



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA



A RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA POTENCIALMENTE SISTÊMICA COM O USO DA CONTAÇÃO DE HISTÓRIA

José de Sousa Leite

Jeânderson de Melo Dantas



É livre a reprodução exclusivamente para fins não comerciais, desde que a fonte seja citada.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - POLO 29

JOSÉ DE SOUSA LEITE

PRODUTO EDUCACIONAL

**A RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
POTENCIALMENTE SISTÊMICA COM O USO DA CONTAÇÃO DE HISTÓRIA**

MARABÁ – PA

2021

JOSÉ DE SOUSA LEITE

**A RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
POTENCIALMENTE SISTÊMICA COM O USO DA CONTAÇÃO DE HISTÓRIA**

Produto Educacional da Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), em cumprimento as exigências para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof^o. Dr. Jeanderson de Melo Dantas

Co-Orientadora: Prof^a. Dra. Franciane Silva de Azevedo

MARABÁ-PA

2021

Sumário

Ao Professor	05
1 Por que Contação de História (CH) nas Aulas de Física?	07
2 BLOCOS PARA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	13
2.1 BLOCO 1 - ETAPAS E ATIVIDADES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	13
2.2 BLOCO 2 - PERFIL DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	14
2.3 BLOCO 3 - ROTEIRO DOS ENCONTROS NA ESCOLA	16
3 QUESTIONÁRIOS	18
3.1 QUESTIONÁRIO I - AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA DOS ESTUDANTES ..	18
3.2 QUESTIONÁRIO II - AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM SOBRE A RADIAÇÃO EMITIDA POR UM CORPO NEGRO COM A UTILIZAÇÃO DA CONTAÇÃO DE HISTÓRIA	21
3.3 QUESTIONÁRIO III - AVALIAÇÃO DA PROPOSTA UTILIZADA COM OS ESTUDANTES DO 3º ANO DO ENSINO MÉDIO	24
3.4 ATIVIDADE COMPLEMENTAR - SITUAÇÕES PROBLEMAS	27

Ao professor

Caro amigo professor, o presente produto visa minimizar a angústia de muitos educadores sobre o desinteresse dos alunos no ensino da física. Deste modo, acredita-se que o uso da contação de história pode ser uma maneira de superar essa realidade. Assim, aconselha-se a fazer uma reflexão e uma pesquisa profunda sobre essa ferramenta de ensino.

Por conseguinte, ressalta-se que é necessário em qualquer transposição didática, buscar conhecer os conhecimentos prévios que os alunos possuem, neste caso, sobre a Radiação do Corpo Negro. Isso pode ser garimpado através de perguntas ou atividades relacionadas ao tema. Por exemplo, fazendo os seguintes questionamentos: o que é radiação? O que é radiação do corpo do negro? O que você sabe sobre esse assunto? Assim, o professor prepara e motiva o estudante para as discussões e os estudos do conteúdo em pauta. Dessa maneira, o educador detectará a ausência ou não dos pré-requisitos fundamentais para aprender ou mergulhar no tema da Radiação do Corpo Negro.

Com efeito, também é fundamental desenvolver o tema a partir dos conceitos básicos da termodinâmica: temperatura, calor, propagação, etc. Isso ajuda a suprir um possível déficit de saberes sobre o conteúdo. Com efeito, identifica-se a importância do(s) pré-teste(s) nessa prática de ensino.

Para tanto, busca-se com a arte narrativa relacionar o que está sendo estudado com o prazer e a emoção que uma história bem contada ou lida pode proporcionar. Dessa forma, compreende-se que tal situação possibilita a construção de aprendizagem e cria condições de consolidação entre os conhecimentos pré-existentes e a estrutura cognitiva do aluno. Enfim, a contação de história proposta facilitará ludicamente a imersão do estudante nos conceitos fundamentais do tema proposto.

Com isto, ressalta-se que o educador deve sempre iniciar a aula a partir do material instrucional que utiliza, ou seja, aquele que o aluno já sabe e tem acesso. E mais, as funções principais do professor são: mediador os trabalhos e motivador o aluno. Pois, trabalhar com contação de história exige a adoção dessas posturas. Assim, destaca-se que é importante para o professor conhecer bem a história proposta para criar as condições necessárias que ajudem os discentes na organização dos conceitos e dos princípios elencados na proposta educacional.

Nesse contexto, recomenda-se que o professor mantenha o controle da dinâmica pedagógica da aula, busque despertar a atenção dos estudantes para a

aula, demonstre intencionalidade e motivação no uso da estratégia de ensino e verifique se está havendo construção de conhecimentos. É necessário, motivar, fazer perguntas e incentivar a leitura deleitosa da história.

A leitura da história pode ser feita pelo professor em cinco momentos (5 capítulos) ou se preferir, permitir que os alunos leiam conforme um tempo pré-determinado em sala de aula ou fora dela. Com isso, sabe-se também, que deste modo processo de aprendizagem ocorrerá. Ainda, vale lembrar, que a quantidade de tempo varia para cada parte da história, pois cada fragmento tem enredo diferenciado e está atrelado ao um tema específico a ser explorado.

Por fim, propõe-se a respeito da avaliação de aprendizagem, a criação de problemas significativos e que sejam alimentados pelo contexto social dos alunos. É importante utilizar questões do livro didático ou elaborar enunciados inéditos. Com isso, deve-se ter o cuidado de conhecer bem a arte narrativa proposta para que as questões apresentadas sejam respondidas com os conhecimentos assimilados e construídos através da história contada.

JÁ MIVÚ!³²

³² “Ao dizer ‘já mivú’, quer dizer que você está indo embora. É uma forma diferente de dizer ‘já me vou’”. (Dicionário popular: **Gírias paraenses**. Disponível em: <https://www.dicionariopopular.com/gurias-paraenses/>; Acesso em: 23 de fevereiro de 2020)

1. Por que Contação de História nas Aulas de Física?

“O que não se regenera, degenera.” Edgar Morin

Essa relação, ilusoriamente anormal, entre a contação de história e o ensino de Física é resultado do anseio pessoal do mestrando em assistir, ver e desenvolver práticas ativas, significativas e motivadoras no seio escolar. Como professor de Física e Matemática das escolas Romildo Veloso e Silva (Estadual/ Ensino Médio) e Madre Teresa de Jesus (Municipal/ Anos finais do Ensino Fundamental) costumo utilizar e desenvolver aulas e projetos que fazem uso da contação de história.

Assim, cabe dizer que é fato nesses 19 anos de docência (desde 2001), qualquer trabalho ou palestra que realizo, até mesmo seminários na universidade, sempre são marcados por histórias ou experiências pessoais, visando tornar o trabalho ou a apresentação do tema mais prazeroso, significativo, didático e acima de tudo, produtivo.

Aprendi, empiricamente, com os meus pais que a utilização de analogias, histórias e ilustrações são alternativas capazes de produzir resultados de aprendizagem satisfatórios em quaisquer campos do conhecimento. Eles costumavam contar histórias pessoais ou bíblicas para dizer e ensinar sobre os segredos da vida.

Diante disso, como contador de histórias e amante da física, decidi associar essa atividade com a profissão que exerço na escola. Meus colegas e alunos dizem sempre: “escreva um livro sobre essas histórias e o que elas significam para você.” Acredito que estou tendo nesse mestrado a oportunidade de iniciar esse projeto e estimular outros a registrarem seus contos e experiências relacionadas com a arte narrativa.

Estamos vivendo em nosso país um grande momento para essa área (Contação de Histórias), já existem até profissionais que vivem dessa prática e visitam uma escola após a outra para fazer o trabalho de contador de histórias. Essa atividade é reconhecida no meio acadêmico e científico por sua potencialidade na aprendizagem.³³ Além de entreter, é capaz de mobilizar, motivar e criar um ambiente contagiante de ensino e aprendizagem de qualquer temática.

São numerosos os trabalhos, os artigos e as pesquisas que abordam e corroboram com a essa ideia. Como exemplo, cita-se os estudos de Bethelheim

³³ Para Bernardes e Gama (2019, p. 07) é fundamental no processo aprendizagem a criação de atividades que gerem “conexão emocional com o público.” Assim, as autoras reconhecem o poder terapêutico e educativo das artes narrativas.

(2007), Dieckmann (1986), Postic (1992), Bernardes e Gama (2019), Coelho (2009), Tahan (1961), Dohme (1997), entre outros, exploram os aspectos e os desdobramentos educacionais ligados ao uso da contação de histórias nos espaços escolares, especialmente, seu uso na Educação Infantil.

Para esses autores, contar histórias deveria fazer parte do cotidiano da escola, pois essa prática contribui para a mediação do conhecimento e torna a aprendizagem prazerosa, acessível e efetiva. A imersão dos estudantes no mundo das palavras, sons e imagens da arte narrativa: ativa a imaginação, auxilia na ampliação do vocabulário, desperta a curiosidade, carrega o ambiente de influências e estímulos e desenvolvem competências cognitivas, afetivas e psicomotoras.

Por conseguinte, destaca-se como evidência e mobilização desse trabalho o projeto Boca do Céu que promove um evento bienal denominado Encontro Internacional de Contadores de Histórias. Conforme a página do site, está previsto para esse ano a Nona Edição Internacional do Boca do Céu durante os dias 25 a 30 de maio de 2020, tendo como sede principal a Oficina Cultural Oswald de Andrade, no Bom Retiro, em São Paulo. Na última edição, em 2018, os participantes inscritos no evento conheceram diversos contadores de histórias de todo o Brasil e de fora dele, foram quase 70 contadores.

Figura 01: Encontro Internacional Boca do Céu de Contadores de Histórias de



Fonte: Foto registrada pelo Pedro Napolitano Prata | Boca do Céu 2018

Para o Boca do Céu³⁴, o evento visa destacar, apresentar e promover para o mundo e para a sociedade brasileira

³⁴ É a página principal na internet dos promotores do evento bienal denominado de **Encontro Internacional Boca do Céu de Contadores de Histórias**. Conforme os organizadores, "a função principal desse Encontro é propiciar diferentes situações de contato com a arte da narração que

(...) um espaço de reflexão, criação e ação cultural, focalizando a arte da palavra, que se move continuamente através da História e as diversas culturas humanas na forma de narrativas orais. [...] Isso significa, antes de mais nada, que a Arte Narrativa é considerada como fenômeno das culturas humanas que ocupa um lugar ao lado das Artes Visuais, Teatro, Música, Dança e artes midiáticas e multilinguísticas contemporâneas. Por isso possibilita formação artística e estética, de modo equivalente às outras artes.

A partir disso, nota-se que a arte da narração é uma poderosa ferramenta para desenvolver os aspectos formativos e holísticos do cidadão e que essa estratégia ou proposta educacional deve ser estimulada e desenvolvida dentro das escolas.

De tudo isto se denota que

A força da história é tamanha que narrador e ouvintes caminham juntos na trilha do enredo e ocorre uma vibração recíproca de sensibilidades, a ponto de diluir-se o ambiente real ante a magia da palavra que comove e enleva. A ação se desenvolve e nós participamos dela, ficando magicamente envolvidos com os personagens, mas sem perder o senso crítico, que é estimulado pelos enredos. (COELHO, 2001, p. 11)

É evidente a importância dessa prática, pois a contação de histórias é fenômeno das culturas humanas e possibilita a formação artística, ética e estética dos sujeitos. Com isso, acredita-se que é possível fazer facilmente adequações de histórias ou criá-las e depois realizar suas transposições didáticas para o ensino de ciências ou física na Educação Básica.

Todo ser humano tem uma história linda para contar, encantar, ensinar e transformar vidas. Para Mellon (2006) uma mente saudável e ativa é alimentada e abastecida com os elementos poderosos das histórias como o enredo, a linguagem e o imaginário.

possam inspirar ações educativas, culturais, sociais e estéticas ressaltando a importância das narrativas no mundo de hoje.” (BOCA DO CÉU. Disponível em: <http://bocadoceu.com.br/o-boca-do-ceu/>; Acesso em: 25 de dezembro de 2019)

Conforme a autora (Idem, p. 14) esses elementos “agem nas psiques do século XXI como um bom alimento, fazendo com que o corpo e o sangue se revigorem com alegria e disposição”, pois esta atividade resgata e evoca do âmago de quem conta ou de quem ouve um “estado de aventura criativa.”

É por isto que Morin (2015) propõe a reforma do pensamento a partir do pensamento complexo, pois cria a possibilidade de religar saberes e, restabelece “o diálogo entre as duas culturas, a científica e a humanística, [...] onde local e global encontram-se religados.”

Por isto, Moraes e Torre (2004) discute e sistematiza a ideia de aprendizagem holística e integradora. Nesse contexto, os autores argumentam sobre a importância das historietas como técnica para trabalhar com o alunado a percepção, a representação e a interpretação imaginária. E concluem também que podem ser utilizadas para compreender e estudar uma temática. Enfim, o processo educacional deveria estimular não só a cognição, mas todas as dimensões humana.

Pois, “uma educação só pode ser viável se for uma educação integral do ser humano. Uma educação que se dirige à totalidade aberta do ser humano e não apenas a um de seus componentes.” (WERTHEIN, 2003, p. 11) Nisto, Morin (2003, p. 15) esclarece que “o ser humano é a um só tempo físico, biológico, psíquico, cultural, social, histórico.”

Contudo, nota-se que essa “unidade complexa da natureza humana é desintegrada” na maioria dos processos educativos realizados pelo mundo. (MORIN, 2003, p. 15). Assim, a escola valoriza o processo cognitivo em detrimento das demais dimensões humanas.

Nisto, considera-se a arte da narração como um meio que pode inserir o estudante na formação multicultural. Por isso, Torre e Moraes (2004) propõe a fusão de duas formas de interpretar a realidade nesse processo. Eles chamam de sentipensar. Assim, os autores pressupõem restabelecer a conexão entre pensamento, sentimento e ação.

Portanto,

Um fator determinante no encaminhamento de um jovem para o encantamento com o conhecimento, para o estabelecimento de um

diálogo inteligente com o mundo, para a problematização consciente de temas e saberes, é a vivência de um ambiente escolar e cultural rico e estimulador, que possibilite o desabrochar da curiosidade epistemológica. (ZANETIC, s/d, p. 21)

Deste modo, observa-se que o encantamento pelo conhecimento ocorre quando o professor faz um diálogo inteligente com o cotidiano, problematiza temas e saberes e possibilita vivências culturais ricas e estimuladoras no ambiente escolar. Deste modo, reconhece-se a importância e o papel imprescindível do contador de histórias nesse processo, como também a utilização de arte narrativa.

Para tanto, vale mencionar os dois mais conhecidos contadores de histórias do nosso país, são eles: Roberto Carlos Ramos³⁵ e Gelson Bini³⁶. O primeiro tem uma história de vida inspiradora e até virou filme “O Contador de histórias”. Ele conta história por todo o país e faz muitas palestras pelo mundo. O segundo, desenvolve um trabalho semelhante, e também é o idealizador, do projeto Guia de Leitura (começou em 2011) que atende mais de 20 cidades catarinenses. Ele diz sempre que os seus objetivos são “fomentar e aprimorar o gosto pela leitura e o conhecimento.”

“A arte coloca crianças e adolescentes em contato com suas emoções e também trabalha o lado racional”, disse Ana Mae Barbosa na entrevista à Revista Época em 2016.³⁷ Para a autora, o trabalho com Arte Narrativa na escola estimula nos alunos o desenvolvimento da inteligência racional e a potencialização das capacidades de interpretação e percepção. Isso significa que as crianças, os adolescentes, os jovens e adultos que vivenciam essas práticas tem as suas inteligências ampliadas.

Ainda, nessa conversa, importa mencionar a abordagem triangular da aprendizagem e do ensino, que conforme Ana Mae Barbosa (2020) passa por três

³⁵ Foi interno da FeBem, usou drogas, roubou, teve 132 fugas registradas no seu prontuário e era considerado “um caso irrecoverável”. Mas, aos 13 anos foi adotado por uma francesa (Marguerit) que o ensinou a ler e escrever e a dar e receber afeto. Hoje é pedagogo, Mestre em Educação pela Unicamp e Contador de histórias (internacional). (PALESTRATIVA. **Roberto Carlos Ramos**. Disponível em: <http://www.palestrativa.com.br/site/palestrante/roberto-carlos-ramos/>; Acesso em: 23 de janeiro de 2020)

³⁶ “É um mediador de leituras e contador de histórias (há quase duas décadas).” Seu projeto Guia de Leitura segue uma metodologia interdisciplinar e trabalha mediação de literatura, música e narrativas da oralidade. (GELSON BINI GUIA DE LEITURA. **Gelson Bini**. Disponível em: <https://gelsonguiadeleitura.journoportfolio.com/>; Acesso em: 23 de janeiro de 2020)

³⁷ BARBOSA, Ana Mae. **A importância das artes nas escolas**. Disponível em: <https://epoca.globo.com/ideias/noticia/2016/05/importancia-do-ensino-das-artes-na-escola.html>; Acesso em: 23 de janeiro 2020.

momentos distintos e significativos para preparação do sujeito para o exercício da cidadania e atuação profissional: o fazer (exercício perceptivo e inventivo), o ler (decodificar) e o contextualizar (contexto). Ela diz que essa abordagem é interdisciplinar, pois facilita o diálogo entre as disciplinas. Com efeito, esse pensamento dialoga e conversa com a Teoria do Pensamento Complexo de Edgar Morin (2007) que refuta a fragmentação do conhecimento.

Portanto, durante um processo de contação de história o fazer, o ler e o contextualizar pode ser aplicado e utilizado objetivando a ampliação e abordagem de cada conhecimento ou imagem expressa na arte narrativa. É mais um caminho para potencializar essa proposta educacional.

Diante dessas descobertas, acredita-se que essa ferramenta pode auxiliar no ensino mais significativo de física na escola, servindo como mecanismo sedutor de construção de saberes e reduzindo o número de práticas tradicionais baseadas no polinômio: giz, cuspe, quadro-branco e livro didático.

Por conseguinte, é importante destacar que esta temática é relevante para toda a comunidade escolar. Pois, a contação de história pode ser usada também como recipiente e transporte de conteúdos de física ou das demais áreas do saber. Assim, menciona-se que o produto educacional desta pesquisa traz algo nessa direção para os docentes e discentes.

Por fim, deixa-se nessa parte final da discussão as palavras reflexivas, provocativas e incisivas do professor Doutor João Zanetic (2005, p. 21) do Departamento de Física Experimental do Instituto de Física da USP, que ao escrever sobre Física e Cultura disse “(...) a física é mal ensinada nas escolas. O ensino de física dominante se restringe à memorização de fórmulas aplicadas na solução de exercícios típicos de exames vestibulares.”

No mesmo artigo, o autor (Idem) destaca que

Para mudar esse quadro o ensino de física não pode prescindir, além de um número mínimo de aulas, da conceituação teórica, da experimentação, da história da física, da filosofia da ciência e de sua ligação com a sociedade e com outras áreas da cultura. Isso favoreceria a construção de uma educação problematizadora, crítica, ativa, engajada na luta pela transformação social.

Em suma, a proposta de contação de história para o ensino de física é um fator determinante para o processo de encantamento do estudante com o saber. Essa ferramenta cria no ambiente escolar a vivência e a problematização de temas e conteúdos da Física Clássica e Moderna. Como dizia Paulo Freire (1995) estratégias libertadoras possibilitam e estimulam o desabrochar da *curiosidade epistemológica*³⁸.

Portanto, a presente dissertação é um esforço para discutir e estabelecer estratégias educacionais que corroboram com um ensino que leve estudantes a desenvolverem criatividade, senso crítico, imaginação e pensamento independente. A proposta é unir a contação de histórias e o ensino de Física nos espaços escolares da Educação Básica.

