



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Ciências

# **Relatório de Estágio**

**Radiação de Corpo Negro**  
**Lei de Stefan-Boltzmann**  
**Lei do Deslocamento de Wien**

**Laura Catarina Seco Antunes**

Relatório de Estágio para obtenção de grau de mestre em  
**Ensino de Física e Química no 3º Ciclo do Ensino Básico e no**  
**Ensino Secundário**  
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Professor Doutor Paulo Parada

Covilhã, junho de 2012



“Tropeçavas nos astros desastrada  
Quase não tínhamos livros em casa  
E a cidade não tinha livraria  
Mas os livros que em nossa vida entraram  
São como a radiação de um corpo negro  
Apontando pra a expansão do Universo  
Porque a frase, o conceito, o enredo, o verso  
(E, sem dúvida, sobretudo o verso)  
É o que pode lançar mundos no mundo”.

**Caetano Veloso**



# Agradecimentos

Na concretização deste trabalho, muitas pessoas contribuíram e influenciaram de forma direta e indiretamente. Aqui desde já deixo a minha sincera gratidão, reconhecendo que esse apoio foi fundamental e extremamente valoroso. Um agradecimento especial:

Ao meu Professor Paulo Parada, pela orientação, apoio e amizade prestados durante a realização de todo o trabalho. Pela sua sinceridade e serenidade em avaliar certos pormenores do próprio trabalho.

À minha Professora Pedagógica, Sandra da Costa, pelo apoio, companheirismo e amizade prestadas durante todo ano letivo escolar. Pela sua serenidade na transmissão de novos conceitos e pela sinceridade em avaliar o meu trabalho realizado na escola Secundária Quinta das Palmeiras.

Um agradecimento especial à Direção da Escola Secundária Quinta das Palmeiras por me proporcionar um estágio pedagógico. Aos alunos das turmas do Ensino Básico e do Ensino Secundário, 9ºA, 9º D e 10º A, por me possibilitarem uma melhor aprendizagem dos conteúdos letivos lecionados e melhorar a minha performance na lecionação.

Ao meu melhor amigo, Hugo Vicente, pelo incentivo e apoio prestado a nível pessoal como profissional ao longo desta nova etapa da minha vida.



# Resumo

Este estudo contribui para desenvolver nos alunos o gosto pela aprendizagem da Física e, conseqüentemente, para melhorar o ensino desta disciplina e a qualidade dos seus resultados. Pretende-se que os alunos não só adquiram novos conhecimentos mas que fortaleçam os conhecimentos posteriormente adquiridos ao longo dos anos, na área da Física, desenvolvendo um conjunto de competências e capacidade, tanto gerais como específicas da disciplina.

O trabalho apresenta um desenvolvimento mais profundo do tema: Sol e aquecimento, mais especificamente sobre a radiação de corpos negros: Lei de Stefan-Boltzmann e Lei do Deslocamento de Wien.

O comportamento da radiação térmica emitida pelos corpos das mais diversas naturezas é distinto pois uma parte da radiação é refletida enquanto outra parte é absorvida pelo corpo. Estes fenômenos dependem principalmente das características específicas do corpo em estudo.

Alguns cientistas postularam que um corpo responde de forma peculiar à radiação que incide sobre a sua superfície, nascendo a ideia de “corpos negros”. A natureza de corpos negros perfeitos não foi ainda comprovada, uma vez que todo o corpo só age como corpo negro numa determinada gama de radiação, isto é, o corpo tem as suas singularidades.

Este estudo apresenta uma definição de “corpo negro”, um estudo aprofundado sobre a radiação nesses corpos, tal como a teoria na qual estes corpos se baseiam, Lei de Stefan-Boltzmann e Lei de Wien. Por sua vez, este trabalho centra-se num estudo teórico e experimental da aplicabilidade da Lei de Stefan-Boltzmann e respetiva Lei do Deslocamento de Wien.

## Palavras-chave

Ensino da Física, Lei de Stefan-Boltzmann, Lei de Planck, Radiação de um corpo negro, Lei de Wien.



# Abstract

This study contributes to develop in students pleasure for learning physics and thus to improve the teaching of this discipline and the quality of their results. It is intended that students not only acquire new skills but to strengthen further the knowledge acquired over the years, in the area of physics, developing a set of skills and capacity, both general and specific discipline.

This work presents a deep development about the theme: the sun and heat, more specifically on the blackbody radiation, the Stefan-Boltzmann Law and Wien Law.

The behavior of the thermal radiation emitted by the bodies is in many different ways because one part of the radiation is reflected while another part is absorbed by the body. This phenomenon depends mainly on the specific characteristics of the body under study.

Some scientists have said the body responds from peculiar way to radiation that focuses on its surface, been born the idea of "black bodies". The nature of perfect blackbody not yet been proven, once the body only acts as a blackbody for a specific radiation range, in other words, the body has its singularities.

This study presents a definition of "blackbody", a detailed study about radiation in these bodies such as the theory on bodies were based, the Stefan-Boltzmann Law and Wien Law. In turn, this work focuses on theoretical and experimental study about the applicability of the Stefan-Boltzmann Law and of the Wien Law.

## Keywords

Physics teaching, Stefan-Boltzmann Law, Planck Law, Blackbody Radiation, Wien Law.



# Índice

Capítulo 1- Revisão Bibliográfica	1
1. Introdução	1
1.1. Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)	1
1.2. Escola	2
1.2.1. O papel do Professor na escola do século XXI	3
1.2.2. Ensino das Ciências Experimentais na Escola	4
1.2.3. Metodologias de ensino das Ciências	8
1.3. A relevância do estudo	9
1.4. O corpo Negro	11
1.5. Radiação do Corpo Negro	12
1.6. Leis associadas à Radiação de um Corpo Negro	13
1.6.1. Lei de Stefan-Boltzmann e Lei do Deslocamento de Wien	13
1.6.2. Lei de Rayleigh - Jeans	14
1.6.3. Lei de Planck	14
1.6.4. Radiação cósmica de fundo	15
1.7. Objetivo do trabalho	16
Capítulo 2- Breve História dos Cientistas	17
2. Introdução	17
2.1. Kirchhoff	17
2.2. Rayleigh e Jeans	17
2.3. Planck	18
2.4. Wien	18
2.5. Stefan e Boltzmann	19
Capítulo 3- Revisão Temática do Programa Nacional do Ensino Secundário	20
3. Introdução	20
3.1. Programa Nacional do Ensino Secundário numa perspetiva da Física	20
3.2. Revisão do Programa de Física e Química A do 10º Ano	22
3.2.1. Objetivo de ensino para a Unidade 1: Energia - do Sol para a Terra	23
Capítulo 4-Aula investigacional na Física	24
4. Introdução	24
4.1. Plano de aula investigacional	24
4.1.1. Recursos Educativos na aula investigacional	35
4.1.1.1. Apresentação em PowerPoint	35
4.1.1.2. Applets / Simulações	37
4.1.1.3. Fichas de trabalho e respetivas correções	38
Capítulo 5- TIC no Ensino da Física	57

