate entre Newton e Huygens; o primeiro de natureza metodológica e o segundo que envolvia a aceitação ou não do conceito de vácuo e as suas implicações.

II. Newton e Huygens tinham concepções diferentes sobre o espaço físico e a natureza da luz, porém, concordavam que os modelos explicativos para a propagação da luz teriam que ser alcançados a partir de um modelo mecânico.

III. O debate Newton-Huygens ocorreu exclusivamente devido à divergência sobre o conceito de vácuo, mas ambos defendiam a natureza ondulatória da luz.

IV. Assumindo perspectivas teóricas e metodológicas diferentes, Newton propôs uma explicação corpuscular para a luz, enquanto Huygens defendia uma visão ondulatória para a luz.

Assinale a alternativa correta:

- a) Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- b) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- c) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.
- e) Somente a afirmativa IV é verdadeira.

JUSTIFICAR:

5 - (UFU) A natureza da luz é um assunto que tem estado presente nas discussões de cientistas e filósofos há séculos, principalmente a partir da possibilidade de aplicação de fenômenos luminosos por comportamentos tanto ondulatórios quanto corpusculares. Segundo o princípio da complementaridade, proposto por Niels Bohr em 1928, a descrição ondulatória da luz é complementar à descrição corpuscular, mas não se usa as duas descrições simultaneamente para descrever um determinado fenômeno luminoso. Desse modo, fenômenos luminosos envolvendo a propagação, a emissão e a absorção da luz são explicados ora considerando a natureza ondulatória, ora considerando a natureza corpuscular.

Assinale a alternativa que apresenta um fenômeno luminoso mais bem explicado, considerando-se a natureza corpuscular da luz:

- a) Espalhamento da luz ao atravessar uma fenda estreita.
- b) Interferência luminosa quando feixes luminosos de fontes diferentes se encontram.
- c) Mudança de direção de propagação da luz ao passar de um meio transparente para outro.
- d) Absorção de luz com emissão de elétrons por uma placa metálica.

JUSTIFICAR:

6) (UFRN) Quando há incidência de radiação eletromagnética sobre uma superfície metálica, elétrons podem ser arrancados dessa superfície e eventualmente produzir uma corrente elétrica. Esse fenômeno pode ser aplicado na construção de dispositivos eletrônicos, tais como os que

servem para abrir e fechar portas automáticas. Ao interagir com a superfície metálica, a radiação eletromagnética incidente se comporta como

- A) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
- B) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
- C) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.
- D) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.

JUSTIFICAR:

7) Cite experimentos que colaboraram para a consideração da luz ser de natureza. Podendo citar a época e nomes dos cientistas envolvidos.

CORPUSCULAR	ONDULATÓRIA

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação dessa atividade não precisa envolver, obrigatoriamente, todos os recursos aqui fornecidos, por exemplo, a avaliação por rubrica, as perguntas sugeridas na interrogação, a atividade formativa ao final do processo ou os nomes dos cientistas sugeridos para testemunhas. Por isso, ao longo do trabalho citei e descrevi sobre vários outros físicos que fizeram importantes contribuições para o estudo da natureza da luz, mesmo não estando diretamente envolvidos no caso do júri, para o professor ou estudantes poderem alterar.

Ao aplicar esse produto em aula manifestei uma grande satisfação educacional, pois os estudantes realmente incorporaram os personagens e “entraram no clima”, superando minhas expectativas sobre essa atividade.

Na primeira aplicação, no ano de 2022, a coordenadora pedagógica da escola acompanhou o Júri e elogiou muito o trabalho. Foi emocionante acompanhar por uma aula inteira estudantes debatendo sobre Física, citando estudos, teorias, experimentos tão complexos e tentando representar o personagem.

Sei o quanto o currículo é extenso para ser cumpridos em sala de aula e que o tempo não nos favorece, porém, valeu a pena usá-lo na realização dessa atividade.

7. REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, L. A. G., QUARTIERI, M. T., MARCHI, M. I., & DULLIUS, M. M. (2015). **As estratégias de ensino júri simulado e phillips 66 como facilitadores do ensino e da aprendizagem na disciplina de matemática.** *Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco.* 4 (1), 17-28.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva.** Lisboa: Plátano, 2003, p. 6-7.

BIAGIOTTI, L. C. B. **Conhecendo e aplicando rubricas em avaliações.** In: **Congresso Brasileiro de Educação a Distância.** 2005. p. 1-9.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB.** Lei nº 9.394/1996. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/tvescola/leis/lein>. Acesso em: 27 jul. 2022.

BRASIL. MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio.** Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular.** Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 25 jul. 2022.

GUIMARÃES, R.R; MASSONI, N. T. **Relato crítico de uma experiência didática acerca de uma temática científica aplicada na educação básica: algumas reflexões epistemológicas e a defesa de um ensino de ciências fundamentado na argumentação dialógica.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 37, n. 2, p. 695-717, ago. 2020.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Física.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1995, p. 89.

HARVARD BUSINESS SCHOOL. Christensen Center for Teaching & Learning. **Teaching by the Case Method.** Disponível em: <<https://www.hbs.edu/teaching/case-method/Pages/default.aspx>>. Acesso em: 20 jun. 2022.

HAWKING, S. W. **Uma breve história do tempo.** Tradução de Cássio de Arantes Leite. 1. ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015, p. 256.

HEWITT, P. G. **Física conceitual.** 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002, p. 480 – 532, 2002.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da Aprendizagem Escolar**. 20. ed. São Paulo: Cortez, 1998, p. 178 - 180.

LUNARDI, Soraya; DIMOULIS, Dimitri. **O Caso da Gravidez Indesejada: Dilemas Éticos e Jurídicos Sobre Aborto**. São Paulo: *Revista dos Tribunais*, 2018.

MENEZES, Maria Arlinda de Assis. **Do método do caso ao case: a trajetória de uma ferramenta pedagógica**. *Revista Educação e Pesquisa*, v. 35, n. 1, p. 129-143, jan./abr. 2009.

MOREIRA, M. A. **A Teoria de Aprendizagem de David Ausubel como Sistema de Referência para a Organização de Conteúdo de Física**. *Revista Brasileira de Física*, v. 9, n. 1, p. 275-292, 1979.

NEWTON, Isaac. **A Hipótese da Luz**. In: COHEN, I. Bernard & WESTFALL, Richard S. (eds.) *Isaac Newton: textos, antecedentes, comentários*. Rio de Janeiro: EdUERJ – Contraponto, 2002.

PEREZ, S. **Mecânica Quântica: um curso para professores da Educação Básica**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016

PhET **Projeto de Simulações Interativas da Universidade do Colorado (PhET)**, https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR Acessado em: Abril de 2022.

PINTO, A. C; ZANETIC, J. **É possível levar a física quântica para o ensino médio?** *Revista Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Santa Catarina, v. 16, n. 1, p. 7, 1999.

PRÊMIO NOBEL. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/>. Acesso em: 10 ago. 2023.

RIBEIRO, A.R; COELHO, L.; BERTOLAMI, O.; & ANDRÉ, R. **Luz: História, Natureza e Aplicações**. *Gazeta de Física*, Lisboa, 2015.

ROSA, P. S. **Louis de Broglie e as ondas de matéria**. 2004. 190f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física “Gleb Wataghin”, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SAMPAIO, J.L.; CALÇADA, C. S. **Física: volume único**. 2 ed. São Paulo: Atual, p. 402 – 403, 2005.

WHEATON, Bruce R. **The tiger and the shark. Empirical roots of wave-particle dualism.** London: Cambridge University Press, 1983.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso, planejamento e métodos.** 5.ed. São Paulo: Bookman, 2005, p.4.

11. ANEXOS

11.1. ANEXO A – Avaliação por tabela do Júri popular em 2022 e Avaliação por Rubrica em 2023

JURADOS

Nome: Kaíque Augusto da Silva Vieira

Resumo do Caso:

Newton defende a teoria corpuscular da luz e está processando Huygens por defender e divulgar a sua teoria ondulatória. Einstein, com sua explicação sobre o efeito fotoelétrico e De Broglie, com sua teoria da dualidade onda-partícula buscarão defender Huygens para que continue divulgando seus estudos; enquanto Bohr, com seus quatro postulados sobre o modelo atômico e o cientista Snell, apresentando sobre a Lei Snell-Descartes vão apoiar Newton na teoria de que a luz é uma partícula, e não uma onda, como afirma Huygens.