2 BLOCOS PARA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

2.1 BLOCO 1 - ETAPAS E ATIVIDADES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Primeira Etapa: Radiação do Corpo Negro

- Aula → 1 e 2
- Atividades → a) Apresentação dos objetivos da pesquisa; b) Assinar o TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; c) Aplicação do Questionário I (item 3.1 do sumário).
- Tempo → 100 minutos
- Recursos → Termo e Questionário

Segunda Etapa: Radiação do corpo negro

- Aula → 3 e 4
- Atividades → a) Realizar a leitura dialogada (participação de todos), motivadora e estimuladora da parte 1 – Céu da física; b) Dividir a turma em cinco equipes e agendar a data de apresentação; c) Nesse mesmo encontro, solicitar a leitura

³⁸ Paulo Freire define **curiosidade epistemológica** como o “exercício crítico da capacidade de aprender” / uso metodológico rigoroso e, isso ocorre em substituição “a **curiosidade ingênua** que caracteriza o senso comum.” (CONNECTANDO PESSOAS. A importância da curiosidade na carreira profissional. Disponível em: <https://www.conectandopessoas.com.br/geral/a-importancia-da-curiosidade/>; Acesso em: 25 de agosto 2020)

de toda a história de Physis e, após a leitura em grupo, promover inferências, debate e comentários sobre o enredo (circunferência de conversa).

- Tempo → 100 minutos
- Recursos → Smartphone (receber a história de Physis através do Grupo de Whatsapp denominado Physis)

Terceira Etapa: Radiação do corpo negro

- Aula → 5 e 6
- Atividades → a) Aula dialogada (sobre o Questionário I) com uso de power point; b) Resolver situações problemas (item 3.4 do sumário) .
- Tempo → 100 minutos
- Recursos → Datashow, Notebook, Pincéis, Quadro Branco e Apagador.

Quarta Etapa: Radiação do corpo negro

- Aula → 7 e 8
- Atividades → a) Apresentação das equipes; b) Aplicação do Questionário II (item 3.2 do sumário).
- Tempo → 100 minutos
- Recursos → Cenário das apresentações (balões, cartolina, TNT e outros) e Questionário II -produzido no Google Formulário e enviado para o grupo Physis do Whatsapp (item 3.2 do sumário).

Quinta Etapa: Radiação do corpo negro

- Aula → Atividade remota (Fazer em casa com Smartphone)
- Atividades → a) Aplicação do Questionário III.
- Tempo → 100 minutos
- Recursos → Questionário III - produzido pelo Google Formulário e enviado no Grupo de Whatsapp Physis (item 3.3 do sumário).

2.2 BLOCO 2 - PERFIL DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Tema: Radiação do Corpo Negro

Campo do conhecimento: Física

Público-alvo: 3º ano (Ensino Médio)

Duração estimada: 8 h/a

Objetivos:

- Estimular a imaginação e o desenvolvimento da inteligência geral (inteligência ampla e global da ciência e da vida)
- Despertar o espírito de criatividade e autoconhecimento
- Conceituar corpo negro
- Descrever a evolução histórica do fenômeno da emissão da radiação do corpo negro.
- Inferir sobre as leis da radiação (Kirchhoff, Wien, Rayleigh-Jeans, Stefan-Boltzmann e Max Planck)
- Compreender teoria clássica e contemporânea para RCN
- Interpretar os três tipos principais de radiação

Atividades coletivas:

- a) Leitura dialogada da parte 1 – Céu da física;
- b) Leitura em grupo, socialização e apresentação da história de Physis;
- c) Resolução de situações problemas (item 3.4 do sumário).

Prática pedagógica:

- a) *Protagonismo do aluno*: desenvolvendo a imaginação, apetite pela Ciência e estimulando a interação com o uso da arte narrativa como técnica de ensino.
- b) *Sequência didática*: conjunto de atividades, estratégias e intervenções planejadas etapa por etapa.
- c) *Complexidade e Transdisciplinaridade*: defende a religação dos saberes compartimentados e a superação do processo de atomização.
- d) *Contação de história*: como técnica de ensino.

Metodologia:

- a) Leitura e aula dialogada com power point/ e apresentações lúdicas diversificadas – maquete, dramatização, fantoche, contação da história caracterizado, flanelógrafo, ilustrações, músicas, etc.
- b) Pedagogia da contação de história e sequência didática – O mundo mágico de Physis com Lorde Kelvin e as duas nuvenzinhas.
- c) Aplicação de Questionários (I, II e III) e resolução de situações problemas (item 3.4 do sumário).

Avaliação:

- a) Diagnóstica: identificar o que estudante sabe e o que ele não sabe (Questionário I);
- b) Formativa: medir a aprendizagem do aluno durante as aulas por meio da análise do comportamento, participação, engajamento e expressão verbal e corporal (leitura, socialização e apresentação da história de Physis);
- c) Comparativa: verificar se os objetivos foram alcançados, ou melhor, se domina os principais tópicos do conteúdo estudado (Questionário II);
- d) Somativa: verificar o que aprenderam no geral (feedback das avaliações diagnósticas, formativas e comparativas).
- e) Avaliação e autoavaliação sobre a SD (Sequência Didática) e a CH (Contação de História): conhecer a opinião dos estudantes a respeito da aplicação das atividades.

2.3 BLOCO 3 – ROTEIRO DOS ENCONTROS NA ESCOLA**1º ENCONTRO – AULA 1 e 2**

O professor deverá apresentar o tema e o planejamento das 8 (oito) aulas. Motivar os discentes para o estudo. Dizer que fará uso da arte narrativa como técnica de ensino. E que todos terão acesso ao paradidático “O mundo mágico de Physis com Lorde Kelvin e a duas nuvenzinhas”.

É importante, nesse encontro, realizar a atividade do “espanto”: aplicar um teste para conhecer o que o aluno sabe e o que o aluno não sabe sobre radiação do corpo negro. Com essa atividade o professor poderá identificar os conhecimentos prévios dos discentes. Esses dados ajudarão a preparar a aula dialogada com o power point. Ela servirá para construir os fundamentos necessários para leitura e compreensão da história do jovem-adolescente Physis.

Se for necessário para incentivar e encorajar os estudantes, o professor pode elaborar questões problematizadoras sobre o tema, como: O que é corpo negro? A conexão genuína entre professor e aluno e aluno e aluno facilita a produção de conhecimentos.

Foi previsto para esse encontro duas aulas, cada uma de 50 minutos. Elas serão mais que suficiente. Por outro lado, recomenda-se que os alunos resolva o Questionário I sem nenhuma ajuda ou consulta. É importante que ele responda sozinho.

2º ENCONTRO – AULA 3 e 4

É necessário orientar os discentes que as duas aulas exigirão participação respeitosa, colaborativa e responsável de todos os alunos. Pois, aprender e construir conhecimentos na comunidade escolar requer respeito às regras de convivência. Os combinados ou um contrato didático ajudarão no encontro número dois.

Diante disso, todos os alunos deverão receber em seu smartphone a história de Physis. E o professor iniciará uma leitura dinâmica, bem-humorada e compartilhada com a classe. Entretanto, faz-se necessário a preparação antecipada do educador para essa leitura. O objetivo é ler a parte 1 – Céu da física e motivar os estudantes a lerem o restante em grupo.

Com isto, é fundamental a organização dos alunos em cinco grupos. Eles deverão ler e planejar uma apresentação lúdica (dramatização, fantoche, contar sua parte da história caracterizado, maquete, etc.) da parte sorteada para a equipe. Nessa mesma etapa, o que cada grupo aprendeu ou não entendeu com a leitura deve ser socializado.

Contudo, deixe para o final da circunferência de conversa o sorteio das partes da história dos cinco grupos. Por fim, marque a data e planeje a preparação do cenário “Contação de História – O mundo mágico de Physis”.

3º ENCONTRO – AULA 5 e 6

O professor apresentará uma miniaula dialogada buscando fazer uma explanação das questões levantadas pelo Questionário I (diagnóstico), como também, dos aspectos relevantes (história, conceitos, cores, leis e tipos de radiações) para o domínio do tema Radiação do Corpo Negro. Nessa aula muitos conceitos serão consolidados.

No fim desse encontro é interessante resolver algumas situações problemas (item 3.4 do sumário) com a participação dos alunos. É a primeira oportunidade para

saber se a sequência didática, a história do Physis e as interações entre pares (estudo grupo, socialização de conhecimentos e orientação do professor) estão gerando novos conhecimentos.

4º ENCONTRO – AULA 7 e 8

No auditório todas equipes (cinco) fazem as apresentações e deixam suas impressões sobre o que aprenderam e descobriram. Esse momento deve ser alegre, divertido e produtivo. Todos os grupos devem ser cuidadosos com as apresentações e não esquecerem da Ciência elencada no gênero textual novela da história do Physis.

Quando todos terminarem e registrarem o evento, torna-se necessário a realização do Questionário II (via smartphone). Suas questões medirão o aproveitamento da SD e a utilização da técnica de ensino CH. Os alunos devem responder individualmente e sem consulta.

5º ENCONTRO – ATIVIDADE REMOTA

Será encaminhado pelo grupo de Whatsapp Physis as questões que avaliarão a sequência didática, a aplicação dos questionários, o uso da arte narrativa como técnica de ensino e a miniaula dialogada. Com isto, o professor terá de condições de ajustar, mudar ou manter o plano de pesquisa e aula.

É importante ter esse momento de escuta ativa com o aluno, pois ele sabe o que precisa acontecer na sala de aula para ocorrer ensinagem e aprendizagem. Como diz Edgar Morin “quem não se regenera, degenera.”

3 QUESTIONÁRIOS

3.1 QUESTIONÁRIO I - AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA DOS ESTUDANTES

Escola Estadual de Ensino Médio Dr. Romildo Veloso e Silva

Professor: José de Sousa Leite

Disciplina: Física

Estudante: _____ Data: ____ / ____ / ____

Turma: M3NR01 () M3NR02 () M3TR01 () Período: Manhã () Tarde ()

Responda as questões com atenção.

1. Foi publicado um artigo em 1901, versão revisada de um discurso proferido no ano de 1900 por Lorde Kelvin, cujo o título é: "Nuvens do século dezenove sobre a teoria dinâmica do calor e da luz". A partir disso, responda: Que nuvens eram essas?

() Nunca ouvi falar sobre isso. () Vou responder.

RESPOSTA: _____

2. Sabemos que o calor é uma forma de energia. A sua propagação ocorre de forma espontânea, de um corpo de maior temperatura para outro de menor temperatura. Assim, pode-se identificar três tipos de propagação de calor. Portanto, os processos de transferência de energia são:

- a) () Alfa, beta e gama.
- b) () Infravermelho, ultravioleta e luz branca.
- c) () Convecção, radiação e condução.
- d) () Ondas, radiação, emissão.
- e) () Irradiação, condutor e dielétrico.

3. No entendimento completo dos mecanismos de troca de calor é imprescindível reconhecer as situações e os processos de troca energia envolvido. Desta maneira, o único processo de troca de calor que pode ocorrer no vácuo é por:

- a) () Convecção. b) () Ultravioleta. c) () Ondas mecânicas.
- d) () Radiação. e) () Magnetismo.

4. Qualquer corpo aquecido ou com temperatura acima do zero absoluto, emite energia. Então, explique a expressão corpo negro? Dê um exemplo.

5. Responda:

a) Um corpo negro sempre aparenta ser negro? () Sim () Não

b) O Sol é um corpo negro? () Sim () Não

6. Mencione uma lei que esteja relacionado com a solução do problema do corpo negro.

() Nunca ouvi falar sobre isso.

() Vou responder.

RESPOSTA: _____

7. Qual é a origem da catástrofe do ultravioleta?

() Nunca ouvi falar sobre isso.

() Vou responder.

RESPOSTA: _____

8. A Teoria Quântica revolucionou a Física do século XX, possibilitou uma nova construção científica e criou as condições necessárias para a realização de diversas rupturas na Filosofia da Ciência. Nesse contexto, destaca-se a pesquisa de físico alemão que explicou a distribuição das intensidades de energia em função da frequência (ou comprimento de onda) e da temperatura (resolvendo o enigma do espectro da radiação térmica). O feito foi realizado por:

a) () Isaac Newton

b) () Max Planck

c) () Lorde Kelvin

d) () Gustav Kirchhoff

e) () Wien

9. Os conceitos teóricos são fundamentais para compreensão de um determinado assunto. A radiação térmica, já discutida na termodinâmica, é ampliada quando o professor introduz o conceito de corpo negro. Entretanto, a ideia de radiação costuma ser muito mal compreendido. Diante disso, marque a opção que melhor define o conceito físico de radiação.

a) () É a consolidação da concepção atômica.

b) () É a técnica utilizada para distinguir os novos elementos da energia térmica.

c) () É o espectro do átomo de hidrogênio.

- d) () É a propagação de energia através de partículas ou ondas.
- e) () É o espectro eletromagnético.

3.2 QUESTIONÁRIO II - AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM SOBRE A RADIAÇÃO EMITIDA POR UM CORPO NEGRO COM A UTILIZAÇÃO DA CONTAÇÃO DE HISTÓRIA

Escola Estadual de Ensino Médio Dr. Romildo Veloso e Silva

Professor: José de Sousa Leite

Disciplina: Física

Estudante: _____ Data: ____ / ____ / ____

Turma: M3NR01 () M3NR02 () M3TR01 () Período: Manhã () Tarde ()

Ao participar das atividades de leitura da contação de história “O mundo mágico de Physis com Lorde Kelvin e as duas nuvenzinhas”, os momentos de socialização, as atividades dos desenhos ilustrativos e a encenação em grupo da história, responda as questões abaixo:

1 Responda as questões com atenção.

1.1. Sabemos que um corpo negro emite radiação térmica e as cores que conseguimos enxergar neles podem ser usados como um código para medir a sua temperatura. Dessa forma, a gradação de cores visíveis são:

- a) () vermelho-laranja-verde-azul
- b) () marrom-preto-cinza-verde.
- c) () verde-azul-vermelho-preto.
- d) () amarelo-violeta-vermelho-marrom.
- e) () vermelho-azul-verde-laranjado.

1.2. Qual é a única propagação de calor que pode acontecer tanto num meio material quanto no vácuo? Marque a opção correta.

() Convecção () Condução () Brisa () Radiação térmica () Éter

1.3. Complete as lacunas abaixo através das palavras da tabela, conforme os conceitos elencados no estudo da radiação do corpo negro.

lâmpada fluorescente	éter	corpo negro
catástrofe ultravioleta	corpo humano	Radiação de um corpo aquecido

a) O _____ e _____ são exemplos de corpos negros.

b) As "duas nuvens" (expressão da famosa palestra de 27 de abril de 1900, feita por Lorde Kelvin) estão relacionadas a teoria da luz e do calor e que descrevem o fracasso da tentativa de medir a velocidade da Terra por meio do _____ e a dificuldade de explicar a distribuição de energia na _____.

c) A comparação entre a curva experimental da intensidade de radiação do corpo negro em função da frequência e a curva teórica prevista pela expressão de Rayleigh-Jeans ficou conhecida como _____.

d) O _____ ideal absorve toda a energia radiante que nele incide.

1.4. Foi publicado um artigo em 1901, versão revisada de um discurso proferido no ano de 1900 por Lorde Kelvin, cujo o título é: "Nuvens do século dezenove sobre a teoria dinâmica do calor e da luz". A partir disso, responda: Que nuvens eram essas?

() Nunca ouvi falar sobre isso. () Vou responder.

RESPOSTA: _____

1.5. Sabemos que o calor é uma forma de energia. A sua propagação ocorre de forma espontânea, de um corpo de maior temperatura para outro de menor temperatura. Assim, pode-se identificar três tipos de propagação de calor. Portanto, os processos de transferência de energia são:

a) () Alfa, beta e gama.

b) () Infravermelho, ultravioleta e luz branca.

c) () Convecção, radiação e condução.

d) () Ondas, radiação, emissão.

e) () Irradiação, condutor e dielétrico.

1.6. No entendimento completo dos mecanismos de troca de calor é imprescindível reconhecer as situações e os processos de troca energia envolvido. Desta maneira, o único processo de troca de calor que pode ocorrer no vácuo é por:

a) () Convecção. b) () Ultravioleta. c) () Ondas mecânicas.

d) () Radiação. e) () Magnetismo.

1.7. Qualquer corpo aquecido ou com temperatura acima do zero absoluto, emite energia. Então, o que são corpos negros? Dê um exemplo.

1.8. Mencione uma lei que esteja relacionado com a solução do problema do corpo negro.

() Nunca ouvi falar sobre isso. () Vou responder.

RESPOSTA: _____

1.9. O que é catástrofe do ultravioleta?

() Nunca ouvi falar sobre isso. () Vou responder.

RESPOSTA: _____

1.10. A Teoria Quântica revolucionou a Física do século XX, possibilitou uma nova construção científica e criou as condições necessárias para a realização de diversas rupturas na Filosofia da Ciência. Nesse contexto, destaca-se a pesquisa de físico alemão que explicou a distribuição das intensidades de energia em função da

frequência (ou comprimento de onda) e da temperatura (resolvendo o enigma do espectro da radiação térmica). O feito foi realizado por:

- a) () Isaac Newton b) () Max Planck c) () Lorde Kelvin
d) () Gustav Kirchhoff e) () Wien

1.11. Os conceitos teóricos são fundamentais para compreensão de um determinado assunto. A radiação térmica, já discutida na termodinâmica, é ampliada quando o professor introduz o conceito de corpo negro. Entretanto, a ideia de radiação costuma ser muito mal compreendida. Diante disso, marque a opção que melhor define o conceito físico de radiação.

- a) () É a consolidação da concepção atômica.
b) () É a técnica utilizada para distinguir os novos elementos da energia térmica.
c) () É o espectro do átomo de hidrogênio.
d) () É a propagação de energia através de partículas ou ondas.
e) () É o espectro eletromagnético.

1.12. (UFRGS-RS) O espectro de radiação emitido por um corpo negro ideal depende basicamente de:

- a) () seu volume.
b) () sua condutividade térmica.
c) () sua massa.
d) () seu calor específico.
e) () sua temperatura.

3.3 QUESTIONÁRIO III - AVALIAÇÃO DA PROPOSTA UTILIZADA COM OS ESTUDANTES DO 3º ANO DO ENSINO MÉDIO

Escola Estadual de Ensino Médio Dr. Romildo Veloso e Silva

Professor: José de Sousa Leite

Disciplina: Física

Estudante: _____ Data: ____/____/____

Turma: M3NR01 () M3NR02 () M3TR01 () Período: Manhã () Tarde ()

1. O uso do questionário para identificar os conhecimentos prévios (questões problematizadoras) foi determinante para chamar a sua atenção para o tema radiação do corpo do negro.

Concordo totalmente

Concordo parcialmente

Indiferente

Discordo parcialmente

Discordo totalmente

2. Como você avalia o momento em que o texto de apoio, a apresentação em slides e a aula dialogada sobre RCN facilitaram a sua compreensão dos conceitos instigados pelas questões problematizadoras.

Insuficiente

Regular

Bom

Excelente

2. A leitura e a encenação (fantoche, teatro, flanelógrafo, etc.) da história “O mundo mágico de Physis com Lorde Kelvin e as duas nuvenzinhas” e a sua socialização (oral e encenada) tornaram as aulas de física mais produtivas, encantadoras e interessantes.

Concordo totalmente

Concordo parcialmente

Indiferente

Discordo parcialmente

Discordo totalmente

3. As ilustrações feitas em grupo da história “O mundo mágico de Physis com Lorde Kelvin e as duas nuvenzinhas”, pelo fato de retratarem os principais conceitos ligados ao tema da Radiação do Corpo Negro, melhorou minha compreensão sobre assunto.

Concordo totalmente

Concordo parcialmente

Indiferente

Discordo parcialmente

Discordo totalmente

4. Quais foram os momentos mais interessante do processo de ensinagem e aprendizagem da RCN. **Observação:** escolha apenas **duas opções**.