Capítulo 6- Planificação das Regências	62
6. Introdução	62
6.1. Regência no Ensino Básico na Física	66
6.1.1. Recursos Educativos usados durante a regência no Ensino Básico	74
6.1.1.1. Apresentação em PowerPoint	74
6.1.1.2. Applets / Simulações	77
6.1.1.3. Fichas de trabalho e respetivas correções	77
Capítulo 7- Conclusão	95
Capítulo 8- Propostas Futuras	96
Bibliografia	97
Anexos 103	
Anexo 1: Dedução da Lei de Rayleigh - Jeans	103
Anexo 2: Dedução da Lei de Stefan - Boltzmann	106
Anexo 3: Leis de Wien, de Stefan - Boltzmann e Lei de Planck	107

# Lista de Figuras

Figura 1 - Relação entre trabalho prático, trabalho laboratorial, trabalho de campo e trabalho experimental (Adaptado de Hodson, retirado de Célia, 2006). .....9

Figura 2 - Representação de um corpo negro ou ideal. Qualquer radiação que entra pelo orifício é totalmente absorvida devido às sucessivas reflexões no interior da cavidade (Adaptado de Ríó, 1991; [http://www.myteachingplace.com.au/page.php/resources/view\\_all?id=p5\\_radiation\\_object\\_black\\_body\\_stefan\\_boltzmann\\_law\\_wien\\_grey\\_star\\_page\\_1](http://www.myteachingplace.com.au/page.php/resources/view_all?id=p5_radiation_object_black_body_stefan_boltzmann_law_wien_grey_star_page_1), 2012). ..... 11

Figura 3 - Radiância espectral de um corpo negro em função do comprimento de onda (Adaptado de: <http://www.cursosvirt2.dominiotemporario.com/EaD/qq/aula-4/aula-4.htm>, 2012). ..... 13

Figura 4 - Radiação do corpo negro (Adaptado de Santana: <http://www.fisica.ufs.br/CorpoDocente/egsantana/cuantica/negro/radiacion/radiacion.htm>, 2012). ..... 58

Figura 5 - Curvas representativas de um corpo negro e filtros UVB (Adaptado de NAAP: <http://astro.unl.edu/naap/blackbody/blackbody.html>, 2012). ..... 59

Figura 6 - Espectro de um corpo negro (Adaptado de Project Lite: [http://lite.bu.edu/spex/build\\_0041/spex\\_ug.html#add](http://lite.bu.edu/spex/build_0041/spex_ug.html#add), 2012). ..... 59

Figura 7 - Radiação de um corpo negro (Adaptado de Fix: [http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0072482621/student\\_view0/interactives.html#](http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0072482621/student_view0/interactives.html#), 2012). ..... 60

Figura 8 - Espectro de um corpo negro (Adaptado de Miller Curt: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/blackbody-spectrum>, 2012). ..... 60

Figura 9 - Radiação de um corpo negro (Adaptado de McGraw-Hill: <http://www.mhhe.com/physsci/astronomy/applets/Blackbody/frame.html>, 2012). ..... 61

Figura 10 - Absorção e Emissão da Radiação (Adaptado de Martins, 2007). ..... 61

Figura 11 - Representação do octante da superfície da cavidade. O ponto assinalado no vértice do cubo de lado uma unidade de coordenadas  $nx = ny = nz = 1$  (Adaptado de Ríó, 1991). .....104

**Figura 12-** Resultados obtidos da fórmula de Rayleigh - Jeans: catástrofe do ultravioleta (adaptado de Ríó, 1991). ..... 105

Figura 13 - Densidade de energia que atravessa a superfície  $dA$  (Adaptado de: <http://www2.dem.inpe.br/val/homepage/tutor/index.html#capit811>, 2012). .....106



## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Novas formas de entender o papel do Professor.....	4
Tabela 2 - Estratégia de Ensino para organizar a aprendizagem como uma atividade de investigação (Gil-Pérez, 1994; Gil-Pérez e Carrascosa-Alis, 1994).....	6
Tabela 3 - Unidades e temas da componente de Física de 10º Ano (Bello <i>et al</i> , 2001). ....	20



# Lista de Acrónimos

CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
EPT	Ensino por Transmissão
EPD	Ensino por Descoberta
EPP	Ensino por Pesquisa
EMC	Ensino por Mudança Conceptual
cdo	Comprimento de onda
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
SI	Sistema Internacional de Unidades



# Capítulo 1- Revisão Bibliográfica

## 1. Introdução

Neste trabalho faz-se a apresentação do estudo desenvolvido nesta dissertação e a justificação da seleção efetuada da área e abrangência do mesmo.

No primeiro capítulo abordam-se as principais ideias referentes à fundamentação didática do trabalho visando as orientações de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). O desenvolvimento do trabalho integra uma perspectiva de ensino por investigação e pesquisa, e as conceções relativas à implementação deste tipo de ensino. Refere o papel importante do professor na escola, as metodologias como alternativas ao ensino das ciências experimentais e a importância de aplicar projetos no ensino das ciências. No final é referido uma breve definição de corpo negro e radiação de um corpo negro, bem como as leis formuladas por físicos para explicar o fenómeno da radiação emitida por corpos negros.

No segundo capítulo refere-se de forma sucinta os contributos proporcionados por cientistas na explicação do fenómeno da radiação do corpo negro.

No terceiro capítulo faz-se uma breve revisão temática do programa nacional do Ensino Secundário referindo quais os principais objetivos a desenvolver com os alunos, o que estes devem assimilar e explicar da unidade 1: do Sol para a Terra.

No quarto capítulo estão referenciados os planos de aula e respetivos recursos educativos que seriam utilizados na lecionação da aula investigacional.

No quinto capítulo é referido a importância das TIC no ensino da física, bem como de que formas estas se podem utilizar para melhorar o processo de ensino-aprendizagem dos alunos.