ACUSAÇÃO

		Notas (0 a 5)	
Advogado de acusação	Gasparini	4	15
Snell	Tripoloni	4	
Bohr	Sabrina	5	
Newton (acusador)	Rogério	2	

DEFESA

		Notas (0 a 5)	
Advogado de defesa	João Vitor	5	16
Einstein	Arthur	5	
De Broglie	Lara	3	
Huygens (réu)	Daniel	3	

Ganha a acusação ou defesa quem a somatória de notas for maior.

JUSTIFICATIVA DO VEREDICTO DO JÚRI PARA SER ENTREGUE A JUÍZA:

Em primeiro lugar, levamos em conta o princípio da não culpabilidade. É certo que foi submetida ao veredicto dos jurados, a pessoa acusada de disseminar uma ideia cientificamente correta tanto experimental quanto teoricamente, a compreensão da natureza ondulatória da luz. Diante destes preceitos repousam no inafastável tratamento humanitário do cidadão, na necessidade de lhe ser preservada a dignidade de sua pesquisa científica aos que vivem em um Estado Democrático de Direito.

A infração que motiva a acusação afasta a lógica do progresso científico de sempre avançarmos com novas ideias e olhares. De toda forma, permanece nosso olhar de admiração e respeito aos cientistas envolvidos, tanto acusador Newton, com a teoria corpuscular, quanto o réu Huygens, com a teoria ondulatória.

Conforme deliberado pelo Júri Popular, fica declarado como vencedor do Júri Simulado da turma de 2022, do 3º ano do Ensino médio,

o réu Cristiaan Huygens, por...

Isaac Newton, por...

...por apresentarem as interrogações, as teorias e relatos com alta qualificação, digna de nosso mérito.

JURADOS

Nome: Ara Júlia B. Ribeiro

Resumo do Caso:

Newton defende a teoria corpuscular da luz e está processando Huygens por defender e divulgar a sua teoria ondulatória. Einstein, com sua explicação sobre o efeito fotoelétrico e De Broglie, com sua teoria da dualidade onda-partícula buscarão defender Huygens para que continue divulgando seus estudos; enquanto Bohr, com seus quatro postulados sobre o modelo atômico e o cientista Snell, apresentando sobre a Lei Snell-Descartes vão apoiar Newton na teoria de que a luz é uma partícula, e não uma onda, como afirma Huygens.

ACUSAÇÃO

		Notas (0 a 5)
Advogado de acusação	Gasparini	13
Snell	Tripoloni	
Bohr	Sabrina	
Newton (acusador)	Rogério	

DEFESA

		Notas (0 a 5)
Advogado de defesa	João Vitor	14
Einstein	Arthur	
De Broglie	Lara	
Huygens (réu)	Daniel	

Ganha a acusação ou defesa quem a somatória de notas for maior.

JUSTIFICATIVA DO VEREDICTO DO JÚRI PARA SER ENTREGUE A JUÍZA:

Em primeiro lugar, levamos em conta o princípio da não culpabilidade. É certo que foi submetida ao veredicto dos jurados, a pessoa acusada de disseminar uma ideia cientificamente correta tanto experimental quanto teoricamente, a compreensão da natureza ondulatória da luz. Diante destes preceitos repousam no inafastável tratamento humanitário do cidadão, na necessidade de lhe ser preservada a dignidade de sua pesquisa científica aos que vivem em um Estado Democrático de Direito.

A infração que motiva a acusação afasta a lógica do progresso científico de sempre avançarmos com novas ideias e olhares. De toda forma, permanece nosso olhar de admiração e respeito aos cientistas envolvidos, tanto acusador Newton, com a teoria corpuscular, quanto o réu Huygens, com a teoria ondulatória.

Conforme deliberado pelo Júri Popular, fica declarado como vencedor do Júri Simulado da turma de 2022, do 3º ano do Ensino médio,

o réu Cristiaan Huygens, por...

Isaac Newton, por...

...por apresentarem as interrogações, as teorias e relatos com alta qualificação, digna de nosso mérito.

JURADOS

Nome: Giovanna da Silva Souza

Resumo do Caso:

Newton defende a teoria corpuscular da luz e está processando Huygens por defender e divulgar a sua teoria ondulatória. Einstein, com sua explicação sobre o efeito fotoelétrico e De Broglie, com sua teoria da dualidade onda-partícula buscarão defender Huygens para que continue divulgando seus estudos; enquanto Bohr, com seus quatro postulados sobre o modelo atômico e o cientista Snell, apresentando sobre a Lei Snell-Descartes vão apoiar Newton na teoria de que a luz é uma partícula, e não uma onda, como afirma Huygens.

ACUSAÇÃO

		Notas (0 a 5)
Advogado de acusação	Gasparini	4
Snell	Tripoloni	4
Bohr	Sabrina	4
Newton (acusador)	Rogério	3

15

DEFESA

		Notas (0 a 5)
Advogado de defesa	João Vítor	5
Einstein	Arthur	5
De Broglie	Lara	5
Huygens (réu)	Daniel	3

18

Ganha a acusação ou defesa quem a somatória de notas for maior.

JUSTIFICATIVA DO VEREDICTO DO JÚRI PARA SER ENTREGUE A JUÍZA:

Em primeiro lugar, levamos em conta o princípio da não culpabilidade. É certo que foi submetida ao veredicto dos jurados, a pessoa acusada de disseminar uma ideia cientificamente correta tanto experimental quanto teoricamente, a compreensão da natureza ondulatória da luz. Diante destes preceitos repousam no inafastável tratamento humanitário do cidadão, na necessidade de lhe ser preservada a dignidade de sua pesquisa científica aos que vivem em um Estado Democrático de Direito.

A infração que motiva a acusação afasta a lógica do progresso científico de sempre avançarmos com novas ideias e olhares. De toda forma, permanece nosso olhar de admiração e respeito aos cientistas envolvidos, tanto acusador Newton, com a teoria corpuscular, quanto o réu Huygens, com a teoria ondulatória.

Conforme deliberado pelo Júri Popular, fica declarado como vencedor do Júri Simulado da turma de 2022, do 3º ano do Ensino médio,

o réu Cristiaan Huygens, por...

Isaac Newton, por...

...por apresentarem as interrogações, as teorias e relatos com alta qualificação, digna de nosso mérito.

Avaliação por rubrica do júri aluno 1

Ficha para Jurados preencherem. Professora Andressa Rezende. 2023

Cada um dos jurados receberá essas tabelas para serem preenchidas individualmente.

Cabe a cada um preencher e fazer os cálculos finais para apresentar ao Juiz.

Logo após o Júri, os cálculos serão refeitos e confirmados pela professora.



Nome do Jurado: H. Barboza

Ganha a acusação ou defesa quem a somatória de notas for maior.

ACUSAÇÃO

Advogado do acusador: Cláudio

Menções Critérios avaliativos	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura			X	
Aproveitamento e respeito do tempo		X		
				Total: 9,5

Acusador (Newton): Rayssa

Menções Critérios avaliativos	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura			X	
Aproveitamento e respeito do tempo			X	
				Total: 1,5

Testemunha 1 (Snell): Prayma

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura			X	
Aproveitamento e respeito do tempo			X	
				Total: 10

Testemunha 2 (Compton): Isabela

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica		X		
Arguição para defesa e acusação		X		
Vocabulário jurídico e postura		X		
Aproveitamento e respeito do tempo		X		
				Total: 8

Testemunha 3 (Einstein): Fernanda

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura			X	
Aproveitamento e respeito do tempo			X	
				Total: 4

DEFESA

Advogado do réu: Cavall

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica		X		
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura			X	
Aproveitamento e respeito do tempo		X		
				Total: 9

Réu (Huygens): João Gabriel

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica	X			
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura		X		
Aproveitamento e respeito do tempo		X		
				Total: 8

Testemunha 1 (Young): Melina

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica	X			
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura			X	
Aproveitamento e respeito do tempo		X		
				Total: 8,5

Testemunha 2 (Maxwell): Telexício

Menções Critérios avaliativos	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica		✓	X	✓
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura			X	
Aproveitamento e respeito do tempo			X	
Total:				

Testemunha 3 (De Broglie): Duniz

Menções Critérios avaliativos	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	✓
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura		X		
Aproveitamento e respeito do tempo		X		
Total:				

Avaliação por rubrica do júri aluno 2

Ficha para Jurados preencherem. Professora Andressa Rezende. 2023



Cada um dos jurados receberá essas tabelas para serem preenchidas individualmente.

