

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA-POLO UFC**

CARLOS EDUARDO DE FARIAS ARAÚJO

**APLICAÇÃO DE JOGOS NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E
CONTEMPORÂNEA: UMA ALTERNATIVA DIDÁTICA POTENCIALIZANDO O
APRENDIZADO NO ENSINO MÉDIO**

FORTALEZA

2018

CARLOS EDUARDO DE FARIAS ARAÚJO

APLICACÃO DE JOGOS NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA:
UMA ALTERNATIVA DIDÁTICA POTENCIALIZANDO O APRENDIZADO NO
ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará (UFC) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Carlos Alberto Santos de Almeida.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A688a Araújo, Carlos Eduardo de Farias.

Aplicação de jogos no ensino de Física Moderna e Contemporânea : uma alternativa didática potencializando o aprendizado no ensino médio / Carlos Eduardo de Farias Araújo. – 2018.

116 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Fortaleza, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Santos de Almeida.

1. Jogos no ensino de Física. 2. Física Moderna. 3. Física Contemporânea - ensino médio.
I. Título.

CDD 530.07

CARLOS EDUARDO DE FARIAS ARAÚJO

APLICACÃO DE JOGOS NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA:
UMA ALTERNATIVA DIDÁTICA POTENCIALIZANDO O APRENDIZADO NO
ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará (UFC) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Alberto Santos de Almeida (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Ramos Gonçalves
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Fernando Wellysson de Alencar Sobreira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

*“Não existe mundo quântico. Existe apenas uma descrição física abstrata.
É errado pensar que o dever da física é descobrir como a natureza é.
Física é aquilo que nós podemos dizer sobre a natureza.”*

Niels Bohr

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, aos meus colegas de profissão, à todos os professores de física, que lutam diariamente para garantir que os alunos recebam o que há de melhor em educação e, não menos importante, aos meus caros alunos.

AGRADECIMENTOS

É com muito entusiasmo e satisfação que agradeço a todos que estiveram presentes neste período de mestrado. Obrigado aos meus pais, Raimundo Nonato de Araújo e Maria Socorro de Farias Araújo, que sempre me deram apoio e força durante toda minha vida e, principalmente, neste processo; sem eles nada disso seria consolidado. Agradeço também aos professores Marcos Haroldo Dantas Norões e Jean Carlos Gomes Rabelo, que me motivaram a cursar Física diante de um leque enorme de opções, ao professor, Dr. , que entendeu minha situação de conciliar trabalho e estudo e me ajudou participando da banca examinadora deste trabalho, ao meu colega de trabalho Marcelo Pena de Souza. Um obrigado, não menos importante, a todos os meus amigos. Não me atrevo a escrever o nome de todos, pois a magnitude da lista seria enorme e o esquecimento de algum poderia ser injusto. Agradeço à vários professores de física, alguns que nem conheço pessoalmente, que ajudaram respondendo questionários para este trabalho, pois, de certo modo, me estimulou bastante para a execução do mesmo. Por fim, meu agradeço imensamente à Jessika Yanne e Don, por simplesmente existirem na minha vida.

RESUMO

Nesta dissertação, foi pensado um método de ensino de física moderna diferente do padrão utilizado no Brasil. Após constatar que muitos alunos acham tal área de conhecimento tediosa, idealizou-se um modelo de jogo de tabuleiro que tem como função buscar alternativas para explicar o mundo quantizado, auxilia na memorização de alguns termos e, acima de tudo, traz analogias e situações semelhantes durante a aplicação visando otimizar o aprendizado em questão.

O produto educacional, Quantopoly, foi o resultado deste trabalho: divertido, envolvente e educativo. Esta é uma possível solução, dentre várias, de trazer o gosto pelos estudos aos jovens e estudantes de ensino médio. O trabalho contém todos os passos para aplicação e resultados da aplicação expondo as vantagens obtidas e as dificuldades encontradas durante o processo. Além de tudo, o jogo trabalha várias habilidades cognitivas, econômicas, sociais, educacionais e outras.

O trabalho foi fundamentado na teoria de aprendizagem baseada em jogos discutida por Wallon, Huizinga e Chateau, apresentado na forma de uma sequência de ensino aplicada aos alunos de ensino médio do colégio Farias Brito, Fortaleza-CE.

Palavras-chaves: Física Moderna; Quantização; Quantopoly; Jogos para ensino de física.

ABSTRACT

In this dissertation, a method of teaching different modern physics was devised of the standart used in Brazil. After noting that many students find such a tedious area of knowledge, we devised a game model of how to find alternatives to explain the world helps to memorize certain terms and, above all, analogies and similar situations during the application in order to optimize the learning in question.

The educational product, Quantopoly, was the result of this work: fun, engaging and educational. This is a possible solution, among many, of bringing the taste for studies to young people and students of average education. This work in all steps to apply and results of the application by exposing the advantages obtained and the difficulties encountered during the process. In addition, the game works with various skills like cognitive, economic, social, educational and other.

This work was based on the theory of learning based on games discussed by Wallon, Huizinga and Chateau, presented in the form of a teaching sequence applied to middle school students Farias Brito, Fortaleza-CE.

Keywords: Modern physics; Quantization; Quantopoly; Games for teaching physics.

Lista de Figuras

2.1	A primeira parte da pesquisa revela uma divisão homogênea nas respostas que seguirão. Quase metade dos professores que responderam tal questionário trabalham na rede pública. . . .	20
2.2	A maioria dos professores que foram abordados possui formação em física.	21
2.3	Dois terços dos professores sentem que a preparação da universidade para a aplicação em sala de aula não foi eficiente. Alguns buscaram por fora conhecimentos e técnicas para aprimorar este tema.	22
2.4	Este resultado mostra que o problema não está localizado totalmente nos professores. Existem outros fatores como tempo e condições apropriadas para abordar FMC em sala de aula. .	23
2.5	Percebe-se que a maior parte dos professores não lecionam FMC nas escolas atualmente.	24
2.6	A pesquisa ainda revelou que grande parte dos alunos já possui o interesse no tema.	25
2.7	A dificuldade foi revelada por boa parte dos professores quando questionados. Em pesquisa verbal com alguns, o principal fator é a falta de condições das escolas por conta da ausência deste tema em vestibulares	26
2.8	A maior parte dos professores revelou que existe interesse por parte deles em trabalhar o tema através de métodos alternativos.	27
2.9	Quando questionados, muitos não acreditam que este tema retornará ao exame nacional do ensino médio.	28
5.1	Disposição dos alunos e tabuleiro durante a aplicação do produto.	40
5.2	Tabuleiro posicionado.	41
5.3	Aplicação do questionário pós-jogo.	42

5.4	Resposta de aluno 1.	43
5.5	Resposta de aluno 2.	43
5.6	Resposta de aluno 3.	43
A.1	Costas das cartas apoio pedagógico. Imprima 6 páginas e, no verso destas, re-imprima as cartas de apoio pedagógico de 1 até 6.	52
A.2	Apoio pedagógico 1. Efeito fotoelétrico e efeito compton. . .	53
A.3	Apoio pedagógico 2. Radiação do corpo negro e modelo padrão.	54
A.4	Apoio pedagógico 3. Fissão e Fusão.	55
A.5	Apoio pedagógico 4. Radiação e partículas alfa e beta.	56
A.6	Apoio pedagógico 5. Dualidade onda-partícula e princípio da incerteza.	57
A.7	Costas das cartas perguntas. Imprima 3 folhas desta e utilize-as para a impressão das cartas perguntas.	58
A.8	Sessão 1 de cartas perguntas.	59
A.9	Sessão 2 de cartas perguntas.	60
A.10	Sessão livre de cartas perguntas. Estas cartas podem ser utilizadas para que o professor insira a pergunta achar conveniente no jogo.	61
A.11	Costas cartas Sorte/Revés. Imprima uma folha e utilize nas costas das cartas Sorte/Revés.	62
A.12	Conjunto de cartas Sorte/Revés.	63
A.13	Costas das cartas propriedades. Imprima 3 desta e utilize como as costas das cartas propriedades.	64
A.14	Sessão 1 de cartas propriedades.	65
A.15	Sessão 2 de cartas propriedades.	66
A.16	Sessão 3 de cartas propriedades.	67
A.17	Cédulas em joules. Imprima a quantidade necessária para compor o número de cédulas indicada no manual do jogador. É aconselhado que baixe o arquivo no link anterior. Nele estão contidos arquivos prontos para a impressão das cédulas separadas por valores.	68
A.18	Tabuleiro em versão reduzida. Ao imprimir, é aconselhável que utilize duas folhas tamanho A3. Divida o tabuleiro ao meio de forma que cada metade se encontre em uma folha. . .	69
A.19	Detalhes nas cédulas de energia referentes ao cientista home-nageado e à unidades no SI (J).	78
A.20	Tabuleiro utilizado para atuação dos participantes.	79
A.21	Modelos das outras Ccdulas.	80

A.22	Cartas de Quantização.	86
C.1	Superfície de um corpo cinza, ou seja, sistema não considerado corpo negro.	90
C.2	Superfície de um sistema bem polido ou espelhado.	91
C.3	Representação da superfície de um corpo negro.	92
C.4	Esquema teórico para o estudo do corpo negro.	92
C.5	Radiância por comprimento de onda.	94
C.6	Representação da catástrofe do ultravioleta.	95
C.7	Modelo simplificado do experimento de Hertz.	96
C.8	Explicação da condução de corrente elétrica no experimento de Hertz.	97
C.9	Fótons incidindo em uma superfície metálica e ejetando os elétrons.	97
C.10	Corrente de saturação e potencial de corte.	98
C.11	relação linear entre d.d.p e frequência.	99
C.12	Portas automáticas utilizando o efeito fotoelétrico.	100
C.13	Difração de raio x.	101
C.14	Efeito Compton: intensidade do fóton desviado em relação ao comprimento de onda.	102
C.15	Modelo de colisão entre elétron e fóton proposto por Compton.	102
C.16	Produção de raio-x.	104
C.17	Elétron desacelerado emitindo fóton.	104
C.18	Preparação do Laser.	107
C.19	Esquema pictórico do princípio da incerteza.	108
C.20	Espectro do hidrogênio.	109
C.21	Modelo do átomo de Bohr.	110
C.22	Trajetória do elétron caso emitisse radiação a todo instante.	111
C.23	Níveis de energia do átomo de hidrogênio e as várias séries de emissão. Cada nível de energia corresponde à energia associada ao movimento de um elétron numa órbita, como postulado por Bohr.	112

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
2	A proposta	19
2.1	Justificativa	19
2.2	Objetivos	29
3	Fundamentação teórico-pedagógico	30
3.1	Aprendizagem baseado nos jogos	30
3.2	Jogos Educacionais	32
4	Metodologia	34
4.1	Público Alvo	34
4.2	Sequência Didática	34
4.2.1	Pré-aplicação: Aulas de Física moderna	35
4.2.2	Apresentação e Motivação para o jogo	36
4.2.3	Formas de aplicações	36
4.2.4	Avaliação individual	38
5	Resultados da aplicação	39
5.0.5	Resultado da avaliação individual	41
6	Considerações finais	44
A	Produto Educacional: Quantopoly	46
A.1	Introdução	48
A.2	Jogos na educação	48
A.3	Montagem	51
A.4	Itens do jogo	70
A.5	Preparação do jogo	70
A.6	Manual do Jogo	71

A.7	A Física do Quantopoly	77
A.7.1	A moeda movimentada na natureza se chama energia!	77
A.7.2	Cartas de perguntas do jogo	77
A.7.3	Cartas de ação do jogo	82
A.7.4	Cartas de Propriedades	84
A.7.5	Cartas de Quantização	85
B	Questionário pós jogo	87
C	Material de apoio ao professor	89
C.1	Primórdios da quântica	89
C.2	O corpo negro	91
C.2.1	A Catástrofe do Ultravioleta	95
C.3	Efeito fotoelétrico	96
C.4	O fóton	99
C.4.1	Espalhamento Compton	101
C.4.2	Raios X	103
C.4.3	Fluorescência	105
C.4.4	Fosforescência	105
C.4.5	Laser	105
C.5	A hipótese de de Broglie	106
C.6	Princípio da incerteza	107
C.7	Espectros atômicos	108
C.7.1	O átomo de Bohr	110

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

É notório o empenho de todos os fundadores, professores e participantes do projeto MNPEF em tornar mais eficaz a abordagem da Física moderna e contemporânea (FMC) em nível médio. Conforme foi observado por Aline D’Agostin [1, 2008] em pesquisa de mestrado, que investigou como os professores de Física respondem à solicitação dos documentos oficiais e da Secretaria de Educação sobre o ensino dos conteúdos de FMC no Ensino Médio (EM), que a Física ensinada na maioria das instituições desse nível de escolaridade se resume à Física Clássica. Fatores como a insegurança para ensinar conteúdos de FMC devido à falta de conhecimento apontam para a realidade de uma formação inadequada tanto nos cursos de Licenciatura quanto nas oportunidades de formação continuada. Outras duas barreiras são: tempo e maneiras de prender a atenção do aluno nestes assuntos.

Na perspectiva de se capacitar professores de Física, o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) tem como um dos objetivos, “a melhoria da qualificação profissional de professores de Física em exercício na Educação Básica visando tanto ao desempenho do professor no exercício de sua profissão como ao desenvolvimento de técnicas e produtos para a aprendizagem de Física” (SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, 2015, p. 1).

Novas abordagens de ensino também têm surgido na tentativa de minimizar as dificuldades dos professores e despertar maior interesse dos alunos para o estudo da Física de forma geral. Dentre elas destacam-se as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), sequências didáticas elaboradas com base na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel ([2, p. 43, 2011], a qual têm se demonstrado eficiente também na abordagem da FMC em nível médio.

Diante desse quadro se apoiou a questão central da presente pesquisa de mestrado: Qual intervenção didática sobre temas da FMC, por meio de unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS) pode ter relevância para o ensino de Física em nível médio?

O questionamento acima constitui a base para a hipótese de que a utilização de UEPS no estudo da FMC em nível médio poderá facilitar o ensino do professor, bem como ajudá-lo a desmistificar o pensamento de incapacidade didática para abordar a FMC nesse nível. Neste sentido, neste trabalho foi coletado e formatado um conjunto de informações sobre o tema. O objetivo geral é descrever o desenvolvimento de uma possível solução para o caso: a criação uma ferramenta para melhorar o ensino de Física moderna e contemporânea no ensino médio. Mais especificamente, objetivou-se elaborar um produto educacional constituído por duas UEPS para o estudo dos temas Física moderna e contemporânea e analisar os resultados da sua aplicação, assim como sua potencialidade na perspectiva de outros professores de Física.

Já os objetivos específicos são (i) Desenvolver e analisar a implementação das UEPS do ponto de vista do professor, e (ii) analisar a percepção e reação dos alunos, não sobre os resultados de implementação, mas das UEPS elaboradas.

Na composição das UEPS de Física moderna e contemporânea se valeu de estratégias diferenciadas como aplicações de jogos no ensino de Física visando fixar, de forma lúdica, os temas abordados em sala de aula. O produto educacional (Apêndice A) como um todo foi pensado e elaborado com foco no compartilhamento de significados, proposto na relação triádica professor-material educativo-aluno da Teoria de Gowin (1981), a qual defende que em uma situação de ensino, o professor, utilizando materiais educativos do currículo, atua de maneira intencional para mudar significados da experiência do aluno [3, p. 7, 2008].

No segundo capítulo dessa dissertação será dado destaque à proposta, expondo uma justificativa e objetivos do trabalho. O capítulo três apresenta o embasamento teórico-pedagógico da aplicação de jogos voltados para o ensino de Física.

No capítulo quatro encontra-se a metodologia trabalhada nesta dissertação. Seguindo no capítulo cinco com os resultados da aplicação do produto educacional.

O capítulo seis traz as considerações finais.

Capítulo 2

A proposta

2.1 Justificativa

O crescente descontentamento de grande parte dos professores de Física, do ensino médio, público e privado, com a carência de alguns conteúdos nas avaliações de ingressos nas universidades, por meio do ENEM, assim como a ausência de tempo hábil para trabalhar temas como Física moderna e contemporânea acabam desmotivando-os e muitos deixam de abordar tais assuntos em sala de aula.

Uma pesquisa, através da plataforma google/forms, foi realizada com diversos professores de Física, 57 para ser mais preciso, do estado do Ceará com o intuito de analisar o quadro do ensino de física moderna e contemporânea no Ceará, mais precisamente em Fortaleza. O alvo das perguntas é verificar se os professores estão ensinando FMC, como estão fazendo isso e se existe aceitação, por parte dos professores, em trabalhar métodos alternativos para o ensino deste tema. O resultado da pesquisa revelou que muitos professores sentem dificuldades quando se deparam com o cenário atual.

O problema se agrava quando somamos a este cenário a dificuldade de encontrar materiais didáticos voltados para este tema com uma abordagem que consiga trazer o aluno e conseguir, por meios mais interativos do que os convencionais, possibilitar momentos de lazer e aprendizagem simultaneamente.

Quando se fala de Física moderna e contemporânea, o aluno do ensino médio, sem muita instrução, imagina um conteúdo muito distante da sua realidade. Além disso, imagina um grau de matemática muito abstrato, embora o interesse nesta área é percebido na maioria deles. Quem não quer entender um pouco sobre quântica?

Você é professor da rede pública ou privada?

57 respostas

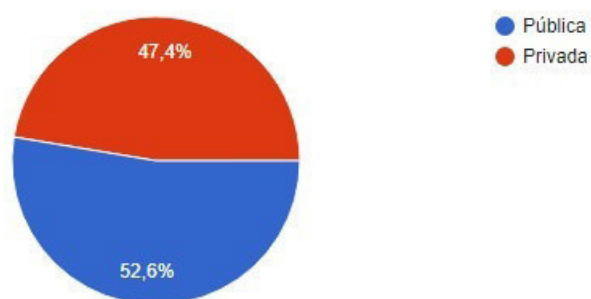


Figura 2.1: A primeira parte da pesquisa revela uma divisão homogênea nas respostas que seguirão. Quase metade dos professores que responderam tal questionário trabalham na rede pública.

Você é formado em física (Licenciatura ou Bacharelado)?

57 respostas



Figura 2.2: A maioria dos professores que foram abordados possui formação em física.

Você acha que seu curso de graduação foi satisfatório quanto ao ensino de física moderna e contemporânea?

57 respostas

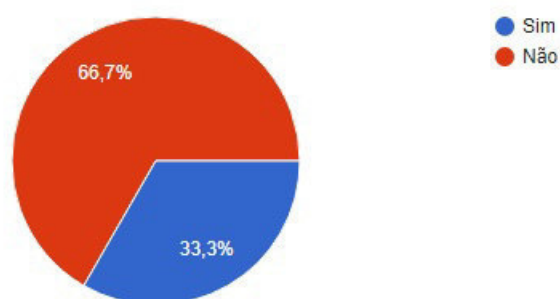


Figura 2.3: Dois terços dos professores sentem que a preparação da universidade para a aplicação em sala de aula não foi eficiente. Alguns buscaram por fora conhecimentos e técnicas para aprimorar este tema.

Fazendo uma auto avaliação rápida, você acredita ter conhecimento básico para lecionar uma aula, adequada ao ensino médio, sobre física moderna e contemporânea?

57 respostas

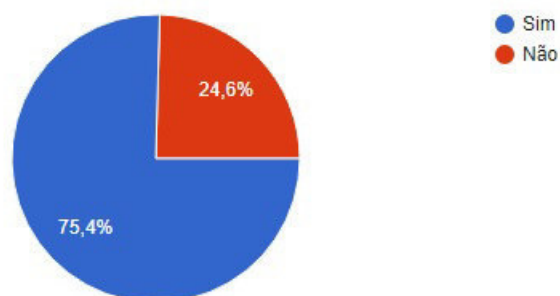


Figura 2.4: Este resultado mostra que o problema não está localizado totalmente nos professores. Existem outros fatores como tempo e condições apropriadas para abordar FMC em sala de aula.

Você leciona física moderna e contemporânea no ensino médio atualmente?

57 respostas

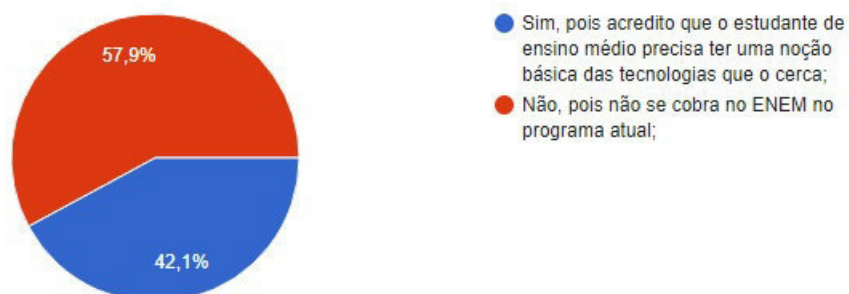


Figura 2.5: Percebe-se que a maior parte dos professores não lecionam FMC nas escolas atualmente.

Você percebe o interesse do aluno nestes conteúdos?

57 respostas

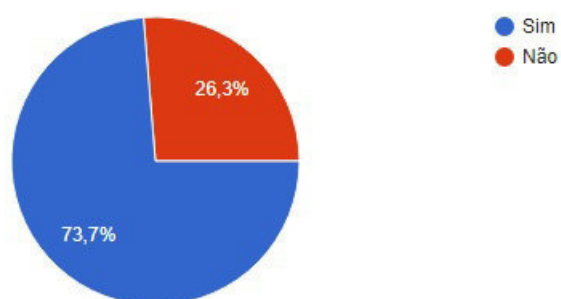


Figura 2.6: A pesquisa ainda revelou que grande parte dos alunos já possui o interesse no tema.

Encontra dificuldades para ensinar física moderna e contemporânea devido a ausência de base na física clássica?

57 respostas

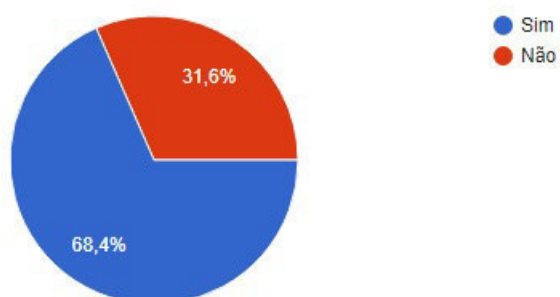


Figura 2.7: A dificuldade foi revelada por boa parte dos professores quando questionados. Em pesquisa verbal com alguns, o principal fator é a falta de condições das escolas por conta da ausência deste tema em vestibulares

Se você tivesse tempo hábil, acharia interessante utilizar métodos alternativos para o ensino de física moderna e contemporânea durante suas aulas de ensino médio; como jogos de tabuleiro ou outros?

57 respostas

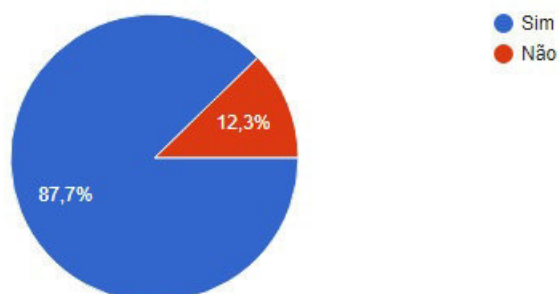


Figura 2.8: A maior parte dos professores revelou que existe interesse por parte deles em trabalhar o tema através de métodos alternativos.