No sexto capítulo estão referenciados os planos de aula e respetivos recursos educativos que foram utilizados na lecionação das aulas no Ensino Básico e Secundário.

Por fim, o sétimo e oitavo capítulos elucidam quais as conclusões finais chegadas com o estudo realizado sobre o tema e propostas futuras.

### 1.1. Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)

Todos os dias somos confrontados com os termos inovação, tecnologia, desenvolvimento, ciência, em diversos contextos da nossa sociedade como o educacional, empresarial, comercial, político e religioso. Torna-se então relevante perceber como surgem estes temas na linguagem comum da

sociedade, antes de uma análise sobre qual o papel, conteúdo e importância dos mesmos no dia-a-dia.

Garcia (2003), refere que desde o século XIX a investigação científica e a tecnologia estão “cada vez mais entrosadas, institucionalizadas e organizadas socialmente e, a partir do século XX, tornaram-se largamente industrializadas e empresarializadas”. Políticas sobre ciência e tecnologia determinam um maciço investimento em ciência, que se estende “desde a escola secundária até os centros de pesquisa, desde as Universidades até as empresas...”. A “explosão no financiamento para a ciência nos Estados Unidos da América (EUA), após o lançamento do *Sputnik*, em 1957, é um exemplo clássico” (Chaimovich, 2000). Estes avanços, relevantes em termos de ciência e tecnologia, surgem como medida de avaliação do desenvolvimento das nações no mundo, classificando-as segundo as capacidades socioeconómicas (Célia, 2006).

As metas educacionais atualmente definidas nos nossos Sistemas Educativos apontam para a integração do Ser Humano, para a cultura, para a compreensão do mundo onde se insere, assumindo responsabilidades de natureza cívica, bem-estar, comunicação e cidadania. A necessidade de formação científica de jovens, que não percorrem carreiras científicas, deve apontar para uma compreensão das ciências, da tecnologia, do ambiente, das relações com os outros, das implicações da sociedade e do modo como o conhecimento e os contextos sociais e culturais se inter-relacionam e manifestam nos objetos de estudo da ciência e da tecnologia. Ou seja, a educação em ciência deve convergir para um relacionamento entre a ciência e o quotidiano de forma a proporcionar aprendizagens mais úteis e atrativas.

Em particular, a orientação CTSA sustenta uma prática direcionada para um ensino por pesquisa (Cachapuz, 2002; Acevedo-Diaz, 2004; Cachapuz *et al*, 2008). Atendendo às orientações, as temáticas devem valorizar contextos locais, regionais ou outros próximos da realidade quotidiana para despertar o interesse dos alunos (Paixão, 2005), com objetivo de dar respostas às necessidades de clarificação de ideias, envolvendo-os em atividades práticas de carácter investigativo (Caamaño, 2002).

## **1.2. Escola**

A escola é um lugar socialmente instituído onde se concretiza o direito à educação. O termo educação é relativamente recente e deriva do latim *educare*. Na escola, a educação decorre pela transmissão de conhecimentos do professor para o aluno, o que reduz a educação a uma função instrumental de transmissão do conhecimento. O “desenvolver de todas as suas potencialidades” torna-se fundamental na educação, onde o principal objetivo é o desenvolvimento da personalidade do aluno. Segundo a Lei nº 46/86 - Lei das Bases do Sistema Educativo, “A educação promove o desenvolvimento do espírito democrático e pluralista, respeitador dos outros e das suas ideias, aberto ao diálogo e à livre troca de opiniões, formando cidadãos capazes de julgarem com espírito crítico e criativo o meio social em que se integram e

*de se empenharem na sua transformação progressiva.*" (Educação, 2011). Num mundo em constante transformação, em que os conhecimentos são substituídos por outros rapidamente e o meio social envolvente dos alunos se encontra também em transformações constantes, a escola e a educação devem abranger um campo de atuação muito vasto, pois a escola faz parte da sociedade, a qual é influenciada e tem de influenciar. Ponte (1998) in Costa (1999), afirma que "o papel fundamental da escola já não é o de preparar uma pequena elite para estudos superiores e proporcionar à grande massa os requisitos mínimos para uma inserção rápida no mercado de trabalho". A partir do momento em que o saber se torna aberto, instável e reorganizável, a escola tem como papel preparar na totalidade os jovens para a sociedade. Os professores assumem então um papel de fomentar entre os outros o poder de reflexão e de crítica, a flexibilidade de raciocínio, a adaptação a novas situações, e a capacidade de argumentação, de interação e de cooperação. A aprendizagem escolar passa assim não pelo "aprender mais" mas pelo "aprender melhor", sendo o novo papel da escola o de "promover a aquisição de saberes e competências chave e de auxiliar a estruturar a grande diversidade de vivências exteriores em torno desses saberes e competências chave" (Figueiredo, 1998 in Costa, 1999).

### **1.2.1. O papel do Professor na escola do século XXI**

*"O analfabeto do século XXI não será aquele que não consegue ler e escrever, mas aquele que não consegue aprender, desaprender e reaprender"*

*Alvin Toffler*

Questionando: "Que tipo de professores necessita para desempenhar um papel global na sociedade emergente?" Os professores reconhecem que a escola está desatualizada em relação à sociedade e que os alunos estão cada vez mais desinteressados pelas atividades escolares tradicionais. Por estes motivos, tentam introduzir as novas tecnologias nas práticas educativas, embora não tenham por vezes conhecimento profundo do seu potencial pedagógico. No entanto, a inserção destas tecnologias evidenciam um carácter atrativo, sem que se toque em questões-chave dos processos pedagógicos, como o currículo, a avaliação, a relação professor/aluno, as novas formas de aprender e de construção do conhecimento (Correia, 2003; Paiva, 2003).

Como o tipo de atividades está centrado no aluno e no desenvolvimento das suas competências, o papel do professor sofre sucessivas alterações, sendo necessário que exibem um perfil diferente do tradicional. O professor deixa de ter o papel de mero transmissor de conhecimentos passando a ser aquele que coloca desafios, oferece suporte personalizado e orienta o aluno que aprenda ativamente, ou seja, o professor passa a ser o mentor que ajuda na procura do saber/conhecimento, o qual adota uma ação permanente de aprendiz com os alunos, colegas e outros agentes da comunidade. Adquire funções pedagógicas mas também de coordenador e

gestor de recursos e equipamentos, persistindo na formação técnica ao nível das ferramentas e instrumentos mas também na aquisição e desenvolvimento de novas competências didáticas e pedagógicas (Brás, 2003). A tabela 1 sintetiza as novas formas de entender o papel do professor.