Cabe a cada um preencher e fazer os cálculos finais para apresentar ao Juiz.

Logo após o Júri, os cálculos serão refeitos e confirmados pela professora.

Nome do Jurado: Sofia Lemeira

Ganha a acusação ou defesa quem a somatória de notas for maior.

ACUSAÇÃO

Advogado do acusador: Equilíbrio

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura			X	
Aproveitamento e respeito do tempo			X	
				Total: 10

Acusador (Newton): Rayssa

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura			X	
Aproveitamento e respeito do tempo			X	
				Total: 10

Testemunha 1 (Snell): Bruna

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura			X	
Aproveitamento e respeito do tempo			X	
				Total: 10,0

Testemunha 2 (Compton): Daniela

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica	X			
Arguição para defesa e acusação		X		
Vocabulário jurídico e postura		X		
Aproveitamento e respeito do tempo		X		
				Total: 7,5

Testemunha 3 (Einstein): Isadora

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	
Arguição para defesa e acusação		X		
Vocabulário jurídico e postura		X		
Aproveitamento e respeito do tempo			X	
				Total: 9

DEFESA

Advogado do réu: Caral

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	
Arguição para defesa e acusação		X		
Vocabulário jurídico e postura			X	
Aproveitamento e respeito do tempo			X	
				Total: 9,5

Réu (Huygens): João Gabriel

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica		X		
Arguição para defesa e acusação		X		
Vocabulário jurídico e postura		X		
Aproveitamento e respeito do tempo		X		
				Total: 8

Testemunha 1 (Young): Melina

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica		X		
Arguição para defesa e acusação	X			
Vocabulário jurídico e postura		X		
Aproveitamento e respeito do tempo		X		
				Total: 7,5

Testemunha 2 (Maxwell): Pedro

Menções Critérios avaliativos	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura			X	
Aproveitamento e respeito do tempo			X	
Total:				10

Testemunha 3 (De Broglie): João Victor

Menções Critérios avaliativos	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica		X		
Arguição para defesa e acusação		X		
Vocabulário jurídico e postura			X	
Aproveitamento e respeito do tempo		X		
Total:				8,5

Avaliação por rubrica do júri aluno 3

Ficha para Jurados preencherem. Professora Andressa Rezende. 2023



Cada um dos jurados receberá essas tabelas para serem preenchidas individualmente.

Cabe a cada um preencher e fazer os cálculos finais para apresentar ao Juiz.

Logo após o Júri, os cálculos serão refeitos e confirmados pela professora.

Nome do Jurado: Marina Lima de Souza

Ganha a acusação ou defesa quem a somatória de notas for maior.

ACUSAÇÃO

Advogado do acusador: Guilherme

Menções / Critérios avaliativos	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura		X	X	
Aproveitamento e respeito do tempo			X	
				Total: 10,0

10,0 ✓

Acusador (Newton): Raysa

Menções / Critérios avaliativos	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura		X		
Aproveitamento e respeito do tempo			X	
				Total: 9,5

9,5 ✓

Testemunha 1 (Snell): Bruna

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura			X	
Aproveitamento e respeito do tempo			X	
				Total: 10

Testemunha 2 (Compton): Isabela

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	
Arguição para defesa e acusação		X		
Vocabulário jurídico e postura		X		
Aproveitamento e respeito do tempo	X			
				Total: 8

Testemunha 3 (Einstein): Isadora

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica		X		
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura			X	
Aproveitamento e respeito do tempo			X	
				Total: 9,5

DEFESA

Advogado do réu: Carol

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura			X	
Aproveitamento e respeito do tempo			X	
				Total: 10

Réu (Huygens): João Gabriel

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica		X	X	
Arguição para defesa e acusação		X		
Vocabulário jurídico e postura	X	X		
Aproveitamento e respeito do tempo		X	X	
				Total: 7,5

Handwritten calculation:

$$\begin{array}{r} 1 \\ 2 \\ 2,5 \\ 2,5 \\ 1,5 \\ \hline 8,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 2,0 \\ 2,0 \\ 1,5 \\ \hline 6,5 \end{array}$$

Testemunha 1 (Young): Melina

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura		X		
Aproveitamento e respeito do tempo			X	
				Total: 9,5

Handwritten calculation:

$$\begin{array}{r} 2,5 \\ + 2,5 \\ 2,0 \\ 2,5 \\ \hline 9,5 \end{array}$$

Testemunha 2 (Maxwell): Leandro Teixeira

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Critérios avaliativos				
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura			X	
Aproveitamento e respeito do tempo			X	
				Total: 10,0

2,5
2,5
2,5
2,5
10,0

10,0

Testemunha 3 (De Broglie): João Victor Demiz

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Critérios avaliativos				
Qualidade na apresentação/experimentação científica			X	
Arguição para defesa e acusação			X	
Vocabulário jurídico e postura			X	
Aproveitamento e respeito do tempo			X	
				Total: 10,0

2,5
2,5
2,5
2,5
10,0

11.2. ANEXO B – Atividades formativas aplicadas em 2023 nas escolas A e B



Itinerário - FÍSICA Profª Andressa 2023

DUALIDADE DA LUZ

Nome: Bruna Deytze

nº: 2

6/31

(5)

1 - (ENEM) Quando se considera a extrema velocidade com que a luz espalha-se por todos os lados e que, quando vêm de diferentes lugares, mesmo totalmente opostos, os raios luminosos atravessam uns aos outros sem se atrapalharem, compreende-se que, quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala que atravessa o ar, pois certamente isso repugna bastante a essas duas propriedades da luz, principalmente a última.

HUYGENS, C. in: MARTINS, R. A. Tratado sobre a luz, de Cristian Huygens. Caderno de História e Filosofia da Ciência, supl. 4, 1986.

O texto contesta que concepção acerca do comportamento da luz?

- a) O entendimento de que a luz precisa de um meio de propagação, difundido pelos defensores da existência do éter.
- b) O modelo ondulatório para a luz, o qual considera a possibilidade de interferência entre feixes luminosos.
- c) O modelo corpuscular defendido por Newton, que descreve a luz como um feixe de partículas.
- d) A crença na velocidade infinita da luz, defendida pela maioria dos filósofos gregos.
- e) A ideia defendida pelos gregos de que a luz era produzida pelos olhos.

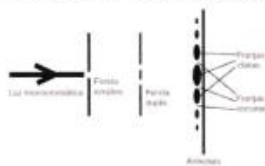
2 - (UFRGS) O físico francês Louis de Broglie (1892-1987), em analogia ao comportamento dual onda-partícula da luz, atribuiu propriedades ondulatórias à matéria.

Sendo a constante de Planck $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s, o comprimento de onda de Broglie para um elétron (massa $m = 9,0 \cdot 10^{-31}$ kg) com velocidade de módulo $v = 2,2 \cdot 10^6$ m/s é, aproximadamente:

- A) $3,3 \times 10^{-10}$ m.
- B) $3,3 \times 10^{-9}$ m.
- C) $3,3 \times 10^3$ m.
- D) $3,0 \times 10^9$ m.
- E) $3,0 \times 10^{10}$ m.

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{9,0 \cdot 10^{-31} \cdot 2,2 \cdot 10^6} = \frac{6,6}{19,8} \cdot 10^{-10} = 0,33 \cdot 10^{-9} = 3,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

3 - (ENEM) O debate a respeito da natureza da luz perdurou por séculos, oscilando entre a teoria corpuscular e a teoria ondulatória. No início do século XIX, Thomas Young, com a finalidade de auxiliar na discussão, realizou o experimento apresentado de forma simplificada na figura. Nele, um feixe de luz monocromático passa por dois anteparos com fendas muito pequenas. No primeiro anteparo há uma fenda e no segundo, duas fendas.



Após passar pelo segundo conjunto de fendas, a luz forma um padrão com franjas claras e escuras.

Com esse experimento, Young forneceu fortes argumentos para uma interpretação a respeito da natureza da luz, baseada em uma teoria

- a) corpuscular, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer dispersão e refração.
- b) corpuscular, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer dispersão e reflexão.
- c) ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer difração e polarização.
- d) ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer interferência e reflexão.
- e) ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer difração e interferência.