Com a reforma do ensino médio que está por vir, você acredita que a física moderna e contemporânea retornará às salas de aulas com mais intensidade?

57 respostas

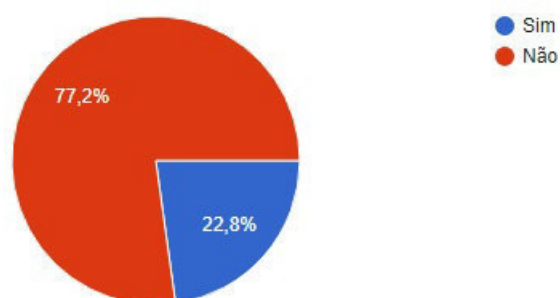


Figura 2.9: Quando questionados, muitos não acreditam que este tema retornará ao exame nacional do ensino médio.

O MNPEF está avançando a passos largos na produção de materiais com esta temática. Esta dissertação tem o propósito de discutir com os estudantes diversas maneiras de trabalhar analogias do mundo quântico com o macroscópico, quando possível, pois algumas situações dificilmente permitem paralelos. O caminho utilizado para este fim foi a adaptação de um jogo extremamente difundido, banco imobiliário, para o ensino de Física moderna e contemporânea tendo como proposta apresentar, de forma lúdica, um pouco da teoria do efeito fotoelétrico, modelos atômicos, modelo padrão, fissão e fusão nuclear, radiação do corpo negro, princípio da incerteza e outros.

2.2 Objetivos

Os principais objetivos deste trabalho são:

- Por meio dos jogos educacionais, aplicados dentro ou fora da sala de aula, despertar o interesse e a motivação dos estudantes para conhecer o básico de Física Moderna e Contemporânea.
- Promover uma metodologia ativa, baseada em jogos educacionais, para aprendizagem dos conceitos de Física relacionados à Física Moderna e Contemporânea.
- Fazer com que o estudante alvo saiba interpretar o conceito de quantização de energia e tomar conhecimento de alguns modelos atômicos, como o modelo de Bohr, pois através destes modelos pode-se ter noção da estrutura das coisas ao seu redor. Conhecer brevemente o funcionamento do mundo quântico fazendo paralelos lúdicos com a nossa sociedade.
- Descrever o produto educacional elaborado, que se encontra no Apêndice A.

Capítulo 3

Fundamentação teórico-pedagógico

3.1 Aprendizagem baseado nos jogos

A aprendizagem baseada nos jogos, é uma atividade que desperta o interesse do aluno, sobre o conteúdo através da participação coletiva, da competição e da emoção sempre presentes durante o jogo.

Huizinga, assim se expressa sobre o jogo:

Mesmo em suas formas mais simples, ao nível animal, o jogo é mais do que um fenômeno fisiológico ou um reflexo psicológico. Ultrapassa os limites da atividade puramente Física ou biológica. É uma função significativa, isto é, encerra um determinado sentido. No jogo existe alguma coisa “em jogo” que transcende as necessidades imediatas da vida e confere um sentido à ação.[4, p. 5]

Os jogos trazem para o ambiente escolar, um espaço para o aluno, uma preparação para as atividades mais sérias que a vida vai exigir mais tarde. Simula situações de regras pré-estabelecidas e que o jogador vai ganhar ou perder com o único compromisso de aprender.

Para Galvão (1999),

Uma visão academicista, considera que a criança só aprende se estiver parada, sentada e concentrada. Se lembrarmos das características da atividade infantil, veremos que isso não é verdade, pois o movimento (sobretudo em sua dimensão tônico-postural)

mantém uma relação estreita com a atividade intelectual. O papel do movimento como instrumento para expressão do pensamento é mais evidente na criança pequena, cujo funcionamento mental é projetivo (o ato mental projeta-se em atos motores) mas é presente também nas crianças mais velhas e mesmo no adulto. Sendo o movimento fator implicado ativamente no funcionamento intelectual, a imposição de imobilidade por parte da escola pode ter efeito contrário sobre a aprendizagem, funcionando como um obstáculo.[5, 1999, p.111]

Os jogos educacionais forçam os estudantes a realizar uma atividade lúdica e social com conteúdo acadêmico. Traz para o mundo da ficção um ambiente real e trata-se de um material pedagógico que motiva o interesse pela aprendizagem e desperta o senso crítico. O jogo é uma atividade voluntária e espontânea com a possibilidade de errar uma etapa e podendo ganhar a partida. Mesmo perdendo a partida estimula uma nova oportunidade de jogar como parte do processo de ensino-aprendizagem. [10, 1999, p.111].

Chateau (1987), define o jogo como um recurso:

Altamente benéfico, muitas vezes não é possível trazer em sala de aula aspectos realísticos espaciais e temporais, fazendo com que os alunos desenvolvam as potencialidades virtuais e preparando melhor para um mundo real.[7, 1987, p.135]

O jogo como recurso didático pode ser utilizado para introduzir um conceito novo, para aprofundar um determinado assunto ou para concluí-la. Nesse trabalho, o jogo foi utilizado para facilitar o processo de ensino-aprendizagem dentro de uma sequência didática preparada pelo professor e fazer a avaliação da aprendizagem.

Segundo Fortuna (2000),

Uma aula ludicamente inspirada não é, necessariamente, aquela que ensina conteúdos com jogos, mas aquela em que as características do brincar estão presentes, influenciando no modo de ensinar do professor, na seleção dos conteúdos, no papel do aluno. Nesta sala de aula convive-se com a aleatoriedade, com o imponderável; o professor renuncia à centralização, à onisciência e ao controle onipotente e reconhece a importância de que o aluno tenha uma postura ativa nas situações de ensino, sendo sujeito de

sua aprendizagem; a espontaneidade e a criatividade são constantemente estimuladas.[8, 2000, p.9]

As atividades com jogos, permitem ao professor conhecer melhor o aluno e a classe em comportamentos, atitudes, identificar as dificuldades de aprendizagem e recuperar as habilidades.

A diferenciação entre o lúdico e jogos, segundo Kishimoto [9, 1996] se aplica quando os jogos com fins pedagógicos (didáticos) e educacionais justificam o nome lúdico com o objetivo de facilitar o processo de ensino-aprendizagem.

Rocha (2014), aponta distinção entre os jogos didáticos e os educacionais. O primeiro visa à aplicação do tema proposto no sentido de facilitar a aprendizagem com a mediação do professor. O jogo educacional já tem a função de construir hipóteses, desenvolver e relacionar conhecimentos dos alunos de um determinado conceito. Para Rocha, o professor com postura mais rígida tende a jogos didáticos e o professor com tendência à pesquisa trabalha mais com jogos educacionais.

Neste trabalho, em função dos níveis de conhecimento não homogêneos dos alunos do ensino médio em geral, foram escolhidos os jogos educacionais efetuando sua aplicação dentro de uma sequência didática proposta pelo docente.

3.2 Jogos Educacionais

Segundo Brougère (2002),

O jogo não é “naturalmente” educativo, mas se torna pelo processo de formalização educativa, que se inicia com um sutil arranjo marginal do jogo, indo até a criação de uma realidade específica do jogo educativo formal. [10, 2002, p.14]

O jogo educacional é uma atividade que prende a atenção e desenvolve a concentração do aluno e dos seus colegas participantes, melhorando o convívio social do grupo dentro do espaço sala de aula. A motivação, o interesse e a vontade de aprender um conteúdo do tema proposto pelo professor é a grande vantagem deste jogo.

O jogo educacional contribui para o desenvolvimento do conhecimento cognitivo do estudante, preparando-o para o exercício da cidadania, ensinando conteúdos e habilidades propostas na base curricular da secretaria

da educação de forma motivacional, criativa, em uma aula não tradicional superando desafios em cooperação ou individualmente.

No jogo de tabuleiro, todos os participantes estão concentrados e jogando dentro das regras estabelecidas de forma espontânea e voluntária. São características fundamentais que contrapõem com o que é realizado tradicionalmente em sala de aula. Fialho [11, 2008, p.1] afirma que:

No universo de nossas salas de aulas, nos defrontamos com diferenças relacionadas a níveis sociais, cultura, raça, religião, etc. E diante de tanta tecnologia, acessível à maioria da população, muitas vezes um quadro de giz e “saliva”, não conseguem atrair a atenção de nossos alunos. É necessário, então, diversificarmos nossas metodologias de ensino, sempre em busca de resgatarmos o interesse e o gosto de nossos alunos pelo aprender. Os jogos pedagógicos revelam a sua importância, pois promovem situações de ensino-aprendizagem e aumentam a construção do conhecimento, introduzindo atividades lúdicas e prazerosas, desenvolvendo a capacidade de iniciação e ação ativa e motivadora. [11, 2008, p.1]

Segundo Grandó [12, 2001], a vantagem da aplicação dos jogos é a participação ativa dos alunos na aprendizagem, desenvolvendo o seu potencial cognitivo, a conscientização no trabalho em equipe e atividades realizadas de forma descontraída dentro da sala de aula. Ainda, Grandó afirma que a desvantagem é o tempo gasto, se o professor não estiver preparado, dentro de uma sequência didática de ensino aprendizagem, pode haver sacrifícios de outros conteúdos com situações aleatórias e perda da ludicidade pela interrupção constante durante o jogo.

Os jogos no ensino de Física são recomendados nas Orientações Educacionais Complementares da Secretaria de Educação Média e Tecnológica do MEC (2002), que sugerem sua aplicação como uma estratégia de ensino.

O jogo do tabuleiro funciona como um mundo ilusório, dentro de um espaço e tempo definidos, substituindo o mundo real com as regras a serem obedecidas por todos os integrantes com um único objetivo de vencer ou de participar de uma atividade de socialização. Por meio deste ambiente, o aluno vivencia algumas interações que somente partículas no cenário quântico verificam. Assim, oferece ao aluno uma experiência divertida e didática para potencializar o aprendizado sobre FMC.

Capítulo 4

Metodologia

No presente capítulo, será abordado o cronograma metodológico empregado no referente trabalho: planejamento, construção e aplicação do produto educacional com o uso do jogo dentro ou fora da sala de aula.

4.1 Público Alvo

O projeto tem como alvo os alunos do ano do 3º Ensino Médio, pois estes já possuem conhecimentos prévios sobre trabalho e energia, eletromagnetismo, termologia e ondas. Se os alunos já possuem conhecimentos de todos estes assuntos, o jogo poderá ser utilizado fora da sala, indicado como um trabalho para casa com o intuito de ajudar no tempo hábil do professor. Caso o professor já tenha trabalhado o conceito de energia em séries anteriores (1º ou 2º ano), poderá utilizar o produto como atividade extra fazendo-se presente durante a atuação dos alunos para tirar qualquer dúvida ou esclarecer alguns temas.

Os assuntos¹ trabalhados em sala de aula com os alunos foram: a) Modelos atômicos modernos; b) Noções de mecânica quântica;

4.2 Sequência Didática

Formulou-se uma sequência didática com o intuito de melhorar o ensino de Física moderna e contemporânea no ensino médio.

¹Matrizes curriculares (SEDUC, vol.1, p. 113)

4.2.1 Pré-aplicação: Aulas de Física moderna

A abordagem ao assunto se inicia com 4 encontros de duas aulas². Os seguintes conteúdos foram abordados:

1. Aula 01:
 - O que é Física moderna;
 - Radiação do corpo negro;
 - Catástrofe do ultravioleta;
 - Modelo de Rayleigh-Jeans;
 - Solução proposta por Planck;
2. Aula 02:
 - O que é um fóton?;
 - Teoria de Einstein;
 - Efeito Fotoelétrico
 - Aplicações no cotidiano;
3. Aula 03:
 - História da evolução dos modelos atômicos;
 - Modelo de Bohr;
 - Modelo de Schrödinger;
 - Incerteza de Heisenberg;
4. Aula 04:
 - Radiação: fusão e fissão
 - Modelo Padrão
 - Partículas elementares;

Tarefa para casa

O professor propõe que os alunos assistam em casa um ou mais vídeos de curta duração sobre o tema e elaborem um resumo. O vídeo indicado é “Duelo de Titãs” da série de 3 episódios chamada “O átomo” da BBC. O filme é exposto na forma de um documentário e explica a partir de uma linha

²O professor pode adaptar o tempo da forma que melhor se ajuste.

cronológica e de forma detalhada, a história do estudo do átomo e de que forma grandes cientistas, entraram em conflitos para revelar o mistério da matéria. Depois de vencidas as dúvidas sobre sua existência, a sua estrutura e o seu comportamento motivaram grandes discussões científicas. Embates conceituais que envolveram nomes como Schrödinger, Heisenberg e os dois mais famosos: Niels Bohr e Albert Einstein. O filme mostra as angústias dos “Titãs” na busca da melhor descrição para o átomo. Relata as batalhas intelectuais, travadas entre os grandes cientistas, desde a descoberta do átomo até o desenvolvimento da mecânica quântica.

4.2.2 Apresentação e Motivação para o jogo

No encontro seguinte, o produto deve ser apresentado diretamente para a turma tendo o professor como o porta-voz. Este necessita motivar os alunos a usufruírem do material. A motivação extrínseca é responsabilidade do professor neste momento. Um pequeno texto acompanha o material com o intuito de ajudar o professor nesta função.

Todas as regras do jogo e fundamentação teórica sobre a utilização, assim como todas as referências (analogias) utilizadas no jogo estão contidas nos apêndices deste trabalho. É fundamental que o professor leia atentamente cada passo. É responsabilidade do professor imprimir todo o material: cartas, cédulas e tabuleiro, bem como providenciar os pinos e os dados.

4.2.3 Formas de aplicações

Podemos aplicar o jogo em alguns cenários:

Cenário 1: Alunos de 1º e 2º ano do ensino médio com o acompanhamento do professor.

Neste cenário, não se pode esperar uma absorção máxima do conteúdo por parte do aluno, mas sim uma noção qualitativa simplificada e voltada para o lúdico. O jogador poderá sentir dificuldades nas perguntas, mas com o auxílio do professor, poderá jogar sem problemas. Neste caso, aconselha-se que o tempo de jogo seja sem limites, pois quanto mais jogar, mais se adaptará às regras e conhecerá mais o ambiente de jogo. A sugestão de aplicação é no contra turno das aulas, dando a liberdade de mais tempo e sem pressão de finalização de jogo.

É indicado que o tabuleiro seja montado em um local com bom acesso visual para todos. Uma sugestão é afastar todas as cadeiras e deixar o centro

da sala ou ambiente de aplicação livre para a passagem, pois se algum aluno esbarrar no tabuleiro, podem haver complicações. Caso o local possua uma mesa plana e estável, a utilização desta será extremamente vantajoso.

Importante:

* É necessário a disponibilidade do professor para passar uma ou mais tardes atuando com os alunos. Neste cenário, é indicado que o próprio professor seja o banco.

* O professor pode moderar as perguntas que não cabem a este grupo de acordo com o grau de conhecimento do mesmo. Neste caso, o professor poderá utilizar as cartas em branco para adaptar outras perguntas tendo em vista a realidade da turma.

O jogo possui possibilidade de até 6 jogadores por partida. Dessa forma, o professor pode agir das duas maneiras:

i) Prepara mais de um jogo para que haja uma participação mais efetiva da turma. Por exemplo: se a turma for composta de 18 alunos, serão necessários 3 jogos (múltiplo de 6);

ii) Formam 6 grupos de alunos e jogam num único jogo. Por exemplo, se a turma for composta de 18 alunos, formam-se grupos de 3 para representar cada peão.

Cenário 2: Alunos do 3º ano do ensino médio sem o acompanhamento do professor.

Este é o grupo mais indicado para a prática de ensino. A utilização do produto educacional será orientada em sala de aula pelo professor, que fará a motivação com toda a turma. O jogo será apresentado neste momento e indicado para ser utilizado de forma **auto-didata** por grupos de até 6 alunos. O professor pode deixar o jogo com grupos de 6 alunos durante uma semana ou menos por grupo. Assim, turmas de 30 alunos terminam de utilizar o jogo em aproximadamente 5 semanas ou menos.

Importante:

* É importante pedir pelo zelo físico do jogo, pois as peças podem ser difíceis de repor./

* Eleger um dos alunos do grupo como líder de aplicação: este ficará responsável por transportar o jogo e contabilizar todas as peças e cartas após a aplicação.

* Neste forma de aplicação, o professor divide a turma em grupos de até 6 pessoas e cada grupo aplica separadamente.

Cenário 3: Alunos de 2^a ano do ensino médio avançado

Algumas escolas trabalham com turmas de ensino médio avançado; todo o conteúdo do ensino médio é visto até o segundo ano, fazendo do 3^a ano um período de revisão. Neste caso, pode-se mesclar instruções dos dois cenários anteriores da forma que o professor achar mais conveniente.

4.2.4 Avaliação individual

É conveniente realizar uma avaliação individual no final desta sequência didática para verificar a aprendizagem de conteúdos propostos pelo professor. E, se necessário, uma correção da sequência didática nas próximas aplicações. Neste momento, é importante que os alunos se sintam à vontade para expressar suas opiniões. É interessante que o processo de avaliação seja aberto para que o aluno possa se expressar da melhor forma possível e que não fique restrito à nomenclaturas estritamente formais: questões discursivas ou questionário oral.

Capítulo 5

Resultados da aplicação

O jogo foi aplicado na última semana de aula, antecedendo as férias, no colégio Farias Brito, sede aldeota. O professor responsável permanecera presente e participante durante toda a aplicação. No total, estiveram presentes 17 alunos; 15 do 2º ano do ensino médio e 2 do 1º do ensino médio. A tabela 5.1 representa a distribuição dos grupos. Estes acompanharam e participaram da preparação da sala e, como estavam sem aula no momento, pois a aplicação fora no contra turno, pediram para participar por conta própria.

Através de uma rápida pesquisa verbal, fora feito o levantamento dos pré-requisitos para aplicação, por exemplo o conhecimento teórico de energia; conhecer o que é energia potencial e como ela pode ser armazenada. Verificou-se que todos estavam aptos a jogar. Um aluno do segundo ano se prontificou e pediu para ser o banco (natureza). Todos concordaram e seguiu-se com a separação dos grupos por afinidade, pois o tempo é um fator importante na aplicação. Colocou-se o tabuleiro aberto em duas carteiras e fez-se um círculo em volta. Neste momento, foi pedido para que todos se aproximassem e observassem atentamente o tabuleiro. As casas foram analisadas e começaram a fazer perguntas. O professor tomou a frente e começou a explicar sobre o produto educacional.

Enquanto explicava-se as regras e lia-se o manual do jogador (este ficou

	A	B	C	D	E	F
Participantes	3	3	2	2	3	3

Tabela 5.1: Quantidade de alunos após divisão em grupos: A, B, C, D, E e F.



Figura 5.1: Disposição dos alunos e tabuleiro durante a aplicação do produto.

disponível para quem quisesse pesquisar durante toda a aplicação), pediu-se ao banco (jogador responsável) que separasse as cédulas (dinheiro) para cada equipe. Durante a distribuição do dinheiro, todos os rostos estampados nas cédulas foram apresentados e falou-se da importância de cada um deles para a Física moderna. Todo o preparo e introdução levou em torno de 25 minutos.

Após tudo preparado, pediu-se que cada equipe escolhesse um representante para jogar um dado e o maior número iniciaria seguindo o sentido horário.

Durante a aplicação, obteve-se 4 retiradas de cartas sorte/revés. Foram lidas 26 perguntas.

Conseguiu-se um tempo efetivo de aplicação de aproximadamente 2 horas. Os alunos estavam empolgados e queriam continuar. Entretanto, alguns pais chegaram e a aplicação precisou ser interrompida. Realizou-se o encerramento contabilizando o dinheiro de cada grupo. Inicialmente, todos venderam as propriedades para o banco pelo valor que compraram e, juntamente com o dinheiro restante de cada grupo, totalizamos as seguintes quantias referentes à tabela 5.2:

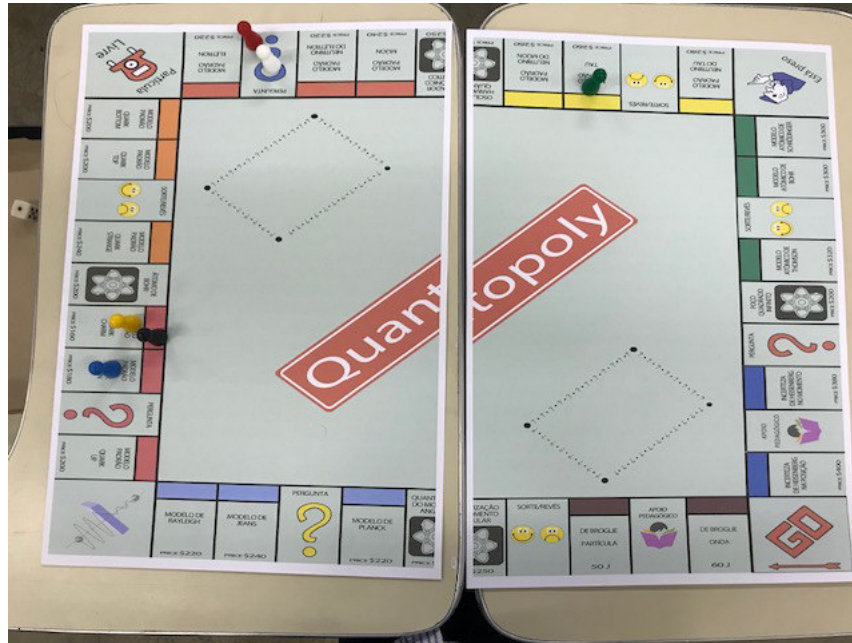


Figura 5.2: Tabuleiro posicionado.

	A	B	C	D	E	F
Inicial	2358 J	2358 J	2358 J	2358 J	2358 J	2358 J
Final	365 J	4141 J	372 J	2301 J	3824 J	5752 J

Tabela 5.2: Balanço financeiro antes e após o jogo.

Finalizando a atividade, o grupo vitorioso recebeu do professor uma caixa de chocolate. O mesmo grupo fez questão de dividir com o restante dos alunos. Em seguida, aplicou-se um questionário, que está contido no apêndice deste trabalho, como forma de tentar encontrar pontos de potencial melhoria deste produto e avaliar se o jogo ajudou no aprendizado. De fato, muitas sugestões surgiram e algumas perguntas-chaves foram analisadas com o intuito de programar uma aula para corrigir alguns conceitos mal interpretados durante o aprendizado.