Tabela 1 - Novas formas de entender o papel do Professor.

Professor no Ensino Tradicional	Professor no séc. XXI
Professor detentor exclusivo do saber	Professor que reconhece que o conhecimento é partilhado e distribuído
Professor “sabe Tudo”	Professor aprendiz
Professor “Obstáculo”	Professor “Agente de mudança”
Professor que “dá” o programa todo	Professor que interpreta, gere e adapta o currículo às características e necessidades dos alunos, criando contextos de aprendizagem tão produtivos quanto possível
Professor que se limita a seguir o livro e a usar quadro e giz	Professor que utiliza materiais diversificados, estimulando os alunos a estimular as diversas fontes de informação
Professor que monopoliza o discurso na sala de aula	Professor que transforma a aula numa verdadeira comunidade de aprendizagem, na qual os alunos têm um papel de relevo

*“A ciência está em todo o lado, mas não há suficiente consciência dela. Não é suficientemente reconhecido o valor do método científico. Lida-se mal com a dúvida, não se exerce a crítica, ignora-se o erro. Há quem use os mais modernos telemóveis, com Internet, GPS e tudo, mas recuse a atitude científica e até por vezes a racionalidade. Há correntes que interpõem a nossa sociedade (incluindo, desgraçadamente, a escola) que diminuem e até combatem a ciência, lembrando, por exemplo, os riscos e danos da tecnologia. Esquecem-se que, se é verdade que há riscos e danos associados à ciência, como de resto os há em qualquer atividade humana, eles só se podem enfrentar e ultrapassar não com menos mas com mais ciência”* (Fiolhais, 2007).

### 1.2.2. Ensino das Ciências Experimentais na Escola

“ A Ciência não está nos seus últimos desenvolvimentos mas sim no recomeço.”

*Edgar Morin*

O propósito da Educação em Ciências Experimentais, enquanto componente da experiência educativa global de todos os jovens, é prepará-los para uma vida satisfatória e completa no mundo do século XXI. Mais especificamente, as unidades curriculares das ciências experimentais devem:

- Estimular o entusiasmo e interesse pela ciência de modo a que os jovens se sintam confiantes e competentes para se envolverem com matérias científicas e técnicas;

- Ajudar os jovens a adquirir uma compreensão vasta e geral das ideias importantes e das bases explicativas das ciências e dos procedimentos do inquérito científico, que têm maior impacto no nosso ambiente e na nossa cultura em geral;
- Possibilitar o aprofundamento de conhecimento quando é necessário, quer por interesse pessoal dos alunos, quer por motivação de percurso profissional (DGDIC, 2011).

Vários autores têm vindo a apresentar nos últimos anos propostas de ensino/aprendizagem das ciências que, procurando a sua fundamentação em orientações da didática das ciências, se aproximam mais das representações epistemológicas atuais. Falamos concretamente de modelos de *aprendizagem de ciências como investigação* (Maiztegui, *et al.*, 2002), como pesquisa orientada (Hodson e Hodson, 1999), de investigação a partir de situações-problema (Gil-Pérez e Carrascosa-Alis, 1994) ou de ensino por pesquisa (Cachapuz *et al.*, 2000a; Cachapuz *et al.*, 2000b).

Estes modelos consideram a Natureza da Ciência como uma importante componente do ensino das ciências, valorizando uma educação científica não só em «em ciência» mas também «sobre ciência».

A perspetiva de ***Ensino Por Transmissão (EPT)*** radica numa visão *behaviorista* da aprendizagem, existindo um pressuposto epistemológico, empirístico, de que os conhecimentos existem fora de nós e de que, para os aprender, é suficiente escutar, ouvir com atenção. O conhecimento é visto como sendo acumulativo, absoluto e linear. Trata-se de uma didática repetitiva, com base na memorização, onde se transmite um conhecimento absoluto. O surgimento de variadas irregularidades com a introdução de quadros interpretativos provenientes de outras disciplinas e a tentativa de implementação de modelos pedagógicos intuitivos contribuiu mutuamente para a recusa unânime, a nível teórico, desta perspetiva.

Surge então, por volta dos anos 70, a perspetiva de Ensino Por Descoberta (EPD), com perspetivas empiristas/indutivistas e *behavioristas*, respetivamente. Parte-se do princípio que, a partir da observação dos factos dados ou obtidos, o aluno pode partir à descoberta do conteúdo científico. O professor desenvolve as suas estratégias definindo um único caminho possível para a descoberta pelos alunos. A avaliação deste modelo pedagógico, bem como dos seus fundamentos epistemológicos, na década de 80, em conjunto com a tentativa de introdução de outros quadros teóricos de referência, levam à adoção de outro modelo de ensino.

A perspetiva de ***Ensino por Mudança Conceptual (EMC)***, com raízes epistemológicas racionalistas e perspetiva de aprendizagem construtivista, valoriza as conceções alternativas dos alunos relativas a conceitos científicos. As estratégias usadas são a captura das conceções alternativas dos alunos e a troca conceptual desses conhecimentos pelos conhecimentos científicos. É uma estratégia que visa a sobrevalorização dos conceitos e domínios metodológicos para lidar exclusivamente com conceitos. Contudo, nota-se uma falta de acompanhamento dos

professores relativamente às questões principais do paradigma de EMC, o que levou ao enfraquecimento desta perspetiva de ensino (Cachapuz, 2000).

Para Gil-Pérez e Carrascosa-Alis (1994), o ensino/aprendizagem parte do confronto entre as ideias prévias dos alunos e as ideias cientificamente aceites, conforme era defendido nos modelos por mudança conceptual. A investigação científica não se faz para questionar ideias ou provocar a mudança conceptual, mas sim com o objetivo de lidar com problemas de interesse científico. Propõe-se então uma abordagem com base no tratamento de situações-problema. Para Gil-Pérez, as situações-problema são questões de carácter científico, que permitem construir novas ideias a partir de conhecimentos adquiridos por um trabalho investigativo. Estes investigadores sugerem uma estratégia de ensino que se baseia na organização da aprendizagem como uma atividade de investigação, elucidada na tabela 2.

**Tabela 2** - Estratégia de Ensino para organizar a aprendizagem como uma atividade de investigação (Gil-Pérez, 1994; Gil-Pérez e Carrascosa-Alis, 1994).