Não há como ser corpuscular pois caso fosse formariam apenas 2 listras luminosas nos anteparos.

4 - (UDESC) Para se chegar à descrição atual sobre a natureza da luz, caracterizada pelo comportamento dual (onda-partícula), houve debates épicos entre propositores e defensores de modelos explicativos divergentes. Sobre a natureza da luz, um dos debates que ficou marcado na história da Ciência envolveu grandes estudiosos, tendo de um lado Isaac Newton e de outro Christiaan Huygens.

Focado no debate Newton-Huygens, relativo à natureza da luz, analise as proposições.

I. Dois aspectos centrais alimentavam o debate entre Newton e Huygens; o primeiro de natureza metodológica e o segundo que envolvia a aceitação ou não do conceito de vácuo e as suas implicações.

1) O texto é de Christiaan Huygens, que defendia o modelo ondulatório da luz, e portanto tenta classificar como "errada" a teoria corpuscular explicando que quando as ondas corpusculares se encontram elas não continuam a viajar, tornando falsa a propriedade da luz.

II. Newton e Huygens tinham concepções diferentes sobre o espaço físico e a natureza da luz, porém, concordavam que os modelos explicativos para a propagação da luz teriam que ser alcançados a partir de um modelo mecânico.

III. O debate Newton-Huygens ocorreu exclusivamente devido à divergência sobre o conceito de vácuo, mas ambos defendiam a natureza ondulatória da luz.

IV. Assumindo perspectivas teóricas e metodológicas diferentes, Newton propôs uma explicação corpuscular para a luz, enquanto Huygens defendia uma visão ondulatória para a luz.

Assinale a alternativa correta:

- a) Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras. ~~X~~
- b) Somente a afirmativa III é verdadeira. ~~X~~
- c) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras. ~~X~~
- d) Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras. ~~X~~
- e) Somente a afirmativa IV é verdadeira. ~~X~~

II - Newton defendia o modelo corpuscular e Huygens o ondulatório, assim o mecânico não se aplica ao contexto.
 III - Newton defendia o modelo corpuscular, apenas Huygens defendia o ondulatório

5 - (UFU) A natureza da luz é um assunto que tem estado presente nas discussões de cientistas e filósofos há séculos, principalmente a partir da possibilidade de aplicação de fenômenos luminosos por comportamentos tanto ondulatórios quanto corpusculares. Segundo o princípio da complementaridade, proposto por Niels Bohr em 1928, a descrição ondulatória da luz é complementar à descrição corpuscular, mas não se usa as duas descrições simultaneamente para descrever um determinado fenômeno luminoso. Desse modo, fenômenos luminosos envolvendo a propagação, a emissão e a absorção da luz são explicados ora considerando a natureza ondulatória, ora considerando a natureza corpuscular. Assinale a alternativa que apresenta um fenômeno luminoso mais bem explicado, considerando-se a natureza corpuscular da luz:

- a) Espalhamento da luz ao atravessar uma fenda estreita.
- b) Interferência luminosa quando feixes luminosos de fontes diferentes se encontram.
- c) Mudança de direção de propagação da luz ao passar de um meio transparente para outro.
- d) Absorção de luz com emissão de elétrons por uma placa metálica.

Um dos experimentos usados para comprovar a teoria corpuscular da luz é o experimento que comprova a reflexão, mudança de direção da luz quando passa de 1 meio para outro

6) (UFRN) Quando há incidência de radiação eletromagnética sobre uma superfície metálica, elétrons podem ser arrancados dessa superfície e eventualmente produzir uma corrente elétrica. Esse fenômeno pode ser aplicado na construção de dispositivos eletrônicos, tais como os que servem para abrir e fechar portas automáticas. Ao interagir com a superfície metálica, a radiação eletromagnética incidente se comporta como

- A) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
- B) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
- C) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.
- D) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.

eletromagnético - onda

7) Cite experimentos que colaboraram para a consideração da luz ser de natureza. Podendo citar a época e nomes dos cientistas envolvidos.

CORPUSCULAR	ONDULATÓRIA
Um feixe de luz incidindo na água e mudando sua trajetória, explicando o comportamento da refração, que comprova a teoria corpuscular da luz Snell	O experimento de fenda dupla, observando o comportamento da luz quando colocada frente à duas fendas. Young

Nome: João Gabriel B. Fernando nº: 9

(7,5)

1 - (ENEM) Quando se considera a extrema velocidade com que a luz espalha-se por todos os lados e que, quando vêm de diferentes lugares, mesmo totalmente opostos, os raios luminosos atravessam uns aos outros sem se atrapalharem, compreende-se que, quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala que atravessa o ar, pois certamente isso repugna bastante a essas duas propriedades da luz, principalmente a última.

HUYGENS, C. in: MARTINS, R. A. Tratado sobre a luz, de Cristian Huygens. Caderno de História e Filosofia da Ciência, supl. 4, 1986.

O texto contesta que concepção acerca do comportamento da luz?

- a) O entendimento de que a luz precisa de um meio de propagação, difundido pelos defensores da existência do éter.
 b) O modelo ondulatório para a luz, o qual considera a possibilidade de interferência entre feixes luminosos.
 c) O modelo corpuscular defendido por Newton, que descreve a luz como um feixe de partículas.
 d) A crença na velocidade infinita da luz, defendida pela maioria dos filósofos gregos.
 e) A ideia defendida pelos gregos de que a luz era produzida pelos olhos.

2 - (UFRGS) O físico francês Louis de Broglie (1892-1987), em analogia ao comportamento dual onda-partícula da luz, atribuiu propriedades ondulatórias à matéria.

Sendo a constante de Planck $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s, o comprimento de onda de Broglie para um elétron (massa $m = 9,0 \cdot 10^{-31}$ kg) com velocidade de módulo $v = 2,2 \cdot 10^6$ m/s é, aproximadamente:

- A) $3,3 \times 10^{-10}$ m.
 B) $3,3 \times 10^{-9}$ m.
 C) $3,3 \times 10^3$ m.
 D) $3,0 \times 10^9$ m.
 E) $3,0 \times 10^{10}$ m.

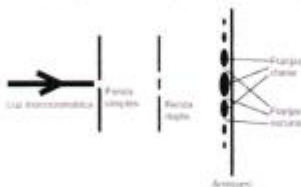
$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$m = 9,0 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$v = 2,2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

$$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{9,0 \cdot 10^{-31} \cdot 2,2 \cdot 10^6} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{1,98 \cdot 10^{-25}} = 3,3 \cdot 10^{-9}$$

3 - (ENEM) O debate a respeito da natureza da luz perdurou por séculos, oscilando entre a teoria corpuscular e a teoria ondulatória. No início do século XIX, Thomas Young, com a finalidade de auxiliar na discussão, realizou o experimento apresentado de forma simplificada na figura. Nele, um feixe de luz monocromática passa por dois anteparos com fendas muito pequenas. No primeiro anteparo há uma fenda e no segundo, duas fendas.



Após passar pelo segundo conjunto de fendas, a luz forma um padrão com franjas claras e escuras.

Com esse experimento, Young forneceu fortes argumentos para uma interpretação a respeito da natureza da luz, baseada em uma teoria

- a) corpuscular, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer dispersão e refração.
 b) corpuscular, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer dispersão e reflexão.
 c) ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer difração e polarização.
 d) ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer interferência e reflexão.
 e) ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer difração e interferência.

4 - (UDESC) Para se chegar à descrição atual sobre a natureza da luz, caracterizada pelo comportamento dual (onda-partícula), houve debates épicos entre propositores e defensores de modelos explicativos divergentes. Sobre a natureza da luz, um dos debates que ficou marcado na história da Ciência envolveu grandes estudiosos, tendo de um lado Isaac Newton e de outro Christiaan Huygens.

Focado no debate Newton-Huygens, relativo à natureza da luz, analise as proposições.

I. Dois aspectos centrais alimentavam o debate entre Newton e Huygens; o primeiro de natureza metodológica e o segundo que envolvia a aceitação ou não do conceito de vácuo e as suas implicações.

II. Newton e Huygens tinham concepções diferentes sobre o espaço físico e a natureza da luz, porém, concordavam que os modelos explicativos para a propagação da luz teriam que ser alcançados a partir de um modelo mecânico.