5.0.5 Resultado da avaliação individual

Ao terminar o jogo, os alunos foram submetidos a um questionário de 10 perguntas referentes ao tema. O questionário está contido no apêndice deste

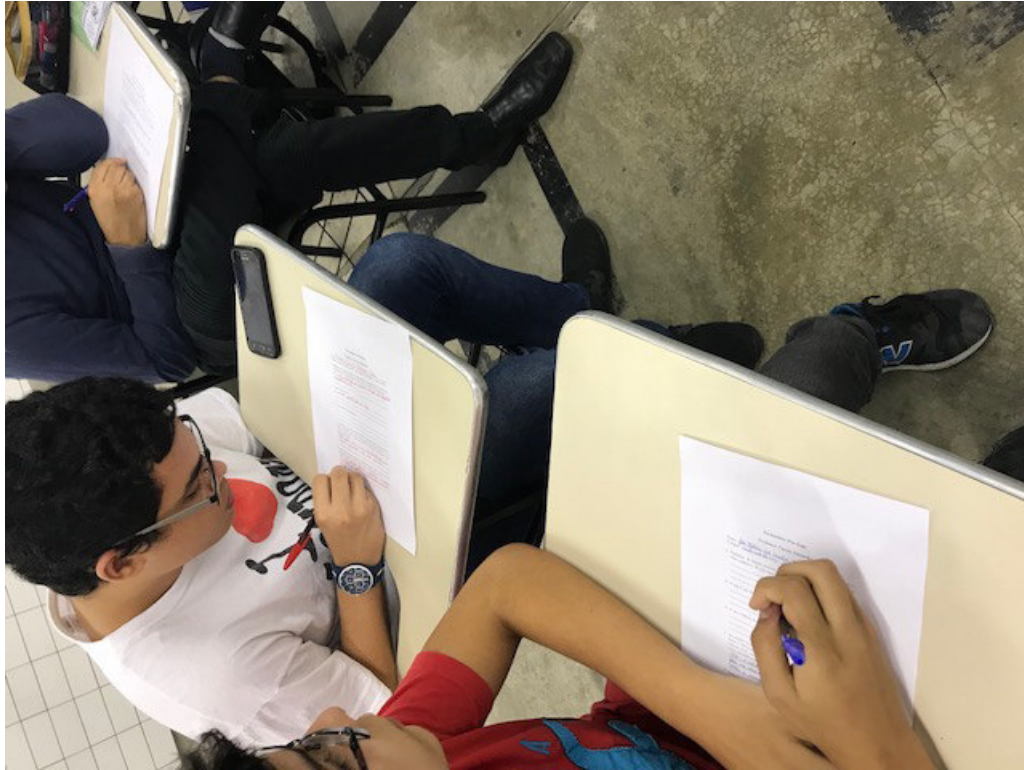


Figura 5.3: Aplicação do questionário pós-jogo.

trabalho. As perguntas foram pensadas propondo respostas subjetivas para que pudesse ser analisado qualquer tipo de pensamento do aluno. Questões objetivas geram respostas tendenciosas.

Observou-se que os alunos participaram bastante, muito embora 2 dos participantes não quiseram participar desta etapa.

Pode-se perceber alguns pontos interessantes nesta avaliação. Seguem os principais:

- i) Todos os alunos que responderam o questionário entenderam a relação de 1:1 entre um fóton e um elétron no efeito fotoelétrico;
- ii) Todos os alunos entenderam o que é um sistema quantizado energeticamente;
- iii) Os alunos souberam diferenciar fusão nuclear e fissão nuclear;
- iv) Souberam citar exemplos de partículas elementares. Contudo, muitos não souberam definir a rigor;
- v) As explicações fornecidas pelos alunos sobre o princípio da incerteza

Não. A relação é "de um para um". Cada elétron só é capaz de interagir com um fóton, recebendo dele sua energia, caso essa seja maior que ou igual a função trabalho.

Figura 5.4: Resposta de aluno 1.

Não. Pois a relação é de 1 para 1: 1 fóton excita 1 elétron, caso tenha energia suficiente para tal.

Figura 5.5: Resposta de aluno 2.

Explique, de forma sucinta, o que significa quantização do ponto de vista quântico. O que significa dizer que um sistema é quantizado?
 Com uma, significa que o sistema só pode possuir múltiplos de uma quantidade dada de energia.

Figura 5.6: Resposta de aluno 3.

não foram satisfatórias. Este ponto precisa ser melhorado em relação à didática do jogo;

vi) Todos os alunos responderam que adoraram participar do jogo, pois puderam exercitar o conhecimento, relembrar de alguns conceitos de forma divertida e didática. Houveram relatos interessantes sobre coisas que eles aprenderam durante o jogo, por exemplo as energias do oscilador harmônico. Gostaram do dinamismo e alegaram que a interação entre os colegas foi intensa no momento da aplicação.

Capítulo 6

Considerações finais

Os alunos consideraram o jogo bastante empolgante, visualmente atraente e extremamente dinâmico. A postura dos alunos em relação ao jogo foi unânime. Nenhum aluno dispersou ou ficou isolado. Os grupos ofereceram oportunidade de todos jogarem: uns dividiram tarefas como contabilizar o dinheiro e outros elegeram um jogador de dados oficial. Até mesmo os alunos mais tímidos se empolgaram e revelaram algumas habilidades; como negociar propriedades com maestria.

Infelizmente, o jogo precisou ser interrompido. Nas palavras de alguns deles: “poderíamos passar um dia inteiro aqui brincando e aprendendo“. O tempo ideal para aplicação deste produto, analisando a experiência, deve ser em torno de 4 a 5 horas corridas ou intercaladas. Neste caso, o controle do jogo durante as pausas deve ser rigoroso: deve-se anotar as quantias em dinheiro, posições dos peões e propriedades adquiridas por cada equipe.

Constatou-se que o jogo ainda não é auto-suficiente. É necessário que o aluno tenha tido as aulas de embasamento. Os alunos do primeiro ano não participaram destas e percebeu-se claramente no questionário pós-jogo que alguns conceitos como efeito fotoelétrico ou fissão e fusão, assim como, radiação do corpo negro e outros não foram completamente absorvidos, mas ainda assim, houve absorção de conteúdo por parte dos estudantes. Entretanto, algumas relações puderam existir. Um exemplo interessante constatado foi a ideia de quantização das grandezas. Ao terminar de jogar, até mesmo os alunos do 1^a ano tiveram a noção de que algumas grandezas no mundo quântico são quantizadas e não assumem quaisquer valores, mas sim um número inteiro de uma certa grandeza fundamental. Constatou-se que todos os alunos aprenderam que, quando um elétron está ligado a certo sistema, tal partícula só pode interagir com um fóton de cada vez. Em outras

palavras, todos os alunos terminaram o jogo tendo o conhecimento de que, quando luz incide sob um material e ejeta um elétron, este só absorve um, e apenas um, pacote de energia. Muitas vezes, quando estamos em sala de aula, não se consegue dar essa noção para os estudantes. O jogo ajudou bastante nessa relação.

Os alunos ficaram mais interessados e motivados em aprender os conteúdos propostos em sala de aula a partir dos jogos educacionais em resposta aos métodos tradicionais de apresentação dos conceitos. Através dos jogos educacionais houve uma aproximação pedagógica entre professor e aluno no processo de ensino-aprendizagem e o relacionamento entre os alunos também melhorou.

Apêndice A

**Produto Educacional:
Quantopoly**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENSINO EM FÍSICA

PRODUTO EDUCACIONAL: QUANTOPOLY

CARLOS EDUARDO DE FARIAS ARAÚJO

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

FORTALEZA
2018

A.1 Introdução

Este livreto consiste em um roteiro de atividades para se trabalhar com um jogo didático: Quantopoly. Este é uma adaptação de um “banco imobiliário” para o ensino de Física. Trata-se do produto educacional elaborado pelo autor, sob a orientação do Prof. Carlos Alberto, como parte dos requisitos exigidos no Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física na UFC. O objetivo deste produto é ensinar alguns conceitos de Física moderna e contemporânea por meio de uma sequência didática e aplicação do jogo para os alunos do Ensino Médio. Na elaboração do jogo foram utilizados materiais de fácil acesso e de baixo custo; basicamente impressões de arquivos em folhas A4. Os jogos educacionais podem ser introduzidos por meio de uma sequência didática de aprendizagem. O jogo de tabuleiro é aplicado após uma sequência de 4 aulas sobre Física moderna e contemporânea. A temática dos jogos educacionais desenvolvida nesse produto desperta muito interesse dos alunos em função das atualidades do tema.

Segundo uma pesquisa efetuada com quase 60 professores de ensino médio da rede pública e privada do estado do Ceará, existe uma dificuldade de prender a atenção dos alunos neste tema. Ensinar os fundamentos da FMC a partir de analogias, adaptações e trabalhando algumas simulações de fenômenos, de forma simples e lúdica, é tarefa essencial para o professor de Física preocupado com uma formação de seus alunos.

Este produto propõe uma estratégia em sala de aula para que a aprendizagem seja facilitada por meio do jogo com questões aqui propostas. Pretende-se ainda oferecer subsídios ao professor para reformular novas questões do jogo de acordo com o andamento da turma, adequando o vocabulário e o nível das perguntas. Este guia pode ser modificado para se adequar às situações encontradas pelo professor durante a aplicação do produto. É passível de adaptações conforme a realidade de cada escola e da turma trabalhada por cada professor. O intuito principal é proporcionar um momento de aprendizagem e diversão para os alunos.

A.2 Jogos na educação

É bem conhecido que os jogos funcionam trazendo um novo cenário para o jogador, substituindo o mundo real com os jogadores seguindo as regras com objetivo de vencer ou de participar de uma atividade de socialização. Para Chateau (1987),

“o jogo é apenas uma preparação para o trabalho, exercício, pro-

pedêutica. Vimos que se a criança brinca, é porque ainda é incapaz de trabalhar: o jogo é apenas uma preparação para o mundo do trabalho. O trabalho escolar deve ser mais que um jogo e menos do que o mundo real do trabalho.”

Segundo Grandó (2001),

“A vantagem da aplicação dos jogos é a participação ativa dos alunos na aprendizagem, desenvolvendo o seu potencial cognitivo, a conscientização no trabalho em equipe e as atividades realizadas de forma descontraída dentro da sala de aula.”

Assim como vantagens, a falta de preparo e a tentativa de improvisação pode levar a pontos negativos. Grandó afirma também que

“a desvantagem é o tempo gasto, se o professor não estiver preparado, dentro de uma sequência didática de ensino aprendizagem, pode haver sacrifícios de outros conteúdos com situações aleatórias e perda da ludicidade pela interrupção constante durante o jogo.”

Para Brougère (2002),

“o jogo não é “naturalmente” educativo, mas se torna pelo processo de formalização educativa, que se inicia com um sutil arranjo marginal do jogo, indo até a criação de uma realidade específica do jogo educativo formal.”

O jogo didático contribui para o desenvolvimento do conhecimento cognitivo do estudante, não importa em que série e nível este se encontre, preparando-o para o exercício da cidadania, ensinando conteúdos e habilidades propostas na base curricular da Secretaria da Educação, de forma motivacional, criativa, tornando assim a aula não ortodoxa, superando desafios de relacionamentos entre aluno-professor e aluno-aluno.

O uso de jogos é recomendado como uma estratégia de ensino nas Orientações Educacionais Complementares da Secretaria de Educação Média e Tecnológica do MEC (2002):

“os jogos e brincadeiras são elementos muito valiosos no processo de apropriação do conhecimento. Permitem o desenvolvimento de competências no âmbito da comunicação, das relações

interpessoais, da liderança e do trabalho em equipe, utilizando a relação entre cooperação e competição em um contexto formativo. O jogo oferece o estímulo e o ambiente propícios que favorecem o desenvolvimento espontâneo e criativo dos alunos e permitem ao professor ampliar seu conhecimento de técnicas ativas de ensino, desenvolver capacidades pessoais e profissionais para estimular nos alunos a capacidade de comunicação e expressão, mostrando-lhes uma nova maneira, lúdica, prazerosa e participativa de relacionar-se com o conteúdo escolar, levando a uma maior apropriação dos conhecimentos envolvidos”.

A utilização dos jogos educacionais se adaptam a várias situações e podem ser utilizados em diversos momentos de um processo de ensino-aprendizagem, contanto que se enquadre dentro de uma sequência didática preparada pelo professor na sua aula, para introduzir um conceito, auxiliar na revisão, resumo e avaliação da aprendizagem. Trata-se de uma atividade extremamente lúdica, que possui como ponto chave a participação de todos os alunos de forma muito mais atrativa, melhorando o desempenho individual e colaborativo de todos.

A.3 Montagem

Para que um jogo possa ser atrativo e estimular ainda mais os alunos a participarem, é importante ser atraente fisicamente, ou seja, precisa ser organizado e bem apresentável aos olhos de quem vai jogar. Logo, os passos para a construção estão listados nesta sessão. O professor interessado em montar o jogo necessita ter impressora ou contato com uma gráfica, podendo ter ajuda da escola na confecção do material.

O jogo deve conter os seguintes itens:

- *1 Tabuleiro
- *28 títulos de posse
- *32 cartões sorte ou revés
- *32 casas (peças verdes)
- *12 hotéis (peças vermelhas)
- *2 dados
- *6 peões plásticos
- *380 notas, sendo elas:

- 64 notas de 1 J
- 80 notas de 5 J
- 80 notas de 10 J
- 80 notas de 20 J
- 64 notas de 50 J
- 60 notas de 100 J
- 16 notas de 500 J

- *1 manual de instrução

Aqui estão disponíveis as imagens dos itens acima. O formato foi adaptado para ser inserido neste trabalho. Caso o professor queira o tamanho original, acessar o link a seguir: <https://drive.google.com/drive/folders/1I7yf9W0g9c4AsPSrSkFmdnG5gZWGMKaZ>

Além disso, fica a cargo do professor conseguir objetos que representem as casas e os hotéis. Ao todo, o jogo necessita de 32 peças verdes pequeninas e 12 peças vermelhas pequeninas. Pode usar de um banco imobiliário original, caso algum aluno o possua. Caso não consiga, substitua por pedaços

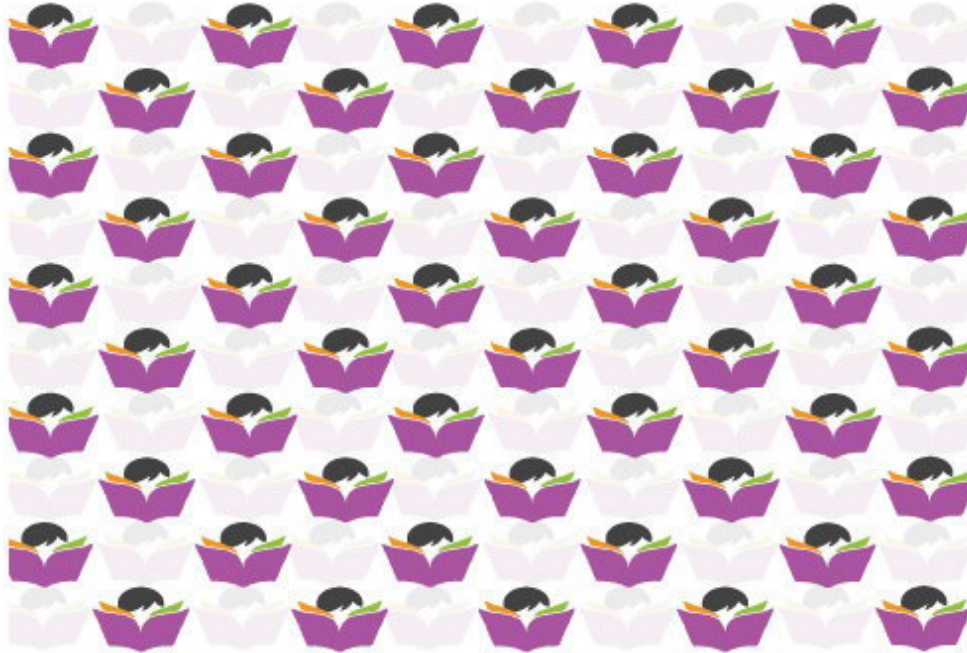



Figura A.1: Costas das cartas apoio pedagógico. Imprima 6 páginas e, no verso destas, re-imprima as cartas de apoio pedagógico de 1 até 6.


de borracha ou até mesmo caroços de feijão, por exemplo. O importante é distinguir um do outro.


É preciso também dois dados de 6 faces e um local para jogar os dados e não espalhar. Por fim, separe itens para serem os peões de jogo. Precisam de 6 pinos de cores diferentes.

As cédulas criam uma atmosfera diferente no jogo. Ao manuseá-las os alunos interagem mais e a atmosfera é outra. Os modelos das cédulas estão representados a seguir. Contudo, esta etapa se torna um pouco complicada quanto ao número de impressões. Caso o professor não consiga todas, sugere-se a impressão de algumas como exemplo e a indicação é fazer anotações para o controle financeiro. Cada equipe pode ficar com uma folha e uma caneta para fazer o balanço após cada rodada.




Apoio Pedagógico






Apoio Pedagógico



Efeito Fotoelétrico

O efeito fotoelétrico é a emissão de elétrons por um material, geralmente metálico, quando exposto a uma radiação eletromagnética (como a luz) de frequência suficientemente alta, que depende do material, como por exemplo a radiação ultravioleta. Ele pode ser observado quando a luz incide numa placa de metal, arrancando elétrons da placa.



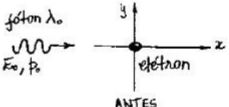
Cada pacote de energia (quantum como são chamados) atinge um elétron. Se houver energia suficiente neste pacote, o elétron deixa o material. A energia mínima para conseguir arrancar um elétron da superfície do material é chamada função trabalho.

Efeito Compton

Em física, o efeito Compton, ou espalhamento Compton, é o espalhamento de um fóton por uma partícula carregada, geralmente um elétron, que resulta em uma diminuição da energia (aumento do comprimento de onda) do fóton espalhado, tipicamente na faixa de raio-X ou de raio gama. A interação entre a alta energia dos fótons e elétrons resulta no elétron recebendo parte da energia (fazendo-o recuar), e um fóton contendo a energia restante sendo emitida numa direção diferente da original, sempre conservando o momento e a energia totais do sistema. Se o fóton ainda possui bastante energia,

fóton λ_0

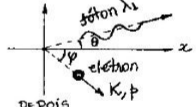
E_e, p_e



ANTES

fóton λ



K, p



DEPOIS

O processo de espalhamento no qual o comprimento de onda não é alterado é chamado de espalhamento Thomson. Tal caso ocorre quando o elétron está fortemente ligado ao átomo. Este é completamente explicado pela teoria eletromagnética clássica.

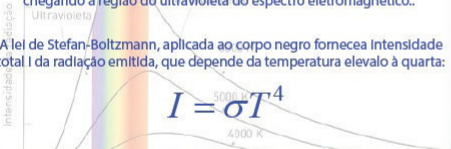
Figura A.2: Apoio pedagógico 1. Efeito fotoelétrico e efeito compton.


Apoio Pedagógico


Radiação de um Corpo Negro

Um corpo em qualquer temperatura emite radiações eletromagnéticas. Por estarem relacionadas com a temperatura em que o corpo se encontra, frequentemente são chamadas radiações térmicas. Por exemplo, "sentimos" a emissão de um ferro elétrico ligado, mas não enxergamos as ondas por ele emitidas. É que em baixas temperaturas a maior taxa de emissão está na faixa do Infravermelho. Aumentando-se gradativamente a temperatura de um corpo, ele começa a emitir luz visível, de início a luz vermelha, passando a seguir para a amarela, a verde, a azul e, em altas temperaturas, a luz branca, chegando à região do ultravioleta do espectro eletromagnético.

A lei de Stefan-Boltzmann, aplicada ao corpo negro fornece a intensidade total I da radiação emitida, que depende da temperatura elevada à quarta:




$$I = \sigma T^4$$

O corpo negro absorve toda radiação que nele incide, isto é, sua absorvidade é igual a 1 ($a = 1$) e sua refletividade é nula ($r = 0$), decorrendo deste último fato seu nome (negro). O corpo negro não tem cor à reflexão mas pode ter cor à emissão. Todo absorvente é bom emissor. Logo, o corpo negro, além de absorvedor ideal, é também um emissor ideal. Sua emissividade é igual a 1 ($e = 1$). Um corpo negro, independentemente do material com que é confeccionado, emite radiações térmicas com a mesma intensidade, a uma dada temperatura e para cada comprimento de onda. Daí decorre o uso do corpo negro para o estudo das radiações emitidas. Através do orifício tem-se a emissão de radiação por aquecimento.



Apoio Pedagógico



Modelo Padrão

Figura A.3: Apoio pedagógico 2. Radiação do corpo negro e modelo padrão.




Apoio Pedagógico



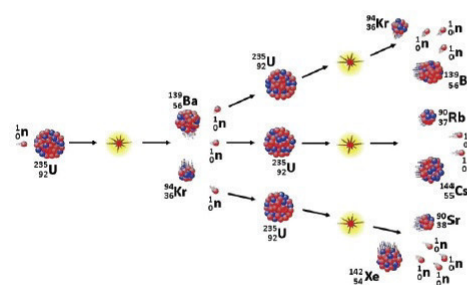


Apoio Pedagógico



Fissão

Fissão nuclear é um processo da Física que consiste na divisão do núcleo de um átomo considerado instável em dois núcleos menores, através do bombardeamento de partículas como nêutrons. Este processo é uma reação química exotérmica e ocorre quando há grande liberação de energia..



Esta é uma reação em cadeia!!!

Fusão

É um processo no qual núcleos pequenos se juntam formando núcleos mais pesados e liberando uma quantidade muito grande de energia.

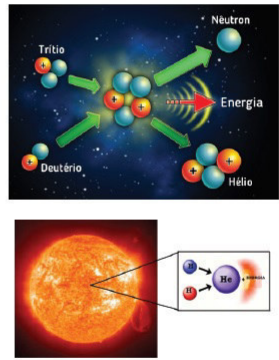




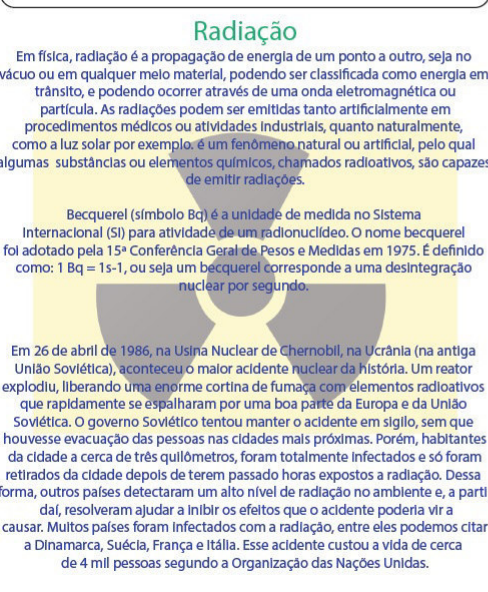
Figura A.4: Apoio pedagógico 3. Fissão e Fusão.



Apoio Pedagógico




Radiação




Em física, radiação é a propagação de energia de um ponto a outro, seja no vácuo ou em qualquer meio material, podendo ser classificada como energia em trânsito, e podendo ocorrer através de uma onda eletromagnética ou partícula. As radiações podem ser emitidas tanto artificialmente em procedimentos médicos ou atividades industriais, quanto naturalmente, como a luz solar por exemplo. É um fenômeno natural ou artificial, pelo qual algumas substâncias ou elementos químicos, chamados radioativos, são capazes de emitir radiações.