- 
1. Conceber situações problemáticas que, tendo em conta as ideias, visões do mundo e competências e atitudes dos alunos, geram interesse e proporcionam uma primeira conceção da tarefa.
  2. Propor um estudo qualitativo da situação-problema, tomando decisões, com auxílio de pesquisa bibliográfica para definir e delimitar problemas concretos.
  3. Orientar o tratamento científico dos problemas colocados, o que implica entre outras coisas:
    - A invenção de conceitos e emissão de hipóteses (ocasião para que as ideias prévias sejam utilizadas para fazer previsões);
    - Elaboração de estratégias de resolução (incluindo, se necessário, planificações experimentais, para testar hipóteses à luz do corpo de conhecimentos que se dispõe).
    - A resolução e a análise dos resultados, comparando-os com os obtidos por outros grupos de alunos ou pela comunidade científica, o que pode produzir conflitos cognitivos entre diferentes conceções (tomadas como hipóteses) e obrigar a conceber novas hipóteses.
  4. Propor a utilização dos novos conhecimentos em variadas situações para aprofundá-los e consolidá-los, colocando ênfase especial nas relações CTS que caracterizam o desenvolvimento científico e dirigindo todo este tratamento de forma a mostrar o carácter de corpo coerente de conhecimento que tem toda a ciência. Favorecer, em particular, as atividades de síntese (esquemas, memórias, mapas conceptuais), a elaboração de produtos, que ajudem a dar sentido à tarefa e a aumentar o interesse nela, e a conceção de novos problemas.
- 

Para Hodson e Hodson (1998), não existe um processo único e linear para realizar uma pesquisa. Defende que será útil desenvolver uma pedagogia com base em cinco fases seguintes: iniciação, planeamento, realização, interpretação e relato/comunicação.

- *Iniciação*: É a fase de interesse, empenhamento e focagem para a pesquisa. Professor ou alunos podem colocar questões interessantes. Em muitos casos poderá ser necessário estimular o

interesse e a curiosidade dos alunos. Nas fases seguintes, os alunos trabalham individualmente ou em grupo e acompanhados pelo professor para obter a informação que os conduzirá aos assuntos e questões levantadas na fase inicial.

- *Planeamento*: Tomam-se as decisões sobre o objeto, fenómeno ou evento a estudar, as fontes de informação a consultar, o tipo de experimentação a realizar, etc.

- *Realização*: As decisões tomadas na fase anterior implicam agora um trabalho que pode exigir conhecimentos e capacidades que os estudantes já possuam, ou tenham que requerer através do desenvolvimento de novas formas de pensar e agir.

- *Interpretação*: Análise dos resultados promovendo um espírito crítico dos alunos.

- *Relato e comunicação*: O aluno aprende e utiliza as distintas formas de comunicação.

Um grupo de investigadores do ensino das ciências oriundos de vários países elaborou uma proposta muito atual de aprendizagem das ciências (Maiztegui *et al.*, 2002). Nesta proposta aprofundam uma conceção da aprendizagem das ciências como atividade de investigação, relevando uma dimensão habitualmente esquecida no ensino das ciências: a dimensão tecnológica. Consideram que a aprendizagem deve incorporar de forma mais efetiva a vertente tecnológica, não só como exemplo ou aplicação do conhecimento científico, mas aproximando os estudantes do trabalho que fazem os tecnólogos. Sugerem que a aprendizagem seja planeada como um trabalho de investigação e de inovação através do tratamento de situações problemáticas, relevantes para a construção de conhecimento científico-tecnológico. As atividades devem ser abertas e criativas, orientadas pelo professor, e inspiradas em trabalhos científicos e tecnológicos. O estudo deve ser qualitativo, significativo, das situações problemáticas abordadas de forma a situá-las à luz dos conhecimentos disponíveis, dos objetivos perseguidos, formulando perguntas operativas sobre aquilo que se pesquisa. A elaboração e execução de estratégias de resolução, incluindo quando necessário, a planificação de procedimentos experimentais, para pôr à prova os conhecimentos que possuem, vai implicar um trabalho de natureza tecnológica que resulta da necessidade de resolver os problemas práticos aos quais foram sujeitos. A análise e comunicação dos resultados, comparando-os com os obtidos por outros grupos e pela comunidade científica, vai desenvolver nos estudantes uma familiaridade com a leitura e elaboração de memórias científicas e trabalhos de divulgação. Ressalve-se, contudo, que esta intervenção não deve ser entendida no sentido da prescrição de um algoritmo que guie, passo a passo, o ensino-aprendizagem. O objetivo é alertar para aspetos que são essenciais ao trabalho científico e tecnológico que não têm sido suficientemente considerado no ensino das ciências.

Há que referir a perspetiva de *Ensino por Pesquisa (EPP)*, que é uma proposta fundamentada na Nova Filosofia da Ciência que considera, além das dimensões conceptual e processual, as dimensões ética, social e cultural da produção e utilização do conhecimento científico (Cachapuz *et al.*, 2000a; Cachapuz *et al.*, 2000b). De acordo com estes autores, procura-se um distanciamento em relação a algumas das propostas de ensino por investigação anteriormente

apresentadas, já que estas estão ainda demasiado centradas no trabalho científico, desvalorizando as dimensões éticas, sociais e culturais da ciência. O EPP pressupõe a abordagem de situações-problema ligadas ao quotidiano dos alunos, que irão permitir refletir sobre os processos da ciência e da tecnologia, bem como as suas inter-relações com a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). O ensino CTSA, enquanto mobilizador de um ensino por pesquisa, levanta ao aluno a necessidade de encontrar no seu dia-a-dia a resposta para os vários problemas com que se defronta. O aluno tem aqui um papel ativo na pesquisa da solução para o problema que ele próprio formulou e, por isso, sente-se motivado para aprender. O professor, por sua vez, é problematizador dos saberes, organizador de processos de partilha, interação e reflexão crítica, promotor de debates sobre as situações-problema reais do quotidiano, sobre situações clarificadoras de valores e deve estimular o envolvimento dos alunos, o que exige mais dele cientificamente.

O EPP socorre-se de um pluralismo metodológico, isto é, envolve, entre outros, trabalho experimental e trabalho de campo, a procura, seleção e organização de informação e o debate de situações problemáticas. O trabalho experimental é um instrumento primordial para a educação científica. Mas isso implica o desenvolvimento de atividades mais abertas, valorizando contextos não estritamente académicos. Estas atividades convertem-se geradoras de situações em que os dados obtidos por via experimental promovem uma discussão conjuntamente com elementos vindos de outras fontes. É importante não esquecer a validação dos resultados, nomeadamente pelo confronto com a informação fornecida pelo professor. O professor pode e deve desempenhar o papel de orientador da pesquisa, formulando também questões para a reflexão. Valoriza-se também a abordagem de assuntos controversos e de dilemas com base em aspetos sociais, económicos e éticos da ciência.