Questionário sobre os conhecimentos prévios

Leitura, discussão e apresentação em slides do texto de apoio

Leitura da história “O mundo mágico de Physis com Lorde Kelvin e as duas nuvenzinhas”

Preparação e encenação da contação de história “O mundo mágico de Physis com Lorde Kelvin e as duas nuvenzinhas”

Elaboração das ilustrações e apresentação para os colegas (ambiente lúdico através da arte narrativa/ painéis)

5. Gostaria que outros assuntos de física fossem abordados com a utilização de contação de histórias.

Concordo totalmente

Concordo parcialmente

Indiferente

() Discordo parcialmente

() Discordo totalmente

6. Escreva os pontos positivos e negativos destas 8 (seis) aulas sobre RCN:

3.4 ATIVIDADE COMPLEMENTAR - SITUAÇÕES PROBLEMAS

Escola Estadual de Ensino Médio Dr. Romildo Veloso e Silva

Professor: José de Sousa Leite

Disciplina: Física

Estudante: _____ Data: ____/____/____

Turma: M3NR01 () M3NR02 () M3TR01 () Período: Manhã () Tarde ()

1. (MEC) Em 1900, Max Planck apresenta à Sociedade Alemã de Física um estudo, onde, entre outras coisas, surge a idéia de quantização. Em 1920, ao receber o prêmio Nobel, no final do seu discurso, referindo-se às ideias contidas naquele estudo, comentou:

"O fracasso de todas as tentativas de lançar uma ponte sobre o abismo logo me colocou frente a um dilema: ou o quantum de ação era uma grandeza meramente fictícia e, portanto, seria falsa toda a dedução da lei da radiação, puro jogo de fórmulas, ou na base dessa dedução havia um conceito físico verdadeiro. A admitir-se este último, o quantum tenderia a desempenhar, na física, um papel fundamental... destinado a transformar por completo nossos conceitos físicos que, desde que Leibnitz e Newton estabeleceram o cálculo infinitesimal, permaneceram baseados no pressuposto da continuidade das cadeias causais dos eventos. A experiência se mostrou a favor da segunda alternativa." (Adaptado de Moulton, F.R. e Schiffers, J.J. Autobiografia de la ciencia. Trad. Francisco A. Delfiane. 2 ed. México: Fondo de Cultura Económica, 1986. p. 510) O referido estudo foi realizado para explicar:

(A) a confirmação da distribuição de Maxwell-Boltzmann, de velocidades e de trajetórias das moléculas de um gás.

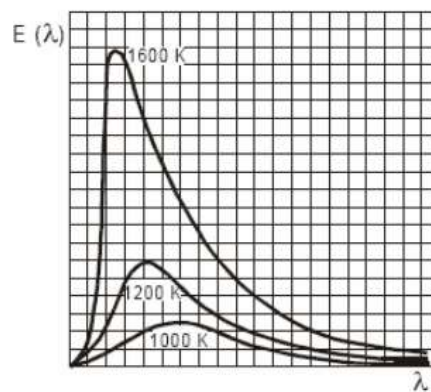
(B) a experiência de Rutherford de espalhamento de partículas alfa, que levou à formulação de um novo modelo atômico.

(C) o calor irradiante dos corpos celestes, cuja teoria havia sido proposta por Lord Kelvin e já havia dados experimentais.

(D) as emissões radioativas do isótopo Rádio-226, descoberto por Pierre e Marie Curie, a partir do minério chamado "pechblenda".

(E) o espectro de emissão do corpo negro, cujos dados experimentais não estavam de acordo com leis empíricas até então formuladas.

2. (MEC) No gráfico ao lado estão representadas três curvas que mostram como varia a energia emitida por um corpo negro para cada comprimento de onda, $E(\lambda)$, em função do comprimento de onda λ , para três temperaturas absolutas diferentes: 1000 K, 1200 K e 1600 K.



Com relação à energia total emitida pelo corpo negro e ao máximo de energia em função do comprimento de onda, pode-se afirmar que a energia total é:

(A) proporcional à quarta potência da temperatura e quanto maior a temperatura, menor o comprimento de onda para o qual o máximo de energia ocorre.

(B) proporcional ao quadrado da temperatura e quanto maior a temperatura, maior o comprimento de onda para o qual o máximo de energia ocorre.

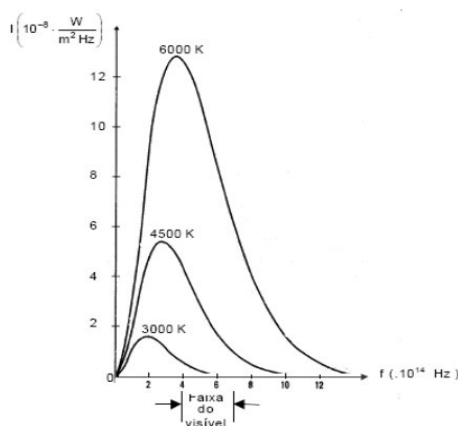
(C) proporcional à temperatura e quanto maior a temperatura, menor o comprimento de onda para o qual o máximo de energia ocorre.

(D) inversamente proporcional à temperatura e quanto maior a temperatura, maior o comprimento de onda para o qual o máximo de energia ocorre.

(E) inversamente proporcional ao quadrado da temperatura e quanto maior a temperatura, maior o comprimento de onda para o qual o máximo de energia ocorre.

3. (UFRN) As lâmpadas incandescentes são pouco eficientes no que diz respeito ao processo de iluminação. Com intuito de analisar o espectro de emissão de um

filamento de uma lâmpada incandescente, vamos considerá-lo como sendo semelhante ao de um corpo negro (emissor ideal) que esteja à mesma temperatura do filamento (cerca de 3000 K). Na figura abaixo, temos o espectro de emissão de um corpo negro para diversas temperaturas.



Diante das informações e do gráfico, podemos afirmar que, tal como um corpo negro,

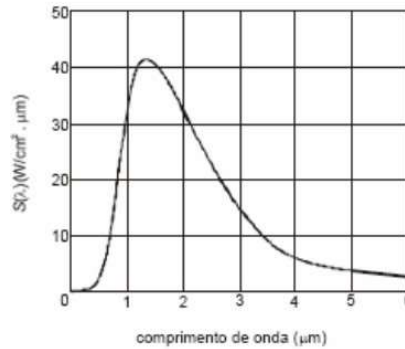
(A) os fótons mais energéticos emitidos por uma lâmpada incandescente ocorrem onde a intensidade é máxima.

(B) a frequência em que ocorre a emissão máxima independe da temperatura da lâmpada.

(C) a energia total emitida pela lâmpada diminui com o aumento da temperatura.

(D) a lâmpada incandescente emite grande parte de sua radiação fora da faixa do visível.

4. (UFRN) A radiação térmica proveniente de uma fornalha de altas temperaturas em equilíbrio térmico, usada para fusão de materiais, pode ser analisada por um espectrômetro. A intensidade da radiação emitida pela fornalha, a uma determinada temperatura, é registrada por esse aparato em função do comprimento de onda da radiação. Daí se obtém a curva espectral apresentada na figura. A análise desse tipo de espectro levou o físico alemão Wilhelm Wien, em 1894, a propor que, quando a intensidade da radiação emitida é máxima, o comprimento de onda associado obedece à expressão: $\lambda_{\max} = 3 \times 10^3 (\mu m K)$



em que λ_{max} é o comprimento de onda do máximo da curva espectral e T é a temperatura da fornalha para um determinado espectro. De acordo com essas informações, é correto afirmar que a temperatura da fornalha é, aproximadamente,

- (A) 2000 K e que λ_{max} aumenta quando a temperatura aumenta.
- (B) 1500 K e que λ_{max} diminui quando a temperatura diminui.
- (C) 2000 K e que λ_{max} diminui quando a temperatura aumenta.
- (D) 1500 K e que λ_{max} aumenta quando a temperatura diminui.

Respostas:

1 – E

2 – A

3 – D

4 – C

Já mivú!



UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - POLO 29

JOSÉ DE SOUSA LEITE

O MUNDO MÁGICO DE PHYSIS
COM
LORDE KELVIN E AS DUAS NUVENZINHAS



Ilustrações: Paulo Nunes

MARABÁ – PA
2021

JOSÉ DE SOUSA LEITE



**O MUNDO MÁGICO DE PHYSIS
COM
LORDE KELVIN E AS DUAS NUVENZINHAS**

Narrativa apresentada (construída) ao Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), em cumprimento as exigências para aplicação do Produto Educacional - **A RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA POTENCIALMENTE SISTÊMICA COM O USO DA CONTAÇÃO DE HISTÓRIA.**

Orientador:

Prof^o. Dr. Jeanderson de Melo Dantas

Co-Orientador (a): Prof^a. Dra. Franciane Silva de Azevedo

MARABÁ-PA

2021

ÍNDICE

Apresentação

Como trabalhar com esta narrativa: uma proposta para sala de aula

Parte 1 – Céu da física

Parte 2 – Viagem ao céu da física

Parte 3 – Tesouro da caverna

Parte 4 – Crises, enigmas e catástrofe

Parte 5 – Physis na sala do espanto

Apresentação

Eu gosto de ouvir e contar história. E você?

Neste material ocorre um encontro entre um jovem estudante e um velho físico do passado. Será possível construir uma amizade científica e pedagógica entre Physis e Lorde Kelvin?

Physis é desafiado a ser aprendiz de Lorde Kelvin. Juntos, viverão aventuras pelo céu da física, caverna misteriosa, labirinto de LaSalle e sala do espanto.

Ele precisará de ajuda, não só para se encontrar consigo mesmo, mas também para resolver enigmas e problemas patológicos.

E aí, mano e mana, você vai encarar? Conhecer o mundo mágico de Physis com Lorde Kelvin e as duas nuvenzinhas. Viajar com Physis e descobrir o enigma do corpo do negro.

Já Mivú!!!

Como trabalhar com esta arte narrativa: uma proposta para sala de aula

Essa história pode ser usada para motivar e estimular estudantes do Ensino Médio no estudo da Radiação do Corpo Negro. Pois, o paradidático conta com um enredo singular. Foi preparado para atender jovens-adolescentes. Por isso, está carregado de rimas, gírias, humor, reflexões, enigmas e desafios. Trata-se de uma narrativa que reflete a vida escolar e diária de muitos estudantes.

Indicamos ao professor que decida por uma das seguintes sequências didáticas:

1. Aplicação realizada pelo o autor (José Leite) e acompanhado / orientado (a) pelo Doutor professor Jeanderson – UNIFESSPA e co-orientadora professora Doutora Franciane – UNIFESSPA.

- 1.1 *Aplicação de um pré-teste (Anexos/ Apêndices da dissertação sobre o tema) - identificar os conhecimentos prévios (David Ausubel) dos discentes sobre Radiação do Corpo Negro.*
- 1.2 *Leitura dirigida da parte 1- Céu da física (gerar motivação nos discentes) e aula dialogada em power point sobre as questões do pré-teste (esclarecer conceitos que os discentes tiveram dificuldades de responder).*
- 1.3 *Leitura em grupo da história e socialização com a turma. E ainda, nesse momento, torna-se relevante fazer a resolução da atividade complementar (Anexos/ Apêndices da dissertação sobre o tema).*
- 1.4 *Realizar o encontro de Contadores de História (Os grupos apresentam suas partes da seguinte forma: dramatização, flanelógrafo, maquete, fantoche, contar a história caracterizado por um dos personagens e outras formas). É importante organizar um cenário e tornar o evento alegre e divertido.*
- 1.5 *Aplicação do teste final - avaliar a aprendizagem dos discentes (Anexos/ Apêndices da dissertação sobre o tema).*
- 1.6 *Aplicação de um questionário de avaliação e autoavaliação sobre o trabalho realizado (Anexos/ Apêndices da dissertação sobre o tema).*

2. Leitura em duas etapas

- 2.1 *Realize a leitura da parte 1 – Céu da física, como fase motivadora. É essencial para o aluno ter um vislumbre geral da história e ser despertado pelo restante da narrativa.*
- 2.2 *Na sequência, organize os estudantes em cinco grupos (cada equipe fica com uma parte) e promova a releitura da primeira parte. Nesse*

momento, desafie os discentes a lerem até ao último capítulo (parte 5). Quando concluírem a leitura, realize uma discussão de tudo o que leram e depois apresente a seguinte atividade suplementar: os grupos deverão organizar um espaço de contação de história e cada equipe participará apresentando sua parte de forma criativa e inovadora (dramatização, flanelógrafo, maquete, fantoche, contar a história caracterizado por um dos personagens e música). Esse momento deve ser alegre e divertido.

- 2.3 *Não esqueça de promover a discussão dialógica dos conceitos difíceis. Depois, aplique uma atividade com situações problemas relacionadas a Radiação do Corpo Negro (Anexos/ Apêndices da dissertação sobre o tema).*

3. Realizar a leitura conforme o plano de aula.

- 3.1 *Leia o texto em partes, pode ser no início da primeira aula de cada semana letiva. Toda semana o professor ou um aluno faz a leitura de um dos capítulos até concluir. São apenas cinco partes. Isso levará cinco semanas. Contudo, importa que a cada semana faz-se necessário discutir os conceitos difíceis de cada leitura.*
- 3.2 *Solicitar aos discentes a resolução das atividades que fazem parte do suplemento desta obra a medida que for concluindo as leituras semanais.*
- 3.3 *Realizar em grupo o ambiente de contação de história (como culminância dos trabalhos) ou ambientação para ser apresentado através de cartazes e objetos para as demais turmas da escola.*

Abaixo apresentaremos uma tabela que relaciona cada parte da história de Physis aos conteúdos de física. Poderá servir de orientação para o planejamento do professor.

O mundo mágico de Physis com Lorde Kelvin e as duas nuvenzinhas	Conteúdos
Parte 1 – Céu da física	Cor da radiação; Origem da teoria da relatividade e física quântica.
Parte 2 – Viagem ao céu da física Parte 3 – Tesoura da caverna misteriosa	Radiação do corpo negro; Catástrofe do ultravioleta
Parte 4 – Crises, enigmas e catástrofes	Leis associadas à radiação da cavidade

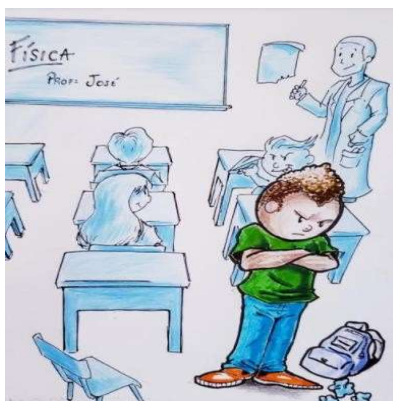
Parte 5 – Physis na sala do espanto	Física das radiações
--	----------------------

Fonte: O autor (2020).

Parte 1 – Céu da física

O céu de Physis era tedioso, chato e sem graça. Não conhecia o prazer de viver e aprender, pois temer era o verbo que costumava conjugar e saber. Assim, na escola vivia a reclamar. Brigava para não estudar. Se sentia esquecido, abandonado, maltratado e incompreendido. Suas amizades eram poucas ou quase nenhuma. E o pior, a maioria exprimia:

- Você é um caso perdido, um erro da physiké³⁹, nasceu pra quê.



Era assim o mundo de Physis. Era isso que ele sempre ouvia. Todavia, chegou o dia. E chega para todos, ou melhor, quase todos. O encontro entre a luz do sol e as gotas da chuva.

³⁹ Palavra de origem grega - Physiké - Física. É a ciência que estuda os fenômenos da natureza, ou seja, os fenômenos naturais. (Física. Disponível em: <https://www.dicionarioinformal.com.br/significado>; Acesso em: 23 junho de 2020)



Por conseguinte, voltava Physis, certa vez do colégio, entrou no quarto, ficou *nude*⁴⁰ e se lançou direto sobre a cama. Logo depois, ele se achou em um lugar chuvoso e ensolarado.

De repente, alguém das nuvens falou:

- Vem e vê.

Olhou e viu, um arco-íris. Ficou deslumbrado.

Então, a voz intrigante perguntou:

- Compreende o que vê?

- Demorô⁴¹. Respondeu o garoto.

Com isso, ouviu-se uma explicação. Era a voz misteriosa falando e desvelando para a sua mente curiosa todo aquele fenômeno.

Deste modo, foi audível e compreensível as seguintes palavras e muitas outras:

O **arco-íris** surge (...). Quando um raio bate na borda de uma gotinha de água ou de vapor, a luz branca do Sol é desviada e se decompõe

⁴⁰ Significa desprovido de roupa, ou seja, nu, despido ou descoberto. (Dicionário Online de Português. <https://www.dicio.com.br/nude/>; Acesso em: 23 junho de 2020)

⁴¹ Significa ok, tá certo, fechado. (Qual é a gíria: as gírias mais faladas do Brasil. Disponível em: <https://www.qualegiria.com.br/giria/demoro/>; Acesso em: 23 junho de 2020)

nas sete cores que compõem seu espectro: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta.⁴²

Figura 01: Como os arco-íris são formados?



Fonte: <https://www.iguiecologia.com/como-os-arco-iris-sao-formados/como-se-forma-os-arcoiris/>

Physis entendeu que aquele fenômeno óptico foi gerado pelo processo de dispersão, refração e reflexão da luz branca.

Ao apreciar a beleza de um arco-íris, você está vendo efeitos combinados de dispersão, refração e reflexão. O Sol está atrás do observador e a luz se refrata para o interior de uma gotícula de água, a seguir ela é (parcialmente) refletida na parte interna posterior da gotícula e finalmente refratada, saindo da gotícula.⁴³

Depois disso, a voz do céu tornou a falar com ele pela segunda vez.

- Vem e vê.

Tornou a olhar e viu uma barra de ferro sendo aquecida. Ela estava no meio do fogo. Impressionado, lubrificou o globo ocular⁴⁴ e notou algo extraordinário. A medida

⁴² Como se forma o arco-íris? Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-se-forma-o-arco-iris/>; Acesso em: 20 de fevereiro de 2020.

⁴³ SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W.; FREEDMAN, R. A.; YOUNG, H. D. Física IV - Ótica e Física Moderna, 10ª edição. - Pearson Addison-Wesley, São Paulo, 2008.

⁴⁴ “É a estrutura do olho humano que tem o formato de um globo, disposto em uma cavidade óssea e protegido pelas **pálpebras humanas**.” (O que é Globo Ocular? Disponível em: <http://www.lotteneyes.com.br/glossario-globo-ocular/>; Acesso em: 21 de julho de 2020)

que a temperatura subia as mesmas cores do arco-íris apareciam na mesma sequência sobre o metal: vermelho, alaranjado, amarelo, ..., azul e assim por diante.

Na sequência ouviu-se as seguintes palavras mágicas:

- Já mivú⁴⁵.

Então, o garoto Physis acordou e pensou: estou “lelé da cuca⁴⁶”.

Parte 2 – Viagem ao céu da física

No outro dia, retornando do colégio entrou no quarto, mais dessa vez, na pontinha dos pés e devagarinho deitou na cama. De repente, ouviu uma voz do alto dizendo:



- Levante-te e vai.

- Hummm... Continue.

- Chegou a hora de viajar pela ciência e entender a natureza e os seus fenômenos.

⁴⁵ “Ao dizer ‘já mivú’, quer dizer que você está indo embora. É uma forma diferente de dizer ‘já me vou’”. (Dicionário popular: Gírias paraenses. Disponível em: <https://www.dicionariopopular.com/giras-paraenses/>; Acesso em: 23 de fevereiro de 2020)

⁴⁶ “Lelé da cuca é uma expressão que quer dizer que uma pessoa tem uma opinião errada sobre alguma coisa ou que é doido; maluco.” (Dicionário popular. Disponível em: <https://www.dicionariopopular.com/giras-paraenses/>; Acesso em: 23 de fevereiro de 2020)

A partir desse momento, o garoto Physis decidiu firmemente conhecer todo o céu da física. Ele se dispôs a viajar para as nuvens em sua nave TOP DAS GALÁXIAS⁴⁷ e sanar suas inquietações.



Diante disso, usou o capacete da dúvida, o roupão da pergunta, as luvas da experimentação, os sapatos da curiosidade e o óculo do discernimento. Pediu a benção do Google⁴⁸ e partiu para o embarque.

Tudo estava pronto para a aventura.

Sentou-se, colocou o cinto, ligou os motores e apertou o botão de partida. E em segundos, apareceu a contagem regressiva nominal a sua frente: Lord Kelvin, Rayleigh-Jeans, Planck, Stefan-Boltzman, Wien e Albert Einstein.

- Brooommm, soou os motores.

E subiu a nave. E lá se foi o garoto Physis em sua jornada mágica. Enquanto subia. O inesperado. Talvez, uns mais ou uns menos, cinco quilômetros do solo. Ele viu algo notável e estranho.

⁴⁷ “Mais TOP que o mundo todo, o TOP de todas as Galáxias.” (Dicionário informal. Disponível em: <https://www.dicionarioinformal.com.br/top+das+galaxias/>; Acesso em: 05 março de 2020)

⁴⁸ Academicamente conhecido como “o livro dos burros da era moderna”.