Becquerel (símbolo Bq) é a unidade de medida no Sistema Internacional (SI) para atividade de um radionuclídeo. O nome becquerel foi adotado pela 15ª Conferência Geral de Pesos e Medidas em 1975. É definido como: $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$, ou seja um becquerel corresponde a uma desintegração nuclear por segundo.

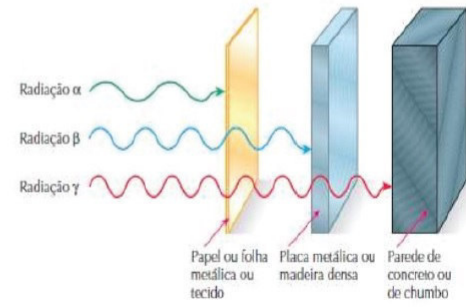
Em 26 de abril de 1986, na Usina Nuclear de Chernobyl, na Ucrânia (na antiga União Soviética), aconteceu o maior acidente nuclear da história. Um reator explodiu, liberando uma enorme cortina de fumaça com elementos radioativos que rapidamente se espalharam por uma boa parte da Europa e da União Soviética. O governo Soviético tentou manter o acidente em sigilo, sem que houvesse evacuação das pessoas nas cidades mais próximas. Porém, habitantes da cidade a cerca de três quilômetros, foram totalmente infectados e só foram retirados da cidade depois de terem passado horas expostos a radiação. Dessa forma, outros países detectaram um alto nível de radiação no ambiente e, a partir daí, resolveram ajudar a inibir os efeitos que o acidente poderia vir a causar. Muitos países foram infectados com a radiação, entre eles podemos citar a Dinamarca, Suécia, França e Itália. Esse acidente custou a vida de cerca de 4 mil pessoas segundo a Organização das Nações Unidas.



Apoio Pedagógico



Partículas α e β





Radiação alfa (α): também chamada de partículas alfa ou raios alfa, são partículas carregadas por dois prótons e dois nêutrons, sendo, portanto, núcleos de hélio. Apresentam carga positiva +2 e número de massa 4.

Radiação beta (β): raios beta ou partículas beta, são elétrons, partículas negativas com carga -1 e número de massa 0.

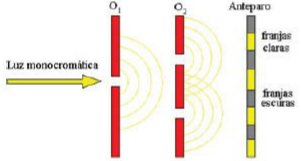
Papel ou folha metálica ou tecido
Placa metálica ou madeira densa
Parede de concreto ou de chumbo

Figura A.5: Apoio pedagógico 4. Radiação e partículas alfa e beta.




Apoio Pedagógico


Dualidade onda-partícula

Quando a onda incide em um colimador com duas fendas observa-se um padrão de Interferência com várias franjas. Isto ocorre devido ao fato de que há uma Interferência construtiva quando a Intensidade máxima da onda da luz emergente de uma fenda coincide com o máximo da onda emergente da outra fenda. Isso ocorre porque há uma diferença de caminho da luz emergente de cada fenda. O mesmo acontece com os mínimos e forma o padrão de Interferência da figura



Quando a mesma experiência é realizada com partículas, o padrão deve ser formado apenas por duas raias de máxima Intensidade. Mas não é isto que se observa se a mesma experiência for realizada com prótons, nêutrons ou elétrons. O que se observa é um padrão de Interferência! É isto que intriga os físicos: a luz se comporta ora como onda, ora como partícula. E as partículas se comportam como onda em determinadas situações.


Apoio Pedagógico


Princípio da incerteza de Heisenberg

No final da década de 1920, Heisenberg formulou o chamado princípio da Incerteza. De acordo com esse princípio, não podemos determinar com precisão e simultaneamente a posição e o momento de uma partícula. Ou seja, em uma experiência não se pode determinar simultaneamente o valor exato de um componente do momento p_x de uma partícula e também o valor exato da coordenada correspondente, x .

A razão dessa Incerteza não é um problema do aparato utilizado nas medidas das grandezas físicas, mas sim a própria natureza da matéria e da luz.




Figura A.6: Apoio pedagógico 5. Dualidade onda-partícula e princípio da incerteza.

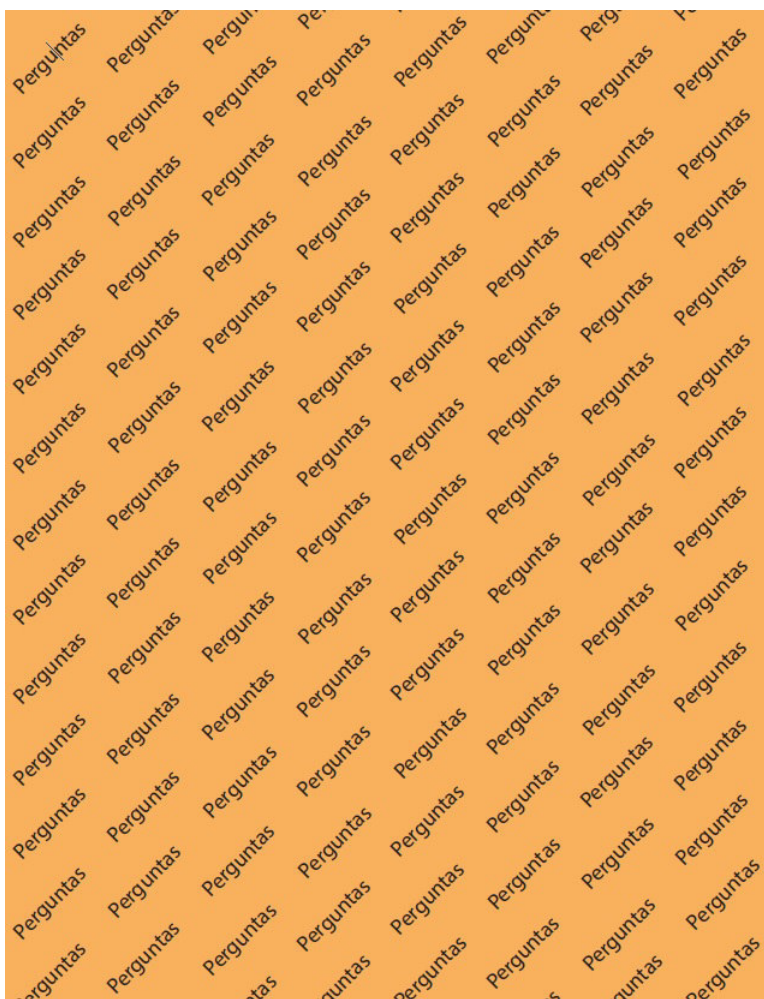


Figura A.7: Costas das cartas perguntas. Imprima 3 folhas desta e utilize-as para a impressão das cartas perguntas.

<p style="text-align: center;">Pergunta</p> <p>Pergunta: "Com base na mecânica quântica, é possível saber exatamente a posição e a velocidade de uma partícula?"</p> <p>a) Sim; b) Não.*</p> <p style="text-align: center;">Receba: 20 J.</p>	<p style="text-align: center;">Pergunta</p> <p>Como se chama a menor energia necessária para arrancar um elétron de uma placa metálica?</p> <p>a) Função trabalho;* b) Energia potencial elétrica;</p> <p style="text-align: center;">Receba: 24 J.</p>	<p style="text-align: center;">Pergunta</p> <p>Os fótons são pacotes de energia. No efeito fotoelétrico, um elétron pode absorver dois fótons simultaneamente e ser ejetado?</p> <p>a) Sim; b) Não*</p> <p style="text-align: center;">Receba: 10 J.</p>
<p style="text-align: center;">Pergunta</p> <p>O nome da partícula de interação entre os quarks, que serve para uni-los, é dado por:</p> <p>a) pósitron; b) Gluon;*</p> <p style="text-align: center;">Receba: 15 J.</p>	<p style="text-align: center;">Pergunta</p> <p>Complete a sentença: "Um exemplo de Fissão Nuclear pode ser entendido quando um neutron colide com um átomo de urânio-235, que absorve o neutro e transforma-se em urânio ... e oscila até se quebrar em núcleos menores liberando alguns, gerando assim uma reação em cadeia."</p> <p>a) 234 e prótons; b) 236 e neutrons;* c) 235 e elétrons.</p> <p style="text-align: center;">Receba: 60 J.</p>	<p style="text-align: center;">Pergunta</p> <p>Uma Fusão Nuclear ocorre quando dois núcleos se unem recebendo energia.</p> <p>a) Verdadeiro; b) Falso;*</p> <p style="text-align: center;">Receba: 20 J.</p>
<p style="text-align: center;">Pergunta</p> <p>Quando um fóton incide em um elétron que NÃO está fracamente ligado (ou livre), o espalhamento deste fóton é conhecido como efeito</p> <p>a) Compton; b) Thomson;*</p> <p style="text-align: center;">Receba: 50 J.</p>	<p style="text-align: center;">Pergunta</p> <p>"Em mecânica quântica, os elétrons sempre possuem energias quantizadas como no átomo de hidrogênio ou oscilador harmônico Quântico". A afirmativa acima é:</p> <p>a) Verdadeira; b) Falsa;*</p> <p style="text-align: center;">Receba: 50 J.</p>	<p style="text-align: center;">Pergunta</p> <p>A potência irradiada por um corpo negro depende de um expoente da temperatura, em kelvin, igual a:</p> <p>a) 2 b) 3 c) 4*</p> <p style="text-align: center;">Receba: 42 J.</p>

Figura A.8: Sessão 1 de cartas perguntas.

<p style="text-align: center;">Pergunta</p> <p>Pergunta: "Com base na mecânica quântica, é possível saber exatamente a posição e a velocidade de uma partícula?"</p> <p>a) Sim; b) Não.*</p> <p>Receba: 20 J.</p>	<p style="text-align: center;">Pergunta</p> <p>Como se chama a menor energia necessária para arrancar um elétron de uma placa metálica?</p> <p>a) Função trabalho;* b) Energia potencial elétrica;</p> <p>Receba: 24 J.</p>	<p style="text-align: center;">Pergunta</p> <p>Os fótons são pacotes de energia. No efeito fotoelétrico, um elétron pode absorver dois fótons simultaneamente e ser ejetado?</p> <p>a) Sim; b) Não.*</p> <p>Receba: 10 J.</p>
<p style="text-align: center;">Pergunta</p> <p>O nome da partícula de interação entre os quarks, que serve para uni-los, é dado por:</p> <p>a) pósitron; b) Gluon;*</p> <p>Receba: 15 J.</p>	<p style="text-align: center;">Pergunta</p> <p>Complete a sentença: "Um exemplo de Fissão Nuclear pode ser entendido quando um neutron colide com um átomo de urânio-235, que absorve o neutro e transforma-se em urânio ... e oscila até se quebrar em núcleos menores liberando alguns, gerando assim uma reação em cadeia."</p> <p>a) 234 e prótons; b) 236 e neutrons;* c) 235 e elétrons.</p> <p>Receba: 60 J.</p>	<p style="text-align: center;">Pergunta</p> <p>Uma Fusão Nuclear ocorre quando dois núcleos se unem recebendo energia.</p> <p>a) Verdadeiro; b) Falso;*</p> <p>Receba: 20 J.</p>
<p style="text-align: center;">Pergunta</p> <p>Quando um fóton incide em um elétron que NÃO está fracamente ligado (ou livre), o espalhamento deste fóton é conhecido como efeito</p> <p>a) Compton; b) Thomson;*</p> <p>Receba: 50 J.</p>	<p style="text-align: center;">Pergunta</p> <p>"Em mecânica quântica, os elétrons sempre possuem energias quantizadas como no átomo de hidrogênio ou oscilador harmônico Quântico". A afirmativa acima é:</p> <p>a) Verdadeira; b) Falsa;*</p> <p>Receba: 50 J.</p>	<p style="text-align: center;">Pergunta</p> <p>A potência irradiada por um corpo negro depende de um expoente da temperatura, em kelvin, igual a:</p> <p>a) 2 b) 3 c) 4*</p> <p>Receba: 42 J.</p>

Figura A.9: Sessão 2 de cartas perguntas.

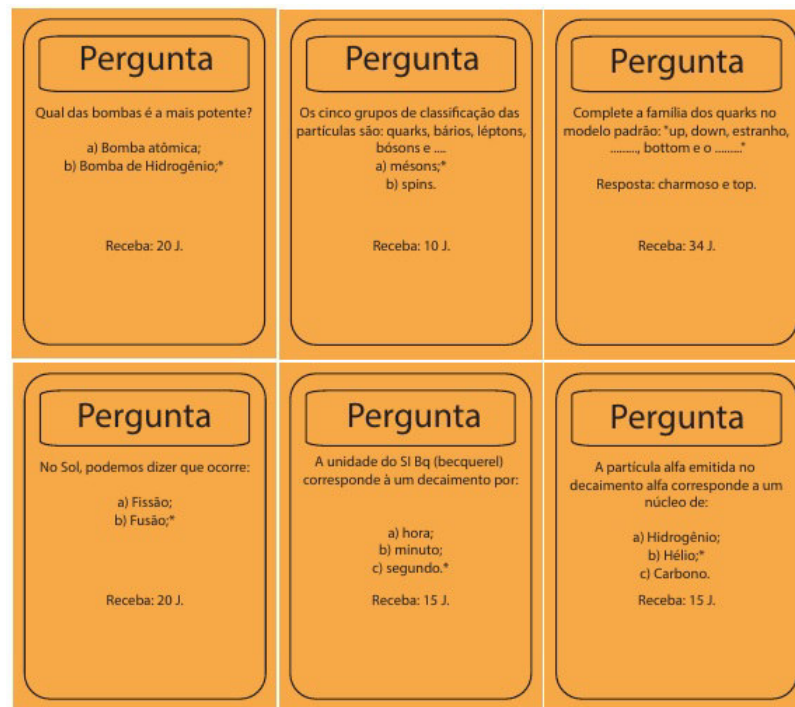


Figura A.10: Sessão livre de cartas perguntas. Estas cartas podem ser utilizadas para que o professor insira a pergunta achar conveniente no jogo.



Figura A.11: Costas cartas Sorte/Revés. Imprima uma folha e utilize nas costas das cartas Sorte/Revés.



Figura A.12: Conjunto de cartas Sorte/Revés.



Figura A.13: Costas das cartas propriedades. Imprima 3 desta e utilize como as costas das cartas propriedades.




<p>QUANTIZAÇÃO DO MOMENTO ANGULAR</p>  $L = mrv = \hbar n$ <p>Taxa a cobrar: 40 vezes n (n=número obtido nos dados)</p>	<p>ÁTOMO DE BOHR</p>  $E = E_0 / n^2$ <p>Taxa a cobrar: dívida 10.000 por (n=número obtido nos dados) [Arredonde para o maior inteiro]</p>	<p>OSCILADOR HARMÔNICO QUÂNTICO</p>  $E = \left(n + \frac{1}{2}\right) \hbar \omega$ <p>Taxa a cobrar: 50 vezes n (n=número obtido nos dados)</p>																								
<p>TÍTULO DE BROGLIE ONDA</p> <p>ALUGUEL \$3</p> <table border="0"> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 20.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>30.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>90.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>160.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$80.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 20.	2 Casas	30.	3 Casas	90.	4 Casas	160.	<p>TÍTULO DE BROGLIE PARTÍCULA</p> <p>ALUGUEL \$2</p> <table border="0"> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 18.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>30.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>80.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>140.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$80.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 18.	2 Casas	30.	3 Casas	80.	4 Casas	140.	<p>TÍTULO MODELO DE RAYLEIGH</p> <p>ALUGUEL \$12</p> <table border="0"> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 48.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>70.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>100.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>150.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$250.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 48.	2 Casas	70.	3 Casas	100.	4 Casas	150.
1 Casa	\$ 20.																									
2 Casas	30.																									
3 Casas	90.																									
4 Casas	160.																									
1 Casa	\$ 18.																									
2 Casas	30.																									
3 Casas	80.																									
4 Casas	140.																									
1 Casa	\$ 48.																									
2 Casas	70.																									
3 Casas	100.																									
4 Casas	150.																									
<p>TÍTULO QUARK BOTTOM</p> <p>ALUGUEL \$14</p> <table border="0"> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 70.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>120.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>150.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>200</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$80.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 70.	2 Casas	120.	3 Casas	150.	4 Casas	200	<p>TÍTULO ELÉTRON</p> <p>ALUGUEL \$14</p> <table border="0"> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 75.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>120.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>150.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>200.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$80.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 75.	2 Casas	120.	3 Casas	150.	4 Casas	200.	<p>TÍTULO NEUTRINO DO ELÉTRON</p> <p>ALUGUEL \$16</p> <table border="0"> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 75.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>120.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>160.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>200.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$250.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 75.	2 Casas	120.	3 Casas	160.	4 Casas	200.
1 Casa	\$ 70.																									
2 Casas	120.																									
3 Casas	150.																									
4 Casas	200																									
1 Casa	\$ 75.																									
2 Casas	120.																									
3 Casas	150.																									
4 Casas	200.																									
1 Casa	\$ 75.																									
2 Casas	120.																									
3 Casas	160.																									
4 Casas	200.																									

Figura A.14: Sessão 1 de cartas propriedades.


<p>POÇO QUADRADO INFINITO</p>  $E = \left(\frac{\pi^2 \hbar^2}{2mL^2} \right) n^2$ <p>Taxa a cobrar: 10 vezes n (número obtido nos dados)</p>	<p>TÍTULO MODELO DE PLANCK</p> <p>ALUGUEL \$12</p> <table> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 48.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>70.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>100.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>150.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$250.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 48.	2 Casas	70.	3 Casas	100.	4 Casas	150.	<p>TÍTULO QUARKUP</p> <p>ALUGUEL \$12</p> <table> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 60.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>90.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>110.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>160.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$250.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 60.	2 Casas	90.	3 Casas	110.	4 Casas	160.								
1 Casa	\$ 48.																									
2 Casas	70.																									
3 Casas	100.																									
4 Casas	150.																									
1 Casa	\$ 60.																									
2 Casas	90.																									
3 Casas	110.																									
4 Casas	160.																									
<p>TÍTULO MODELO DE JEANS</p> <p>ALUGUEL \$14</p> <table> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 50.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>72.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>110.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>160.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$250.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 50.	2 Casas	72.	3 Casas	110.	4 Casas	160.	<p>TÍTULO NEUTRINO DO MÛON</p> <p>ALUGUEL \$18</p> <table> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 80.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>140.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>190.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>240.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$250.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 80.	2 Casas	140.	3 Casas	190.	4 Casas	240.	<p>TÍTULO QUARK DOWN</p> <p>ALUGUEL \$8</p> <table> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 54.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>70.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>90.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>120.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$250.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 54.	2 Casas	70.	3 Casas	90.	4 Casas	120.
1 Casa	\$ 50.																									
2 Casas	72.																									
3 Casas	110.																									
4 Casas	160.																									
1 Casa	\$ 80.																									
2 Casas	140.																									
3 Casas	190.																									
4 Casas	240.																									
1 Casa	\$ 54.																									
2 Casas	70.																									
3 Casas	90.																									
4 Casas	120.																									
<p>TÍTULO MÛON</p> <p>ALUGUEL \$16</p> <table> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 75.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>120.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>150.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>220.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$250.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 75.	2 Casas	120.	3 Casas	150.	4 Casas	220.	<p>TÍTULO TAU</p> <p>ALUGUEL \$18</p> <table> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 80.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>140.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>200.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>240.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$250.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 80.	2 Casas	140.	3 Casas	200.	4 Casas	240.	<p>TÍTULO NEUTRINO DOTAU</p> <p>ALUGUEL \$20</p> <table> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 80.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>140.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>190.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>260.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$250.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 80.	2 Casas	140.	3 Casas	190.	4 Casas	260.
1 Casa	\$ 75.																									
2 Casas	120.																									
3 Casas	150.																									
4 Casas	220.																									
1 Casa	\$ 80.																									
2 Casas	140.																									
3 Casas	200.																									
4 Casas	240.																									
1 Casa	\$ 80.																									
2 Casas	140.																									
3 Casas	190.																									
4 Casas	260.																									

Figura A.15: Sessão 2 de cartas propriedades.

<p>TÍTULO QUARK CHARM</p> <p>ALUGUEL \$10</p> <table> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 54.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>90.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>110.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>160.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$250.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 54.	2 Casas	90.	3 Casas	110.	4 Casas	160.	<p>TÍTULO MODELO DE SCHRODINGER</p> <p>ALUGUEL \$25</p> <table> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 110.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>200.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>260.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>320.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$250.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 110.	2 Casas	200.	3 Casas	260.	4 Casas	320.	<p>TÍTULO INCERTEZA NO MOMENTO</p> <p>ALUGUEL \$28</p> <table> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 140.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>200.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>280.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>360.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$250.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 140.	2 Casas	200.	3 Casas	280.	4 Casas	360.
1 Casa	\$ 54.																									
2 Casas	90.																									
3 Casas	110.																									
4 Casas	160.																									
1 Casa	\$ 110.																									
2 Casas	200.																									
3 Casas	260.																									
4 Casas	320.																									
1 Casa	\$ 140.																									
2 Casas	200.																									
3 Casas	280.																									
4 Casas	360.																									
<p>TÍTULO MODELO DE THOMSON</p> <p>ALUGUEL \$22</p> <table> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 110.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>190.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>250.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>320.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$250.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 110.	2 Casas	190.	3 Casas	250.	4 Casas	320.	<p>TÍTULO QUARK TOP</p> <p>ALUGUEL \$14</p> <table> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 80.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>120.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>150.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>200.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$250.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 80.	2 Casas	120.	3 Casas	150.	4 Casas	200.	<p>TÍTULO INCERTEZA NA POSIÇÃO</p> <p>ALUGUEL \$25</p> <table> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 140.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>200.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>300.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>400.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$250.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 140.	2 Casas	200.	3 Casas	300.	4 Casas	400.
1 Casa	\$ 110.																									
2 Casas	190.																									
3 Casas	250.																									
4 Casas	320.																									
1 Casa	\$ 80.																									
2 Casas	120.																									
3 Casas	150.																									
4 Casas	200.																									
1 Casa	\$ 140.																									
2 Casas	200.																									
3 Casas	300.																									
4 Casas	400.																									
<p>TÍTULO QUARK STRANGE</p> <p>ALUGUEL \$15</p> <table> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 75.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>120.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>150.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>200.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$250.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 75.	2 Casas	120.	3 Casas	150.	4 Casas	200.	<p>TÍTULO MODELO DE BOHR</p> <p>ALUGUEL \$25</p> <table> <tr><td>1 Casa</td><td>\$ 110.</td></tr> <tr><td>2 Casas</td><td>190.</td></tr> <tr><td>3 Casas</td><td>250.</td></tr> <tr><td>4 Casas</td><td>340.</td></tr> </table> <p>COM HOTEL \$250.</p> <p>Custo da construção de uma casa/hotel \$50 (cada um).</p>	1 Casa	\$ 110.	2 Casas	190.	3 Casas	250.	4 Casas	340.									
1 Casa	\$ 75.																									
2 Casas	120.																									
3 Casas	150.																									
4 Casas	200.																									
1 Casa	\$ 110.																									
2 Casas	190.																									
3 Casas	250.																									
4 Casas	340.																									