III. O debate Newton-Huygens ocorreu exclusivamente devido à divergência sobre o conceito de vácuo, mas ambos defendiam a natureza ondulatória da luz.

IV. Assumindo perspectivas teóricas e metodológicas diferentes, Newton propôs uma explicação corpuscular para a luz, enquanto Huygens defendia uma visão ondulatória para a luz.

Assinale a alternativa correta:

- a) Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras. ✓
 b) Somente a afirmativa III é verdadeira. ✗
 c) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras. ✗
 d) Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras. ✓
 e) Somente a afirmativa IV é verdadeira. ✓

5 - (UFU) A natureza da luz é um assunto que tem estado presente nas discussões de cientistas e filósofos há séculos, principalmente a partir da possibilidade de aplicação de fenômenos luminosos por comportamentos tanto ondulatórios quanto corpusculares. Segundo o princípio da complementaridade, proposto por Niels Bohr em 1928, a descrição ondulatória da luz é complementar à descrição corpuscular, mas não se usa as duas descrições simultaneamente para descrever um determinado fenômeno luminoso. Desse modo, fenômenos luminosos envolvendo a propagação, a emissão e a absorção da luz são explicados ora considerando a natureza ondulatória, ora considerando a natureza corpuscular. Assinale a alternativa que apresenta um fenômeno luminoso mais bem explicado, considerando-se a natureza corpuscular da luz:

- a) Espalhamento da luz ao atravessar uma fenda estreita.
 b) Interferência luminosa quando feixes luminosos de fontes diferentes se encontram.
 c) Mudança de direção de propagação da luz ao passar de um meio transparente para outro.
 d) Absorção de luz com emissão de elétrons por uma placa metálica. ✓

6) (UFRN) Quando há incidência de radiação eletromagnética sobre uma superfície metálica, elétrons podem ser arrancados dessa superfície e eventualmente produzir uma corrente elétrica. Esse fenômeno pode ser aplicado na construção de dispositivos eletrônicos, tais como os que servem para abrir e fechar portas automáticas. Ao interagir com a superfície metálica, a radiação eletromagnética incidente se comporta como

- A) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
 B) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico. ✓
 C) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.
 D) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.

7) Cite experimentos que colaboraram para a consideração da luz ser de natureza

Podendo citar a época e nomes dos cientistas envolvidos.

CORPUSCULAR	ONDULATÓRIA
Refração da luz - Snell	Experimentos de fenda dupla - Thomas Young

João Gabriel Bigoni Fernandes $n=9$

1-) Porque o texto refere a propriedade da luz de se encontrarem e não afetarem a direção de propagação, sendo assim ele contesta a teoria corpuscular por sustentar sendo uma teoria onde a luz é matéria como ele não se altera de seu percurso.

3-) Porque o experimento se justifica a questão de difração da luz, ou seja, a capacidade dela contornar objetos e a interferência causada por eles.

4-) Porque a I este made na questão do vácuo, a segunda se concordância de um modelo mecânico pro teorizar onde ambos acreditavam na condutividade.

5-) Por causa dos efeitos foto-elétrica proposto por Einstein onde a luz como partícula ao entrar em contato com o metal e liberando elétrons do elemento, teoria usada nas placas solares.

6-) Onde a radiação eletromagnética ao entrar em contato se torna partícula onde cria elétrons formando corrente elétrica.



06/11/2023

Itinerário - FÍSICA Profª Andressa 2023

DUALIDADE DA LUZ

Nome: Pedro Miguel Teixeira da Silva nº: 15

65

1 - (ENEM) Quando se considera a extrema velocidade com que a luz espalha-se por todos os lados e que, quando vêm de diferentes lugares, mesmo totalmente opostos, os raios luminosos atravessam uns aos outros sem se atrapalharem, compreende-se que, quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala que atravessa o ar, pois certamente isso repugna bastante a essas duas propriedades da luz, principalmente a última.

HUYGENS, C. in: MARTINS, R. A. Tratado sobre a luz, de Cristian Huygens. Caderno de História e Filosofia da Ciência, supl. 4, 1986.

O texto contesta que concepção acerca do comportamento da luz?

- a) O entendimento de que a luz precisa de um meio de propagação, difundido pelos defensores da existência do éter.
 b) O modelo ondulatório para a luz, o qual considera a possibilidade de interferência entre feixes luminosos.
 c) O modelo corpuscular defendido por Newton, que descreve a luz como um feixe de partículas.
 d) A crença na velocidade infinita da luz, defendida pela maioria dos filósofos gregos.
 e) A ideia defendida pelos gregos de que a luz era produzida pelos olhos.

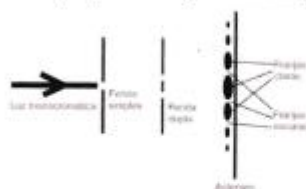
2 - (UFRGS) O físico francês Louis de Broglie (1892-1987), em analogia ao comportamento dual onda-partícula da luz, atribuiu propriedades ondulatórias à matéria.

Seja a constante de Planck $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s, o comprimento de onda de Broglie para um elétron (massa $m = 9,0 \cdot 10^{-31}$ kg) com velocidade de módulo $v = 2,2 \cdot 10^6$ m/s é, aproximadamente:

- A) $3,3 \cdot 10^{-10}$ m.
 B) $3,3 \cdot 10^{-9}$ m.
 C) $3,3 \cdot 10^7$ m.
 D) $3,0 \cdot 10^9$ m.
 E) $3,0 \cdot 10^{10}$ m.

$$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{9,0 \cdot 10^{-31} \cdot 2,2 \cdot 10^6}$$

3 - (ENEM) O debate a respeito da natureza da luz perdurou por séculos, oscilando entre a teoria corpuscular e a teoria ondulatória. No início do século XIX, Thomas Young, com a finalidade de auxiliar na discussão, realizou o experimento apresentado de forma simplificada na figura. Nele, um feixe de luz monocromática passa por dois anteparos com fendas muito pequenas. No primeiro anteparo há uma fenda e no segundo, duas fendas.



Após passar pelo segundo conjunto de fendas, a luz forma um padrão com franjas claras e escuras.

Com esse experimento, Young forneceu fortes argumentos para uma interpretação a respeito da natureza da luz, baseada em uma teoria

- a) corpuscular, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer dispersão e refração.
 b) corpuscular, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer dispersão e reflexão.

- c) ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer difração e polarização.
 d) ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer interferência e reflexão.
 e) ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer difração e interferência.

4 - (UDESC) Para se chegar à descrição atual sobre a natureza da luz, caracterizada pelo comportamento dual (onda-partícula), houve debates épicos entre propositores e defensores de modelos explicativos divergentes. Sobre a natureza da luz, um dos debates que ficou marcado na história da Ciência envolveu grandes estudiosos, tendo de um lado Isaac Newton e de outro Christiaan Huygens.

Focado no debate Newton-Huygens, relativo à natureza da luz, analise as proposições.

I. Dois aspectos centrais alimentavam o debate entre Newton e Huygens; o primeiro de natureza metodológica e o segundo que envolvia a aceitação ou não do conceito de vácuo e as suas implicações.

II. Newton e Huygens tinham concepções diferentes sobre o espaço físico e a natureza da luz, porém, concordavam que os modelos explicativos para a propagação da luz teriam que ser alcançados a partir de um modelo mecânico.

III. O debate Newton-Huygens ocorreu exclusivamente devido à divergência sobre o conceito de vácuo, mas ambos defendiam a natureza ondulatória da luz.

IV. Assumindo perspectivas teóricas e metodológicas diferentes, Newton propôs uma explicação corpuscular para a luz, enquanto Huygens defendia uma visão ondulatória para a luz.

Assinale a alternativa correta:

- a) Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- b) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- c) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.
- e) Somente a afirmativa IV é verdadeira.