- Vixe⁴⁹!! Que doideira⁵⁰ é essa. Comentou ele.

A cena causou estranheza e susto.

- Caraca⁵¹, sussurrou o garoto.



Tratava-se de um homem pulando entre duas nuvens. Pulava de uma para outra, pra lá e pra cá. Suas vestes indicavam que ele não era do século XXI. Então, movido pelo espanto, apertou o botão (permanecer estável no ar), a nave pairou sobre terra e Physis perguntou.

- Quem é tu, mano⁵²?

- Eu sou Lorde Kelvin, respondeu o estranho.

- Como chegou aqui?

- Isso você vai ter que descobrir.

- E o que significa essas duas nuvens? Por que fica pulando de uma pra outra?

⁴⁹ “Exprime geralmente uma surpresa, uma anuência ou uma resposta exagerada do interlocutor.” (Dicionário informal. Disponível em: <https://www.dicionarioinformal.com.br/vixe/>; Acesso em: 05 março de 2020)

⁵⁰ Descreve uma situação muito estranha. (Dicionário informal. Disponível em: <https://www.dicionarioinformal.com.br/doideira/>; Acesso em: 05 março de 2020)

⁵¹ “É uma gíria que expressa o sentimento de **surpresa, espanto** ou **desapontamento**.” (Dicionário popular. Disponível em: <https://www.dicionariopopular.com/caraca/>; Acesso em: 10 março de 2020)

⁵² Significa irmão, amigo, etc. (Dicionário informal. Disponível em: <https://www.dicionarioinformal.com.br/mano/>; Acesso em: 10 de março de 2020)



- Calma nêgo macho⁵³, vou contar tudo.

Por conseguinte, Lorde William Thomson Kelvin (matemático e físico) começou a contar a sua história. Falou sobre seu nascimento, sua família, a vida escolar e os desafios. Disse ao Physis que foi estudante e profissional dedicado e destemido. E que por isso, a vida lhe concedeu alguns triunfos.

- Sei... Conte-me, mais. Interrompeu o garoto.

- Houve um tempo em que se consolidou e cultivou efetivamente a ideia do “fim da física” entre muitos físicos. Isso ocorreu... Garoto... Mais ou menos, no final do Século XIX. Não estou falando do colapso, mas do “fechamento final e definitivo dessa forma de conhecimento. Não há nada de novo a ser descoberto na física agora. Tudo o que resta são medições mais e mais precisas⁵⁴.”

- Sei... O que mais? Continue.

- E as duas nuvens, ainda não entendi. Estou curioso.

Com isso, o homem que estava pulando de uma nuvem para outra achou melhor explicar, antes que Physis ficasse mais angustiada.

- Na data de 1900. Em uma conferência no Royal Society o influente físico irlandês William Thomson apresentou o tema “Nuvens do século 19 sobre a Teoria

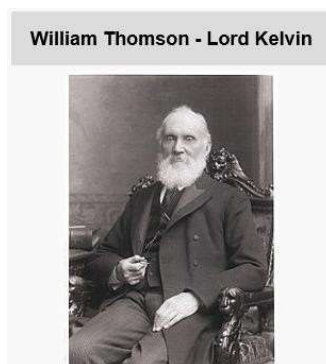
⁵³ Significa homem destemido, machão. (Dicionário de gírias. Disponível em: <http://linguadedoideo.blogspot.com/2008/06/lgua-de-doido.html>; Acesso em: 10 de março de 2020)

⁵⁴ ROSENBLUM, Bruce e KUTTNER, Fred. O enigma quântico: o encontro da física com a consciência. Edição On-line. - Rio de Janeiro-RJ: Zahar, s/d.

Dinâmica do Calor e da Luz”. Esses eram os principais assuntos de sua especialidade. Assim, imbuído pelo de espírito de mudança do século XIX para o século XX, disse a todos presentes:

A beleza e clareza da teoria dinâmica, que coloca calor e luz como modos de movimento, está presentemente obscurecida por duas nuvens. I. A primeira apareceu com a teoria ondulatória da luz, desenvolvida por Fresnel e o Dr. Thomas Young; envolvendo a questão de como pode a Terra mover-se através de um sólido elástico, como o é essencialmente o éter luminífero? II. A segunda é a doutrina de Maxwell-Boltzmann sobre a equipartição de energia.⁵⁵

Figura 02: Lorde William Thomson Kelvin



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/William_Thomson

Por conseguinte, o espanto e a coceira nas ideias de Physis fizeram seu cérebro fervilhar de perguntas e dúvidas. Ele ficou louco para gritar *eureka*⁵⁶. Passou a querer explicações detalhadas sobre essas obscuras nuvens.

Nessa altura, foi imbuído por três espíritos regionais de surpresa e disse em alto e bom tom:

⁵⁵ SCHULZ, Peter A. Duas nuvens ainda fazem sombra na reputação de Lorde Kelvin. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 4, p. 509-512, 2007. Disponível em: www.sbfisica.org.br; https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172007000400006&script=sci_arttext; Acesso em: 12 de março de 2020)

⁵⁶ “*Eureka* é uma interjeição que significa ‘**encontrei**’ ou ‘**descobri**’, exclamação que ficou famosa mundialmente por Arquimedes de Siracusa.” (O que é Eureka? Disponível em: <https://www.significados.com.br/eureka/> Acesso em: 21 de julho de 2020) O relato detalhado da história que descreve Arquimedes saindo nu e correndo pelas ruas e gritando eufórico: “*Eureka! Eureka!*” (Achei! Achei!) pode ser encontrado www.significados.com.br

- égua (paraense), uai (mineiro), oxe (baiano)⁵⁷.

Diante dessa cena inusitada, como se estivesse lendo os pensamentos do garoto, o homem da nuvem proclamou:

- Quem tem ouvido, ouça o que a ciência diz aos aprendizes.

E discorreu a explicar:

- As duas nuvens são dois problemas que a física clássica não conseguia resolver. O primeiro, se refere a não comprovação da existência do éter (como explicar a movimentação da Terra em um sólido elástico ou a propagação das ondas eletromagnéticas) e o segundo, equipartição da energia/ a radiação do corpo negro (como explicar a intensidade de radiação emitida por um corpo aquecido/ equipartição da energia).⁵⁸

Diante disso, Physis comentou:

- Lorde Kelvin, por favor, me passa a ficha toda, pois fiquei bugado⁵⁹.

Ele abriu um sorriso de “melancia” e disse:

- Confuso, né?

- Como? Respondeu o garoto da nave.

⁵⁷ “O ‘égua’ pode ser usado tanto para mostrar dúvida, espanto, surpresa, raiva, entre outros. Funciona do mesmo jeito que o ‘uai’ dos mineiros ou o ‘oxe’ dos baianos.” (Dicionário popular. Disponível em: <https://www.dicionariopopular.com/egua/>; Acesso em: 15 março de 2020)

⁵⁸ Para Schulz (2007, p. 510 e 511) Lorde Kelvin se debruçou sobre duas questões. Questão 1: o problema do movimento da Terra no éter (deu origem a teoria da relatividade) e o experimento de Michelson e Morley (mostrou a ausência de movimento da Terra em relação ao éter). Questão 2: a equipartição de energia (deu origem a física quântica) – “era incompatível com os resultados experimentais para os calores específicos dos gases.” Entretanto, o autor ressalta que “o problema da radiação do corpo negro não é discutido por Kelvin, embora a solução encontrada por Planck fornecesse o conceito de quantização, que também seria a solução para o dilema colocado pela equipartição para a teoria cinética dos gases.” (SCHULZ, Peter A. Duas nuvens ainda fazem sombra na reputação de Lorde Kelvin. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 4, p. 509-512, 2007. Disponível em: www.sbfisica.org.br; https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172007000400006&script=sci_arttext; Acesso em: 12 de março de 2020)

⁵⁹ “Bugar é uma gíria para retirada da palavra americana bug. Ela significa **defeito**, **falha** e é usada para falar sobre algo que parou de funcionar naquele instante. É muito comum também usar a gíria para expressar confusão ou esquecimento momentâneo.” (Dicionário popular. Disponível em: <https://www.dicionariopopular.com/egua/>; Acesso em: 15 março de 2020)

- Já mivú⁶⁰, recordou o homem das nuvens.

Physis despertou do sono mágico debaixo de sua cama e com a cabeça cheia de piolhos. Aqueles piolhos faziam suas ideias coçarem. Com essa situação, ele passou a rezar pela chegada do dia seguinte. Passou a vislumbrar o desejo de voltar para sua nave, voar para as nuvens e conversar com o Lorde Kelvin sobre o éter e a radiação do corpo negro.

Parte 3 – Tesouro da caverna misteriosa

No dia seguinte, Physis acordou bem humorado. Com espírito acolhedor. Beijou mamãe e abraçou papai. Pediu a benção e lembrou a todos que tinha muito para aprender. Sobre a natureza e seus porquês. Como poderia entender? O que desejava conhecer? Através, de ninguém menos e ninguém mais, que Lorde Kelvin, o professor capaz. O homem das duas nuvenzinhas.

Esse dia, tornou-se atípico e anômalo. Aquilo não era normal. Physis estava especial. Logo, os pais concluíram que ele estava sob efeito hormonal. Eram as “minas⁶¹” que criam estímulos e equilíbrios do corpo. Ou melhor, as meninas hormonais: endorfina (hormônio da felicidade), dopamina (hormônio da motivação), ocitocina (hormônio do amor) e serotonina (hormônio do humor/ antidepressivo interno).

Physis sentiu, que era capaz de mover as montanhas. Pois, ele estava de *manha*,⁶² feliz da vida. Por isso, buscava saber, a razão sobre o que quer dizer corpo negro e seu espectro de radiação. Então, brincou. Fez um *print*⁶³ do café e do dia anterior. Postou e recordou as aventuras com Lorde Kelvin e as duas nuvenzinhas.

⁶⁰ “Ao dizer ‘já mivú’, quer dizer que você está indo embora. É uma forma diferente de dizer ‘já me vou’.” (Dicionário popular: Gírias paraenses. Disponível em: <https://www.dicionariopopular.com/girias-paraenses/>; Acesso em: 23 de fevereiro de 2020)

⁶¹ “Uma gíria utilizada por jovens na atualidade que significa menina adolescente ou moça jovem, ambas biologicamente do sexo feminino.” (Dicionário informal. Disponível em: <https://www.dicionarioinformal.com.br/significado/mina>; Acesso em: 15 de março de 2020)

⁶² Desenvoltura, destreza, etc. (Dicionário Online de Português. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/manha-2/>; Acesso em: 15 de março de 2020)

⁶³ “Tirar uma “foto” da tela do computador.” (Dicionário informal. Disponível em: <https://www.dicionarioinformal.com.br/print/>; Acesso em: 15 de março de 2020)

Tudo isso, estava despertando paixão e tesão pela escolarização. O momento era de encantamento. E num passe de magia, começou a formar duas *nuvenzinhas de palavras*⁶⁴ no céu léxico de Physis. Nesse glossário uma palavra grega chamou a sua atenção. Ela estava coroada por uma auréola de luz. Diante disso, ergueu mão cognitiva e segurou-a e, cheio de emoção guardou. Agora, era parte de seu vocabulário a formulação do termo grego φύσις (physiké). Com isso, fez uma introspecção (sobre o que ocorre no seu íntimo) sobre o corpo negro e sua definição.

Em seguida, Physis perguntou ao seu eu interior.

- O que faz a fisiké⁶⁵?

Na velocidade da emissão beta⁶⁶ (270 000 km/s), o eu interior poetizou, com emoção.

- Estudar a natureza, seus fenômenos intrigantes, as leis do cosmo e o universo brilhante, a matéria e a energia, com suas interações e constituições do dia a dia.

- Que legal! Que beleza! Admirado, sussurrou o garoto.

Physis estava falando da ciência única e fundamental. Deste modo, fica fácil pensar e concluir que a Física em seu campo de atuação busca descrever a dinâmica e a configuração dessa imensidão de interrogação.

É objeto da ciência, o micro e o macro, não importa a divisão, tudo será sujeito de análise e avaliação. Contudo, cada explicação exige uma matemática elaborada e compreensível. Mas, isso não é empecilho, pois a sua utilidade prática tem brilho impescindível.

⁶⁴ “Uma nuvem de palavras (também conhecida como nuvem de tags ou texto) é uma representação visual da frequência e do valor das palavras. Ela é usado para destacar com que frequência um termo ou categoria específica aparece em uma fonte de dados.” (Infogram. Disponível em: <https://infogram.com/pt/criar/nuvem-de-palavra>; Acesso em: 22 de julho de 2020)

⁶⁵ “Palavra de origem grega - Physiké - Física. É a ciência que estuda os fenômenos da natureza, ou seja, os fenômenos naturais.” (Física. Disponível em: <https://www.dicionarioinformal.com.br/significado>; Acesso em: 23 junho de 2020)

⁶⁶ Trata-se da velocidade das partículas beta, ou seja, elétrons emitidos pelo núcleo de um átomo instável. Assim, esclarecimentos adicionais podem ser encontrados na referência a seguir. (SOUZA, Líria Alves de. Radiações Alfa, Beta e Gama; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/radiacoes-alfa-beta-gama.htm>. Acesso em 22 de julho de 2020)

É assim, com: a Física quântica (trata do muito pequeno, dos átomos e das partículas); a Física clássica (trata dos objetos que encontramos no nosso cotidiano); a Física relativística (trata de situações que envolvem grandes quantidades de matéria e energia) e outras.

Diante disso, ficou espelhado. Seus olhos brilhavam. A face resplandecia. Os neurônios se conectavam e davam as mãos. Era emoção embebida de razão. Uma reação química em cascata. A criação de novas sinapses. Um verdadeiro *fuego*⁶⁷ científico.

Era visível o seu prazer e regozijo por cada descoberta. Tratava-se de uma nova realidade. É uma busca por verdade. Foi então, que Physis ressaltou, com voz de trombeta, que foi espetacular aprender a aprender, com Lorde Kelvin, a pensar sobre a explicação do corpo negro e o porquê da radiação.

Como metamorfose ambulante, olhou para dentro de si mesmo e clamou:

- Sei lá. Mas, é bom saber e ter um novo trabalho para desvendar.

Era isso que fervilhava sua cosmovisão de ciência e de educação. Pois, Lorde Kelvin virou professor de espanto⁶⁸. O criador da alegria de pensar. Passou a provocar a inteligência geral (inteligência ampla), o espanto e a curiosidade em Physis. Então, ficou claro, nessa conclusão, que isso sim, é ser professor, é fazer educação. Ensinar por ensinar, não dar mais, é desnecessário. Estou falando sério, gente. Os livros e a internet tem sido mais didático e interessante para nossa mente.

Physis estava vivendo dias melhores, incríveis e sensacionais. Pois, cada aventura, jornada e descoberta era degustada e saboreada. Como diz Caetano Veloso na letra da música “Dom de iludir”⁶⁹: “Cada um sabe a dor/ E a delícia de ser o que é”.

⁶⁷ Palavra espanhola que significa fogo. (OCÉANO POCKET. Dicionário espanhol-português; Dicionário português-espanhol. Barcelona, España: MMXIV EDITORIAL OCEANO, s/d).

⁶⁸ “Eu estou pensando há muito tempo em propor o novo tipo de professor. É um professor que não ensina nada, não é professor de matemática, de história, de geografia. É um professor de espantos. O objetivo da educação não é ensinar coisas, porque as coisas já estão na Internet, estão por todos os lugares, estão nos livros. É ensinar a pensar. Criar na criança essa curiosidade.” (Rubem Alves – O professor do espanto. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ByAjkVTXDY8>; Acesso em: 20 de abril de 2020)

⁶⁹ É uma reflexão sobre a verdade, a vida e a manifestação expressa com palavras. (Caetano Veloso Dom de Iludir. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gzfWbqISMmo>; Acesso em: 20 de abril de 2020)

Depois disto, se vestiu de estudante (uniforme), pegou a mochila, empurrou o chão e o chão o empurrou para a escola. Abriu o livro, ouviu a lição (aula expositiva) e sem motivação viu a aula passar sem a curiosidade despertar.

Assim, o horário escolar acabou. E Physis decidiu voltar para o seu lar. Vazio e sem nada do que ouviu. Pois, o conhecimento sem utilidade para ele nada serviu. Foi nesse momento de reflexão que bateu saudade por Lorde Kelvin e pelas aventuras de então.



Decidiu ir ao banheiro para “tirar a água do joelho⁷⁰”. Porém, tudo estava armado, uma plaquinha indicava: molhado. Pulou como um ninja e riu. Não deu outra, faltou aderência, Physis escorregou e caiu. E ali mesmo ficou, deitado. Vivendo aquela situação em inanição. De repente, ouviu do além, alguém dizer com voz de muitas águas (catarata/ cachoeira) por três vezes:

- Physis, teu amigo te chama.

Assustado. Fez o sinal da cruz, dizendo:

- *Em nome do Pai* (toca-se a testa), e *do Filho* (toca-se o centro do peito ou o umbigo), e *do Espírito* (toca-se o ombro esquerdo) *Santo* (toca-se o ombro direito).

Na sequência, perguntou:

- Quem tá aí? Não gosto de brincadeira sem graça!!

⁷⁰ “Tirar água do joelho significa o mesmo que **mijar**, **fazer xixi**, [...]” (Dicionário popular. <https://www.dicionariopopular.com/tirar-agua-do-joelho/>; Acesso em: 22 de julho de 2020)

Como não teve resposta, disse:

- Estou avisando. Ôôôô... Sou faixa preta em *Jiu-jitsu* (arte marcial de origem japonesa)... Iiiííí.

Physis sentou no chão e teve uma surpresa. Era o homem das duas nuvens. Lembra? Quem era mesmo? Lorde William Thomson Kelvin. Ele estava ali. Na sua frente. Na sua escola. Dentro do banheiro. E Dizia:

- Vamos que vamos. Uma missão tenho em mão.

Prosseguiu:

- Levanta-te e anda, desperta-te da inatividade e a luz do conhecimento brilhará sobre ti.

Assim, outra vez, outra mina, entrou em ação. O corpo de Physis sofreu mais uma vez uma avalanche de descarga hormonal. Deste modo, a protagonista foi a epinefrina também conhecida como adrenalina. Com isso, seu corpo ficou em alerta total. Os músculos turbinados e preparados receberam força descomunal. O cérebro ficou robusto e fez milhares de milhares de sinapses. Tudo pronto para missão, pois a apatia perdeu lugar naquela versão.

Então, Lorde Kelvin segurou pelo braço de Physis e disse:

- Em verdade, te digo agora, tens comigo uma obrigação: entrar em uma caverna e encontrar o tesouro da radiação.

- Que negócio é esse de tesouro da radiação? – Exclamou o garoto.

- E mais, macho: lá estarás comigo em duas horas.

- Como é que é? – indagou Physis.

Lorde Kelvin completou, então:

- Tan-tan-tan! Tesouro da radiação. Corpo negro, campeão.

Se entender direito o itinerário, o garoto comentou, em tom de brincadeira, que em funerária e com cadáver nunca trabalhou. Com isto, respondeu:

- Com defunto. Não mexo não.

Lorde, então sorriu. Mas, sem deixar Physis pensar, continuou sem pestanejar (abrir e fechar olhos) e fez dois acordos sem explicar. Só pediu para ele acompanhar.

Preocupado, Physis questionou:

- Espere um pouco, meu coração acelerou.

Porém, Kelvin retomou a ativa e destacou:

- Diga comigo, em contagem regressiva: 4 - Lei de Max Planck; 3 - Lei de Wien; 2 - Lei de Rayleigh-Jeans; 1 – Stefan-Boltzmann.

Em seguida, como combinado, disseram juntos:

- Aipim⁷¹.