Figura A.16: Sessão 3 de cartas propriedades.

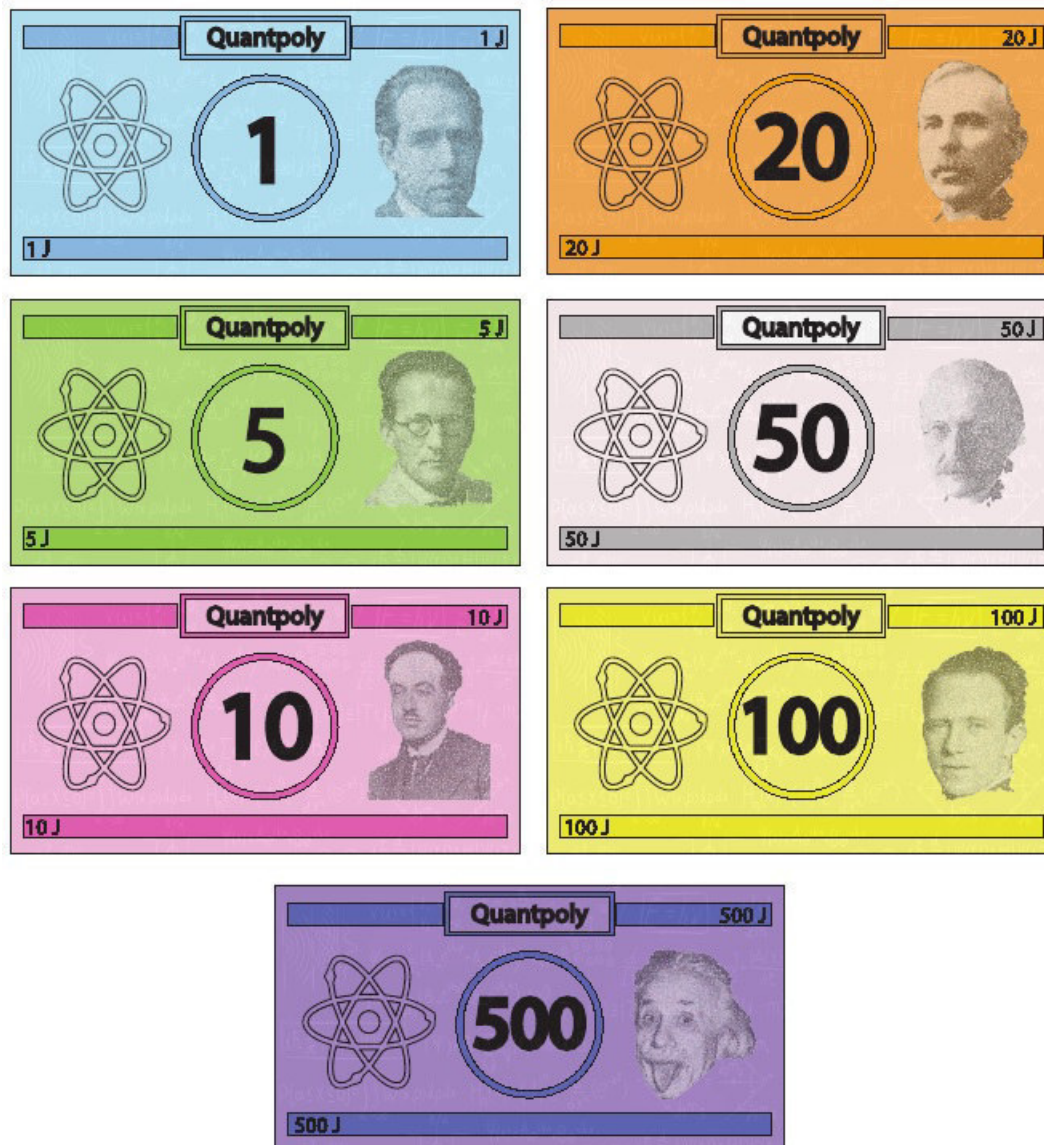


Figura A.17: Cédulas em joules. Imprima a quantidade necessária para compor o número de cédulas indicada no manual do jogador. É aconselhado que baixe o arquivo no link anterior. Nele estão contidos arquivos prontos para a impressão das cédulas separadas por valores.

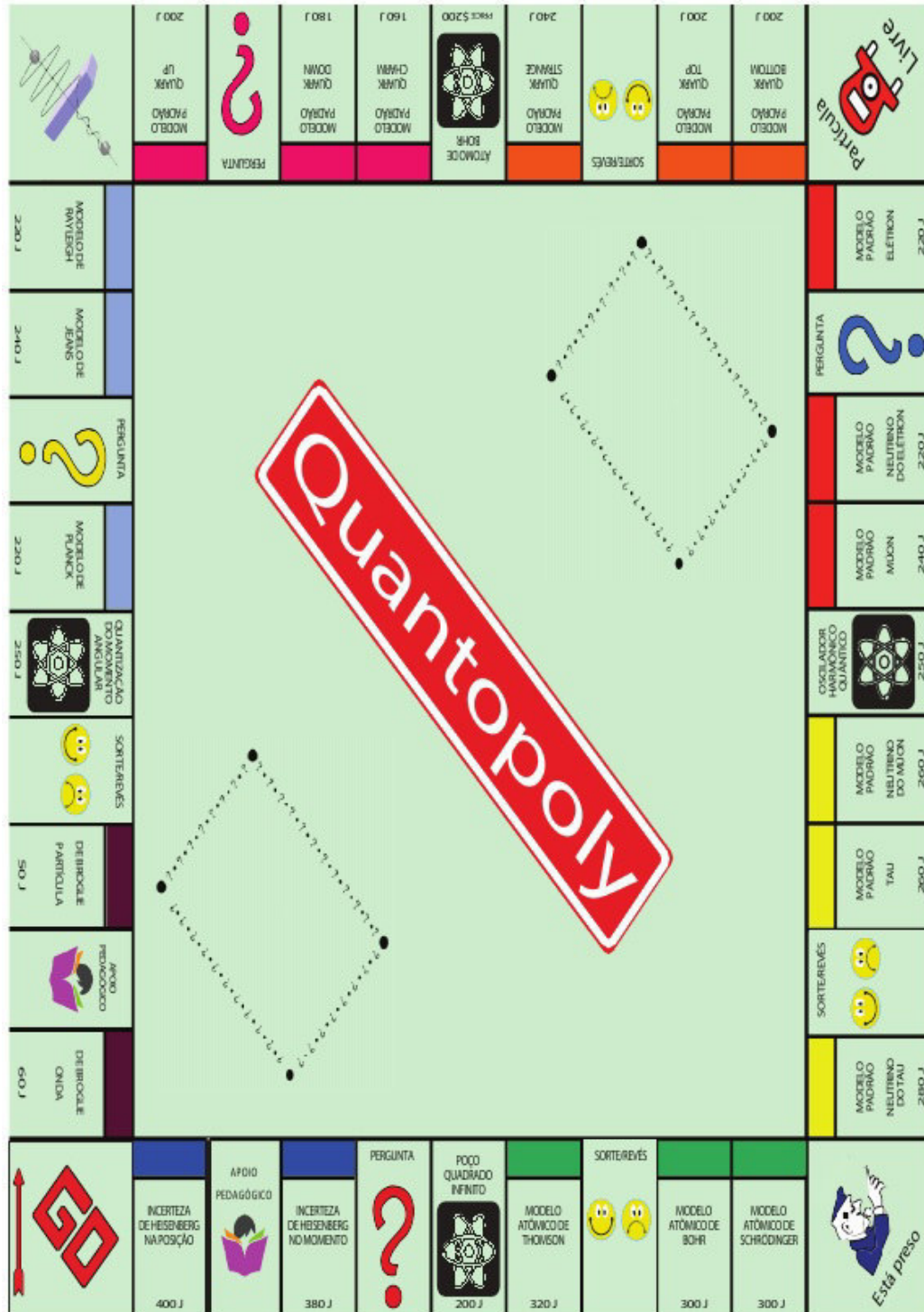


Figura A.18: Tabuleiro em versão reduzida. Ao imprimir, é aconselhável que utilize duas folhas tamanho A3. Divida o tabuleiro ao meio de forma que cada metade se encontre em uma folha.

A.4 Itens do jogo

Este jogo contém:

01 Tabuleiro
 28 títulos de posse
 32 cartões sorte ou revés
 32 casas (peças verdes)
 12 hotéis (peças vermelhas)
 02 dados
 6 peões plásticos
 380 notas, sendo elas:

64 notas de 1 J
 80 notas de 5 J
 80 notas de 10 J
 80 notas de 20 J
 64 notas de 50 J
 60 notas de 100 J
 16 notas de 500 J

01 manual de instrução

A.5 Preparação do jogo

Em uma superfície plana, abra o tabuleiro. Cada jogador deverá escolher o peão de sua preferência e posicioná-lo na casa inicial (GO). Coloque as cartas PERGUNTAS e SORTE/REVÉS já embaralhadas nos espaços indicados no tabuleiro. Escolha um dos jogadores para ser o banqueiro. Ele será o responsável por:

- Pagamentos e recebimentos do banco;
- Entrega de títulos de posse e de casas;
- Caso o banqueiro esteja jogando, ele não deve misturar o seu dinheiro com o do banco. Para facilitar o início do jogo, organize os Títulos de Posse por cor e deixe-os com o banqueiro. O banqueiro deve distribuir, no início do jogo, a seguinte quantia em dinheiro:

8 notas de 1 J

10 notas de 5 J
 10 notas de 10 J
 10 notas de 20 J
 8 notas de 50 J
 6 notas de 100 J
 2 notas de 200 J
 2 notas de 500 J
 O restante fica no banco (NATUREZA)

A.6 Manual do Jogo

O jogador escolhido para ser o banqueiro lê para todos:

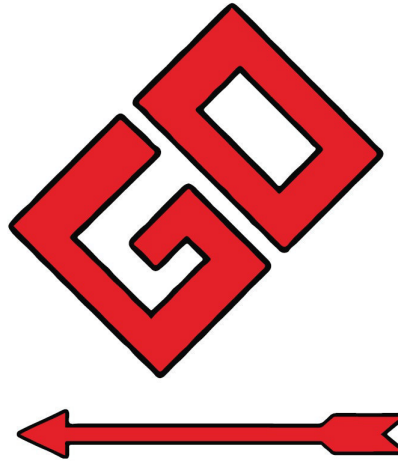
“Vocês acabaram de ser transferidos para a realidade quântica e, para viver bem em sociedade, precisam entender as regras deste cenário intrigante. Gastem o tempo que for preciso para conhecerem as regras e, em seguida, comecem a desfrutar deste maravilhoso universo minúsculo!”

Começa o jogo: Dispute nos dados quem será o primeiro a jogar. Quem tirar o maior número nos dados começa o jogo, seguido pelo jogador à esquerda e assim por diante. O primeiro jogador lança os dados novamente, avança o número de casas da soma dos dois dados e cumpre o que indica a casa. Caso um jogador tire nos dados dois números iguais, ele deve movimentar seu peão novamente. Mas cuidado! Caso tire dois números iguais três vezes seguidas, o apressadinho vai para o poço quântico. (Veja as instruções a seguir)

Movimentando seu peão: Ao cair em uma propriedade ou companhia sem dono, você pode comprá-la pelo valor de energia indicado no tabuleiro. Entregue a quantia em energia ao banqueiro, que fará a entrada do título ou posse. Nas casas “Sorte/Revés” e “Pergunta” você deve cumprir o que indica as cartas no tabuleiro. A Partícula Livre é aquele momento de descanso tão merecido após tantas interações. Ao parar nesta casa, não é preciso fazer nada.

Início: Sempre que sua partícula passar pela casa Início ou parar, receba seu “pró-labore” - um pagamento por serviços prestados - no valor de 100 J e será feita uma pergunta pelo banco (retirar uma carta do baralho de perguntas), caso o jogador acerte, recebe mais 100 J. Não deixe de lembrar o banqueiro de pagá-lo, pois se você não pegar a sua energia até o final da sua jogada, não poderá recuperá-la depois.

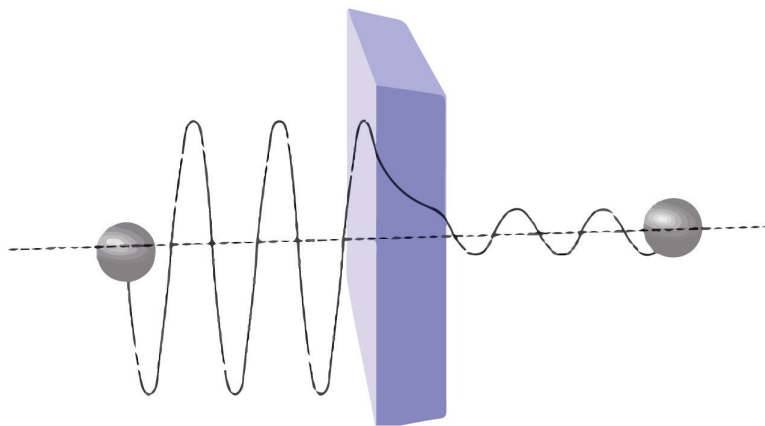
Sorte ou Revés: Ao parar em uma casa Sorte ou Revés, sorteie uma carta deste monte e cumpra o que for indicado. Em seguida, devolva a carta



para o final da pilha, exceto quanto tirar a Habeas Corpus ou a Compra Livre, que podem ser utilizadas no momento que desejar (quando utilizadas, devolvê-las ao monte).

A carta Habeas Corpus permite que você saia da prisão (barreira quântica) sem precisar tirar uma dupla nos dados ou pagar a fiança. Você pode utilizá-la quando quiser ou mesmo vendê-la a outro jogador por um valor negociável.

Poço de potencial (com barreira quântica): Existem três formas de ir para esta casa:



- i) Tirando dois números iguais por três vezes consecutivas ou;
- ii) Caindo na casa “Vá para o poço de potencial” ou;

iii) Tirando a carta Revés “Vá para o poço de potencial.”

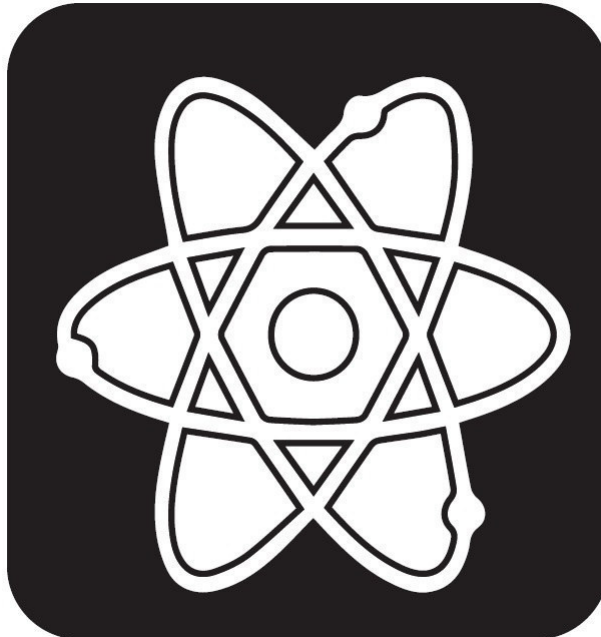
Se acontecer uma destas situações, mova sua partícula até a casa “Poço de Potencial”, sem receber seu “pró-labore” da casa Início e deverá ficar até 3 rodadas sem jogar. Fique tranquilo, pois existem três formas de sair desta:

- i) Tirando uma dupla nos dados ou;
- ii) Pagando 50 J de fiança na terceira rodada ou;
- iii) Utilizando a carta Habeas Corpus.

Atenção: Se a partícula parar na casa “Poço de Potencial”, só estará fazendo uma visitinha.

Propriedades: As propriedades são objetos ou teorias do mundo quântico que podem ser compradas sempre que cair em uma dessas casas, caso ela não tenha dono. Como proprietário, você deverá cobrar o “aluguel” dos jogadores que pararem em sua propriedade. Este valor está indicado em seu “Título de Posse”. Caso pare na propriedade de outro jogador, será você quem deverá pagar o aluguel.

Sistemas Quantizados: Estas casas são exemplos da quantização do mundo quântico. Existem 4 exemplos acessíveis para alunos de ensino médio:



- i) Quantização do Momento Angular;
- ii) Oscilador Harmônico Quântico;

- iii) Átomo de Bohr;
- iv) Poço Quadrado Infinito;

Caso algum jogador pare em um dos seus sistemas quantizados, verifique na carta as instruções para o valor a ser cobrado. Você *não* poderá fazer nenhum tipo de upgrade nestas casas.

Upgrade nas suas propriedades:



- **Casas(verde):** As propriedades do jogo são divididas em grupos de cores, indicadas no tabuleiro e nos Títulos de Posse. Quando conseguir ter todas as propriedades do mesmo grupo de cores, você terá direito a construir casas, sempre na sua vez de jogar. O valor de compra de cada casa é informado no Título de Posse. O banco fará uma pergunta (retirar carta do baralho “perguntas“). Caso o jogador acerte, recebe o valor indicado na carta pergunta e paga apenas a metade do valor para construção de uma casa¹.

Você pode construir até 4 casas em um terreno – depois disso somente um hotel. Importante: para construir uma segunda casa em uma propriedade, todas as outras do grupo deverão ter pelo menos uma casa. Para construir a terceira, todas as outras deverão ter pelo menos duas casas em cada e assim por diante.

- **Hotel(vermelho):** Propriedades com hotel possuem aluguel bem mais alto. Para construir um hotel é necessário que todos os terrenos tenham 4 casas. Pague a quantia indicada no Título de Posse, tire as 4 casas e coloque um hotel. Os hotéis também só podem ser construídos na sua vez de jogar.

¹esta regra também serve para a construção de um hotel

Sabe aquela propriedade que falta para você completar um grupo e que está com o adversário? Você pode a qualquer momento do jogo fazer uma oferta pela propriedade tão desejada, desde que ela não tenha construções.

Todos os jogadores podem comprar ou vender propriedades a qualquer momento. Caso alguém queira negociar uma propriedade com imóveis, primeiramente, o jogador deverá vender as casas ou hotel ao banco pela metade do valor pago, para só então negociar o Título de posse.

Perguntas: Quando a partícula cair nesta casa, o jogador deve retirar uma carta pergunta e entregar ao banco (sem olhar). O banco fará a pergunta, sendo esta de múltipla escolha, e o jogador deverá responder um item. A pontuação referente ao acerto depende do nível de pergunta e está contida no final da carta. A resposta certa contém um asterisco no início (gabarito).

PERGUNTA



Apoio Pedagógico: Estas são as cartas mais importantes do jogo. Elas servem como veículo de aprendizagem para o jogador e não deixa de ser um investimento para responder as perguntas nas casas “perguntas”.

O apoio pedagógico será acionado sempre que ocorrer alguma das seguintes situações:

i) Quando o jogador cair nas casas “apoio pedagógico” espalhadas pelo tabuleiro;

ii) Tirar a carta “apoio pedagógico” no baralho Sorte/Revés.

Quando esta função for acionada, o jogador em ação deve retirar uma carta, ler para todos e devolver ao baralho de apoio pedagógico. Sempre

APOIO PEDAGÓGICO



que isso acontecer, todos os participantes devem lhe pagar 1 J (obrigatoriamente).

Hipoteca: pensando em fins educativos e buscando associações com os temas abordados pela Física, este jogo não conterà a função hipoteca.

Está ficando sem energia? Calma, tem solução!

Todos os pagamentos para o banco e entre os jogadores deverão ser feitos em energia. Se não tiver mais energia, obedeça à seguinte ordem de negociação:

- i) Desfaça-se das casas e hotéis de suas propriedades, vendendo ao banco pela metade do preço;
- ii) Negocie suas propriedades com outros jogadores. Se ninguém tiver interesse, venda ao banco pelo preço indicado no tabuleiro;
- iii) Não são permitidos empréstimos.

A Falência: se após vender casas/hotéis e negociar propriedades não conseguir pagar suas dívidas, você estará sem energia. Entregue toda a energia que sobrou a quem você deve.

Regras opcionais – jogo curto: as regras opcionais abaixo podem ser utilizadas da forma como desejar: combinadas ou em partes, com o objetivo de tornar o jogo mais rápido e mais ao seu gosto.

Final alternativo: Vence quem tiver mais dinheiro contando a venda de propriedades e imóveis do banco.

- i) Ao invés de 4 casas para construir um hotel, você já pode construir a partir da 3^a ou 2^a casa;

ii) Antes de começar o jogo, embaralhe todas as cartas e distribua em igual quantidade a cada jogador. As propriedades que os jogadores tiverem interesse deverão ser pagas ao banco pelo valor indicado;

iii) Você pode sair da Detenção após a primeira rodada sem jogar dados pagando a fiança ao banqueiro;

iv) Jogo contra o relógio: Determine o tempo para o jogo, por exemplo 1 hora. Ao final deste tempo, vence quem tiver mais energia (após a venda de tudo para o banco). Em caso de empate, decida nos dados!

A.7 A Física do Quantopoly

Ao jogar, o aluno começa a interagir com as regras do mundo quântico e a associação com a Física é feita através de vários pontos. Estão listadas aqui todas as analogias e adaptações existentes ao longo do jogo:

A.7.1 A moeda movimentada na natureza se chama energia!

Para entender como funciona este mundo quantizado, fez-se necessário uma analogia referente à troca de energia. Dessa forma, o “banco imobiliário” caiu como uma luva, pois movimenta uma moeda quantizada. O paralelo entre o dinheiro (Reais) e a energia (joules) será dado durante as ações do jogo. Em resumo, para se interagir com a natureza neste cenário, devemos pagar ou receber energia.

Para homenagear e familiarizar os alunos com os cientistas que marcaram esta época do início da Física moderna, escolheu-se algumas figuras ilustres e, a cada um, atribuiu-se cédulas com valores (figura A.21) . Atente às unidades estampadas nestas (figura A.19).

A.7.2 Cartas de perguntas do jogo

Nesta sessão, estão contidas as referências de cada carta de perguntas; relacionando os conceitos devidamente abordados. As quantidades de cada carta do jogo estão identificadas ao lado. Observe que as respostas estão sinalizadas com *(gabaritos).

Princípio da incerteza de Heisenberg (1 CARTAS)

Pergunta: “Com base na mecânica quântica, é possível saber exatamente a posição e a velocidade de uma partícula?”