5 - (UFU) A natureza da luz é um assunto que tem estado presente nas discussões de cientistas e filósofos há séculos, principalmente a partir da possibilidade de aplicação de fenômenos luminosos por comportamentos tanto ondulatórios quanto corpusculares. Segundo o princípio da complementaridade, proposto por Niels Bohr em 1928, a descrição ondulatória da luz é complementar à descrição corpuscular, mas não se usa as duas descrições simultaneamente para descrever um determinado fenômeno luminoso. Desse modo, fenômenos luminosos envolvendo a propagação, a emissão e a absorção da luz são explicados ora considerando a natureza ondulatória, ora considerando a natureza corpuscular. Assinale a alternativa que apresenta um fenômeno luminoso mais bem explicado, considerando-se a natureza corpuscular da luz:

- a) Espalhamento da luz ao atravessar uma fenda estreita.
- b) Interferência luminosa quando feixes luminosos de fontes diferentes se encontram.
- c) Mudança de direção de propagação da luz ao passar de um meio transparente para outro.
- d) Absorção de luz com emissão de elétrons por uma placa metálica.

6) (UFRN) Quando há incidência de radiação eletromagnética sobre uma superfície metálica, elétrons podem ser arrancados dessa superfície e eventualmente produzir uma corrente elétrica. Esse fenômeno pode ser aplicado na construção de dispositivos eletrônicos, tais como os que servem para abrir e fechar portas automáticas. Ao interagir com a superfície metálica, a radiação eletromagnética incidente se comporta como

- A) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
- B) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
- C) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.
- D) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.

7) Cite experimentos que colaboraram para a consideração da luz ser de natureza.

Podendo citar a época e nomes dos cientistas envolvidos.

CORPUSCULAR	ONDULATÓRIA
<p>Experimento da Luz propagando de um meio para o outro, mudando sua direção.</p> <p>Exsterna - Efeito fotoelétrico</p>	<p>Experimento da fenda dupla</p>

Atividade Itinerária 06/11/2023 Pedro Miguel

① Huygens é teoria que a luz é uma onda, e na teoria de que a luz é considerada onda, ela sofre interferência.

$$\textcircled{2} \lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{9,0 \cdot 10^{-31} \cdot 2,2 \cdot 10^6} =$$

③ Quando a luz é considerada onda, ela sofre difração e interferência.

④ I, II, IV

⑤ Snell detende que a luz é partícula e o seu experimento foi o do matiz que a luz altera de direção quando passa de um meio para o outro.

⑥ Radiação eletromagnética temete a onda, e se é onda não pode ser efeito fotoelétrico.

Nome: Laura de Sousa Nascimento nº: 17 06/11/2023

1 - (ENEM) Quando se considera a extrema velocidade com que a luz espalha-se por todos os lados e que, quando vêm de diferentes lugares, mesmo totalmente opostos, os raios luminosos atravessam uns aos outros sem se atrapalharem, compreende-se que, quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala que atravessa o ar, pois certamente isso repugna bastante a essas duas propriedades da luz, principalmente a última.

HUYGENS, C. in: MARTINS, R. A. Tratado sobre a luz, de Cristian Huygens. Caderno de História e Filosofia da Ciência, supl. 4, 1986.

O texto contesta que concepção acerca do comportamento da luz?

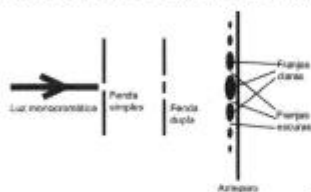
- a) O entendimento de que a luz precisa de um meio de propagação, difundido pelos defensores da existência do éter.
 b) O modelo ondulatório para a luz, o qual considera a possibilidade de interferência entre feixes luminosos.
 c) O modelo corpuscular defendido por Newton, que descreve a luz como um feixe de partículas.
 d) A crença na velocidade infinita da luz, defendida pela maioria dos filósofos gregos.
 e) A ideia defendida pelos gregos de que a luz era produzida pelos olhos.

2 - (UFRGS) O físico francês Louis de Broglie (1892-1987), em analogia ao comportamento dual onda-partícula da luz, atribuiu propriedades ondulatórias à matéria.

Sendo a constante de Planck $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s, o comprimento de onda de Broglie para um elétron (massa $m = 9,0 \cdot 10^{-31}$ kg) com velocidade de módulo $v = 2,2 \cdot 10^6$ m/s é, aproximadamente:

- A) $3,3 \times 10^{-10}$ m. $\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{9,0 \cdot 10^{-31} \cdot 2,2 \cdot 10^6} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{19,8 \cdot 10^{-25}} = \frac{6,6}{19,8} \cdot 10^{-9} = \frac{2}{3} \cdot 10^{-9} = 0,66 \cdot 10^{-9} = 6,6 \cdot 10^{-10}$ m
 B) $3,3 \times 10^{-9}$ m.
 C) $3,3 \times 10^3$ m.
 D) $3,0 \times 10^9$ m.
 E) $3,0 \times 10^{10}$ m.

3 - (ENEM) O debate a respeito da natureza da luz perdurou por séculos, oscilando entre a teoria corpuscular e a teoria ondulatória. No início do século XIX, Thomas Young, com a finalidade de auxiliar na discussão, realizou o experimento apresentado de forma simplificada na figura. Nele, um feixe de luz monocromática passa por dois anteparos com fendas muito pequenas. No primeiro anteparo há uma fenda e no segundo, duas fendas.



Após passar pelo segundo conjunto de fendas, a luz forma um padrão com franjas claras e escuras.

Com esse experimento, Young forneceu fortes argumentos para uma interpretação a respeito da natureza da luz, baseada em uma teoria

- a) corpuscular, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer dispersão e refração.
 b) corpuscular, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer dispersão e reflexão.
 c) ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer difração e polarização.
 d) ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer interferência e reflexão.
 e) ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer difração e interferência.

4 - (UDESC) Para se chegar à descrição atual sobre a natureza da luz, caracterizada pelo comportamento dual (onda-partícula), houve debates épicos entre propositores e defensores de modelos explicativos divergentes. Sobre a natureza da luz, um dos debates que ficou marcado na história da Ciência envolveu grandes estudiosos, tendo de um lado Isaac Newton e de outro Christiaan Huygens.

Focado no debate Newton-Huygens, relativo à natureza da luz, analise as proposições.

I. Dois aspectos centrais alimentavam o debate entre Newton e Huygens; o primeiro de natureza metodológica e o segundo que envolvia a aceitação ou não do conceito de vácuo e as suas implicações.

II. Newton e Huygens tinham concepções diferentes sobre o espaço físico e a natureza da luz, porém, concordavam que os modelos explicativos para a propagação da luz teriam que ser alcançados a partir de um modelo mecânico.

III. O debate Newton-Huygens ocorreu exclusivamente devido à divergência sobre o conceito de vácuo, mas ambos defendiam a natureza ondulatória da luz.

IV. Assumindo perspectivas teóricas e metodológicas diferentes, Newton propôs uma explicação corpuscular para a luz, enquanto Huygens defendia uma visão ondulatória para a luz.

Assinale a alternativa correta:

- a) Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- b) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- c) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.
- e) Somente a afirmativa IV é verdadeira.



5 - (UFU) A natureza da luz é um assunto que tem estado presente nas discussões de cientistas e filósofos há séculos, principalmente a partir da possibilidade de aplicação de fenômenos luminosos por comportamentos tanto ondulatórios quanto corpusculares. Segundo o princípio da complementaridade, proposto por Niels Bohr em 1928, a descrição ondulatória da luz é complementar à descrição corpuscular, mas não se usa as duas descrições simultaneamente para descrever um determinado fenômeno luminoso. Desse modo, fenômenos luminosos envolvendo a propagação, a emissão e a absorção da luz são explicados ora considerando a natureza ondulatória, ora considerando a natureza corpuscular.

Assinale a alternativa que apresenta um fenômeno luminoso mais bem explicado, considerando-se a natureza corpuscular da luz:

- a) Espalhamento da luz ao atravessar uma fenda estreita.
- b) Interferência luminosa quando feixes luminosos de fontes diferentes se encontram.
- c) Mudança de direção de propagação da luz ao passar de um meio transparente para outro.
- d) Absorção de luz com emissão de elétrons por uma placa metálica.

6) (UFRN) Quando há incidência de radiação eletromagnética sobre uma superfície metálica, elétrons podem ser arrancados dessa superfície e eventualmente produzir uma corrente elétrica. Esse fenômeno pode ser aplicado na construção de dispositivos eletrônicos, tais como os que servem para abrir e fechar portas automáticas. Ao interagir com a superfície metálica, a radiação eletromagnética incidente se comporta como

- A) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
- B) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
- C) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.
- D) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.

7) Cite experimentos que colaboraram para a consideração da luz ser de natureza.