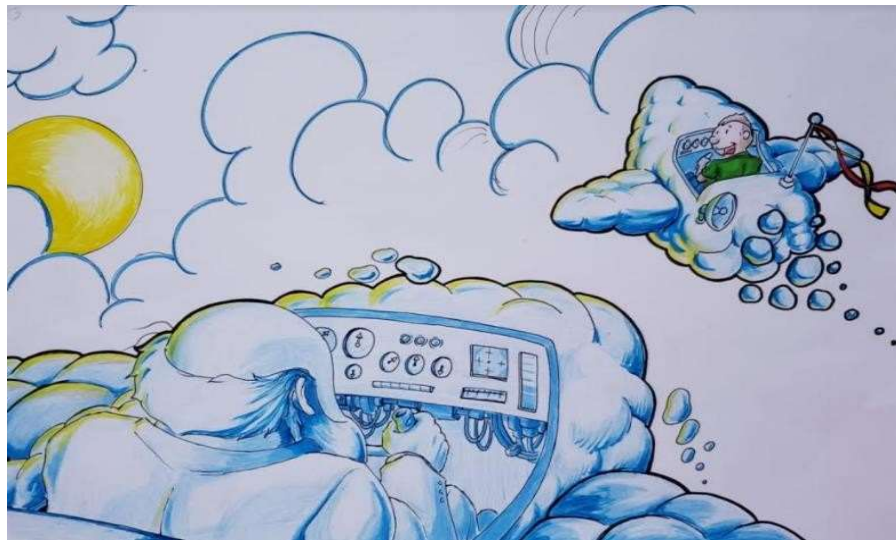
E magicamente, Lorde Kelvin e Physis, foram tele transportados para as nuvens. E embarcaram, cada um em uma nuvem e, voaram para um lugar distante e misterioso fora do planeta Terra.

As nuvens tinham asas, rodas e equipamentos para comunicação (uma antena, um amplificador de recepção, um filtro, um demodulador e um transdutor). Eles viajaram na velocidade da partículas alfas⁷² (20 000 km/s). Durante a viagem as asas e as rodas faziam barulhos. Mas, mesmo assim, os dois conseguiam se falar. Para isso, usaram ondas de rádio⁷³.

⁷¹ Significa macaxeira ou mandioca. (Priberam dicionário. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/aipim>; Acesso em: 21 de julho de 2020)

⁷² Trata-se da velocidade das partículas alfa. "São partículas carregadas por dois prótons e dois nêutrons, sendo, portanto, núcleos de hélio. Apresentam carga positiva +2 e número de massa 4." (SOUZA, Líria Alves de. Radiações Alfa, Beta e Gama; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/radiacoes-alfa-beta-gama.htm>. Acesso em 22 de julho de 2020)

⁷³ "São as de menor frequência dentro do espectro eletromagnético. Parte desse espectro é utilizado para comunicações em geral (via rádio e celulares)." (Ondas eletromagnéticas. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/>; Acesso: 22 de julho de 2020) Para José Roberto Castilho Piqueira, professor titular do Departamento de Engenharia de Telecomunicações e Controle da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP) "essas ondas são campos elétricos e magnéticos que se propagam no espaço e são detectadas por antenas nos locais de recepção." (KOBAYASHI, Eliza. Como funciona a comunicação por rádio? Publicado em 01 de Julho de 2009. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/1085/como-funciona-a-comunicacao-por-radio>; Acesso em: 22 de julho de 2020)



Physis prontamente solicitou esclarecimentos a respeito da radiação, pois acreditava ser importante na missão.

- Acalme-se, vou explicar. Interrompeu Lorde Kelvin, enquanto buscava um manuscrito.

- Vejamos... Agora preste bem atenção. Os principais conceitos sobre radiação, são:

1) O que é radiação? É um fenômeno de emissão e propagação de calor (energia em trânsito);

2) Quais são as classificações sobre a origem da radiação? Natural (Luz branca e Urânio das rochas), artificial (Raio X) e nuclear (alfa, beta e gama);

3) Quais as classificações quanto a capacidade de interação com a matéria? Ionizante (provoca saída de elétrons/ danifica as estruturas das moléculas e átomos/ beta, gama, etc.) e não ionizante (não provoca saída de elétrons da eletrosfera/ infravermelho, micro-ondas, luz visível, etc).

Satisfeito com as respostas, Physis interrompeu:

- Muito bem!! Suas palavras me atendeu.

A viagem era longa e Physis tinha muito para aprender. Lorde Kelvin, sempre procurava saber, se o que garoto estava ouvindo, conseguia entender. Continuou e falou de outras conclusões que a ciência atual aceitou.

Então, ecoou e foi pontuando, outros conceitos que o manuscrito foi elencando: todo corpo emite e absorve radiação; emissividade refere-se a taxa de emissão de energia e absorvidade está relacionada com a taxa de absorção de energia; a radiação se propaga através de ondas eletromagnéticas (se movimentam no vácuo e no meio material) e movimento acelerado de partículas; e por fim, o zero absoluto é a menor temperatura que um corpo pode estar no universo e sua energia cinética média das partículas é nula ($-273,15^{\circ}\text{C}/0\text{ K}$)⁷⁴.

Por conseguinte, na movimentação das asas da direita e da esquerda era possível ouvir, enquanto se moviam para cima e para baixo: Max Planck, Max Planck, Max Planck. Já nas rodas, tanto da direita e como da esquerda, ficavam evidentes os sons, respectivamente: Kirchhoff e Wien, Rayleigh e Jeans, Stefan e Boltzmann.

Physis ao ouvir aqueles nomes em forma de som, perguntou ao Lorde Kelvin o significado de tudo aquilo. Porém, não teve resposta. Isso acabou provocando espantos no garoto. Fez perguntas também sobre a caverna e o lugar que estavam indo visitar.

A viagem durou duas horas e chegaram ao planeta chamado Espectroscopia⁷⁵. Um planeta muito distante da Terra. Durante a viagem a coceira nas ideias de Physis fizeram o seu cérebro fervilhar. Ele estava inquieto e cheio de expectativa sobre o que seria o tesouro da caverna.

Ao colocarem os pés no solo de Espectroscopia, iniciaram a caminhada até o local do tesouro. Conforme o mapa, eles deram sete passos espectro eletromagnético⁷⁶ (escala das radiações eletromagnéticas) e chegaram na caverna.

⁷⁴ MARTINI, Glorinha e et al. Conexões com a Física. -3ª Edição. – São Paulo: Moderna, 2016.

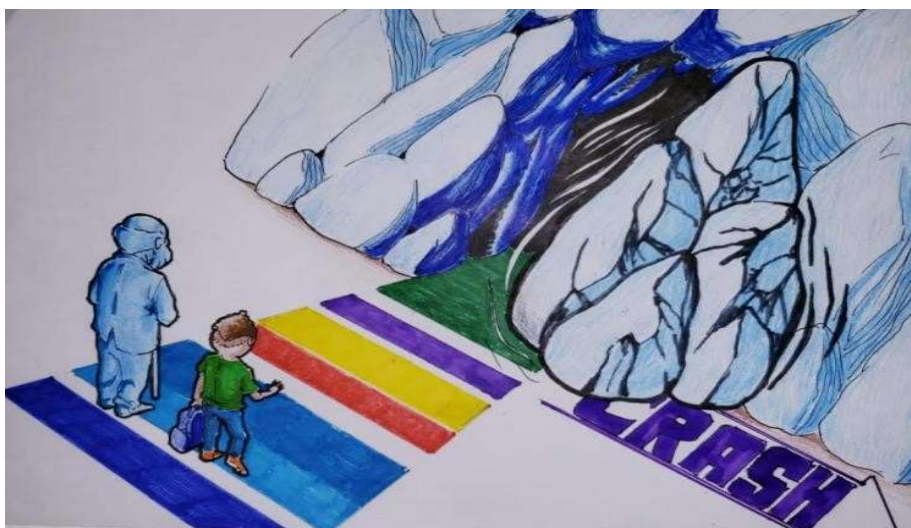
⁷⁵ “Espectroscopia é o estudo da luz através de suas componentes, que aparecem quando a luz passa através de um prisma ou de uma rede de difração.” (RIFFEL, Rogemar A. Espectroscopia. Disponível em: http://w3.ufsm.br/rogemar/fsc1057/aulas/aula19_espectroscopia.pdf; Acesso em: 22 de julho de 2020)

⁷⁶ “Para melhor organizar as ondas eletromagnéticas, foi elaborado um diagrama conhecido como espectro eletromagnético, onde a radiação é ordenada de acordo com sua frequência ou por seu comprimento de onda, duas características fundamentais para qualquer forma de onda.” (VIEIRA, Patrese. Cores. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL/ INSTITUTO DE FÍSICA/ PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA, Porto Alegre, maio de 2013. Disponível em: lief.if.ufrgs.br; Acesso em: 22 de julho de 2020)

Os passos foram: ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios x e raios gama.⁷⁷

Diante da caverna, se olharam, piscaram um para outro, fizeram o sinal da cruz e disseram juntos:

- Abre-te, Sésamo.⁷⁸



E a porta da caverna se abriu diante deles. A entrada estava livre e poderiam passar. Diante disso, Lorde Kelvin comentou sobre duas lições importantes para a jornada:

Primeiro: como os frutos da planta do gergelim abrem-se totalmente, deixando as semente caírem no solo (crescer e multiplicar sobre a terra), o mesmo ocorre com as áreas da ciência (abrem-se totalmente e caem no solo mental do aluno para sem cultivadas), quando o estudante faz uso das palavras mágicas: esforço, dedicação e estudo;

Segundo: existe uma imensa porta entre nós e os nossos sonhos (objetivos, tesouros, conquistas e desejos), construída por nossas escolhas e condições existenciais, entretanto, para cada porta existe uma única “senha” (pode ser capacitação, aperfeiçoamento, responsabilidade, compromisso, resiliência e

⁷⁷ São as ondas eletromagnéticas organizadas no espectro de acordo com a frequência ou comprimento de onda. (Idem)

⁷⁸ A expressão *abre-te sésamo* é do conto Ali Babá e os Quarenta Ladrões, de As Mil e uma Noites.

autoestima) que pode remover de diante de nós o obstáculo que impede o acesso ao que almejamos.

Agora, diante da caverna e sob a luz visível, conforme o mapa do tesouro, deram novamente mais sete passos. Juntos disseram: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta. E encontraram uma caixa com um único furo. Ela estava empoeirada, mas do seu interior saía um brilho colorido. Esse fenômeno encheu de “piolho” a cabeça de Physis.

Diante dessa cena, Physis arregalou os olhos e disse com um nó na garganta:

- Valha-me Deus⁷⁹, achamos o tesouro.

De repente, Lorde Kevin, incorporou um movimento descolado, olhou para o garoto, sorriu com o canto da boca e falou com brincadeira:

- É nós, brother⁸⁰!! Você é o bichão⁸¹ mesmo, grava e filma!

Physis estava diante de um objeto oco que tinha uma pequena abertura. Analisando o Baú de tesouro, percebeu que a radiação do ambiente entrava naquela caixa, depois era refletida e absorvida nas paredes e, em seguida acabava por ser completamente absorvida.

Deste modo, ao receber essa dose excessiva de sapiência. Ficou sob encantamento diante daquele objeto fantástico e radiante. Por um momento, ficou fora de si e em transe.

De repente, começou a pular, a rodopiar e a disparar, ali mesmo na caverna, sua AK-47⁸² carregada com as munições da dúvida, da pergunta e da inquietação. Tudo foi descarregado sobre Lorde William Thomson Kelvin. Ouviu-se, eco de rá-tá-tá-ratataá-tá!

⁷⁹ Utiliza-se perante a uma situação adversa. (? Ciberdúvidas de Língua Portuguesa. Disponível em: <https://ciberduvidas.iscte-iul.pt/consultorio/perguntas/o-verbo-valer-e-a-expressao-valha-me-deus/22589>Acesso em: 13 de maio de 2020)

⁸⁰ Palavra inglesa que significa irmão. (Cambridge Dictionary. Disponível em: <https://dictionary.cambridge.org/pt/dicionario/ingles/brother>; Acesso em: 22 de julho de 2020)

⁸¹ Dono do pedaço. (Dicionário informal. Disponível em: <https://www.dicionarioinformal.com.br/bich%C3%A3o/>; Acesso em: 13 de maio de 2020)

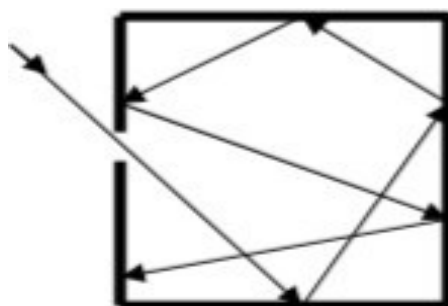
⁸² Arma mais importante do século XX e desenvolvida pelo russo Mikhail Kalashnikov na década de 40. (ABREU, Felipe. Como funciona a AK-47? Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-funciona-o-ak-47/>; Acesso em: 22 de julho 2020)

Deste modo, Physis quis saber o que era aquela caixa oca com um orifício. Em resposta da questão, veio uma explicação: é um objeto hipotético (conjecturado/suposto) que absorve toda a [radiação eletromagnética](#) que nele incide, porém nenhuma luz o atravessa e nem é refletida.

Foi aí, que Lorde Kelvin destacou:

- Filho, esse é um modelo de um corpo negro. Foi criado e idealizado para estudar e compreender as radiações de um corpo.

Figura 03: Um modelo de corpo negro



Fonte: www.moderna.com.br/radiacaocorponegro/pdf

Diante disso, Physis comentou:

- Então, o objeto oco que achamos com um orifício é o tesouro da caverna e, também é um corpo negro?

Assim, continuou com os disparos da AK-47.

- É isso ou estou maluco beleza⁸³?

Lorde Kelvin respondeu:

- Esse é o meu garoto!! Dez para você.

Então:

⁸³ “É um termo coloquial utilizado, em sua maioria, para definir um indivíduo que tem atitudes arrojadas, corajosas e sem inibições.” A expressão aparece na letra da música “Maluco beleza” de composição Raul Seixas e Cláudio Roberto. (Dicionário informal. Disponível em: <https://www.dicionarioinformal.com.br/malucobezeza/>; Acesso em: 20 de maio de 2020)

- O Corpo negro é um corpo ideal que absorve toda a radiação térmica incidente. É um objeto oco com uma pequena abertura (figura acima).⁸⁴

Physis foi trazendo a memória a sua primeira observação e conclusão. De fato naquele modelo prático toda radiação que entra vai sendo refletida e absorvida nas paredes e até ser completamente absorvida.

Nesse o momento, o mestre acrescentou:

- Physis, nesse modelo prático de corpo negro, é importante saber que “o orifício tem propriedade de um corpo negro”, pois “[...] a radiação que está saindo por ele tem propriedades de radiação de corpo negro.” Ou melhor, “[...] é uma amostra da radiação que existe dentro da cavidade.”⁸⁵

Por outro lado, alertou Lorde Kelvin:

- Esse objeto (corpo) hipotético absorve toda radiação incidente, mas não reflete nada, por isso que ele é chamado de corpo negro.

- Uau! - Espantou-se, Physis.

- Teremos que viajar mais vezes, mestre do espanto. – Recordou, o rapaz.

- Exatamente, meu aprendiz, exatamente. - Exclamou surpreso, Lorde Kelvin.

O “papo” de ciência foi ficando legal. O que era real, foi se tornando sensacional. Lorde Kelvin sob o efeito da motivação, fez mais uma preparação e, disparou informações sobre radiações, como se tivesse uma metralhadora de elétrons em mãos.

Ele disse:

- Vou te dar mais uma explicação sobre radiação. Deste modo, roubou a atenção mental do garotão. Ele entendeu que um objeto com temperatura de 0K é um

⁸⁴ Segundo Tipler e Llewellyn (2006, p. 83) “um corpo que absorve toda radiação incidente é chamado de corpo negro ideal.” (TIPLER, Paul e LLEWELLYN, Ralph. **Física Moderna**. – 3ª Edição. – Rio de Janeiro: LTC, 2006)

⁸⁵ STRINGASCI, Mirian Denise. **A Radiação do Corpo Negro e sua Influência sobre os Estados dos Átomos**. Universidade de São Paulo/ Instituto de Física de São Carlos. Disponível em: www.ifsc.usp.br; Acesso em: 26 de julho de 2020.

corpo negro perfeito, pois não reflete a radiação, apenas faz absorção total da radiação incidente.⁸⁶

Diante disso, Physis colocou a mão no queixo e balançou a cabeça para frente e para trás por cinco segundos e passou a fazer reelaboração da explicação.

Tão logo Lorde Kelvin desenrolou mais outra informação e continuou:

- Um corpo negro é qualquer material que emite um espectro de radiação universal, dependendo somente da temperatura e nunca da composição.⁸⁷

Nesse momento, Lorde Kelvin fez uma pausa. Respirou fundo e disse:

- Outra coisa, meu caro: está pronto?

- Sim, respondeu Physis.

Lorde Kelvin piscou com olho direito e poetizou:

- Me permita falar sobre algo espetacular. Na forma de analogia, outra menina: Radiância espectral $RT(f)$. É definida pela quantidade de radiação emitida da superfície de um material.⁸⁸

Depois de tanta ciência, concluiu que um corpo em alta temperatura, emite (aquecimento de uma barra de ferro) radiação na faixa de frequência da luz visível e, torna possível, ver as cores do arco-íris (vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta).

Cumprida a tarefa, os dois saíram da caverna, fizeram o mesmo ritual da entrada. Sob a luz visível deram sete passos no sentido inverso: violeta, anil, azul, verde, amarelo, alaranjado e vermelho e disseram juntos diante da abertura da caverna:

- Fecha-te, Sésamo⁸⁹!

⁸⁶ Para Paula (2004, p. 11) “o termo corpo negro refere-se não ao brilho, mas a ausência de refletividade.” (PAULA, Pollyana Fernandes de. **Física moderna no ensino médio**. Monografia – UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. – Uberlândia, 2004)

⁸⁷ GASPAR, Alberto. **Eletromagnetismo e física moderna**. (Coleção Compreendendo a física: ensino médio). 1ª Impressão da 1ª Edição. São Paulo: Ática, 2010.

⁸⁸ TIPLER, Paul e LLEWELLYN, Ralph. **Física Moderna**. – 3ª Edição. – Rio de Janeiro: LTC, 2006.

⁸⁹ Expressão do Conto Ali Babá e os 40 ladrões.

E fechou-se a caverna e dentro dela ficou o corpo negro que Physis não levou. Eles decidiram deixar, pois estavam satisfeitos com a sapiência daquele lugar. Mas de repente, quando Physis menos esperava e nem se quer desconfiava. Pois, estava a embarcar na nuvem para retornar. Ele ouviu Lorde Kelvin falar:

- Já mivú!⁹⁰

Ninguém viu, mas Physis acordou no banheiro da escola. Quando a água do teto no rosto pingou. Ele despertou do desmaio, concluiu o banho e dormiu. Na sala de aula mais próxima que encontrou.



Contudo, quando o relógio marcou meia noite, seus pais apareceram e para casa levaram-o. Na estrada foi pensando na grandeza da viagem que fez com Lorde Kelvin e as duas nuvenzinhas.

Pela janela do carro, olhando as estrelas, lembrou de uma aula de Astronomia. Curiosamente, pouca coisa entendia. Mas, agora conseguia, nessa reflexão, correlacionar a cor da estrela com a sua temperatura e a classificação.

Tudo fazia sentido. Em especial, o que professor amigo tinha discutido. Então, Physis lembrou, que através de um espectroscópio é possível ponderar sobre a temperatura estelar. Através da cor da estrela que o aparelho de observação do

⁹⁰ “Ao dizer ‘já mivú’, quer dizer que você está indo embora. É uma forma diferente de dizer ‘já me vou’”. (Dicionário popular: **Gírias paraenses**. Disponível em: <https://www.dicionariopopular.com/girias-paraenses/>; Acesso em: 23 de fevereiro de 2020)

espectro registrar. Assim, para esta via, dois exemplos vou te dar, as estrelas azuis (30 mil K), são mais quentes e as vermelhas, são mais frias (3 mil K).⁹¹

Então, o carro parou e a imaginação cessou. A realidade voltou. E finalmente, em casa chegou. Do carro desceu, pegou a bagagem escolar e guardou. Foi para o quarto, refletiu a respeito da excursão espacial e dormiu.

Enfim, nessa oportunidade. Para viajar e aprender, com Lord Kelvin. Physis, teve que cair e desmaiar. Deste modo, se questiona com 10^3 de audacidade: como será a próxima vez? Pois, o desafio é maior, explicar a catástrofe do ultravioleta e as leis de Kirchhoff, Stefan-Boltzmann, Wien, Max Planck e Rayleigh-Jeans.