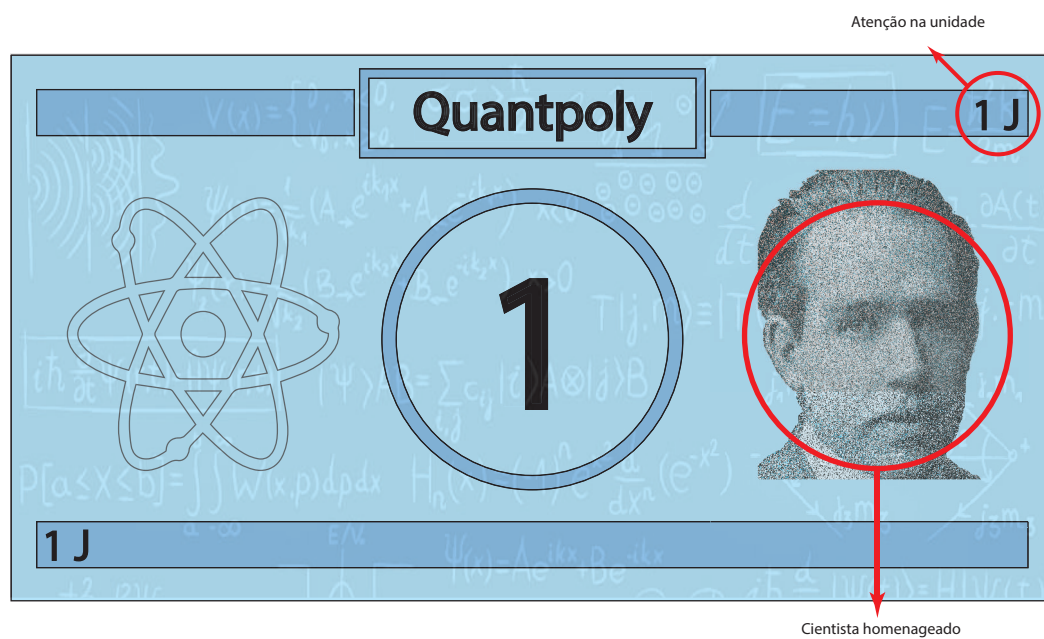


Figura A.19: Detalhes nas cédulas de energia referentes ao cientista homenageado e à unidades no SI (J).



Figura A.20: Tabuleiro utilizado para atuação dos participantes.

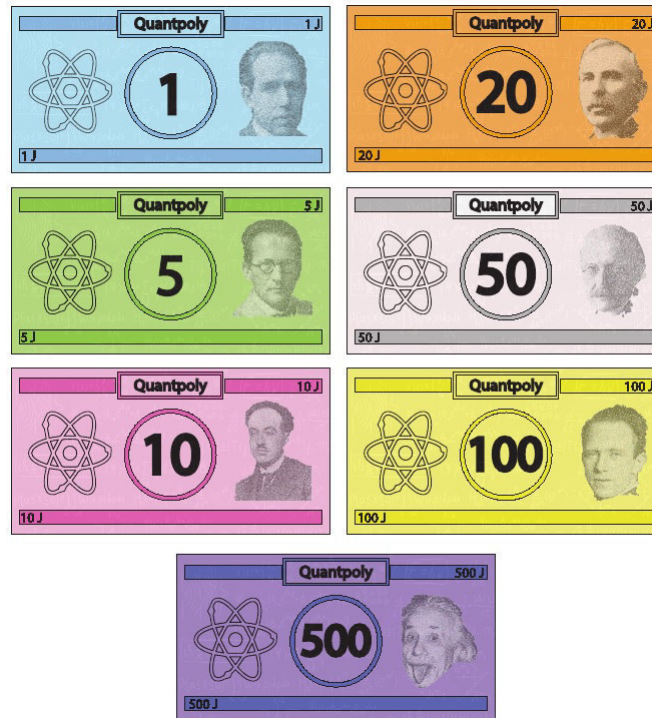


Figura A.21: Modelos das outras Ccdulas.

- a) Sim;
- b) Não.*

Efeito Fotoelétrico (1 CARTAS)

Como se chama a menor energia necessária para arrancar um elétron de uma placa metálica?

- a) Função trabalho;*
- b) Energia potencial elétrica;

Efeito Fotoelétrico (1 CARTAS)

Os fótons são pacotes de energia. No efeito fotoelétrico, um elétron pode absorver dois fótons simultaneamente e ser ejetado?

- a) Sim;

b) Não*

Efeito Compton (1 CARTAS)

Quando um fóton incide em um elétron que NÃO está fracamente ligado (ou livre), o espalhamento deste fóton é conhecido como efeito

- a) Compton;
- b) Thomson;*

Energia Quantizada (1 CARTAS)

“Em mecânica quântica, os elétrons sempre possuem energias quantizadas como no átomo de hidrogênio ou oscilador harmônico Quântico”. A afirmativa acima é:

- a) Verdadeira;
- b) Falsa;*

Corpo Negro (1 CARTAS)

A potência irradiada por um corpo negro depende de um expoente da temperatura, em kelvin, igual a:

- a) 2
- b) 3
- c) 4*

Modelo Padrão (1 CARTAS)

Complete a família dos quarks no modelo padrão: “up, down, estranho,, bottom e o”.

Modelo Padrão (1 CARTAS)

O nome da partícula de interação entre os quarks, que serve para uní-los, é dado por:

- a) pósitron;
- b) Gluon;*

Fusão e Fissão (1 CARTAS)

Complete a sentença: “Um exemplo de Fissão Nuclear pode ser entendido quando um neutron colide com um átomo de urânio-235, que absorve este neutron e transforma-se em urânio -... e oscila até se quebrar em núcleos menores liberando alguns, gerando assim uma reação em cadeia.”

- a) 234 e prótons;
- b) 236 e neutrons;*
- c) 235 e elétrons.

Fusão e Fissão (1 CARTAS)

Uma Fusão Nuclear ocorre quando dois núcleos se unem recebendo energia.

- a) Verdadeiro;
- b) Falso;*

Fusão e Fissão (1 CARTAS)

Qual das bombas é a mais potente?

- a) Bomba atômica;
- b) Bomba de Hidrogênio;*

Fusão e Fissão (1 CARTAS)

No Sol, podemos dizer que ocorre:

- a) Fissão;
- b) Fusão;*

A.7.3 Cartas de ação do jogo

Nesta sessão, estão contidas as referências de cada carta de ação; relacionando os conceitos devidamente abordados. As quantidades de cada carta estão contidas ao lado.

Vivo ou morto? (2 CARTAS)

A carta “vivo ou morto” faz alusão ao gato de Schrödinger. Esta carta ajuda o aluno a interpretar a ideia de estados quânticos através da proba-

bilidade: joga-se dois dados e caso o número obtido na soma seja par, o jogador estará vivo (tem direito a mais uma rodada). Entretanto, se a soma for um número ímpar, teremos o jogador morto (passa a vez).

Força constante (2 CARTAS)

Esta carta traduz de forma didática o efeito de uma força atuando em uma partícula no mesmo sentido do deslocamento: multiplica-se o número obtido nos dados (deslocamento) por 10 N (valor da força) e o jogador recebe do banco (natureza) o valor em dinheiro; representando a transferência de energia por um agente mecânico (força).

Corpo Negro (2 CARTAS)

Esta carta têm intuito de lembrar ao jogador a relação de um bom absorvedor também é um bom emissor. A carta obriga o jogador a devolver os últimos 200 J de energia ganhos ao passar pela origem: “Como você gostou de ganhar energia (bom absorvedor), é fato de que gostará de ceder esta energia (emissor)!”

Efeito fotoelétrico (4 CARTAS)

O efeito fotoelétrico será abordado nesta carta da seguinte maneira: O jogador se compara com um elétron preso no material a precisa de energia (fóton) para deixar tal material. A ideia é retratar energia (frequência) e intensidade (número de fótons). Exemplo: se a função trabalho valer 100 J, você primeiro deve trocar no banco suas notas a fim de obter uma cédula de 100 J. Não é permitido sair com duas de 50J. Esta ação conterà duas cartas representando duas funções trabalhos diferentes para materiais diferentes.

Caiu no poço! (1 CARTAS)

A carta “caiu no poço” faz com que o jogador vá para a prisão (poço quadrado finito). Existe a probabilidade de sair deste local. Chamamos este fenômeno de tunelamento quântico. Para que o jogador poça ultrapassar a barreira de potencial, precisa jogar os dois dados e obter números iguais. O processo pode ser repetido até três rodadas. Se ainda sim não conseguir sair, pode pagar a fiança (paga-se o valor de 200 J para a natureza).

Efeito Compton (2 CARTAS)

Esta ação ilustra um fóton incidindo na partícula (jogador). Entretanto, o pino não se encontra em nenhum potencial ou está fracamente ligado. Isso significa que ocorrerá um efeito Compton e a partícula será espalhada, ganhando energia. Jogue um dado para conhecer o ângulo de espalhamento. Quanto menor for o ângulo, mais energia absorverá!

Número obtido no dado - energia ganha:

- 1 - 100 J
- 2 - 80 J
- 3 - 65 J
- 4 - 50 J
- 5 - 45 J
- 6 - 30 J

Difração de Elétron (2 CARTAS)

A ação em questão revela o comportamento dual de uma partícula. Neste caso, a partícula se comporta como onda e este comportamento é revelado através da difração. Joga-se os dados e a o resultado da soma entre os dois dados será convertido em energia.

Número obtido no dado - energia ganha:

- 1 - 100 J
- 3 - 80 J
- 5 - 65 J
- 7 - 50 J
- 9 - 45 J
- 12 - 00 J

Nota-se que os números pares não apareceram. Isto configura pontos de mínimos. Desta forma, o jogador atribui um padrão de energia concentrado localmente sobre alguns pontos específicos.

No total, existem 15 cartas de ação diferentes.

A.7.4 Cartas de Propriedades

O tabuleiro é repleto de casas e cada uma delas possui uma referência à Física moderna e contemporânea, mais precisamente fazendo alusões a ideias e modelos que permearam esta fase da Física. São elas: modelo padrão, princípio da incerteza, dualidade onda-partícula, modelos da radiação do corpo negro e alguns modelos atômicos. Neste universo, existem as casas propriedades. O jogador que parar pela primeira vez sobre estas poderá

comprá-las do banco. Uma vez tendo a posse desta carta, deverá receber aluguel de um outro jogador que cair neste local posteriormente. Cada carta possui as indicações necessárias no verso. O aluguel representa interações, ou seja, troca de energia.

Tendo um conjunto de cartas da mesma cor, o proprietário poderá construir casas e hotéis. As indicações estão contidas no verso de cada carta. A fundamentação teórica deste material serve de base para o professor reforçar seus conhecimentos e, durante o jogo, explicar algo sobre cada uma delas.

A.7.5 Cartas de Quantização

Estas são cartas importantes no jogo. São, energeticamente, as mais valiosas em retorno inicial. Estas cartas representam alguns casos de quantização abordados no ensino médio. São eles:

Neste cenário do jogo, o aluno terá contato com as equações de quantização e perceberá que todas estas grandezas dependem de números inteiros. Para que o jogo tenha interatividade com as referências, trabalharemos tal número inteiro n sendo o número obtido nos dados. Os valores das taxas foram idealizados de forma a facilitar a quantia a ser paga e não possuem nenhuma referência Física.

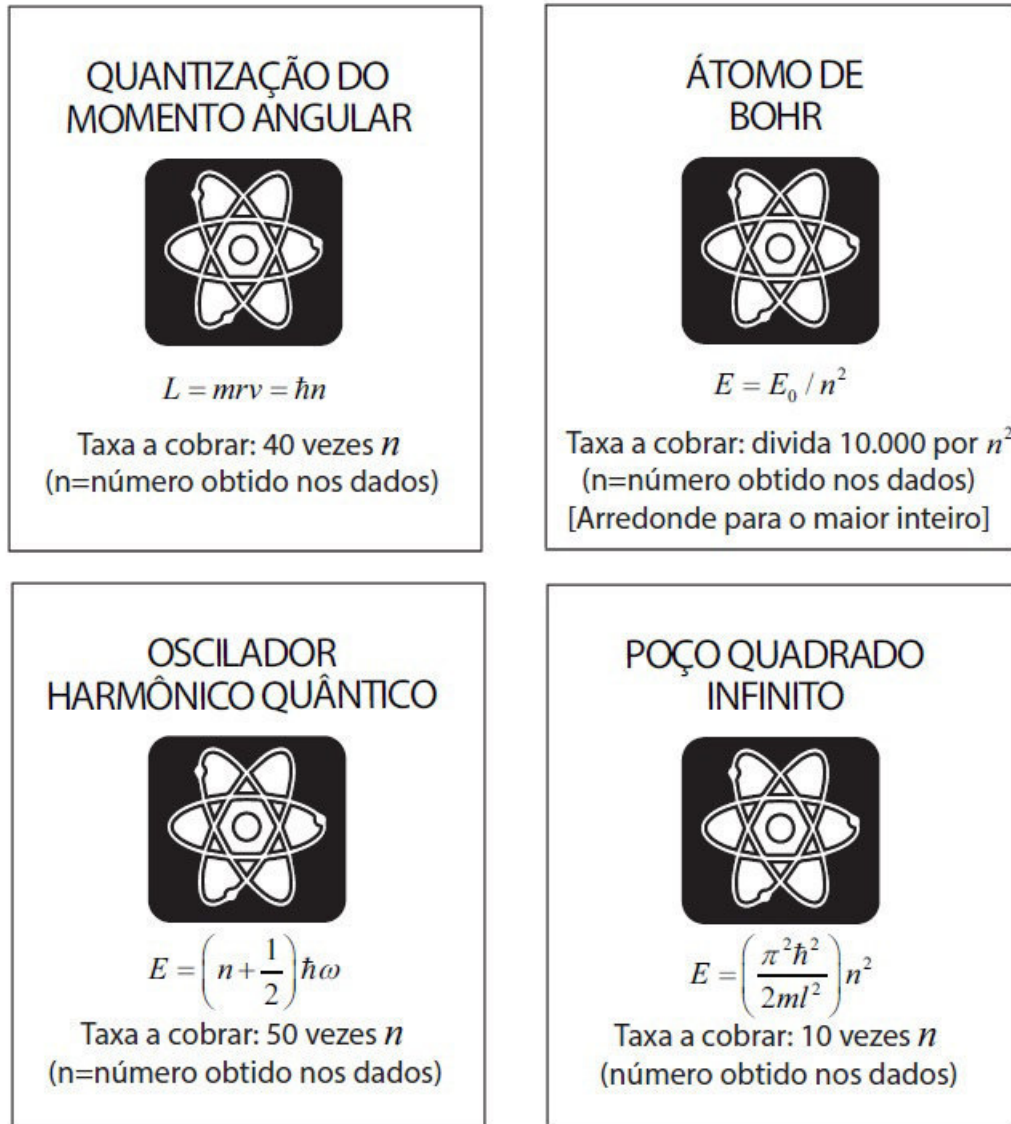


Figura A.22: Cartas de Quantização.

Apêndice B

Questionário pós jogo

1. Explique, de forma sucinta, o que significa quantização do ponto de vista quântico. O que significa dizer que um sistema é quantizado?

2. O que é um fóton?

3. O que é Efeito Fotoelétrico?

4. Ao incidir luz em uma placa metálica, supondo que a frequência da fonte é suficiente para que ocorra a ejeção de elétrons da placa. Um elétron pode receber energia de mais de um fóton? Explique de maneira simplificada.

5. Disserte em poucas palavras a diferença entre fusão e fissão nuclear. Qual delas ocorre no Sol? Qual a mais potente das duas?

6. Explique o que você entende por princípio da incerteza.

7. Como os corpos emitem radiação? Você está emitindo radiação neste momento? Se sim, você consegue ver a radiação que seu amigo ao lado está emitindo?

8. O que são partículas elementares? Cite algumas.

9. Explique com suas palavras o que é Modelo Padrão.

10. Você acha que este instrumento de aprendizado foi útil? Aprendeu alguma coisa sobre Física moderna que não foi citada nas perguntas anteriores? Relate sua experiência e ofereça sugestões.

Apêndice C

Material de apoio ao professor

Este apêndice apresenta uma sequência didática para embasamento do professor.

C.1 Primórdios da quântica

Inicialmente, devemos estar prontos para estudar um novo mundo! Este é o primeiro conselho que posso dar nesta jornada. Alguns fenômenos podem não fazer sentido nas nossas cabeças acostumadas a entender tudo como mecânica newtoniana (clássica), termodinâmica (clássica) e eletromagnetismo (clássico). Viagem à Física moderna. O início é 1900. Alguns cientistas acreditavam que a Física estava estagnada. Não se produzia mais como antes e quase tudo estava explicado ou previamente descrito. Por exemplo: Um planeta pode ter uma órbita extremamente complicada, mas se conhecemos as leis Físicas que regem esse movimento, sabemos como escrever as forças que atuam sobre ele e assim, por mais difíceis que fosse a solução analítica, sabemos como descrever os movimentos. Assim pensava a maioria dos cientistas físicos da época. William Thomson (1824-1907), mais conhecido como Lord Kelvin, era um desses homens. Na cabeça dele, só faltava melhorar equipamentos para melhorar algumas medidas fazer alguns ajustes sobre alguns modelos. Várias vezes, ele chegou a aconselhar jovens estudantes da época a mudar de ramo devido por um simples motivo: mercado de trabalho.

Entretanto existiam duas questões intrigantes que pairavam no ar e perturbava várias mentes da época. Lord Kelvin chamava estas questões de

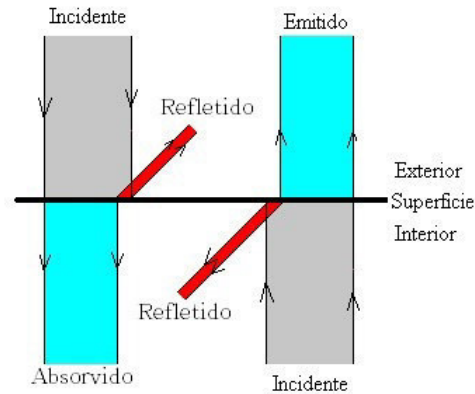


Figura C.1: Superfície de um corpo cinza, ou seja, sistema não considerado corpo negro.

“pequenas nuvens”.

Os problemas em questão eram: a existência do éter e o problema da radiação do corpo negro.

Estes pequenos problemas deram origem a duas grandes teorias da atualidade: a relatividade e a mecânica quântica.

A relatividade estuda corpos em velocidades próximas à da luz. Ela é uma correção da mecânica de Newton. Além disto, tal teoria consegue explicar muitos fenômenos celestes ocorrentes, tais como o desvio gravitacional para o vermelho e a precessão do periélio de Mercúrio.

A mecânica quântica é uma teoria probabilística e estuda o mundo microscópico, ou seja, a Física das pequenas dimensões. A mecânica de Newton é um caso particular da mecânica quântica. Em suma, ela nos fala sobre o mundo atômico.

Embora as teorias abranjam a teoria Newtoniana, não há uma teoria de unificação das duas. Tal problema é fruto de incansáveis pesquisas na Física dos séculos XX e XXI.

Propriedades da superfície de um corpo

Quando estudamos o que ocorre na superfície de um corpo, devemos entender que esta recebe energia, radiação, da parte interior (produzida pelo próprio corpo) e da parte exterior (produzida pelos corpos próximos). Quando a onda eletromagnética incide na superfície, parte da energia é transmitida e parte é refletida (figura C.1).

Quando a superfície é muito lisa, ou extremamente polida (espelho), a

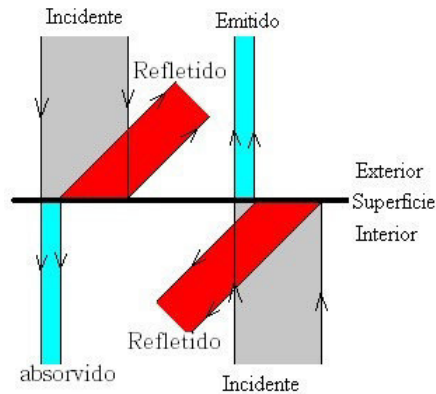


Figura C.2: Superfície de um sistema bem polido ou espelhado.

maior parte da energia incidente é refletida. O restante é absorvida pelos átomos ou moléculas. Caso contrário, a maior parte é absorvida e uma pequena parcela da energia é refletida. A figura C.2 representa esta situação. Nas figuras, as larguras dos feixes estão relacionando a quantidade de energia. Assim, quanto mais largo é o feixe, maior energia e vice-versa.

Ao analisar estas figuras, percebemos que um bom absorvedor é, também, um bom emissor. Isso é válido para o caso contrário, ou seja, um mal emissor é, também, um mal absorvedor.

C.2 O corpo negro

Quando nos referimos à superfície de um corpo negro, estamos tratando de um caso extremamente particular em que toda energia incidente do meio exterior é absorvida e toda energia incidente do meio interior é transmitida.

Pois é. Na realidade não existe um corpo negro na natureza um corpo negro, até o negro de fumo reflete cerca de 1% da energia incidente. Assim, para montarmos um modelo teórico, devemos entender um corpo negro como sendo uma cavidade com um pequeno furo. Imagine que você consiga fazer incidir um feixe de radiação eletromagnética por este furo. Ela vai refletir nas paredes até ser completamente absorvida, pois a probabilidade dela de retornar ao furo é quase nula. Com isso, podemos falar que toda a energia incidente é absorvida.

Analisemos os átomos das paredes da cavidade. Estes estão absorvendo energia aprisionada na cavidade, assim como emitida pelos outros átomos.

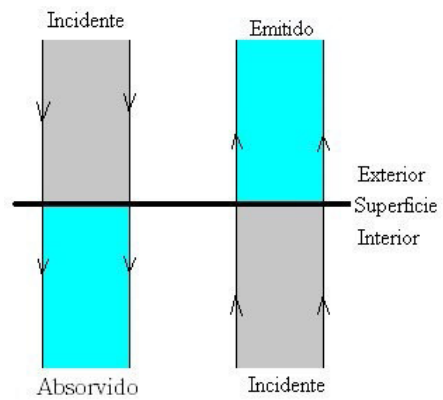


Figura C.3: Representação da superfície de um corpo negro.

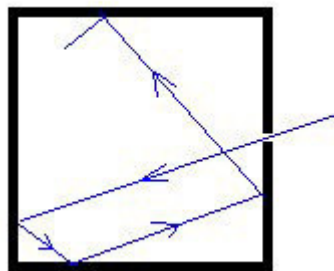


Figura C.4: Esquema teórico para o estudo do corpo negro.

Além disso, também estão emitindo energia. Quando existe um equilíbrio térmico, dizemos que toda energia emitida, por tempo, pelos átomos está sendo absorvida, por tempo, por estes. Com isso, a densidade de energia eletromagnética no interior da cavidade permanece constante.

A frequência correspondente à densidade de energia eletromagnética aprisionada na cavidade é função, somente, da temperatura da superfície, não dependendo do material desta.