### **1.2.3. Metodologias de ensino das Ciências**

O EPP recorre a um pluralismo metodológico. Contudo, entre as estratégias de trabalho, nas “quais se englobam tarefas e atividades várias a desenvolver a nível de práticas de ensino, destaca-se pela sua relevância no EPP o Trabalho Experimental” (Cachapuz, 2000). Antes de se perceber o porquê da importância dada ao trabalho experimental, é necessário diferenciar os termos relacionados com trabalho prático/trabalho laboratorial/trabalho de campo/trabalho experimental que têm sido usados de forma indiscriminada, refletindo alguma ambiguidade (Bastos, 2006). O esquema da figura 1 ilustra as relações existentes entre os termos relacionados.



**Figura 1** - Relação entre trabalho prático, trabalho laboratorial, trabalho de campo e trabalho experimental (Adaptado de Hodson, retirado de Célia, 2006).

O trabalho prático define-se como “atividades realizadas pelos alunos na sala de aula, no laboratório ou no campo e que implicam uma interação com materiais e equipamento” (Miguéns, 1999 *in* Fernandes e Silva, 2004). O trabalho experimental está antes relacionado com a “necessidade de controlar e manipular variáveis” (Leite, 2001). Logo, as atividades experimentais podem corresponder a atividades laboratoriais, de campo ou a qualquer outro tipo de trabalho prático. No fundo, trabalho experimental entende-se pelo “trabalho referente a investigações, que os alunos podem desenvolver recorrendo a recursos variados e constituindo-se experiências significativas que permitem a construção, no seio de comunidades de aprendizagem, de significados de conceitos próximos dos que são aceites pela comunidade científica” (Oliveira, 1999 *in* Fonseca, 2005).

Leslie Trowbridge e Rodger Bybee (1990) *in* (Valadares, 2006) descrevem que as capacidades desenvolvidas com o trabalho experimental se dividem em, capacidades aquisitivas, capacidades organizacionais, capacidades criativas, capacidades manipulativas e capacidades de comunicação. Verifica-se que é grande o prejuízo em termos de desenvolvimento de capacidades quando não se realizam atividades experimentais ou estas são mal concebidas e exploradas. Contudo, não são ainda referidas nesta classificação as capacidades do foro afetivo e social, que também são desenvolvidas através da realização de atividades experimentais num ambiente adequado na sala de aula. Todas estas capacidades preparam os alunos para a vida social, para uma cidadania crítica e responsável, para uma formação num contexto prático e numa perspetiva de interação da CTSA. O trabalho experimental, promove no aluno uma maior compreensão do conhecimento científico, nomeadamente dos conceitos científicos, seja de ordem elevada, em comparação com a compreensão do conhecimento científico transmitido pela exposição de conteúdos. O trabalho experimental é, então, um “instrumento primordial na construção de conceitos, competências, atitudes e valores” (Cachapuz, 2000).

### 1.3. A relevância do estudo

A escolha do tema leva a um enriquecimento a nível científico e tecnológico. Contudo, as vantagens que advêm deste estudo, para a atividade profissional não poderiam deixar de ser realçadas.

Diariamente as pessoas têm concepções erradas sobre o tema de radiação dos corpos, pois assumem que todos os corpos absorvem energia e emitem a mesma quantidade de energia independentemente do material que os constitui. A definição de corpo negro reporta-se a um conceito idealizado de um corpo que emite radiação térmica de forma peculiar. Como a emissão e a absorção de radiação são processos inversos, um bom emissor de radiação é também um bom absorvedor de radiação. No entanto, o espectro de radiação térmica emitida por qualquer corpo quente depende da constituição e forma do corpo, existindo corpos quentes que emitem espectros de radiação térmica de carácter universal, independentemente da forma e constituição.

De facto, todos os corpos emitem espectros de radiação térmica quando submetidos a temperaturas acima do Zero Absoluto ou  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mas nenhum corpo se comporta realmente como um emissor perfeito ou ideal. Na realidade há corpos que são melhores a emitir ou a absorver para determinados comprimentos de onda específicos, o que dificulta o estudo da interação da radiação térmica, calor e matéria usando objetos normais.

No início do século XIX, cientistas como Lord Rayleigh, Josef Stefan, Ludwig Boltzmann, Wilhelm Wien e Max Planck estudaram a radiação de corpos negros. Após várias tentativas, Planck conseguiu descrever a intensidade da luz emitida por um corpo negro a uma dada temperatura em função do comprimento de onda. O trabalho realizado por Planck sobre a radiação de corpos negros levou ao aparecimento da física quântica (Pietrocola *et al*, 2010).

Para a física clássica os fenómenos físicos definiam-se em duas categorias: os mecânicos que envolviam o movimento de objetos massivos (planetas, maçãs, partículas, etc.), e os de natureza eletromagnética. Em ambas as categorias existiam fenómenos ondulatórios. Ondas mecânicas a propagarem-se num meio material, o som por exemplo, ou por ondas eletromagnéticas que não necessitam de um meio material para se propagar, a luz por exemplo.

Desde o século XIX existia um problema em interpretar a energia contida na radiação térmica emitida por um corpo incandescente, pois todos os corpos emitem e absorvem este tipo de radiação. Como exemplo prático, temos o corpo humano que em dias frios se aquece debaixo de cobertores. Tal facto verifica-se porque o cobertor meramente evita que a radiação térmica emitida pelo corpo humano se espalhe pelo meio ambiente.

Para simular a emissão e absorção da radiação térmica de um corpo, os físicos inventaram o que se chama nos dias de hoje de corpo negro, um objeto que absorve toda a radiação que nele incide. Um modelo idealizado de corpo negro é uma caixa com um buraco pequeno, em que toda a radiação que incide sobre o buraco é capturada, em que a onda eletromagnética vai ser refletida após bater nas paredes internas da caixa sem conseguir escapar para o exterior (Santana & García, 2012). É importante referir, que a caixa em si não é o corpo negro, mas sim

apenas o buraco, pois toda a radiação que incidir sobre o buraco será absorvida e permanecerá presa no seu interior.