Parte 4 – Crises, enigmas e catástrofe

Sem entender totalmente o que havia acontecido sobre o dia anterior. Physis acordou com a cabeça latejando e vibrando de dor. Estava inculcado com a queda no banheiro e a sua participação com Lorde Kelvin na excursão. Tomou o caderno e fez uma anotação de sua viagem em busca do tesouro da radiação. Agora ele sabia, finalmente, o que era um corpo negro, a sua representação e sua definição.

Foi então, que ele lembrou da primeira expedição. Nas batidas e nos ritmos do coração: bum-bum-bum. Nessa cacofonia⁹² de “bum-bum” seus batimentos cardíacos soaram ao som dos tambores do Olodum⁹³ fazendo uma pulsação de toda aquela figuração. Isto, bateu forte e fez uma elevação de sua autoestima e paixão pelo tema da radiação.

Deste modo, Physis fez menção de tudo que viu em cada expedição. E como foi maravilhoso desvendar cada lição e inquietação. Para tanto, decidiu registrar uma retrospectiva. Com isto, no caderno escolar fez mais de uma anotação: no final do século XIX a física parecia ter atingido seu máximo; as leis de Newton para a mecânica

⁹¹ SUPER interessante. **A cor das estrelas** (Atualizado em 31 out 2016, 18h37 - Publicado em 30 nov. 1988, 22h00). Disponível em: <https://super.abril.com.br/tecnologia/a-cor-das-estrelas/>; Acesso em: 15 de junho de 2020.

⁹² “**Cacofonia** diz respeito à produção de **sons desagradáveis** que podem causar estranhamento aos ouvintes.” (Português. Disponível em: <https://www.portugues.com.br/redacao/cacofonia.html>; Acesso em: 26 de julho de 2020)

⁹³ Bloco-afro do carnaval da cidade de Salvador-Bahia-Brasil.

e gravitação (desde o Século XVII) descreviam com grande precisão o comportamento dos corpos celestes e terrestres; as propriedades elétricas e magnéticas estavam bem unificadas pela teoria eletromagnética através de James Maxwell.

Enfim, com toda essa fundamentação definida sobre o comportamento da matéria e das ondas, só restava para física, fazer para cada formulação a sua aplicação, pois praticamente já não existia fenômenos que não pudessem ser explicados, somente alguns trabalhos precisariam ser ajustados.

Nesse contexto, veio Kelvin, respeitado pelas contribuições, chegou a expressar que a Física não tinha mais nada para desvendar (chegou no seu limite). No entanto, conforme sua própria observação, dois fenômenos estavam sem explicação. O primeiro, de Michelson e Morley, que nos processos de experimentações procuravam determinar a velocidade da luz que incidia na Terra vinda de diversas direções. O segundo, por outro lado, estava preocupado com o estudo e a compreensão da distribuição de energia da luz emitida por corpos negros.

De repente, a dor de cabeça aumentou e Physis paralisado ficou. Sentiu sua respiração falhar, o chão do seu quarto abriu, foi engolido e caiu em um lugar. Ele se viu perdido e colocado no Labirinto de LaSalle⁹⁴ do Estado do Colorado com três 3 quilômetros de extensão.

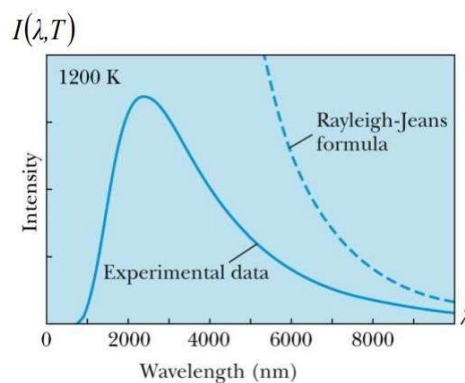
Ele corria perigo. Estava perdido em um labirinto. Para sair e sobreviver teria resolver o problema da catástrofe do ultravioleta⁹⁵. Sua missão era encontrar o agente capaz de solucionar a discrepância entre os resultados da teoria clássica e as observações experimentais. Esse desafio estava criando entre os físicos teóricos uma

⁹⁴ Nome de um labirinto localizado no Estado do Colorado/ Estados Unidos da América (EUA).

⁹⁵ Trata-se de um “problema físico clássico, suscitado pela primeira vez por Kirchhoff, da radiação do corpo negro.” Assim, “havia, contudo, um problema com a teoria do corpo negro. O número de diferentes frequências na faixa de alta frequência é maior que na faixa de baixa frequência. Se um corpo negro irradiasse igualmente todas as frequências de radiação eletromagnética, praticamente toda a energia seria irradiada na faixa de alta frequência. Essa situação teórica foi chamada de a catástrofe ultravioleta porque a mais alta frequência de irradiação no espectro da luz visível é violeta e por consequência, teoricamente, um corpo negro aquecido deveria irradiar unicamente ondas luminosas ultravioleta. Eu disse ‘situação teórica’ porque na realidade as coisas não se passavam dessa maneira (essa era a ‘catástrofe’ da expressão) e a teoria da física da época não era capaz de explicar por quê.” Para tanto, vale ressaltar, que a discordância entre a teoria e a experiência ou a equação e os resultados experimentais gerou o problema ou o desafio da catástrofe do ultravioleta. (BRENNAN, Richard P. **Gigantes da Física: uma história da física moderna através de oito biografias**. Edição revista. Rio de Janeiro: Zahar, 2006)

incomodação catastrófica. Eles não conseguiam explicar ou modelar teoricamente a [emissão eletromagnética](#) de um [corpo negro](#).

Figura 04: Catástrofe do ultravioleta



Fonte: professor.ufabc.edu.br

Diante do garoto, apareceu uma frase “God Bless Physis”, que significa “Deus abençoe Physis”. Na sequência, um enigma quântico foi apresentado através de um voz assustada. Que dizia:

Vou começar e dizer sobre tudo o que precisa saber do enigma quântico para resolver. Os físicos precisam descansar, mas não param de se preocupar. Suas almas gemem e temem que alguém não possa ajudar. É o incômodo fenômeno inexplicado da termodinâmica. É um das nuvens escuras do céu de Lorde Kelvin. Então, se você quer evitar que o demônio de Laplace venha te devorar, precisa desvendar. Um tempo, dois tempos e metade de um tempo,⁹⁶ vou te dar. Se não conseguir, não poderás sair e morrerás aqui. Mais um detalhe, quando descobrir terás que explicar o espectro das cores emitidas por corpos quentes. Entendeu? É isso que tem embaralhado as grandes mentes. Esse é o seu desafio e, o seu tempo, já vou iniciar. Corra, pois é tua vez de solucionar.

Num golpe de gênio, se ajoelhou e rezou:

⁹⁶ Trata-se de uma expressão de tempo judaico-cristã existente no livro de Daniel e Apocalipse para se referir a três anos e meio. Entretanto, no contexto dessa história a mesma expressão é utilizada para se referir a três horas e meia. (DOUKHAN, Jacques B. **Segredos de Daniel**: sabedoria e sonhos de um príncipe no exílio. – Tatuí, SP: Casa Publicadora Brasileira, 2017)

- Oh, deus RAMILUXG⁹⁷!!

E na sequência abriu o coração e pediu:

- Ajuda o Physis a resolver o enigma diabólico que a voz assustada proferiu, em nome de VAAVAAV⁹⁸.

Nesse momento de contrição e meditação, um ser deslumbrante apareceu, dizendo que foi enviado por RAMILUXG no início de suas preces. Se apresentou com nome de Physiké e disse que era o mensageiro do Universo. Ele tinha uma aparência intrigante e indescritível. Sua voz era mansa e suas palavras eram sábias. Tratava-se de um ser enigmático que veio de algum lugar do espaço.

Diante da cena, Physis fez o seguinte questionamento:

- Você veio me ajudar? Pois, vou precisar para que do labirinto possa escapar e o enigma equacionar.

Diante disso, o garoto ouviu, em voz sobrenatural, Physiké dizer:

- RAMILUXG, me fez jurar e me mandou aqui para te ajudar.

Deste modo, os dois começaram a dialogar. Physis foi ouvindo as recomendações: o primeiro que temos que encontrar é o Kirchhoff. Ele tem muito para falar sobre o enigma quântico que passou a te assustar. Quando encontrá-lo, te falo sobre os demais que vão ajudar. As pistas que o labirinto vai ofertar, ajudará nas indicações para o planejamento das ações. E ainda, não podemos errar, com cálculo diferencial, vamos trabalhar.

Aquele ser também explicou, que nessa jornada alguns cuidados precisariam fazer ou ter. Pois, no interior intricado do labirinto de LaSalle horrores desconhecidos poderiam surpreender e suas vidas perder. Disse ainda, que existem uma sucessão de câmaras e corredores. E que em muitos desses locais poderiam encontrar monstros terríveis e ferozes. Deste modo, fez a seguinte conclusão, chamando atenção, de que agora os dois deveriam juntar força para solução encontrar.

⁹⁷ Um tipo de abreviação para as seguintes ondas eletromagnéticas: Rádio, Micro-ondas, Infravermelho, Luz Visível, Ultravioleta, Raio X e Raio Gama.

⁹⁸ Um tipo de abreviação para o espectro eletromagnético da Luz Visível – vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta.

Na sequência ouviram, que a voz assustada voltou a falar. Ela dizia e ria, que inumeráveis aventureiros e guerreiros já tinham aceitado o desafio daquela prova e morreram. Assim, até aquele momento não havia nenhum campeão. Pois, ninguém sobreviveu, todos estavam dormindo debaixo do chão.

Deste modo, a voz continuou, fazendo medo e terror. Disse que o labirinto estava cheio de armadilhas e pavorosas criaturas da escuridão. E que esses seres tinham poder para enganar e testar os limites da razão de qualquer cidadão.

Com isso, Physis e Physiké, começaram a correr. Foram selecionando e buscando o melhor trajeto para passar. Eles tinham pela frente 3 quilômetros para andar e muitos os obstáculos para superar. Assim, faz bem pensar que “os rastros do futuro estão no passado, o fluir manso da água da história gasta as pedras mais duras.”⁹⁹

De repente, do nada, apareceu na frente deles um neurônio¹⁰⁰ (célula do cérebro) do tamanho de homem. Uma criatura nervosa e cheia de impulso. Muito estranha. Tinha prolongamentos curtos e longos. Disse a dupla, que poderiam chamá-lo de Lwithokel. E que, sua função na missão é dinamizar a excursão através das sinapses. Que ele seria responsável por trabalhar as pistas (perguntas) dos obstáculos e os dois apresentariam a razão (resposta). Portanto, iria acompanhá-los na jornada.

Nessa realidade dialógica, os três se tocaram e disseram: “um por todos e todos por um¹⁰¹.” E uma sinapse ocorreu. Um impulso nervoso se propagou em forma de sinais elétricos, fazendo surgir uma pista para aquela situação.

Com a sinapse, Lwithokel fez a transmissão de impulso, visando causar uma resposta no organismo de Physis e Physiké. Deste modo, eles deveriam resolver o enigma ou seriam devorados por crocodilos gigantes na piscina da câmara B.

PISTAS: Físico alemão. Que estudou a radiação. Mesmo sem chegar a plena solução. Elaborou duas leis de explicação. Quem é o campeão?

⁹⁹ Pensamento de Ricardo Pligia. (Grupo de pesquisa em história intelectual. Disponível em: www.revistas.usp.br/revistaintelligere; Acesso em: 16 de junho de 2020)

¹⁰⁰ Trata-se de um tipo de célula do cérebro humano e sua principal função é conduzir os impulsos nervosos. (BARROS, Carlos. O corpo humano. 53ª Edição. – São Paulo: Ática, 1999)

¹⁰¹ Expressão e lema dos protagonistas do conto “Os três mosqueteiros” escrito por Alexandre Duma.

Physis pensou e analisou. Não conseguia lembrar e nem ter uma resposta para dar. Consultou Physiké e ele sem querer, comentou:

- Quando vamos a escola, temos que aproveitar para estudar. Nesse momento, o hábito de ler é fundamental, pois pode turbinar a memorização e o desempenho de cidadão.

Diante disso, Physis lembrou do que Lorde Kelvin ensinou e ponderou:

- RAZÃO¹⁰²: Robert Kirchhoff

Figura 05: Gustav Robert Kirchhoff¹⁰³



Fonte: https://www.sofisica.com.br/conteudos/Biografias/gustav_kirchhoff.php

Lwithokel aplaudiu e riu, dizendo:

- Você se salvou da piscina de crocodilos da câmara B.

E continuou, explicando e falando, que o físico alemão Robert Kirchhoff, foi o primeiro a iniciar o estudo da radiação térmica ao examinar a correlação entre calor absorvido e calor emitido. E que a partir disso, propôs duas leis:

A **primeira lei** fala sobre a cor da radiação emitida. Ela depende da frequência, e esta frequência depende da temperatura do corpo aquecido, seja qual for sua composição. A **segunda lei** (...) introduz o

¹⁰² O termo *razão* significa a resposta para o enigma em questão.

¹⁰³ "Foi um físico alemão com contribuições científicas principalmente no campo dos circuitos elétricos, na espectroscopia, na emissão de radiação dos corpos negros e na teoria da elasticidade (modelo de placas de Kirchhoff). Kirchhoff propôs o nome de "radiação do corpo negro" em 1862. É o autor de duas leis fundamentais da teoria clássica dos circuitos elétricos e da emissão térmica." (Só física. **Gustav Robert Kirchhoff.** Disponível em: https://www.sofisica.com.br/conteudos/Biografias/gustav_kirchhoff.php; Acesso em: 29 de julho de 2020)

conceito de corpo negro. Para ele, o corpo negro é um excelente emissor de radiação, e toda radiação gerada nele é emitida.¹⁰⁴

De repente, a voz assustada chamou atenção do trio, dizendo:

- Dos três tempos e meio, a ampulheta¹⁰⁵ está indicando que só faltam três, pois meio tempo já foi contabilizado.

Com isso, destacou Lwithokel:

- E ainda, temos pela frente 2 600 m.

Por conseguinte, fez-se intenso calor e os neurotransmissores dos heróis dispararam em alerta geral. Agora, os três estavam em perigo total. Foi então, que ergueram a cabeça diante daquele vapor e perceberam que o fogo pegou. As chamas estavam para todos os lados e queimava tudo que tocava.

Com isso, os três mosqueteiros (Physis, Physiké e Lwithokel) e a voz assustada disseram que o labirinto e todas câmaras estavam inflamadas. Physis, Physiké e o nervosinho Lwithokel, quiseram correr, mas o incêndio que começou, sem motivo nenhum, se alastrou. Então, a união foi a única opção e isso fez surgir outra sinapse que começou a inquirir.

O impulso nervoso, colocou-se em destaque e perguntou:

PISTAS: 2 em 1. Uma lei criou. E com ela determinou, o poder emissivo de um corpo negro. Definindo como potência irradiada por unidade de área. Que no SI é W/m^2 (watt por metro quadrado). Quem é?

Ao olhar para o labirinto, agora em chamas, Physiké exclamou ofegante:

- Deixa comigo, que essa eu vou responder.

$$u = \int_0^{\infty} u_{\nu} d\nu = \sigma T^4$$

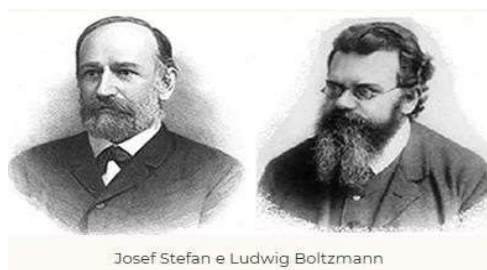
¹⁰⁴ ANJOS, Talita. **Radiação do Corpo Negro**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/radiacao-corpo-negro.htm>; Acesso em: 16 de junho de 2020.

¹⁰⁵ “Parece que a ampulheta foi inventada no século VIII, por um monge francês chamado Luipraud. Ela serve para medir intervalos pequenos de tempo e exige muita atenção para ser virada quando a areia terminar de cair no recipiente de baixo; caso contrário, perde-se de novo a noção do tempo.” (chc – Ciência Hoje das Crianças. Disponível em: <http://chc.org.br/a-ciencia-do-descobrimento/>; Acesso em: 26 de julho de 2020)

- RAZÃO: Lei de Stefan-Boltzmann

Logo depois, veio os aplausos e na sequência o fogo apagou. Agora, todos estavam salvos. Assim, diante da bonança, Lwithokel na ânsia de explicar a lei, se prontificou para esclarecer que Josef Stefan e Ludwig Boltzmann definiram que o poder emissivo (**E**) de um corpo negro (**cn**) é proporcional à quarta potência de sua temperatura absoluta (**T**). E matematicamente, pode-se expressar da seguinte forma: $E_{cn} = \sigma \cdot T^4$ ($\sigma \cong 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ - constante de Stefan-Boltzmann).¹⁰⁶

Figura 06: Josef Stefan e Ludwig Boltzmann



Fonte: <https://alunosonline.uol.com.br>

Physiké, analisando tudo aquilo, concluiu e viu, que o tempo estava a passar e tinham muito para andar. Recordou, que o estresse de Physis com o fogo, incapacitou-o de evocar as lembranças do que aprendeu. Nessa reflexão, segurou a mão de Physis e tocou em Lwithokel. E outra vez, a sinapse apareceu. Com efeito, vale ressaltar que “a cada contato sináptico pode-se associar um ‘ganho’ determinado: positivo, se a sinapse é excitadora, negativo, se ela é inibidora”.¹⁰⁷

PISTAS: 2 em 1. Fizeram descrição clássica da função universal de emissão espectral. Ao calcular a energia emitida por cada oscilador foi possível chegar ao denominador. A lei se mostrou excelente para baixas frequências, mas falhou grosseiramente para altas frequências. Por apresentar esta divergência, Paul

¹⁰⁶ SARAIVA, Maria de F. O.; SARAIVA, Kepler de S. O. e MÜLLE, Alexei M. Aula 16: Teoria da Radiação. Disponível em: www.if.ufrgs.br; Acesso em: 20 de junho de 2020.

¹⁰⁷ PINTO, Ana S. P.; NETO, Emília S. C.; MAGALHÃES, Joana C. **Modelização de Sistemas Neurais**. (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra/ Departamento de Física, ano letivo de 2004/05). Disponível em: www.fis.uc.pt; Acesso em 20 de junho de 2020.

Ehrenfest veio a denominar de catástrofe do ultravioleta. Com estas considerações, pergunta-se: Quem são os campeões? Se não souber, os sensores do labirinto, vão liberar serpentes peçonhentas e venenosas com missão de matar.

Diante disso, Physiké cochichou no ouvido de Physis. E passaram a equacionar o enigma que teriam que decifrar. Eles comentavam que para a memória trabalhar são necessários tempo e foco. É preciso interação com aquilo que está diante de nós e sob apresentação.

Diante disso, após orientação e discussão, Physis chegou a solução:

- RAZÃO: Lei de Rayleigh-Jeans¹⁰⁸

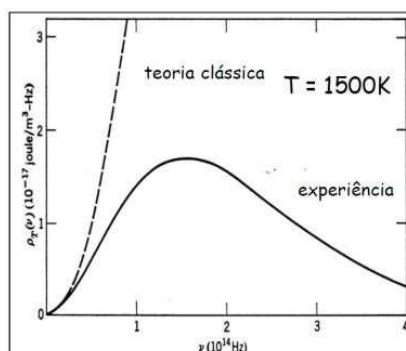
$$\mu_\nu = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} k_B T$$

Conforme a lei ou equação acima, “o aumento da frequência implica em aumento da energia radiante até que $\lim_{\nu \rightarrow \infty} \mu_\nu \rightarrow \infty$. Esta incoerência ficou conhecida como catástrofe do ultravioleta.” Assim, a comparação da teoria clássica com os resultados experimentais ficam evidentes na figura 05 e demonstram que só existe “concordância apenas quando a frequência é muito baixa ou a temperatura muito alta.”¹⁰⁹

Figura 07: Comparação entre a teoria clássica de Rayleigh-Jeans e a experiência

¹⁰⁸ “Dois pesquisadores, Rayleigh e Jeans, desenvolveram uma teoria na tentativa de explicar os fenômenos experimentais relativos ao corpo negro.” (Idem)

¹⁰⁹ STRINGASCI, Mirian Denise. **A Radiação do Corpo Negro e sua Influência sobre os Estados dos Átomos.** (Universidade de São Paulo/ Instituto de Física de São Carlos) Disponível em: www.ifsc.usp.br; Acesso em: 20 de junho de 2020.