O modelo que trataremos aqui foi sugerido por dois físicos Rayleigh e Jeans e corrigido em 1900 por Max Planck. Dois pontos são tomados como base da teoria: A radiação dentro da cavidade está em equilíbrio com os átomos das paredes que se comportam como osciladores harmônicos de frequência f . Cada oscilador pode absorver ou emitir energia da radiação em uma quantidade proporcional a f . Assim, quando um oscilador absorve ou emite radiação eletromagnética, sua energia aumenta ou diminui em uma quantidade hf . A segunda hipótese de Planck, escrita acima, afirma que a energia dos osciladores é quantizada. A energia de um oscilador de frequência f só existe em certos valores ($0, hf, 2hf, 3hf, \dots, nhf$). Para época isto era inconcebível, pois o caráter da energia era contínuo. Quando se fala de um grupo de osciladores, como uma superfície de um corpo, a distribuição espectral de radiação é contínua e possui um máximo, que depende da temperatura. Além disso, a distribuição espectral é função da frequência, ou comprimento de onda da radiação. A expressão apresentada por Planck, que corrigiu as fórmulas previamente encontradas por Rayleigh e Jeans, não violando a conservação da energia, foi a seguinte:

$$I = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{(e^{hc/\lambda KT} - 1)}$$

Derivando a equação acima obtemos uma equação transcendental:

$$\frac{d}{d\lambda} \left(\frac{1}{\lambda^5} \frac{1}{(e^{hc/\lambda KT} - 1)} \right) = 0$$

$$5(e^x - 1) - xe^x = 0$$

Com

$$x = hc/\lambda KT = 4,965$$

Observe que, para o ponto de máxima densidade de intensidade (em relação ao comprimento de onda), diferentes temperaturas T_1, T_2, T_3, \dots , estão relacionadas aos diferentes comprimentos de onda $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \dots$. Assim, o

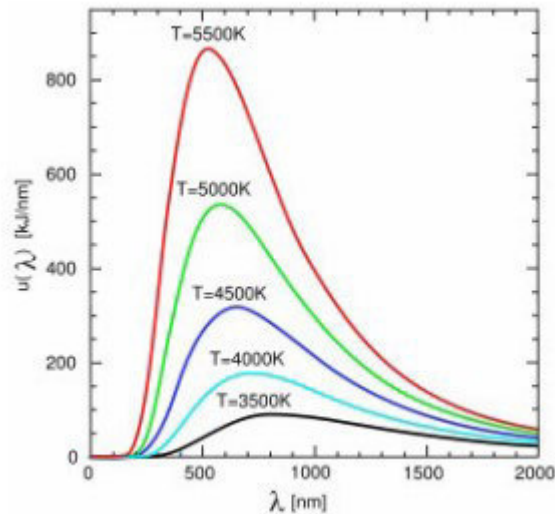


Figura C.5: Radiância por comprimento de onda.

produto do comprimento de onda, que condiz com o máximo, e a temperatura é constante.

$$\lambda_1 T_1 = \lambda_2 T_2 = \lambda_3 T_3 = \dots = 2,9 \cdot 10^{-3} m.K$$

Este resultado ficou conhecido como a lei do deslocamento de Wien, onde $b \approx 2,89 \cdot 10^{-3} m.K$. Cuidado! λ_{max} não quer dizer que é o máximo comprimento de onda, mas sim o comprimento de onda que é produzido com maior intensidade. Com esta nova ideia de energia quantizada surge um modelo que se adapta aos resultados encontrados. Pode-se mostrar que: “A intensidade da radiação varia com a quarta potência da temperatura absoluta”. Essa lei ficou conhecida como “lei de Stefan-Boltzmann:

$$I = \sigma T^4$$

Convém, no entanto, chamar a atenção para o fato de que os corpos aqui considerados não se comportarem como o corpo ideal, o corpo negro, e que a Lei de Stefan-Boltzmann só se verifica para o emissor perfeito. Para descrever corpos reais necessita de uma modificação. Assim:

$$I = e\sigma T^4 \rightarrow P = e\sigma AT^4$$

em que σ é uma constante, constante de Stefan-Boltzmann, e igual a $5,67 \cdot 10^{-8} W.m^{-2}.K^{-4}$.

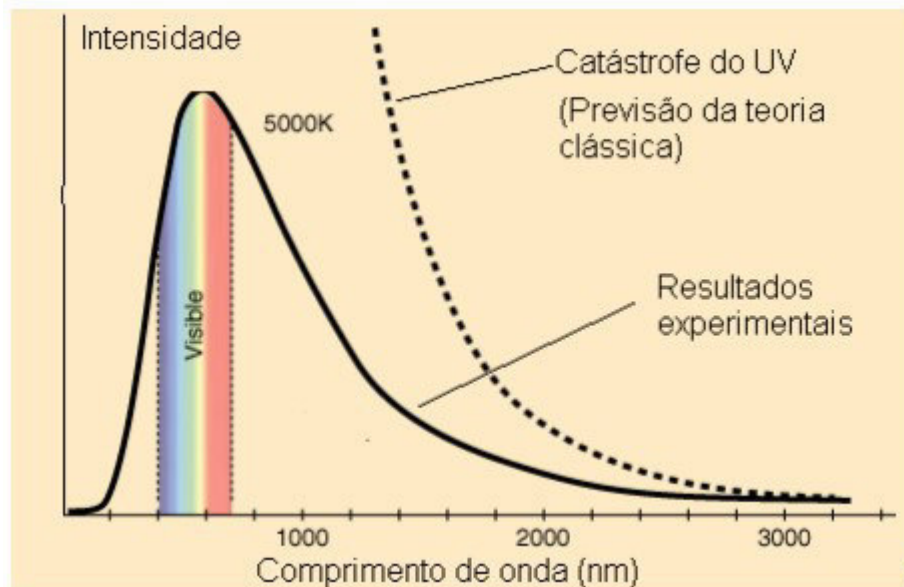


Figura C.6: Representação da catástrofe do ultravioleta.

C.2.1 A Catástrofe do Ultravioleta

As explicações clássicas para a radiação do corpo negro não foram bem-sucedidas. Um dos primeiros furos da teoria clássica ficou conhecido como a catástrofe do ultravioleta. Os conhecimentos da Física clássica fizeram Rayleigh e Jeans chegarem na expressão abaixo:

$$I = 8\pi kT/\lambda^4$$

Analisando a equação, percebemos que quanto maior o comprimento de onda, menor a intensidade. Estes resultados obtidos estavam em bom acordo com os resultados experimentais. O problema era quando se trabalhava com comprimentos de onda pequenos. Pela equação, a intensidade ia a infinito! Isso gera o absurdo em questão.

Os gráficos experimentais mostravam que a função deveria ter um máximo global, o que não acontecia até então com as teorias conhecidas. Em seguida, Planck, com a hipótese de quantização da energia, corrigiu este problema, como vimos no tópico anterior.

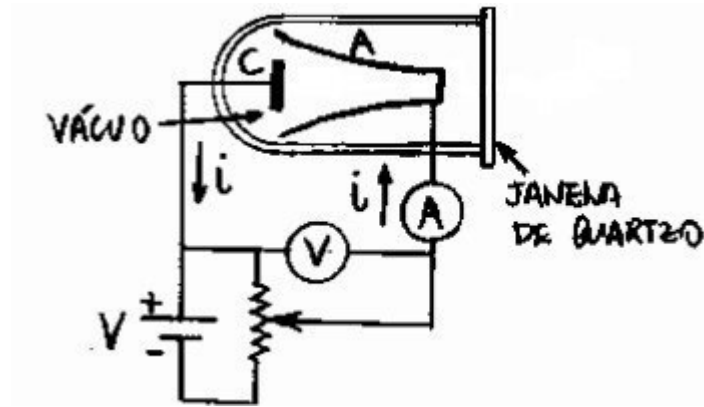


Figura C.7: Modelo simplificado do experimento de Hertz.

C.3 Efeito fotoelétrico

Imagine o seguinte circuito (C.7):

Sabemos muito bem que no vácuo os elétrons não saltam de uma placa para outra. Era de se esperar que o amperímetro não marcasse corrente, não é? Sim, é verdade! Entretanto, algo estranho e curioso acontece quando fazemos incidir radiação ultravioleta pela janela de quartzo.

Nesse instante, começa a surgir uma alteração no amperímetro (quase que instantânea) e corrente começa a fluir. Estranho? Todos também achavam na época e as teorias de Maxwell não conseguiam explicar esse fenômeno. Hertz deu o pontapé inicial nessa área, mas foi em 1905 que Einstein propôs um modelo esclarecedor para tal fato. Pegando carona nas ideias de Planck, Einstein sugeriu que a energia estava localizada em pequenas porções no espaço e viajavam com velocidade constante c . Esse tal pacote de energia (quantum de energia) tinha a característica de partícula sem massa e foi posteriormente denominado fóton.

O processo é o seguinte: um fóton incidente é absorvido inteiramente por um elétron que se encontra sobre o catodo. O elétron por sua vez adquire energia suficiente para ser arrancado do material com certa energia cinética.

$$K = h.f - w$$

Onde f é a frequência da radiação incidente e w o trabalho necessário para arrancá-lo do material. Neste processo de saída do material, alguns elétrons colidem e assim perdem energia. Quando partem da superfície, o trabalho é o menor possível e neste caso a energia cinética é máxima. Assim:

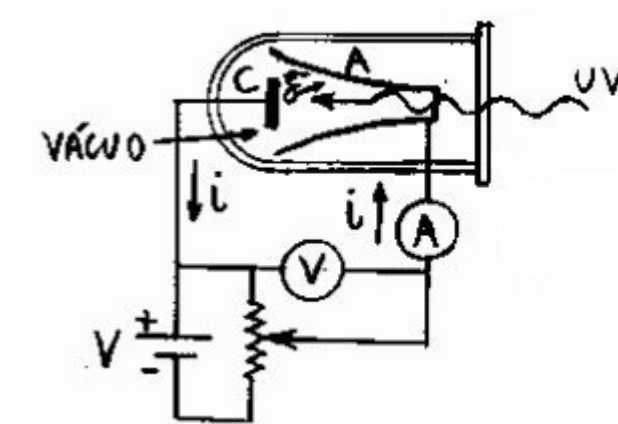


Figura C.8: Explicação da condução de corrente elétrica no experimento de Hertz.

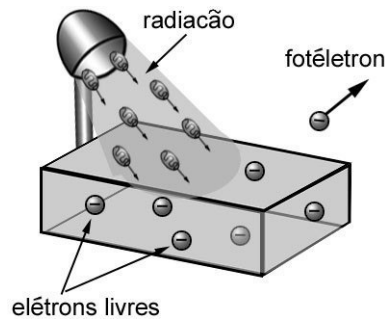


Figura C.9: Fótons incidindo em uma superfície metálica e ejetando os elétrons.

$$K_{max} = hf - w_0$$

onde w_0 é chamado de função trabalho. É a energia mínima para arrancar o elétron das forças atrativas do metal.

Perceba a influência da frequência da energia. A intensidade também influencia na energia? Bom, a intensidade é dada por potência por unidade de área. Logo, deve influenciar. Correto? ERRADO! O aumento de intensidade não tem nenhuma contribuição para o aumento de energia, mas sim no número de elétrons ejetados. Uma intensidade maior significa mais pacotes e assim mais elétrons poderão ser ejetados. Quando falamos de Física moderna, devemos parar de pensar na propagação contínua de energia, e

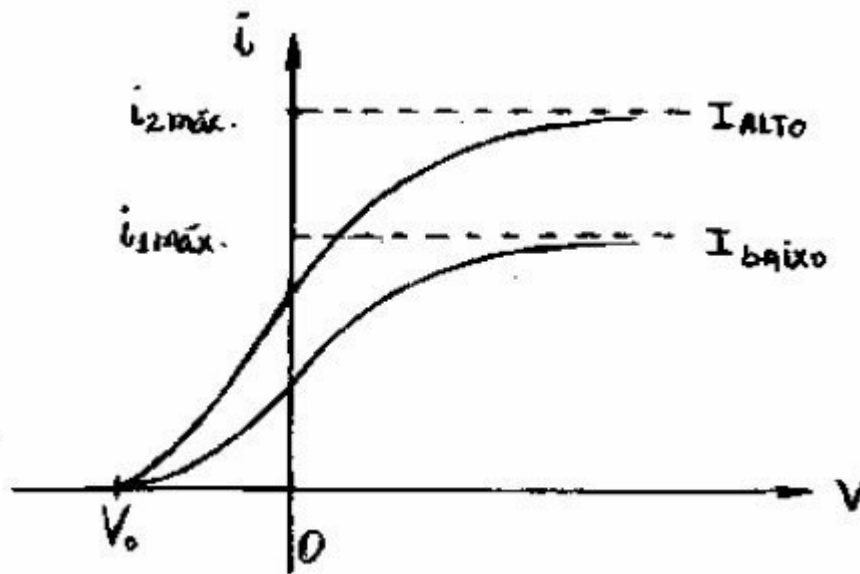


Figura C.10: Corrente de saturação e potencial de corte.

começar a imaginar a energia quantizada. Pequenos pedaços de energia.

O experimento de Leonard auxiliou muito para o entendimento deste efeito. Leonard mediu a corrente através do anodo A em função da diferença de potencial aplicada nos eletrodos para intensidades altas e baixas de luz incidente.

A corrente elétrica satura para altos valores de V . Nessa situação, todos elétrons ejetados em C são recolhidos em A. Quando V é invertido ($V < 0$), o anodo torna-se negativo e repele os elétrons liberados pelo catodo, entretanto, a corrente não cai imediatamente como era de se esperar. Este fato nos faz pensar que o elétron deve ter uma energia cinética que consegue vencer a diferença de potencial. Quando a diferença de potencial atinge um valor V_0 , chamado potencial frenador, a corrente torna-se nula, independente da diferença de potencial.

Podemos fazer, neste caso:

$$K_{max} = eV_0$$

Aqui estão alguns resultados obtidos por Millikan, em 1914, em uma superfície de sódio.

Efeito Fotoelétrico no Cotidiano Portas que se abrem sozinhas; Física ou

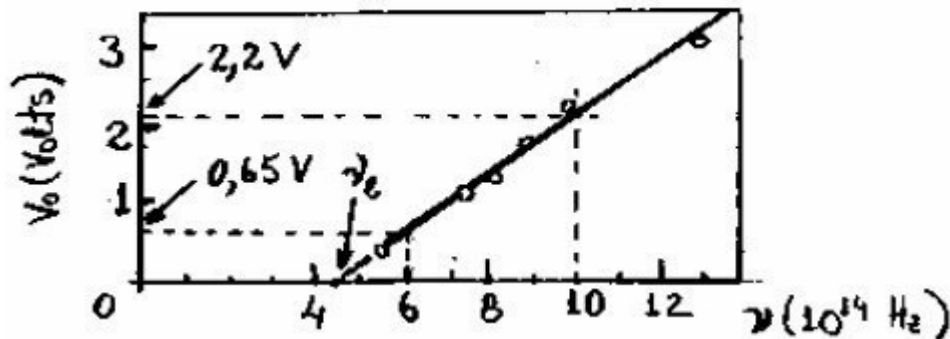


Figura C.11: relação linear entre d.d.p e frequência.

bruxaria?

Quando você chega no shopping, muitas vezes nem se dá conta de que está presenciando efeito fotoelétrico! Você já de ter se perguntado como deve ser o processo de abrir e fechar das portas automáticas. Mas como acontece isso? Onde está o efeito fotoelétrico? Esse efeito ocorre nas células fotoelétricas ou fotocélulas. O que é uma célula fotoelétrica? Bem, são dispositivos que possuem a capacidade de converter energia luminosa, proveniente de qualquer fonte, em energia elétrica. Não vamos nos prender a detalhes. A explicação detalhada desta conversão é bem complicada. De qualquer forma, essas células podem funcionar como geradoras de energia elétrica ou mesmo como sensores capazes de medir intensidade luminosa. É isso que acontece nos casos das portas de shoppings. Quando você aproxima, diminui a intensidade luminosa, isso faz acionar um circuito interno e o comando de abrir portas é dado. Viu? Não é bruxaria! Existem vários tipos de células fotoelétricas, como: Silício Amorfo, Silício Cristalino, Arseneto de Gálio e Telureto de Cádmio. Essas células são aplicadas também em monitores de LCD e de plasma.

C.4 O fóton

Como vimos anteriormente, os fótons são partículas que possuem massa de repouso nula. Você achou estranho eu chamá-los de partículas? Bom, vários fenômenos como interferência, difração e polarização são explicados pela natureza ondulatória da onda eletromagnética. Entretanto, existem vários outros efeitos que só permitem explicação através da natureza corpuscular. Veja o exemplo do espalhamento Compton que falaremos adiante.



Figura C.12: Portas automáticas utilizando o efeito fotoelétrico.

A energia de um fóton (cinética) é dada por $E = hf$, como foi visto para explicar o efeito fotoelétrico. Essa teoria, idealizada por Planck, indica que tal energia não é contínua, mas sim quantizada. Lembra disso? Se não lembra, volte e estude o capítulo anterior novamente.

Bem, a ideia agora é a seguinte: Vamos tomar uma área de secção transversal A num determinado tempo Δt . De um modo simplificado, temos que a intensidade da radiação é dada pela razão entre a potência pela área:

$$I = P_{ot}/A$$

Observe que se a fonte for pontual:

$$I = P_{ot}/A \rightarrow I \propto \frac{1}{r^2}$$

O número de fótons emitido por segundo é dado pela potência da fonte sobre a energia de cada fóton. Logo:

$$n = \frac{P_{ot}}{E}$$

Podemos ainda calcular a pressão de radiação. Lembre-se que a força pode ser escrita como

$$F = \frac{dp}{dt} = \frac{IA\Delta t}{c\Delta t} = \frac{IA}{c} = \frac{P_{ot}}{c}$$

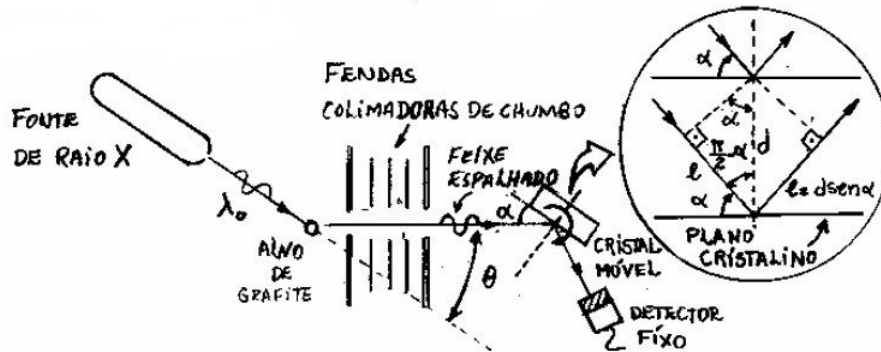


Figura C.13: Difração de raio x.

Se a superfície absorver totalmente o fóton. Caso a superfície seja perfeitamente refletora, temos que o fóton volta, logo:

$$F = 2 \frac{IA}{c} = 2 \frac{P_{ot}}{c}$$

C.4.1 Espalhamento Compton

Até 1923, todos ainda pensavam sobre essa coisa de pacotes de energia, ou seja, pensavam sobre uma natureza corpuscular do fóton. Neste ano, um físico chamado Arthur Holly Compton comprovou essa ideia. Compton atirou essa radiação sobre átomos pesados e percebeu uma variação no comprimento de onda da radiação que emergente.

Por enquanto basta sabermos que raio-X é um tipo de radiação eletromagnética. Mais adiante voltaremos a esse assunto e explicaremos melhor o como são produzidos. O uso do cristal no experimento é simples. Queremos identificar interferências construtivas para essa onda eletromagnética (radiação) que chega ao detector fixo. Chamamos essa condição de “condição de Bragg”. $\lambda = 2d \sin \alpha$, onde α é o ângulo entre o feixe e a superfície e d a distancia entre dois planos do cristal. A intensidade dos raios x espalhados foram medidas em função do comprimento de onda. Para nosso espanto, encontra-se dois comprimentos de onda que possuem intensidade máxima.

Um deles é o comprimento de onda próprio λ_0 e outro é maior que este, λ_1 . Assim, $\Delta \lambda = \lambda_1 - \lambda_0$. A expressão acima é conhecida por deslocamento Compton. Vamos calcular tal deslocamento utilizando de equações relativísticas.

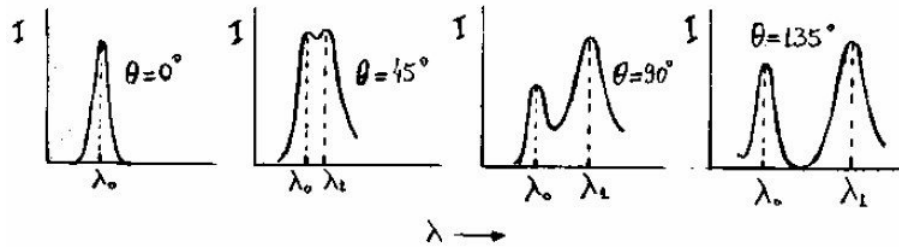


Figura C.14: Efeito Compton: intensidade do fóton desviado em relação ao comprimento de onda.

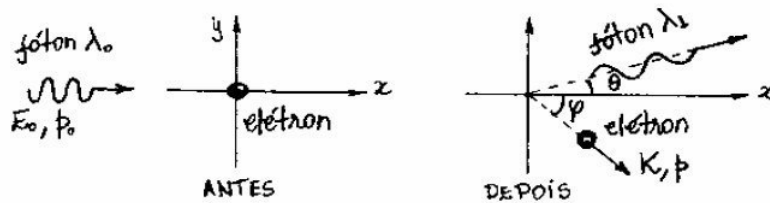


Figura C.15: Modelo de colisão entre elétron e fóton proposto por Compton.

A conservação do momento fornece:

$$p_0 = p_1 \cos \theta + p \cos \phi$$

e

$$p_1 \sin \theta = p \sin \phi$$

Elevando essas equações ao quadrado e somando-as em seguida, obtêm-se

$$p_0^2 + p_1^2 - 2p_0p_1 \cos \theta = p^2$$

A conservação da energia total relativística fornece

$$E_0 + m_0c^2 = E_1 + K + m_0c^2$$

ou seja

$$E_0 - E_1 = K$$

ou ainda, fazendo $E_0 = p_0c$ e $E_1 = p_1c$,

$$c(p_0 - p_1) = K$$

Substituindo-se $E = K + M_0c^2$ na equação $E^2 = (pc)^2 + (m_0c^2)^2$, obtém-se

$$(K + m_0c^2)^2 = p^2c^2 + (m_0c^2)^2$$

ou

$$\frac{K^2}{c^2} + 2Km_0 = p^2$$

Logo,

$$(p_0 - p_1)^2 + 2m_0c(p_0 - p_1) = p_0^2 + p_1^2 - 2p_0p_1\cos\theta$$

ou

$$m_0c(p_0 - p_1) = p_0p_1(1 - \cos\theta)$$

$$\frac{1}{p_1} - \frac{1}{p_0} = \frac{1}{m_0c}(1 - \cos\theta)$$

daí

$$\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_0 = \lambda_C(1 - \cos\theta),$$

onde $\lambda_C = h/m_0c = 2,43 \cdot 10^{-12}m$. O processo de espalhamento no qual o comprimento de onda não é alterado é chamado de espalhamento Thomson. Este é completamente explicado pela teoria eletromagnética clássica.

C.4.2 Raios X

Na Alemanha, chegara a primeira demonstração de estranhos raios que podiam ver através da carne para revelar os nossos ossos. Estes raios eram tão inexplicáveis que os cientistas não sabiam que nome lhes dar. Por isso chamaram-lhes “raios-X”. Esse tipo de radiação é produzida quando um feixe de elétrons de alta energia são desacelerados ao atingir um alvo de átomos pesados. Na época, o que se conhecia era a teoria eletromagnética clássica e esta afirmava que toda carga acelerada produzia um espectro contínuo de radiação, desde comprimento de onda zero até o infinito.