#### 1.4. O corpo Negro

Nosso senso comum diz que corpo negro é um objeto de cor preta que tem como propriedade absorver praticamente toda a luz que incide sobre ele. Esta definição está perto da definição correta: define-se como corpo negro o meio ou a substância que absorve toda a radiação incidente sobre ele, independentemente do comprimento de onda, direção de incidência ou estado de polarização, e conseqüentemente, nenhuma parte da radiação incidente é refletida ou transmitida. Para entender o conceito, imagine um corpo isolado do seu meio externo, com paredes isolantes. Como não há trocas com o meio externo diz-se que o corpo se encontra em equilíbrio termodinâmico, isto é, encontra-se em:

- *Equilíbrio térmico*: Não ocorrem gradientes de temperatura, a temperatura do corpo é constante e homogênea;
- *Equilíbrio mecânico*: Não existem forças líquidas ou tensões atuando sobre o corpo, ou seja, a pressão exercida sobre todas as partes do corpo é constante;
- *Equilíbrio radiativo*: O campo de radiação dentro do corpo é constante, isto é, o fluxo de radiação que entra no corpo é igual ao que sai;
- *Equilíbrio químico*: As taxas de todas as reações químicas são equilibradas pelas suas reações inversas, de forma que a composição química é a mesma em todo o corpo.

Supondo que o corpo possui uma pequena abertura na sua parede, toda a radiação que incide nessa abertura é absorvida. Pois a probabilidade de ser refletida dentro do corpo e sair pelo mesmo orifício é demasiado pequena, deste modo, diz-se que a abertura é perfeitamente absorvora ou “*negra*”, já que toda a radiação incidente por ele é absorvida. É possível construir um corpo negro quase perfeito utilizando para tal, um material condutor térmico, como o metal. A caixa deve ser completamente fechada por todos os lados, de forma que o interior forme uma cavidade que não receba luz proveniente do exterior (Santana, 2012).

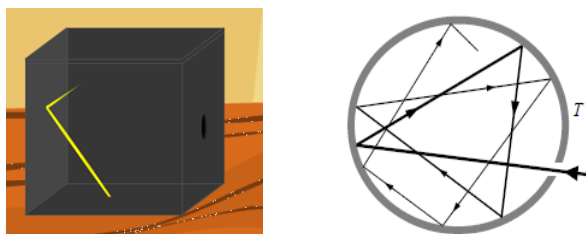


Figura 2 - Representação de um corpo negro ou ideal. Qualquer radiação que entra pelo orifício é totalmente absorvida devido às sucessivas reflexões no interior da cavidade (Adaptado de Río, 1991; [http://www.myteachingplace.com.au/page.php/resources/view\\_all?id=p5\\_radiation\\_object\\_black\\_body\\_stefan\\_boltzmann\\_law\\_wien\\_grey\\_star\\_page\\_1](http://www.myteachingplace.com.au/page.php/resources/view_all?id=p5_radiation_object_black_body_stefan_boltzmann_law_wien_grey_star_page_1), 2012).

Por causa de agitações térmicas as partículas que compõem as paredes da cavidade oscilam e produzem radiação térmica. Esta radiação térmica que sai pelo orifício alcança o equilíbrio térmico com o material que constitui o corpo sendo designada por *radiação de corpo negro ou radiação de cavidade* cujas características é ser isotrópica, não polarizada, independente da forma e da constituição do corpo, mas dependente da temperatura do corpo e do comprimento de onda da radiação.

O termo “*corpo negro*” foi introduzido por Gustav Kirchhoff em 1860. Um exemplo de um corpo “quase” negro seria utilizar um objeto coberto por uma camada de pigmento preto. Independentemente da sua composição verificava-se que todos os corpos negros à mesma temperatura emitiam radiação térmica com o mesmo espectro. Este fenómeno foi entendido por envolver equilíbrios termodinâmicos (Oliveira Filho & Saraiva, 2012).

### 1.5. Radiação do Corpo Negro

Um corpo a qualquer temperatura emite radiações eletromagnéticas. A origem da radiação eletromagnética é a aceleração de cargas elétricas. Como sabemos, a temperatura corresponde a um movimento aleatório das moléculas que mudam de direção constantemente. Uma vez que as moléculas contêm cargas elétricas, qualquer corpo emite radiação eletromagnética devido ao movimento térmico das suas moléculas, esta radiação é designada por radiação térmica. Como exemplo, “sente-se” a emissão de calor proveniente de um ferro elétrico ligado mas não se visualizam as ondas eletromagnéticas por ele emitidas, pois para baixas temperaturas a taxa de emissão máxima encontra-se na região dos infravermelhos. Um outro exemplo prático é uma brasa incandescente. Ao aproximar-nos constatamos a existência de radiação térmica, pois mesmo se o ar ao nosso redor estiver frio constatamos um aquecimento da nossa pele. Nesta situação, o calor que nos atinge não se propaga por convecção mas sim sob a forma de radiação eletromagnética. Observamos uma radiação avermelhada adquirida pelo carvão ao queimar. O carvão tem uma tonalidade preta, ou seja, não reflete luz mas ao alcançar uma temperatura suficientemente alta, passa a emitir na região do visível do espectro eletromagnético.

Vamos prosseguir com o exemplo da caixa com um pequeno orifício, representado na figura 2. Consideremos agora que a cavidade está a uma temperatura  $T$  e, portanto, emite radiação térmica que é absorvida e emitida pelas paredes internas e, eventualmente sai pelo orifício. Como já vimos, o orifício tem propriedades de um corpo negro, portanto, a radiação que sai por ele tem propriedades de radiação de corpo negro, mas, já que ela é meramente uma amostra da radiação que existe dentro da cavidade, podemos dizer que a radiação dentro da cavidade tem propriedades de radiação de corpo negro.

## 1.6. Leis associadas à Radiação de um Corpo Negro

Seja  $I$  a intensidade da radiação eletromagnética emitida em todos os comprimentos de onda (cdo). Num intervalo de comprimentos de ondas entre  $\lambda$  e  $\lambda + d\lambda$ , a intensidade relaciona-se com a *radiância espectral*  $R(\lambda)$ , como

$$dI = R(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

Assim a radiância espectral é a intensidade de radiação emitida pelo corpo por cdo.

### 1.6.1. Lei de Stefan-Boltzmann e Lei do Deslocamento de Wien

Constata-se que:

- 1- A intensidade da radiação aumenta com a quarta potência da temperatura absoluta, isto é,

$$I = \int R(\lambda) d\lambda = \sigma T^4 \quad (2)$$

onde  $\sigma$  é uma constante (Anexo 2).