Fonte: www.ifsc.usp.br/comparacaoteoriaclassicaexperiencia/pdf

Diante dessa chuva de saberes e descobertas, Lwithokel ovacionou o garoto e comentou:

- Você conseguiu se salvar das cobras venosas que o labirinto iria liberar.

Nesse tsunami¹¹⁰ emocional, Physis inclinou a frente e prestou homenagem ao deus RAMILUXG. Expressou seus sentimentos de gratidão recordando as memórias do coração.

Por outro lado, na pretensão de explicar a realidade Lwithokel decidiu retomar o assunto e sintetizar. Então, resumiu:

- A catástrofe do ultravioleta expressa a relação entre a previsão clássica de Rayleigh-Jeans e o experimento. Nisto, notou-se que para baixas frequências a leitura entre as duas situações (Lei de Rayleigh-Jeans e o experimento) até que batem legal, porém para altas frequências o desacordo é total.

Figura 08: Lorde Rayleigh e James Jeans



Fonte: <https://losmundosdebrana.com/radiaciondecuerponegroecatastrofeultravioleta/>

¹¹⁰ São ondas gigantescas provocadas por anomalias. (Brasil Escola. Tsunami. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/tsunami.htm>; Acesso em: 26 de julho de 2020)

Nesse contexto, lembrar e pensar sobre o poema “O tempo” de Carlos Drummond ajuda a avaliar os desacordos da vida. Com isso, na sua inspiração veio a inquietação: “Quem teve a ideia de cortar o tempo em fatias, [...]. Industrializou a esperança, fazendo-a funcionar no limite da exaustão.”¹¹¹

Os viajantes continuaram, apesar do sufoco, estavam perto de terminar. Se prepararam mais uma vez para os perigos da nova etapa e observaram que o relógio mais rápido marcava. A ampulheta do tempo registrava:

- Dois tempos e meio já passaram, então só falta um.

A voz assustada retomou a palavra:

- Vocês foram mais longe do que os demais que vieram antes. Já venceram os crocodilos, o fogo e as cobras assassinas. Faltam apenas dois obstáculos e estarão livres para voltar para suas casas.

Durante alguns minutos, os três continuaram a trilha pelo labirinto. Porém, Lwithokel estava aflito; afinal, crocodilos, fogo e cobras estiveram tumultuando e atrapalhando a finalização daquela situação.

Entretanto, o dédalo¹¹² parecia tranquilo e não oferecia nenhum perigo. Então, decidiram acelerar o passo. Mas o que eles não haviam percebido é que um leão perseguiam-os, buscando a oportunidade certa para devorá-los.

Pelas inscrições nas paredes daquele lugar foram notando que não estavam longe do fim do labirinto. E mais, perceberam que estavam perto de solucionar o enigma da equipartição da energia do espectro do corpo negro. Ou seja, chegar na plena explicação do espectro universal do corpo negro e sua real equação que ajuste a teoria e o experimento.

Diante disso, arguiu Physis.

¹¹¹ Drummond, Carlos. **O tempo**. Disponível em: <https://senadorconfucio.com.br/o-tempo-poesia-de-carlos-drummond-de-andrade/>; Acesso em: 26 de julho de 2020

¹¹² “Lugar em que os caminhos estão dispostos de modo que é fácil perder-se neles.” Na mitologia grega é um personagem que constrói labirinto. (Dicionário Priberam da Língua Portuguesa Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/d%C3%A9dalo>; Acesso em: 26 de julho de 2020)

- Mas, e a curva no gráfico que lembra a catástrofe, o que significa?

- Caberá a nós resgatar a parte do enigma para cumprir em primeira mão a nossa missão. Disse Physiké com o ar de preocupação.

- Um momento. – Interrompeu Lwithokel.

- Vamos descansar, ainda existe dois obstáculos para superar e 1000 metros para andar. Acredito, que os maiores desafios estão para chegar.

Os viajantes do labirinto sentaram e passaram a conversar. Não fugiram do assunto, pois gostariam de desvendar o problema espectral da emissão de energia. Desta maneira, Physis encostou a cabeça na parede e cochilou. Foi nesse momento que sonhou com alguém dizendo que a tarefa era árdua e demandaria compreensão precisa do mundo micro e desbravamento de um novo terreno científico. Assustado, acordou e, tudo que ouviu e viu contou ao mensageiro que RAMILUXG encarregou, como seu protetor.

Logo após, se organizaram e saíram em busca do homem certo para resolver a catástrofe e salvar as suas vidas, pois todos corriam perigo. Nesse espírito, os três retomaram a caminhada e diziam um para outro que é contraproducente sacrificar o descanso para ampliar as horas de estudo, pois durante o sono ocorre a consolidação das memórias.¹¹³

Ao chegarem na penúltima seção do dédalo, o leão pulou e tentou rasgar Physis com seus dentes superiores. Nesse momento, como um ninja, fez um salto e encostou em Physiké. Deste modo, como em Matrix¹¹⁴, desviou da mordida do leão. Com isso, o gato gigante rolou no chão e não achou nada, pois pulou na direção da presa e falhou.

De repente, o animal foi na direção de Lwithokel, tentando mordê-lo. Nesse instante, a voz assustada manifestou-se e disse ao leão:

¹¹³ “A aprendizagem é uma atividade cognitiva, ocorre a partir da consolidação da memória e o sono tem importância fundamental nesse processo.” (VALLE, Luiza Elena Leite Ribeiro do; Eduardo L. Ribeiro do Valle; Rubens Reimão. **Sono e aprendizagem**. - Revista Psicopedagogia, 2009. Disponível em: www.revistapsicopedagogia.com.br; Acesso em: 26 de julho de 2020)

¹¹⁴ Filme de ficção científica marcado por uma narrativa reflexiva e cheia efeitos especiais. Para mais informações recomenda-se uma pesquisa no endereço <https://www.culturagenial.com/filme-the-matrix/>.

- Não mexa com ele. Pois, agora mesmo, ele vai fazer o penúltimo desafio. E se Physis errar. Você pode devorar todos eles.

Enquanto o leão rosnava, Physis e Physiké procurava entender as pistas que Lwithokel enunciava. E assim, fazer o leão desaparecer.

PISTAS: Do desafio inicial. Chegou a ser considerada por um alguns como a resposta ideal e definitiva ao problema espectral. Imperou por anos e parecia ser a equação da indagação. Porém, não foi capaz de se sustentar. Quem é o campeão?

Physis, estava agora descansado e com a memória renovada, lembrou do que estudou. Levantou a mão e disse olhando nos olhos do leão:

- Se eu não conseguir acertar pode me devorar.

E respondeu:

- RAZÃO: Lei do deslocamento de Wien¹¹⁵.

O leão desapareceu. A voz assustada deu gargalhada e ficou preocupada, pois todos iriam para última fase e possivelmente descobririam o enigma e a solução final para a catástrofe do ultravioleta.

- Estamos no caminho certo. A meu ver. Comentou Physiké.

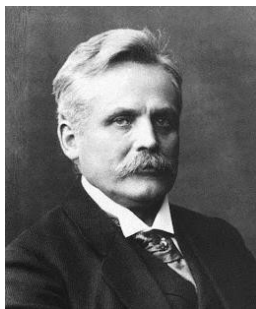
- Hein, Lwithokel! Esclarece melhor o deslocamento de Wien. Cobrou Physis.

Então, Lwithokel ponderou:

- A lei proposta por Wien recebe este nome justamente por indicar como se dá este deslocamento. A lei de deslocamento de Wien descreve a mudança desse pico em termos de temperatura, proporcional à constante de deslocamento de Wien. Ou seja, é uma lei da radiação que estipula que o comprimento de onda a que um corpo negro irradia a máxima energia é inversamente proporcional à sua temperatura, isto é, que

λ_{\max}	λ_{\max} (o pico no comprimento de onda); T (temperatura absoluta em Kelvins); b (constante de deslocamento de Wien = $2,8978 \times 10^{-3}$ m.K).
------------------	--

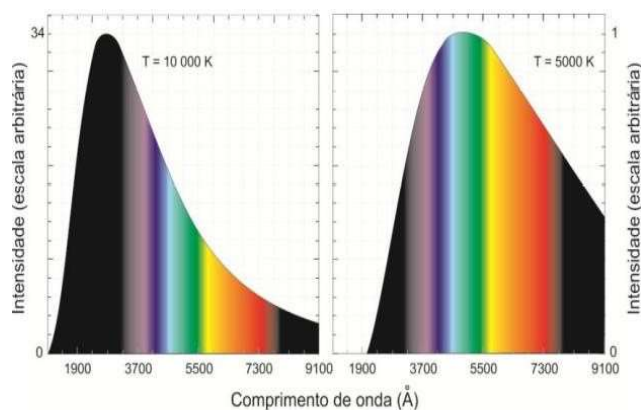
¹¹⁵ “Em 1893 Wien propôs um modelo para a função que descrevia bem os resultados experimentais de λ_{\max} com a temperatura. Esta lei passou a ser chamada de lei do deslocamento de Wien e tem a forma $\lambda_{\max} T = 2,8978 \times 10^{-3}$ m.K.” (**Radiação do Corpo Negro**. Disponível em: fap.if.usp.br; Acesso em: 30 de abril de 2020)

Figura 09: Wilhelm Wien

Fonte: <http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/>

Segundo a lei de Wien, “o comprimento de onda (λ) em que um corpo negro tem o pico da radiação é inversamente proporcional à sua temperatura absoluta (T).” Portanto, se a temperatura aumenta o comprimento de onda diminui. Assim, o fato fica claro nos gráficos abaixo e “desta maneira se explica porque, quando se aquece uma barra de ferro, ela torna-se primeiro vermelha, depois esbranquiçada e finalmente azulada.”¹¹⁶

Figura 10: Comparação da curva em relação as grandezas – intensidade, comprimento de onda e temperatura



Fonte: www.if.ufrgs.br/comparacaodacurva/pdf

Deste modo, a lei do deslocamento de Wien foi ficando compreensível para todos. Com isso, Physis argumentou:

- Nesse caso, está ficando fácil saber e aprender física.

¹¹⁶ SARAIVA, Maria de F. O.; SARAIVA, Kepler de S. O. e MÜLLE, Alexei M. Aula 16: Teoria da Radiação. Disponível em: www.if.ufrgs.br; Acesso em: 20 de junho de 2020.

Por conseguinte, Physiké começou a notar e a observar as figuras e os algoritmos que começaram a aparecer nas paredes do labirinto. Todas as informações recebidas até ali, estavam estampadas. Isso indicava algo muito impressionante e importante: uma revisão para o estudante.

Empolgado, Lwitokel ponderou:

- Revisar pode ajudar a guardar as informações importantes para aplicar.

Sobre a lei de Wien, Physiké leu:

- A curva de [radiação](#) do [corpo negro](#) para diferentes temperaturas atinge o pico em um comprimento de onda inversamente proporcional à [temperatura](#). Isso descreve a mudança desse pico em termos de temperatura. Assim, conforme a temperatura aumenta, a cor do brilho muda de vermelho para amarelo para branco e azul.¹¹⁷

Na sequência, Physis sentou-se no chão. Ficou pensativo e colocou as mãos no coração. Estava preocupado, pois praticamente todo tempo previsto já que tinha passado. Com isto, consultou a ampulheta e observou que 95% do prazo se findou. Seus neurônios diziam para si mesmo, que em 300 metros duas opções surgiriam: uma vida fora daquele lugar ou a morte que o labirinto poderia lhe proporcionar.

Diante da cena desoladora, exclamou Lwithokel:

- Eita nêgo¹¹⁸, pegou ranço.¹¹⁹

Com isso, Physiké pensou e indagou sobre o que deveriam fazer. Porém, a voz assustada tornou a aparecer e mais uma vez deu orientações precisas para Lwithokel. Ela disse:

- Assuma o seu lugar! Volte trabalhar! Coloque outra vez diante de Physis e Physiké as pistas e os porquês do enigma espectral da radiação térmica universal.

Nesse momento, Physis se levantou e disse:

¹¹⁷ SARAIVA, Maria de F. O.; SARAIVA, Kepler de S. O. e MÜLLE, Alexei M. Aula 16: Teoria da Radiação. Disponível em: www.if.ufrgs.br; Acesso em: 20 de junho de 2020.

¹¹⁸ Expressão indica admiração e felicidade por uma pessoa. (Dicionário Online de Português. **Eita nêgo**. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/>; Acesso em: 26 de julho de 2020)

¹¹⁹ Trata-se de alguém entediado, ressentido ou cansado por alguma situação. (Idem)

- Pronto estou. Pode mandar, vou tentar...

Lwithokel, admirado pela coragem e capacidade de Physis, o aplaudiu e disse:

- Bravo, garoto!

Physis comemorou:

- É nós¹²⁰!

Parafraseando a letra da música “Está chegando o fim¹²¹” da Comunidade Católica Shalom, Physiké afirmou:

- Irmãos está chegando o fim. Nós vamos sair. E tudo findará.

Diante das palavras desse poema, Physis foi agitado novamente pelas meninas: acetilcolina (relacionada com os movimentos dos músculos, aprendizado e memória), noradrenalina (regulação do humor, aprendizado e memória) e endorfina (hormônio do prazer/ melhoria do humor e da memória).

Deste modo, ganhou força, motivação, otimismo e paixão. E assim, com a energia que conseguiu: o estresse e o medo passou; partiu com muito vigor; e a todos mobilizou.

Ao chegarem ao quilômetro 2950 do trajeto, os três mosqueteiros encontraram um urso gigante com garras afiadas e muito faminto. Todos deveriam passar por ele. Somente uma corrente de 3 metros o impedia de atacá-los.

E logo perceberam que qualquer um que se aproximar dentro desse raio, morrerá. Pois, aquele animal estava nervoso e, provavelmente, há muitos dias sem comer e beber.

- O que vamos fazer? Perguntou Physis.

- Estamos à procura de outra pista. Respondeu Physiké.

¹²⁰ Gíria usada para afirmar que estamos unidos. (Dicionário informal. Disponível em: <https://www.dicionarioinformal.com.br/>; Acesso em: 27 de julho de 2020)

¹²¹ Comunidade Católica Shalom. **Está chegando o fim.** Disponível em: <https://www.letras.mus.br/comunidade-catolica-shalom/esta-chegando-o-fim/>; Acesso em: 20 de junho de 2020.

Entretanto, Lwithokel passou a apresentar problemas sinápticos¹²² e não conseguia apresentar as pistas e os porquês da última tarefa daquela lugar. Ele estava confuso. Seu processo de sinapse parecia não funcionar. Mas o labirinto de LaSalle resolveu conspirar e ajudar.

- Veja este pergaminho¹²³. Acabei encontrar. Talvez, possamos achar nele a pista e o caminho. Respondeu Lwithokel.

Desta forma, passaram a observar que havia muitos pergaminhos jogados nos corredores empoeirados do labirinto. Mas o único que possuía inscrições foi achado por Lwithokel. Os demais estavam sem escrita e se desfazendo em pó.

Os três fizeram uma aglomeração e decidiram decifrar as palavras. Foi fácil compreender, pois o enviado de RAMILUXG, em qualquer idioma, era capaz de ler. E para ter tempo a ganhar, Physiké passou a verbalizar.

Estava escrito no pergaminho:

PISTAS: Se inspirou nos trabalhos de Kirchhoff. Buscou resolver uma soma que se pode descrever: “o espectro determinado pela física clássica do corpo negro previa que a potência de emissão sempre aumentava com a frequência.” Assim, era isso o que lhe desafiava e o sono tirava. Porém, vale ressaltar que nessa batalha Rayleigh-Jeans também tentou, mas falhou. Como usou física clássica, pecou. Isso gerou um resultado famoso: a catástrofe do ultravioleta. Então, quem foi o campeão que depois de muito tentar, se viu forçado a modelar os resultados do laboratório a partir de “uma ideia muito audaz: a emissão de energia de forma descontínua ou quantizada.”

- Maravilhoso! Interferiu Physis.

- Mas o que tudo isso significa? Quis saber o garoto.

¹²² Dificuldade de ação interativa no sistema, ou melhor, comunicação e transmissão de sinais. Para ampliação dessas informações e esclarecimentos detalhados, recomenda-se o endereço http://www.cerebromente.org.br/n12/fundamentos/neurotransmissores/neurotransmitters2_p.html.

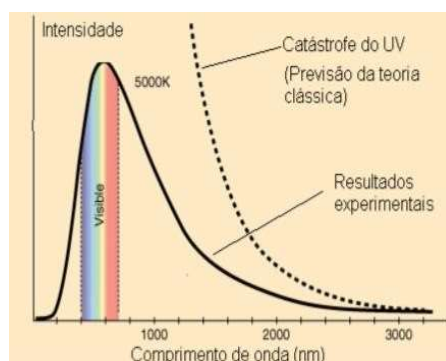
¹²³ “Chama-se **pergaminho** o suporte para [escrita](#) desenvolvido na antiguidade, obtido a partir da pele de um animal, em especial cabra, carneiro, cordeiro ou ovelha. [...]o nome pergaminho é uma referência à cidade de Pérgamo, na Ásia menor, onde sua fabricação alegadamente se iniciou.” (SANTIAGO, Emerson. Pergaminho. Disponível em: <https://www.infoescola.com/comunicacao/pergaminho/>; Acesso em: 27 de julho de 2020)

Nesse momento, Physiké decidiu iniciar e analisar cada elemento que ouviu. Mas fez questão de notar que para compreender melhor as pistas alguns detalhes adicionais poderiam ajudar. Com isto, perguntou a Lwithokel se mais informações o pergaminho adicionou.

Diante disso, Lwithokel interrompeu e leu:

Quer mais informação? São as últimas. Então, preste bem atenção. No dia 19 de outubro de 1900, ele comunicou para a Academia de Física de Berlim em que resultado chegou. Porém, “sua forma matemática conseguia se ajustar as curvas experimentais, mas não a realidade física.” Assim, buscou justificar seus resultados bebendo da mesma fonte de Rayleigh-Jeans (física clássica). Por fim, sua descoberta foi o estopim “das primeiras pistas do comportamento do mundo atômico.” E assim, a comunidade científica passou a perceber que “o mundo atômico tem leis que não são nada parecidas com as leis da física clássica.”¹²⁴

Figura 11: Discordância entre a teoria clássica e os resultados experimentais



Fonte: www.moderna.com.br/fundamentosdafisica/pdf

Nesse instante o silêncio se fez presente. Um arrepio subiu pelas costas de Physis e sua respiração quase fugiu.

- O que faremos? Suplicou Physis.

A voz assustada gritou e disse:

- A pista foi dada, me respondam o que é?

¹²⁴ TORIBIO, Alan Miguel Velásquez. **História da física**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, Secretaria de Ensino a Distância, 2012.

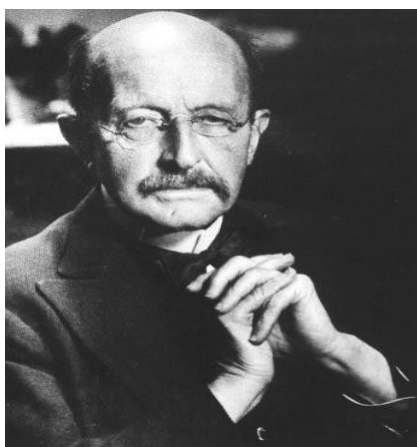
- Estamos à procura da resposta fiel. - Respondeu Lwithokel.

Physiké se reuniu com Physis e Lwithokel. Discutiram o enigma e chegaram em uma resposta. Diante deles, o urso estava maluco para dar um bote no grupo. Mas, quando quebrou a corrente o clima ficou quente e o animal partiu na direção do trio. Lwithokel pediu que Physis respondesse rapidamente.

Enquanto, Physiké e Lwithokel não conseguia mais se mexer, Physis gritou:

- Max Planck, Max Planck, Max Planck.