Podendo citar a época e nomes dos cientistas envolvidos.

CORPUSCULAR	ONDULATÓRIA
O cientista envolvido era o Huygens X Os modelos para propagação teriam que ser alcançados a partir de um modelo mecânico.	O cientista envolvido era Newton X A propagação teria que acontecer a partir de um modelo mecânico, com fenômenos luminosos, com propagação e emissão e absorção da luz.

Nome: Lucy Sacramento Pereira da S. nº: 22 06/11/2023

1 - (ENEM) Quando se considera a extrema velocidade com que a luz espalha-se por todos os lados e que, quando vêm de diferentes lugares, mesmo totalmente opostos, os raios luminosos atravessam uns aos outros sem se atrapalharem, compreende-se que, quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala que atravessa o ar, pois certamente isso repugna bastante a essas duas propriedades da luz, principalmente a última.

HUYGENS, C. in: MARTINS, R. A. Tratado sobre a luz, de Cristian Huygens. Caderno de História e Filosofia da Ciência, supl. 4, 1986.

O texto contesta que concepção acerca do comportamento da luz?

- a) O entendimento de que a luz precisa de um meio de propagação, difundido pelos defensores da existência do éter.
 b) O modelo ondulatório para a luz, o qual considera a possibilidade de interferência entre feixes luminosos.
 c) O modelo corpuscular defendido por Newton, que descreve a luz como um feixe de partículas.
 d) A crença na velocidade infinita da luz, defendida pela maioria dos filósofos gregos.
 e) A ideia defendida pelos gregos de que a luz era produzida pelos olhos.

2 - (UFRGS) O físico francês Louis de Broglie (1892-1987), em analogia ao comportamento dual onda-partícula da luz, atribuiu propriedades ondulatórias à matéria.

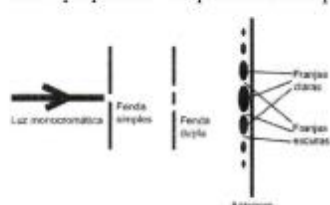
Sendo a constante de Planck $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s, o comprimento de onda de Broglie para um elétron (massa $m = 9,0 \cdot 10^{-31}$ kg) com velocidade de módulo $v = 2,2 \cdot 10^6$ m/s é, aproximadamente:

- A) $3,3 \times 10^{-10}$ m.
 B) $3,3 \times 10^{-9}$ m.
 C) $3,3 \times 10^3$ m.
 D) $3,0 \times 10^2$ m.
 E) $3,0 \times 10^{10}$ m.

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{9,0 \cdot 10^{-31} \cdot 2,2 \cdot 10^6} = \frac{6,6}{19,8} \cdot 10^{-25} = 0,33 \cdot 10^{-9} = 3,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Handwritten calculations:
 $\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{19,8 \cdot 10^{-25}} = \frac{6,6}{19,8} \cdot 10^{-9} = 0,33 \cdot 10^{-9} = 3,3 \cdot 10^{-10}$
 $9,0 \cdot 10^{-31} \cdot 2,2 \cdot 10^6 = 19,8 \cdot 10^{-25}$

3- (ENEM) O debate a respeito da natureza da luz perdurou por séculos, oscilando entre a teoria corpuscular e a teoria ondulatória. No início do século XIX, Thomas Young, com a finalidade de auxiliar na discussão, realizou o experimento apresentado de forma simplificada na figura. Nele, um feixe de luz monocromática passa por dois anteparos com fendas muito pequenas. No primeiro anteparo há uma fenda e no segundo, duas fendas.



Após passar pelo segundo conjunto de fendas, a luz forma um padrão com franjas claras e escuras.

Com esse experimento, Young forneceu fortes argumentos para uma interpretação a respeito da natureza da luz, baseada em uma teoria

- a) corpuscular, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer dispersão e refração.
 b) corpuscular, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer dispersão e reflexão.
 c) ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer difração e polarização. ✓
 d) ondulatória, justificada pelo fato, de no experimento, a luz sofrer interferência e reflexão. ✓
 e) ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer difração e interferência. ✗

4 - (UDESC) Para se chegar à descrição atual sobre a natureza da luz, caracterizada pelo comportamento dual (onda-partícula), houve debates épicos entre propositores e defensores de modelos explicativos divergentes. Sobre a natureza da luz, um dos debates que ficou marcado na história da Ciência envolveu grandes estudiosos, tendo de um lado Isaac Newton e de outro Christiaan Huygens.

Focado no debate Newton-Huygens, relativo à natureza da luz, analise as proposições.

I. Dois aspectos centrais alimentavam o debate entre Newton e Huygens; o primeiro de natureza metodológica e o segundo que envolvia a aceitação ou não do conceito de vácuo e as suas implicações.

II. Newton e Huygens tinham concepções diferentes sobre o espaço físico e a natureza da luz, porém, concordavam que os modelos explicativos para a propagação da luz teriam que ser alcançados a partir de um modelo mecânico.

III. O debate Newton-Huygens ocorreu exclusivamente devido à divergência sobre o conceito de vácuo, mas ambos defendiam a natureza ondulatória da luz.

IV. Assumindo perspectivas teóricas e metodológicas diferentes, Newton propôs uma explicação corpuscular para a luz, enquanto Huygens defendia uma visão ondulatória para a luz.

Assinale a alternativa correta:

- a) Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- b) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- c) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.
- e) Somente a afirmativa IV é verdadeira.

5 - (UFU) A natureza da luz é um assunto que tem estado presente nas discussões de cientistas e filósofos há séculos, principalmente a partir da possibilidade de aplicação de fenômenos luminosos por comportamentos tanto ondulatórios quanto corpusculares. Segundo o princípio da complementaridade, proposto por Niels Bohr em 1928, a descrição ondulatória da luz é complementar à descrição corpuscular, mas não se usa as duas descrições simultaneamente para descrever um determinado fenômeno luminoso. Desse modo, fenômenos luminosos envolvendo a propagação, a emissão e a absorção da luz são explicados ora considerando a natureza ondulatória, ora considerando a natureza corpuscular. Assinale a alternativa que apresenta um fenômeno luminoso mais bem explicado, considerando-se a natureza corpuscular da luz:

- a) Espalhamento da luz ao atravessar uma fenda estreita.
- b) Interferência luminosa quando feixes luminosos de fontes diferentes se encontram.
- c) Mudança de direção de propagação da luz ao passar de um meio transparente para outro.
- d) Absorção de luz com emissão de elétrons por uma placa metálica.

6) (UFRN) Quando há incidência de radiação eletromagnética sobre uma superfície metálica, elétrons podem ser arrancados dessa superfície e eventualmente produzir uma corrente elétrica. Esse fenômeno pode ser aplicado na construção de dispositivos eletrônicos, tais como os que servem para abrir e fechar portas automáticas. Ao interagir com a superfície metálica, a radiação eletromagnética incidente se comporta como

- A) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
- B) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
- C) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.
- D) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.

7) Cite experimentos que colaboraram para a consideração da luz ser de natureza.

Podendo citar a época e nomes dos cientistas envolvidos.

CORPUSCULAR	ONDULATÓRIA

Nome: Gabriel de Oliveira nº: 10 06/11/2023

1 - (ENEM) Quando se considera a extrema velocidade com que a luz espalha-se por todos os lados e que, quando vêm de diferentes lugares, mesmo totalmente opostos, os raios luminosos atravessam uns aos outros sem se atrapalharem, compreende-se que, quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala que atravessa o ar, pois certamente isso repugna bastante a essas duas propriedades da luz, principalmente a última.

HUYGENS, C. in: MARTINS, R. A. Tratado sobre a luz, de Christian Huygens. Caderno de História e Filosofia da Ciência, supl. 4, 1986.

O texto contesta que concepção acerca do comportamento da luz?

- a) O entendimento de que a luz precisa de um meio de propagação, difundido pelos defensores da existência do éter.
 b) O modelo ondulatório para a luz, o qual considera a possibilidade de interferência entre feixes luminosos.
 c) O modelo corpuscular defendido por Newton, que descreve a luz como um feixe de partículas.
 d) A crença na velocidade infinita da luz, defendida pela maioria dos filósofos gregos.
 e) A ideia defendida pelos gregos de que a luz era produzida pelos olhos.