O estranho era que existia um limiar para comprimento de onda (figura b). Esse fato só poderia ser explicado com o conceito de fóton. Para um certo material, comprimento de onda mínimo depende da diferença de potencial aplicada ao elétron. O elétron que possui energia cinética K é desacelerado pela interação com o núcleo e essa variação de energia é liberada em forma de fóton. Tal processo é conhecido como bremsstrahlung (radiação de frenagem).

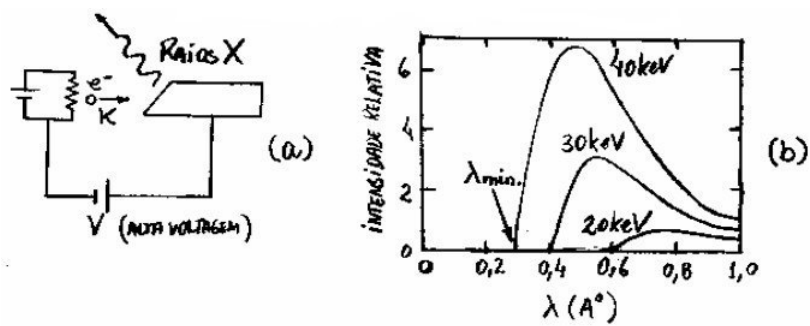


Figura C.16: Produção de raio-x.



Figura C.17: Elétron desacelerado emitindo fóton.

Acontecem vários processos desta natureza, o que gera um espectro contínuo. Quando a energia cinética final K' é nula, obtemos:

$$\lambda_{min} = \frac{hc}{eV}$$

O processo de bremsstrahlung é o oposto do efeito fotoelétrico.

C.4.3 Fluorescência

É possível provocar transições eletrônicas através do aquecimento. Elevando a temperatura, os átomos tornam-se mais agitados, colidindo com seus vizinhos e podendo provocar transições eletrônicas. Caso esse fenômeno provoque a perda de elétrons, recebe o nome de efeito termiônico. Nas lâmpadas fluorescentes, há uma mistura rarefeita de vapor de mercúrio com um gás inerte (em geral, Argônio). Ao colocarmos essa mistura sujeita a uma diferença de potencial, surge uma corrente elétrica, e os elétrons dessa corrente acabam por provocar colisões com os demais, fazendo-os sofrer transições de energia: ficam excitados. A volta desses elétrons ao estado fundamental ocorre com a emissão de radiação. Contudo, essa radiação é mais rica em frequências ultravioletas. Assim, usa-se uma tinta capaz de absorver essa radiação e, através de saltos quânticos menos energéticos, sofrer transições que emitam luz visível. Chamamos de fluorescência essa emissão de luz visível a partir da radiação ultravioleta.

C.4.4 Fosforescência

Nesse fenômeno o material recebe luz e é excitado, mas continua emitindo radiação visível mesmo após cessada a incidência, ou seja, o processo de excitação. É o que ocorre com os materiais das teclas de interruptores de luz ou dos ponteiros de relógios que continuam brilhando mesmo na escuridão.

C.4.5 Laser

Resumidamente, podemos entender o laser como um dispositivo que consegue controlar a maneira que os átomos excitados emitem fótons. Além disso, consegue focalizar a radiação e emitir um feixe característico. A sigla significa *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, que em português fica *amplificação de luz por emissão estimulada de radiação*. Este equipamento possui algumas propriedades que fazem com que a luz (radiação eletromagnética) emitida por ele seja diferente das outras formas de outras formas de radiação.

O laser foi na verdade uma adaptação, porque não dizer uma evolução, de uma invenção mais antiga denominada maser (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) criada na década de cinquenta. O maser, que era projetado para amplificar micro-ondas, foi alterado para ampliar ondas eletromagnéticas na região do visível, em outras palavras, luz.

A emissão estimulada é o processo utilizado nos lasers. Acontece da seguinte maneira: quando um agente externo perturba o sistema bombardeando os átomos que estão “preparados” com fótons que “empurram” o elétron de volta para sua órbita mais estável e assim, emitem outro fóton. Em seguida, o fóton incidente sai intacto e o fóton gerado possui mesma frequência do fóton incidente. Estes fótons seguirão juntos dentro do sistema até encontrarem outros átomos que irão perturbar, tornando o processo uma reação em cadeia.

As condições para que um laser possa existir são três. Começa com o meio ativo. Essa é a região em que os átomos, que serão responsáveis pela emissão estimulada, se encontram. Perceba que, para ocorrer emissão estimulada, os elétrons devem estar em estados excitados. Aqui entra a segunda parte do processo, que é uma fonte de energia para o meio ativo. A fonte deve ceder energia para os átomos de alguma forma, mas o essencial é que crie elétrons excitados para haver luz durante o processo de emissão estimulada. A principal função da fonte de energia é gerar uma inversão da população. Isso quer dizer que, no meio ativo, deve existir mais elétrons excitados do que elétrons no estado fundamental. Por fim, o mecanismo deve ser feito em um ressonador ou cavidade ótica. Cujo objetivo é fazer com que os fótons criados pela emissão estimulada não saiam rapidamente do meio ativo, ou seja, fazendo com que mais luz seja gerada. Isso pode ser feito com espelhos colocados nas extremidades do meio ativo.

Por fim, abrimos uma das extremidades e a luz é liberada.

Dualidade: onda x partícula

C.5 A hipótese de de Broglie

Como a luz parece ter ambas as propriedades, de onda e partícula, é natural perguntar se a matéria (por exemplo, elétrons e prótons) podem ter também ambas as características, de onda e partícula. Em 1924, um estudante de Física francês, Louis de Broglie, sugeriu esta ideia na sua tese de doutorado. O trabalho de de Broglie foi altamente especulativo, porque não existia evidências naquela época de qualquer aspecto ondulatório da

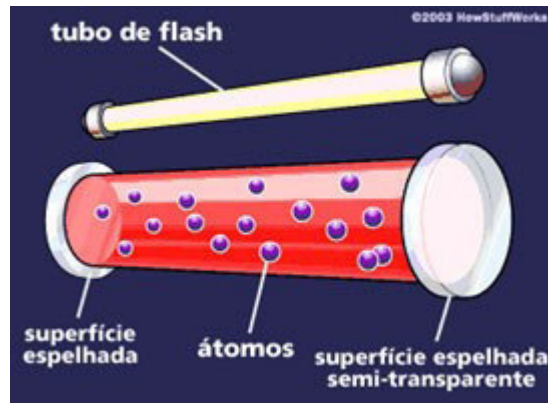


Figura C.18: Preparação do Laser.

matéria. Para o comprimento de onda da onda associada ao elétron, de Broglie escolheu:

$$\lambda = h/p$$

Onde p é o momento linear do elétron. Note que esta equação é a mesma para o fóton. Para a frequência da onda associada ao elétron, de Broglie escolheu a equação de Einstein que relaciona frequência e energia de um fóton.

$$f = E/h$$

Estas equações foram propostas para serem aplicadas a qualquer tipo de matéria. Porém, para objetos macroscópicos, os comprimentos de onda calculados a partir da equação acima são tão pequenos, que é impossível observar propriedades usuais de interferência e difração das ondas. Mesmo uma partícula de pó que tem uma massa tão pequena quanto $1\mu g$ é massiva demais para qualquer característica ondulatória ser notada. Do contrário, quando passássemos por uma porta a certa velocidade, poderíamos difratar!

C.6 Princípio da incerteza

Imagine que você está segurando a ponta de uma corda muito longa e produz uma onda ao chacoalhar para cima e para baixo ritmicamente. Se alguém perguntar onde precisamente está a onda na corda? Você vai achar que essa pessoa é meio louca: a onda não está precisamente em lugar

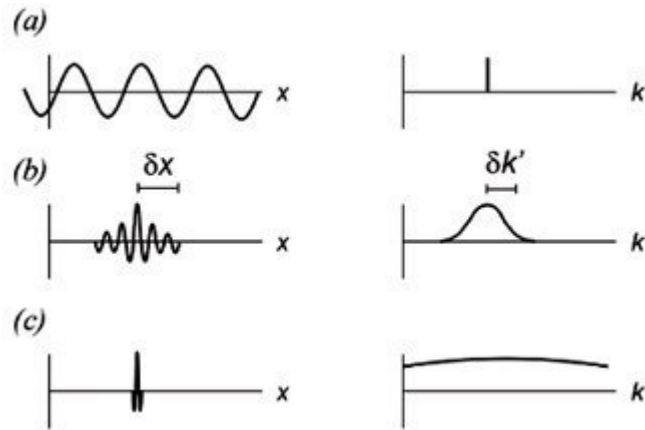


Figura C.19: Esquema pictórico do princípio da incerteza.

nenhum. Ela está distribuída na corda, porém com um comprimento de onda definido.

Por outro lado, se você der um puxão na corda, terá um pulso relativamente estreito viajando pela corda. Nesse caso, a primeira pergunta faz sentido, mas não posso afirmar muita coisa sobre comprimento de onda.

Desse modo, uma distribuição em comprimentos de onda corresponde a uma distribuição do momento, e um exame geral diz que quanto mais precisamente determinada for a posição da partícula, menos preciso será seu momento. Quantitativamente:

$$\sigma_x \sigma_p \geq \hbar/2$$

onde σ_x é o desvio padrão em x e σ_p é o desvio padrão em p . Esse é o famoso princípio da incerteza de Heisenberg.

ENTENDA que o princípio da incerteza significa: assim como as medidas da posição, as medidas de momento produzirão respostas precisas (a “distribuição” se refere ao fato de que as medidas em sistemas identicamente preparados não produzem resultados idênticos).

C.7 Espectros atômicos

No começo do século XX, foi coletada uma grande quantidade de dados sobre a emissão de luz por átomos num gás, quando os átomos eram excitados por uma descarga elétrica. A luz emitida pelos átomos de um elemento

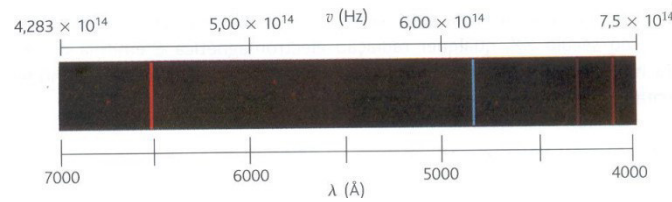


Figura C.20: Espectro do hidrogênio.

particular vista através de um espectroscópio com uma fenda muito estreita aparecia como um conjunto discreto de linhas de diferentes cores, ou comprimentos de onda. Os espaçamentos entre as linhas e as suas intensidades são características do elemento. Os comprimentos de onda destas linhas espectrais podiam ser determinados com precisão, e muitos esforços foram feitos para encontrar uma certa regularidade nos espectros. Em 1885, Johann Balmer determinou que os comprimentos de onda das linhas no espectro visível do hidrogênio podiam ser representados pela fórmula:

$$\lambda = (364,6nm) \frac{m^2}{(m^2 - 4)},$$

onde $m = 3, 4, 5 \dots$. Balmer sugeriu que esta expressão podia ser um caso especial de uma expressão mais geral que poderia ser aplicada aos espectros de outros elementos. Tal expressão, encontrada por R. Rydberg e Walter Ritz e conhecida como fórmula de Rydberg-Ritz, é dada por:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)$$

Onde n_1 e n_2 são inteiros e R a constante de Rydberg. Para o hidrogênio, tem-se: $R_H = 1,097776 \cdot 10^7 m^{-1}$.

Vários modelos atômicos vieram a tona na tentativa de explicar esses resultados e nada dava certo. O mais famoso (modelo de pudim de ameixas de J.J. Thomson) não explicava a radiação eletromagnética e a própria teoria clássica derrubou tal modelo. Os responsáveis pela aniquilação do modelo de pudim foram dois jovens (H. W. Geiger e E. Marsden) que sob supervisão de Rutherford, conseguiram perceber desvios de partículas alfa. O experimento de espelhamento de Rutherford deu início as ideias de um núcleo confinado sobre uma região central (mínima) e elétrons passeando na periferia...

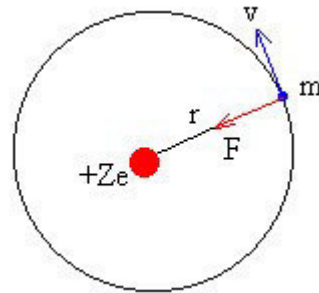


Figura C.21: Modelo do átomo de Bohr.

C.7.1 O átomo de Bohr

A ideia de um elétron numa trajetória circular é bem simples e se resume desta forma:

Podemos escrever a resultante centrípeta como:

$$F_{cent} = F_{el}$$

$$\frac{k_0 Z e^2}{r^2} = m_e \frac{v^2}{r}$$

A energia total pode ser expressa como:

$$E_{total} = -\frac{k_0 Z e^2}{r} + \frac{mv^2}{2} = -\frac{k_0 Z e^2}{2r}$$

Esta é a equação da energia total da órbita. Observe que o sinal negativo garante que a órbita é fechada. Bom, até aí tudo bem. A mecânica clássica achava que tinha resolvido o problema. Acontece que a eletrodinâmica nos diz que toda carga acelerada emite radiação (portanto perde energia) com a mesma frequência de oscilação. Neste caso, se o elétron começasse a perder energia iria colapsar e não existiria nada.

Para solucionar o problema, Bohr propôs algumas ideias revolucionárias e a partir daí a Física começou a mergulhar nas explicações do Átomo. Para evitar a contradição do modelo atômico com a teoria clássica do eletromagnetismo, Bohr elaborou os seguintes postulados:

i) O elétron pode se mover em determinadas órbitas sem irradiar. Essas órbitas estáveis são denominadas estados estacionários;

ii) As órbitas estacionárias são aquelas nas quais o momento angular do elétron em torno do núcleo é igual a um múltiplo inteiro de $h/2\pi$. Isto é,

$$mvr = \frac{nh}{2\pi}$$

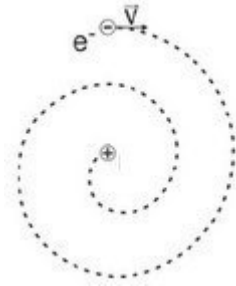


Figura C.22: Trajetória do elétron caso emitisse radiação a todo instante.

iii) O elétron irradia quando salta de um estado estacionário para outro mais interno, sendo a energia irradiada dada por

$$E = hf = E_i - E_f,$$

onde h é a constante de Planck $6,63 \cdot 10^{-34} J.s = 4,14 \cdot 10^{-15} eV.s$, f é a frequência da radiação emitida, E_i e E_f são energias dos estados inicial e final. Existiu um período de satisfação em relação a estes resultados. Com essas novas ideias reescreveram as energias a partir do seguinte raciocínio:

Primeiramente analisou-se a dinâmica da partícula. Da resultante centrípeta, obtém-se:

$$v_n^2 = \frac{KZe^2}{mr_n}$$

Substituindo como postulado por Bohr:

$$n^2 \frac{\hbar^2}{m^2 r_n^2} = \frac{KZe^2}{mr_n}$$

Assim:

$$r_n = n^2 \frac{\hbar^2}{mKZe^2}$$

Este é o raio atômico para a n -ésima órbita. A partir deste resultado, podemos encontrar a energia e a frequência envolvida em um salto quântico:

$$E(n) = -\frac{13,6}{n^2} eV,$$

onde $n = 1, 2, 3, \dots$ e

$$f = \frac{1}{2} \frac{KZe^2}{h} \left(\frac{1}{r_f} - \frac{1}{r_i} \right) = \frac{Z^2 m K^2 e^4}{4\pi \hbar^3} \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

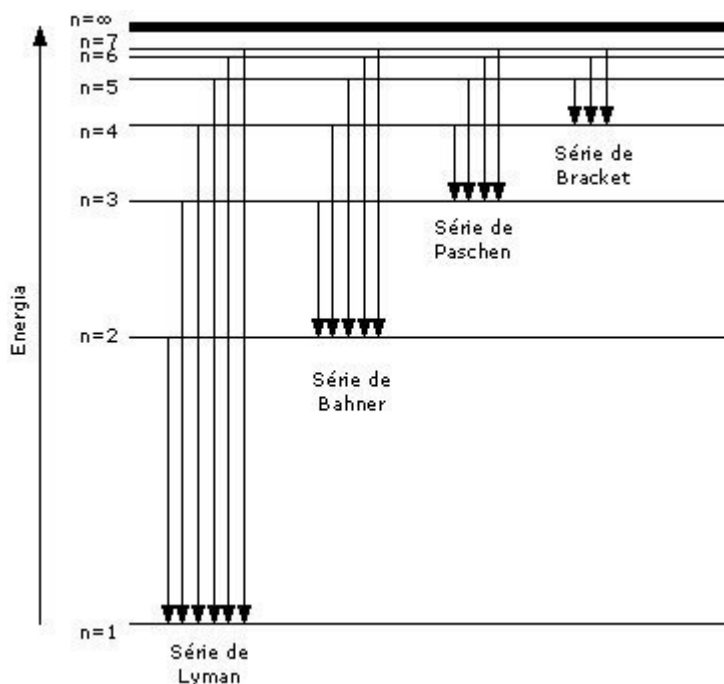


Figura C.23: Níveis de energia do átomo de hidrogênio e as várias séries de emissão. Cada nível de energia corresponde à energia associada ao movimento de um elétron numa órbita, como postulado por Bohr.

onde para $Z = 1$ e fazendo $c = \lambda f$, encontramos o mesmo valor da constante de Rydberg. Isto é, as séries espectrais são exatamente transições entre níveis estacionários do átomo de hidrogênio. As linhas da série de Lyman são transições dos níveis com n maior ou igual a 2 para o nível 1. Transições dos níveis com n maior ou igual a 3 para o nível 2 fornecem a série de Balmer. A série de Paschen resulta de transições para o nível 3, a de Brackett para o nível 4, e a de Pfund para o nível 5.

Para melhorar a concordância das energias calculadas com as obtidas por meio de espectros, foi introduzido no modelo de Bohr o conceito de orbitas elípticas, mas, mesmo assim, a tabela periódica ainda não tinha explicação. Outros aspectos que esta teoria não explicava eram os detalhes dos espectros de átomos multieletrônicos e também não conseguia proporcionar uma explicação lógica para as ligações químicas. Além destas falhas na teoria de Bohr, existiam ainda dois aspectos mal explicados e que poderiam interferir com todo o desenvolvimento da química: por um lado ainda não se tinha

conseguido perceber se a luz tinha um caráter ondulatório ou corpuscular; por outro lado a quantização da energia tinha surgido de uma forma pouco aceitável, sem muita credibilidade, como um apêndice à teoria Newtoniana. Deste modo o desenvolvimento de uma nova teoria era inevitável.

Referências Bibliográficas

- [1] D'AGOSTIN, Aline. **Física moderna e contemporânea: com a palavra professores do ensino médio**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná Curitiba 2008.
- [2] MOREIRA, M. A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas**. Aprendizagem Significativa em Revista. Vol.1, n.2, pp. 43-63, 2011.
- [3] MOREIRA, M. A. **Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos**. Porto Alegre. 2009.
- [4] HUIZINGA, J. **Homo ludens: O jogo como elemento da cultura**. Vol. 4. Universidade de S. Paulo, Editora Perspectiva, 1971.
- [5] WALLON, Henri. **Uma concepção dialética do desenvolvimento infantil**. Vol. 4. Tradução: Isabel Galvão. Petrópolis: Vozes, 1999.
- [6] BROUGÈRE, G. **Jogo e Educação**. Tradução: Patrícia Chittoni Ramos. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- [7] CHATEAU, J. **O jogo da criança**. São Paulo: Summus, 1997.
- [8] FORTUNA, T. R. **O jogo e a educação: uma experiência na formação do educador..** Petrópolis: Vozes, 2000.
- [9] KISHIMOTO, T.M. **O jogo e a educação infantil**. São Paulo: Ed. Perspectiva,1994.
- [10] BROUGÈRE, G. **Lúdico e Educação: novas perspectivas**. Linhas críticas, Brasília: UnB, (2002). Disponível em: goo.gl/2yu2gF. Acesso em abr. 2018.
- [11] FIALHO, N.N. **Os jogos pedagógicos como ferramentas de ensino**. Congresso nacional de educação. Campinas, Vol. 6. 2008.

- [12] GRANDO, R.C **O jogo na educação: aspectos didático-metodológicos do jogo na educação matemática**. São Paulo: Unicamp, 2001. Disponível em goo.gl/k1Yfy7. Acesso em ago. 2016.
- [13] MONTEIRO, Maria Amélia; NARDI,Roberto; BASTOS FILHO, Jenner Barretto. **Dificuldades dos professores em introduzir a física moderna no ensino médio: a necessidade de superação da racionalidade técnica nos processos formativos**. Editora Unesp. São Paulo, 2009.
- [14] FONTES, Adriana da Silva; RAMOS, Fernanda Peres; SCHWERZ, Roseli Constantino. **Jogos adaptados para o ensino de física**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná 2016.
- [15] PEREIRA, R. F.; FUSINATO, P. A.; NEVES, M. C. D. **Desenvolvendo um jogo de tabuleiro para o ensino de física. VII Encontro Nacional de pesquisa em educação em ciências**. 2009. Disponível em goo.gl/YPqRSE. Acesso em abr. 2018.
- [16] MEC, Brasil. **PCN + Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. 2002. Disponível em goo.gl/IvAFH. Acesso em abr. 2018
- [17] SATO, Alino Massaiuqui. **Ensino produção sustentável de energia elétrica por meio de jogos didáticos em sala de aula**. Universidade Federal do ABC 2017.
- [18] DIMINGUINI, Lucas; MAXIMINIANO Joelma Rzatki; CARDOSO Leonel. **Novas abordagens do conteúdo física moderna no ensino médio público**. Instituto Federal de Santa Catarina 2014.
- [19] FAVARETTO, Danilo Vieira. **Construção e aplicação de um jogo de tabuleiro para o ensino de física**. UFSCar, Sorocaba 2017.
- [20] FELIZARDO, Romeu de Oliveira. **Aplicação do jogo “Aventuras Radiológicas” para o ensino de Física**. Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte/CE 2018.
- [21] OLIVEIRA, Fabio Ferreira; VIANNA, Deise Miranda; GERBASSI, Reuber Scofano. **Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 3, p. 447-454, (2007) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2007.

- [22] KIKUCHI, Ligia Ayumi; ORTIZ, Adriano José; BATISTA, Irinéa de Lourdes. **Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma análise do que se tem discutido a respeito do assunto**. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC. Universidade Estadual de Londrina Águas de Lindóia, SP 2013.
- [23] FORTUNA, T. R. **Sala de aula é lugar de brincar**. Porto Alegre: p.147, 2000. Disponível em: <https://goo.gl/yp7gft>. Acesso em: fev. 2018.
- [24] MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.
- [25] GRIFFITHS, David, J. **Mecânica quântica**. 2^a Edição. Editora Pearson. São Paulo, 2011.
- [26] TIPLER, Paul Allen. **Física moderna**. 5^a Edição. Editora LCT. Rio de Janeiro, 2013.