Figura 09: Físico Alemão Max Karl Ernst Ludwig Planck



Fonte: <https://blog.enem.com.br/max-planck-e-teoria-quantica/>

Com isso, o urso caiu no chão e sumiu. E os três, em segundos, foram teletransportados para a sala de premiação. Finalmente, uma equipe venceu os desafios do Labirinto de LaSalle. Diante da ostentação, Physis recebeu os aplausos e louros de campeão.

- Brilhante, garoto, brilhante! Exclamou Physiké.

- Podiscrê¹²⁵! Completou Lwithokel.

Na sequência, para surpresa de todos, Max Planck foi materializado diante deles. Foi um tipo premiação do labirinto. Visando uma conversação de Physis com

¹²⁵ Pode acreditar. (Blog Bálsamo História. Disponível em: <http://balsamohistoria.blogspot.com/2014/10/giras-dos-anos-6070.html#!/>; Acesso em: 27 de julho de 2020)

Planck por cinco minutos. Nessas condições, o diálogo ocorreu e eles puderam conhecer os grandes desafios de se fazer ciência.

A partir disso, indagou Physis:

$$\mu_\nu = \frac{8h\pi\nu^3}{c^3} \frac{1}{e^{h\nu/k_B T} - 1}$$

- Planck: Como fez para achar a equação?

- O meu feito foi “relacionar matematicamente o conteúdo de energia de um quantum à frequência da radiação.” E fiz isso através da equação $E = hf$ (Um quantum de energia, E, é igual à frequência, f, da radiação vezes a constante de Planck, h).¹²⁶

- Respondeu Max Planck.

- Uau! - Espantou-se, Physis.

E, em seguida, Max Planck sumiu. O tempo se esgotou e Max evaporou. Mas todos estavam satisfeitos por ouvir o grande feito heróico de Planck.

- Ele achou uma forma matemática de ajustar as curvas experimentais. Comentou Lwithokel.

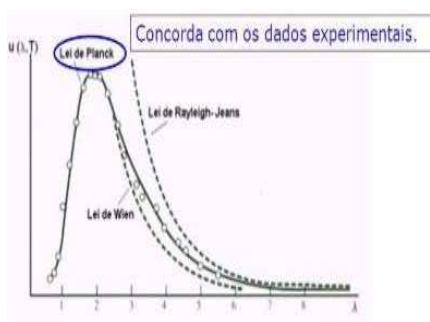
- Isso mesmo! Observou Physiké e emendou:

Esta foi uma das primeiras pistas do comportamento do mundo atômico. O mundo atômico tem leis que não são nada parecidas com as leis da física clássica. A emissão de energia não é contínua, mas é múltipla de uma quantidade fundamental chamada de quantum ou pacotes de energia. Estes fatos não são observados por nossos sentidos, pois nossas escalas são muito grandes em comparação com as escalas atômicas, e assim, parece que a energia é emitida de forma contínua.¹²⁷

Figura 12: Comparação entre os dados experimentais e as previsões clássicas e de Planck

¹²⁶ BRENNAN, Richard. **GIGANTES DA FÍSICA:** uma história da física moderna através de oito biografias. Edição revista. Rio de Janeiro: Zahar, 2000.

¹²⁷ TORIBIO, Alan Miguel Velásquez. **História da física.** Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, Secretaria de Ensino a Distância, 2012.



Fonte: <https://www.google.com/search?q=comparaçãodadosexperimentais/imagem>

Para tanto, o garoto arguiu:

- Vocês lembram do primeiro enigma e como tudo começou?

- Sim! Exclamou Physiké.

- A Lei de Max Planck é a solução para resolver o enigma do espectro universal do corpo negro. Com isto, põe fim a catástrofe do ultravioleta criada com a equação Rayleigh-Jeans. - Observou Lwithokel.

Assim, vale lembrar que atualmente sabe-se que foi justamente essas tentativas de explicar e modelar os experimentos do espectro universal da radiação do corpo que levaram a elaboração e surgimento de duas novas teorias, que transformariam radicalmente a Física como era conhecida até então: a Teoria da Relatividade e a Teoria Quântica.

Dessa forma, Physis, Physiké e Lwithokel foram embebedos de emoção, fizeram uma corrente e unânimes reconheceram que a aventura foi *cabulosa*¹²⁸. Todas as tarefas foram cumpridas e a agora poderiam retornar, cada um, para sua jornada particular. Pois, aquele labirinto, finalmente, teria que ficar para trás e os três nem pensavam em voltar.

Entretanto, quando Physis menos esperava, Lwithokel¹²⁹ fez o sinal da cruz e falou:

¹²⁸ Surpreendente. (Dicionário informal. Disponível em: <https://www.dicionarioinformal.com.br/>; Acesso em: 27 de julho de 2020)

¹²⁹ Trata-se de um pseudônimo para se referir Lorde William Thomson Kelvin. O autor usa na história como um tipo de abreviatura (L – Lorde; wi – William; tho – Thomson; kel – Kelvin).

- Já mivú!¹³⁰

Em milésimos de segundos, todo o cenário se desfez e os figurantes desapareceram. E Physis, acordou atordoado, na área central do seu quarto. Começou a gritar e pedir por medicamentos para aliviar o incômodo craniano. Pois, toda a cabeça latejava e reclamava por remédio, remédio e remédio.

Aquela disfunção física estava deixando o garoto irritado. Por um momento, ele pensou: morri, esse é o meu fim. Mas, a sua mamãe apareceu e ofereceu a medicação. Tratava-se de dois comprimidos munidos de poder. Eram capazes de fazer qualquer ser relaxar e capotar¹³¹. E assim, Physis dormiu e a poeira de dor sumiu.

Parte 5 – Physis na sala do espanto



Physis passou a ter um espírito científico, a viver no mundo das fórmulas e dos cálculos. Ele passou a estudar e a pesquisar sobre radiação. Comprou literaturas e ampliou sua visão. Seus colegas ficaram admirados com aquela metamorfose.

¹³⁰ “Ao dizer ‘já mivú’, quer dizer que você está indo embora. É uma forma diferente de dizer ‘já me vou’”. (Dicionário popular: **Gírias paraenses**. Disponível em: <https://www.dicionariopopular.com/gurias-paraenses/>; Acesso em: 23 de fevereiro de 2020)

¹³¹ Dormir. (Dicionário informal. Disponível em: <https://www.dicionarioinformal.com.br/>; Acesso em: 27 de julho de 2020)

Tornou-se um aluno dedicado, sempre atento e aplicado. Na dúvida, buscava na memória o que conheceu nas aventuras e o que aprendeu com seu amigo Lwithokel.

Passou a fazer amigos e se esforçar mais. Participar de cada atividade escolar. Suas notas passaram a melhorar. E a biblioteca escolar passou a frequentar. Quando encontrava alguém precisando de apoio, se oferecia e contribuía. Seus professores ficaram impressionados com aquela transformação e a maneira como Physis participava de cada ação.



Ele chegou apresentar um trabalho teórico e prático da radiação. Falou de suas aventuras e tudo o que leu e aprendeu. Porém, em um certo dia, chuvoso e prolongado. Quando saía da escola. Sentiu cada olho escurecer e o corpo enfraquecer. Não viu mais nada. Caiu de cara na calçada.

Todos correram para ajudar. E levaram para o hospital. Logo, diagnosticaram que Physis estava com câncer cerebral. Através da tomografia computadorizada¹³² do crânio. Fez-se uma radiografia. Isso gerou uma visualização do órgão. Com as suas devidas complicações e danificações.

Imediatamente, na página principal dos jornais locais e redes sociais, publicaram a notícia que Physis estava mal. Assim, toda a cidade foi comovida. O povo decidiu acompanhar o desenrolar daquela história e o desfecho final.

¹³² Tomografia computadorizada é um exame não invasivo que combina equipamentos especiais de raios X com computadores programados para produzir imagens dos órgãos internos. (Instituto Vencer o câncer. Disponível em: <https://vencerocancer.org.br/cancer/diagnostico/tomografia-computadorizada/>; Acesso em: 28 de julho de 2020)

O médico oncologista pediu para chamar os pais do garoto. E foi logo dando a notícia.

Disse:

- O cérebro dele está sinistro¹³³. Todo negro. O câncer tomou conta de tudo. Infelizmente, o tumor é maligno. Portanto, não viverá. Enfim, em poucos dias morrerá.

Diante do fato: os pais começaram a chorar e a imprensa local passou a registrar - toda aquela situação. Mas mesmo assim, os familiares procuraram a direção do hospital e agradeceram pelos cuidados médicos ofertados naquele lugar.

Entretanto, não era o fim. Como diz o axioma (provérbio) popular: “enquanto há vida, há esperança.”

Diante disso, os pais de Physis continuaram a chorar e a clamar:

- Quem poderá nos ajudar?

E os demais que estavam por lá também passaram perguntar:

- Quem poderá nos ajudar?

- Bingo¹³⁴! Gritou Lwithokel.

Era o seu amigo fiel. Outra vez preparado e pronto para enfrentar aquela nova missão. Ele esteve ali o tempo todo, mas não era percebido e nem notado. Vestia uma calça jeans e uma camisa amarelada. Carregava um pergaminho em uma mão e na outra um plano de ação. Todos acharam que era um amigo da região. Seu desejo era falar com Physis. Por isso, buscava autorização. Mas, ninguém daquele lugar conhecia o rapagão.

De fato, era Lorde Kelvin, outra vez, disfarçado e materializado no meio daquela agitação.

¹³³ Assustador. (Significados. Disponível em: <https://www.significados.com.br/sinistro/>; Acesso em: 28 de julho de 2020)

¹³⁴ Trata-se de um jogo de azar. A expressão é utilizada para o jogador dizer que marcou todos os números da cartela (diz “bingo”). (Educalingo. Disponível em: <https://educalingo.com/pt/dic-pt/bingo>; Acesso em: 28 de julho de 2020)

- Espere, não desistam, pois Physis poderá resistir. Exclamou Lwithokel.

- Obrigado! Murmurou os pais.

Imediatamente, Lwithokel visitou Physis no quarto e saiu para buscar ajuda. Formou um grupo especial. Tratava-se de uma convocação para salvar o garoto que viu as nuvenzinhas, conheceu o corpo negro e teve acesso a equação que explica o espectro universal da radiação.

As mentes fantásticas juntaram-se. Foram levados para o universo neuronal de Physis: o lobo frontal¹³⁵. Aquele seria o local. O quartel general. O lugar para reunião e discussão dos passos de reabilitação.

Estavam ali os principais nomes da ciência da radiação. Na sala de cirurgia do espanto do cérebro de Physis estavam presentes Lorde Kelvin, Kirchhoff, Max Planck, Wien, Rayleigh, Jeans, Stefan e Boltzmann. E de repente, chegou também, Physis. Ao ver tal cena, se emocionou bastante. Mas, não conseguia entender a comoção daquela gente.

Estavam mobilizados. Falavam de uma estratégia para curar a doença que aos poucos fazia a vida de Physis minar. Aquilo era tudo surreal. No semblante de cada um estava estampado a possibilidade de salvá-lo daquele mal.

Todos estavam reunidos. Em uma realidade autocontida do cérebro de Physis. Desse lugar: aceitaram acreditar. Vamos construir uma super máquina, pois essa será a melhor opção para remediar. Com isto, passaram a dialogar, a projetar e a materializar. A sugestão que Lwithokel colocou no papel estava virando realidade. E agora??

Para quem quisesse ver, no pergaminho era possível identificar um LHC (Large Hadron Collider). A máquina foi materializada. Ela foi capaz de acelerar partículas em altas velocidades. Contudo, seria capaz de curar e de qualquer câncer se livrar?

Essa foi a estratégia que Lwithokel apresentou ao Physis. O que estava no pergaminho se transformou em caminho.

¹³⁵ Testa/ parte da frente do cérebro – local em que acontece o planejamento de ações e movimento, bem como o pensamento abstrato. (A mente é maravilhosa. Disponível em: <https://amenteemaravilhosa.com.br/lobo-frontal-cerebro/>; Acesso em: 25 de junho de 2020)

Nesse contexto, Physis tomou a palavra e disse:

- Estou muito doente e, provavelmente, não irei resistir.

Assim, todos notaram que ele estava extremamente pessimista, pois acreditava que para esse tipo de mal não há quem resista. Com isso, era visível a sua incredulidade para vencer a enfermidade.

Nesse momento, o garoto passou chorar. E dizia ser impossível a situação contornar. No desespero bradou em alta voz ao RAMILUXG, pois não sabia o que fazer.

A super máquina estava lá, mas ele parecia não acreditar que ela pudesse lhe curar. Deste modo, Physis passou a clamar:

- “Ó vida, ó céus, ó azar... isso não vai dar certo!”¹³⁶

Nesse momento, Max Planck interrompeu:

- Seja forte!! Estamos aqui para ajudar. Nosso plano é usar a máquina para disparar partículas de íons de carbono para curar. Esses raios iônicos serão arremessados de forma precisa e constante contra o tumor. O LHC do câncer, chamado de Iontris¹³⁷, será seu salvador.

- Como é mesmo? Perguntou Physis, enquanto enxugava as lágrimas.

- Vai ser simples. Nós vamos colocar você, com muito cuidado, na máquina gigantesca. Ela vai acelerar, em vez de prótons, íons de carbono a 75% (225 000 km/s) da velocidade da luz. O feixe disparado atingirá o tumor sem danificar as células que estão em volta.

Deste modo, a equipe cirúrgica da sala do espanto passou a trabalhar com a incrível máquina. Que faz emissão de energia com cargas elétricas e magnéticas com grandes capacidades penetrantes. Os cirurgiões ficaram fascinados. Assim, não dar

¹³⁶ Esse era um bordão do “desenho animado de Hanna-Barbera cujos protagonistas eram o leão Lippy e seu amigo Hardy Har Har, uma hiena extremamente pessimista, que vivia se lamentando” através dessa expressão. (Silva, Ana Beatriz Barbosa. **Mentes depressivas: as três dimensões da doença do século**. - 1. ed. - São Paulo: Pricipium, 2016)

¹³⁷ Leia sobre a máquina Iontris no super.abril.com.br “As 6 máquinas que vão mudar a medicina”. A Iontris é indicada para tratar os tipos mais delicados de câncer, como no cérebro.

pra negar, sobre a necessidade de assombrar-se. Tudo isso, levou Physis espantar-se.

Deste modo, reconhece-se a necessidade de cultivar o hábito de se perguntar constantemente, especialmente ser “um grande *pergunta-dor* de si mesmo.” Pois, a radicalidade do ato de perguntar é a raiz da transformação do mundo.

Nesse clima de positividade, Lwithokel abraçou o jovem e disse:

- Creio que a máquina com seus raios iônicos possam te curar.

E continuou dizendo:

- Está pronto? Vamos começar a sessão?

- Sim. Declarou Physis.

As mentes fantásticas da radiação. Passaram a iniciar o processo que acreditavam ser capaz de solucionar e tratar a doença de Physis. Os membros da equipe da radiação se colocaram em seus postos e iniciaram a sessão.

O potencial do disparador de partículas era sem igual. O alvo é a remissão de todo câncer cerebral. O mal que sentenciava Physis a morte: estava chegando no seu final. Com isso, sem medo e sem dúvida, foram direcionados, em sessão única. Assim, na sala do espanto, começaram a realizar: todas as ações que acreditavam ser capaz curar.

Nesse contexto, observou Rayleigh-Jeans.

- A radiação ionizante danifica as células cancerígenas, impedindo a progressão da doença. Esse método é capaz de combater as células cancerosas.

- É isso mesmo, mano¹³⁸! Completou Lorde Kelvin.

Physis deu os primeiros sinais de recuperação. Os médicos e enfermeiros notaram um mudança em sua fisionomia. Seu corpo estava ganhando força e energia. O cérebro escuro, iluminou-se. O sinal verde acendeu para equipe médica.

¹³⁸ Gíria utilizada como sinônimo de irmão. (Dicionário informal. **Mano**. Disponível em: <https://www.dicionarioinformal.com.br/mano/>; Acesso em: 06 de julho de 2020)

Conjuntamente, decidiram levar o garoto para fazer outra tomografia computadorizada.

- Chamem os pais. Gritava o médico com o novo resultado da tomografia.

O pai de Physis tomou a esposa pela mão e foi até ao médico.

- Venha! Venha comigo, dizia repetidamente o médico.

A imprensa e os amigos ficaram de longe espreitando a novidade.

Os pais acompanharam e viram com os próprios olhos o resultado do segundo exame. O médico dizia que a primeira imagem não era assim. O técnico em radiologia comentava e dizia a todos que o cérebro dele estava escuro, mas agora tudo era diferente. Com isso, todos ficaram aliviados com os resultados.

Physis estava se recuperando. Porém, o trabalho de radioterapia precisava continuar. Logo, os físicos perceberam que as ações da radiação estava fazendo o paciente se curar. Os feixes de partículas, altamente energéticos e próximos a velocidade da luz, estavam eliminando o tumor maligno.

E na sequência, Physis passou a desfazer-se em lágrimas e exclamou:

- Galera¹³⁹, não sei como viemos parar aqui, mas obrigado.

Diante desta fala, rapidamente ponderou Lorde Kelvin:

- Já mivú¹⁴⁰!

Nesse instante, Physis acordou no apartamento do hospital e abraçou seus pais. Foi uma explosão de alegria e felicidade. A cidade, o colégio e a família fizeram festa. Para os médicos, a recuperação foi um mistério, um milagre.

¹³⁹ Para Aurélio derivou de “galéria” na sua acepção teatral (conjunto de pessoas que ocupam os lugares mais barato) e Houaiss diz que a gíria veio de galera mesmo (pessoas que remam nas galeras), ou galé (embarcação de guerra movida a remo ou a vela). Portanto, refere-se as pessoas da mesma classe ou “gente que rema para o mesmo lado.” (RODRIGUES, Sérgio. **Galera: uma gíria, duas teorias**. Revista Veja. Atualizado em 31 de julho de 2020. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/blog/sobre-palavras/galera-uma-giria-duas-teorias-2/>; Acesso em: 23 de agosto de 2020)

¹⁴⁰ “Ao dizer ‘já mivú’, quer dizer que você está indo embora. É uma forma diferente de dizer ‘já me vou’”. (Dicionário popular: **Gírias paraenses**. Disponível em: <https://www.dicionariopopular.com/girias-paraenses/>; Acesso em: 23 de fevereiro de 2020)

Ao sentar na cama, foi surpreendido por um papel que estava debaixo do travesseiro da sua cama. Tratava-se de um cartão deixado por Lorde Kelvin, ou como achar melhor, Lwithokel. A mensagem mexeu com o seu coração e dizia:

Não basta ensinar ao homem uma especialidade científica, porque assim poderá se tornar uma máquina útil, mas não uma personalidade harmoniosamente desenvolvida. É necessário que o estudante adquira uma compreensão dos valores éticos, um sentido daquilo que vale a pena ser vivido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto. Sem cultura moral, não há solução para os grandes problemas humanos.¹⁴¹

Nesse processo, Physis teve um *insight*¹⁴² e concluiu:

- A física precisa de poetas e de contadores de histórias.

Essa visão roubou-lhe a atenção. De modo que, mirou, acertou e a sua vida mudou. Por isso, guardou na memória, todas as aventuras que Lorde Kelvin lhe proporcionou.

Enfim, como diz Caetano Veloso, tecendo a complexidade infame de uma vida vivida sem livros e sem livreria

Tropeçavas nos astros desastrada; Quase não tínhamos livros em casa; E a cidade não tinha livreria; Mas os livros que em nossa vida entraram; São como a radiação de um corpo negro; [...] É o que pode lançar mundos no mundo.¹⁴³

¹⁴¹ Pensador. **Albert Einstein**. Disponível em: <https://www.pensador.com/frase/MzE3ODMw/>; Acesso em: 24 de junho de 2020.

¹⁴² É palavra inglesa que significa “clareza súbita na mente”, ou seja, um momento “Aha”. Trata-se de um evento cognitivo em que a pessoa descobre algo oculto. (SBCOACHING. Insight: significado, como acontece e como desenvolve. Disponível em: <https://www.sbcoaching.com.br/blog/insight/>; Acesso em: 23 de agosto de 2020)

¹⁴³ Primeira estrofe da Letra da música “Livros” de Caetano Veloso. Disponível em: <https://www.letras.mus.br/caetano-veloso/81628/>; Acesso em: 23 de agosto de 2020.