2 - (UFRGS) O físico francês Louis de Broglie (1892-1987), em analogia ao comportamento dual onda-partícula da luz, atribuiu propriedades ondulatórias à matéria.

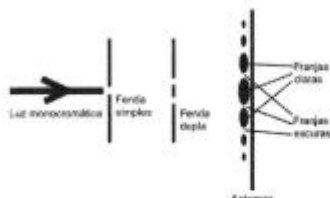
Sendo a constante de Planck $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s, o comprimento de onda de Broglie para um elétron (massa $m = 9,0 \cdot 10^{-31}$ kg) com velocidade de módulo $v = 2,2 \cdot 10^6$ m/s é, aproximadamente:

- A) $3,3 \times 10^{-10}$ m.
 B) $3,3 \times 10^{-9}$ m.
 C) $3,3 \times 10^3$ m.
 D) $3,0 \times 10^9$ m.
 E) $3,0 \times 10^{10}$ m.

$$6,6 \cdot 10^{-34} = \frac{h}{9,0 \cdot 10^{-31} \cdot 2,2 \cdot 10^6}$$

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

3 - (ENEM) O debate a respeito da natureza da luz perdurou por séculos, oscilando entre a teoria corpuscular e a teoria ondulatória. No início do século XIX, Thomas Young, com a finalidade de auxiliar na discussão, realizou o experimento apresentado de forma simplificada na figura. Nele, um feixe de luz monocromática passa por dois anteparos com fendas muito pequenas. No primeiro anteparo há uma fenda e no segundo, duas fendas.



Após passar pelo segundo conjunto de fendas, a luz forma um padrão com franjas claras e escuras.

Com esse experimento, Young forneceu fortes argumentos para uma interpretação a respeito da natureza da luz, baseada em uma teoria

- a) corpuscular, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer dispersão e refração.
 b) corpuscular, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer dispersão e reflexão.
 c) ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer difração e polarização.
 d) ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer interferência e reflexão.
 e) ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer difração e interferência.

4 - (UDESC) Para se chegar à descrição atual sobre a natureza da luz, caracterizada pelo comportamento dual (onda-partícula), houve debates épicos entre propositores e defensores de modelos explicativos divergentes. Sobre a natureza da luz, um dos debates que ficou marcado na história da Ciência envolveu grandes estudiosos, tendo de um lado Isaac Newton e de outro Christiaan Huygens.

Focado no debate Newton-Huygens, relativo à natureza da luz, analise as proposições.

I. Dois aspectos centrais alimentavam o debate entre Newton e Huygens; o primeiro de natureza metodológica e o segundo que envolvia a aceitação ou não do conceito de vácuo e as suas implicações.

II. Newton e Huygens tinham concepções diferentes sobre o espaço físico e a natureza da luz, porém, concordavam que os modelos explicativos para a propagação da luz teriam que ser alcançados a partir de um modelo mecânico.

III. O debate Newton-Huygens ocorreu exclusivamente devido à divergência sobre o conceito de vácuo, mas ambos defendiam a natureza ondulatória da luz.

IV. Assumindo perspectivas teóricas e metodológicas diferentes, Newton propôs uma explicação corpuscular para a luz, enquanto Huygens defendia uma visão ondulatória para a luz.

Assinale a alternativa correta:

- a) Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
 b) Somente a afirmativa III é verdadeira.
 c) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
 d) Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.
 Somente a afirmativa IV é verdadeira.

5 - (UFU) A natureza da luz é um assunto que tem estado presente nas discussões de cientistas e filósofos há séculos, principalmente a partir da possibilidade de aplicação de fenômenos luminosos por comportamentos tanto ondulatórios quanto corpusculares. Segundo o princípio da complementaridade, proposto por Niels Bohr em 1928, a descrição ondulatória da luz é complementar à descrição corpuscular, mas não se usa as duas descrições simultaneamente para descrever um determinado fenômeno luminoso. Desse modo, fenômenos luminosos envolvendo a propagação, a emissão e a absorção da luz são explicados ora considerando a natureza ondulatória, ora considerando a natureza corpuscular. Assinale a alternativa que apresenta um fenômeno luminoso mais bem explicado, considerando-se a natureza corpuscular da luz:

- a) Espalhamento da luz ao atravessar uma fenda estreita.
 Interferência luminosa quando feixes luminosos de fontes diferentes se encontram.
 c) Mudança de direção de propagação da luz ao passar de um meio transparente para outro.
 d) Absorção de luz com emissão de elétrons por uma placa metálica.

6) (UFRN) Quando há incidência de radiação eletromagnética sobre uma superfície metálica, elétrons podem ser arrancados dessa superfície e eventualmente produzir uma corrente elétrica. Esse fenômeno pode ser aplicado na construção de dispositivos eletrônicos, tais como os que servem para abrir e fechar portas automáticas. Ao interagir com a superfície metálica, a radiação eletromagnética incidente se comporta como

- A) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
 B) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
 C) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.
 onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.

7) Cite experimentos que colaboraram para a consideração da luz ser de natureza. Podendo citar a época e nomes dos cientistas envolvidos.

CORPUSCULAR	ONDULATÓRIA
Niels Bohr 1928	Séc XIX Thomas Young
Newton	Niels Bohr 1928

11.3. ANEXO C – Questionário sobre o Júri simulado aplicado em 2023 na escola B

Questionário sobre o Júri Simulado

Nome: Bruna Deyote

1. Comente sobre a atividade proposta, se achou proveitosa e o que mais gostou ou menos gostou.

Foi uma boa proposta que nos obrigou a pesquisar e entender sobre o assunto que estávamos apresentando além de que assistir as outras explicações também ajudou a entender as outras teorias. Os experimentos ajudaram a entender as outras teorias. Os experimentos ajudaram a entender também a ilustrar e organizar as ideias que a teoria propunha. Além de que quem interpretou profissões, como os advogados, conseguiu entender melhor o funcionamento delas.

2. Você acha que a atividade ajudou a entender melhor o conteúdo?

Sim, me fez com que pesquisasse mais a fundo o conteúdo e depois também me auxiliou nas aulas já que se tornou um tópico mais memorável.

3. O que mudaria na atividade para torná-la melhor?

Alguns dos personagens acabam por ter mais trabalho do que outros, seria mais interessante que personagens como o juiz elaborasse o próprio texto ou que escrevessem algum relatório ao final para equalizar os esforços.

Questionário sobre o Júri SimuladoNome: Isabela de Santi

1. Comente sobre a atividade proposta, se achou proveitosa e o que mais gostou ou menos gostou.

Eu achei a atividade super criativa, juntou áreas de trabalho (física e direito)

achei proveitosa sim, pois fez os alunos usarem a cabeça para exercer papéis e julgar.

Não gostei da exposição com outros salas!

2. Você acha que a atividade ajudou a entender melhor o conteúdo?

Sim, acho, foi que se fez uso de estudos para explicar na aula.

3. O que mudaria na atividade para torná-la melhor?

Disponibilidade maior de estudos, um apoio maior tanto sobre experimentista quanto da matéria.

Questionário sobre o Júri SimuladoNome: João Gabriel

1. Comente sobre a atividade proposta, se achou proveitosa e o que mais gostou ou menos gostou.

Achei a atividade proveitosa, gostei da forma de tribunal para discutir duas ideias contrárias, organização das falas, melhor que um debate entre a sala. Não gostei do plateia, tive no hero de expor meus argumentos por causa disso.

2. Você acha que a atividade ajudou a entender melhor o conteúdo?

Sim, pude me aprofundar melhor nas duas ideias e conheci alguns pontos que normalmente são esquecidos ou pouco lembrados.

3. O que mudaria na atividade para torná-la melhor?

Sem plateia, principalmente para pessoas mais tímidas atrapalha ter pessoas de fora do sala, que não estão acostumadas, e assim falar, pressão.

Questionário sobre o Júri SimuladoNome: Picardo F. da S.

1. Comente sobre a atividade proposta, se achou proveitosa e o que mais gostou ou menos gostou.

- Foi de bom proveito, contribuindo para o aprendizado de forma dinâmica, tornando a matéria mais interessante.

2. Você acha que a atividade ajudou a entender melhor o conteúdo?

- De forma geral sim, haja vista que houve a necessidade de pesquisar o conteúdo para a apresentação de argumentos e realização do debate.

3. O que mudaria na atividade para torná-la melhor?

- Aumentaria um número maior de jurados se fosse possível.