Esta é a *Lei de Stefan Boltzmann*, e  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann de valor  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ . Verifica-se que das expressões matemáticas (1) e (2) que a intensidade total da radiação emitida por um corpo negro,  $I$ , é a área debaixo da curva que representa a função  $R(\lambda)$ .

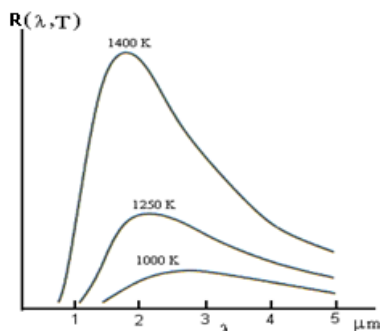


Figura 3 - Radiância espectral de um corpo negro em função do comprimento de onda (Adaptado de: <http://www.cursosvirt2.dominiotemporario.com/EaD/qq/aula-4/aula-4.htm>, 2012).

- 2- O cdo,  $\lambda_{m\acute{a}x}$ , para a qual a função  $R(\lambda)$  é máxima é inversamente proporcional à temperatura absoluta:

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{b}{T} \quad (3)$$

onde  $b = 2,898 \times 10^{-3} \text{ m K}$  (Anexo 3). Esta é a *Lei do Deslocamento de Wien*.

### 1.6.2. Lei de Rayleigh - Jeans

A tentativa de interpretar estes resultados, e a forma da curva no gráfico da radiância, figura 3, à luz das teorias clássicas do eletromagnetismo e termodinâmica resultaram num fracasso. As primeiras medidas precisas desta grandeza foram feitas por Lummer e Pringsheim em 1899 (Alonso & Finn, 1978).

A previsão clássica para a radiância é a *Lei de Rayleigh - Jeans*:

$$R(\lambda) = \frac{c}{4} \frac{8\pi}{\lambda^4} K_B T \quad (4)$$

onde  $K_B$  é a constante de Stefan-Boltzmann e  $c$  a velocidade da luz (dedução matemática em Anexo). Se é verdade que esta lei prevê, e de forma bastante correta, a radiância em cdo grandes, proporcional a  $\lambda^{-4}$ , é também evidente que para cdo pequenos a  $R(\lambda)$  torna-se infinitamente grande. Esta discrepância entre a previsão teórica da física clássica e a realidade designa-se por *catástrofe do ultravioleta*, em que o maior cdo considerado nesta altura era a radiação ultravioleta.

### 1.6.3. Lei de Planck

A solução de Planck resulta em substituir na fórmula de Rayleigh - Jeans, a energia média clássica correspondente a cada modo do campo, o valor  $K_B T$ , por uma nova expressão:

$$K_B T \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda K_B T}} - 1} = \frac{E_\lambda}{e^{\frac{E_\lambda}{K_B T}} - 1} \quad (5)$$

Planck considera que a emissão e absorção de radiação de cdo  $\lambda$  se faz em quantidades discretas mínimas de energia,

$$E_\lambda = \frac{hc}{\lambda} \quad (6)$$

Encontrando uma nova expressão (5) para exprimir a energia média dos modos do campo com cdo,  $\lambda$ .

À luz da moderna física estatística quântica, a Lei de Planck que resulta da substituição da expressão matemática (5) na fórmula de Rayleigh - Jeans:

$$R(\lambda) = \left(\frac{c}{4} \frac{8\pi}{\lambda^4}\right) \cdot \left(\frac{hc}{\lambda}\right) \cdot \left(\frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda K_B T}} - 1}\right) \quad (7)$$

é interpretado como o número de fótons que têm cdo,  $\lambda$ , multiplicado pela energia de cada um destes fótons,  $\frac{hc}{\lambda}$ . O número de fótons com cdo  $\lambda$  é precisamente o número de um fótons em cada estado com esse cdo, dada pela distribuição de Bose-Einstein:

$$F_{BE} = \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1} \quad (8)$$

multiplicado pelo número de estados correspondentes, que vale  $\frac{8\pi}{\lambda^4}$  (anexo 1) e o factor  $\frac{c}{4}$  que relaciona a radiância com a densidade de energia radiante (anexo 1).

A Lei de Planck, mais composta fica:

$$R(\lambda) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1} \quad (9)$$

Reproduz corretamente a radiância espectral do corpo negro determinado experimentalmente. A sugestão de Planck, revolucionária, relacionando a energia de emissão e de absorção de uma onda eletromagnética com o seu cdo resolveu o problema da radiação do corpo negro. Mas surpreendentemente iria levantar outras questões, cujas respostas levariam finalmente à elaboração da Mecânica Quântica um quarto de século mais tarde.

Planck não propõe que seja a própria radiação que tem um carácter corpuscular, essa hipótese é feita por Einstein em 1905 ao propor uma nova explicação para o efeito fotoelétrico. A natureza ondulatória da luz, solidamente estabelecida, não é posta em causa por Planck. A compreensão do “porquê” da emissão e absorção da radiação em “quanta” de energia discretas, entendia-se que passaria por um melhor conhecimento da estrutura de matéria e dos átomos, e não da luz.

Na verdade, só com as experiências de Compton, em 1923, é que o conceito do fóton como entidade física real foi aceite. A aceitação da natureza dual - onda e partícula - de luz foi então estendida por de Broglie em 1924, à própria matéria, e levaria à formulação da Mecânica Quântica nos anos seguintes.

A hipótese de Planck, ainda longe da Física Quântica é todavia o primeiro passo no caminho que levou ao aparecimento desta nova física.

#### 1.6.4. Radiação cósmica de fundo

Uma descoberta importante foi em 1934 pelo físico Richard Tolman que mostrou que o universo em expansão deveria estar preenchido de radiação térmica caracterizada pelo espectro do corpo negro. A teoria do Big Bang nasceu do esforço de Gamow e seus colaboradores em tentar explicar a origem dos elementos químicos num universo primordial quente. Eles perceberam como um remanescente da síntese de elementos pesados no Universo primordial, restaria uma radiação de

fundo de espectro térmico com uma temperatura presente que eles estimaram de 5 K (Gamow, 1946; Gamow, 1948a; Gamow, 1948b; Alpher & Herman, 1948).

Quando universo esfriou para uma temperatura de 3000 K, a matéria estava principalmente na forma de átomos de hidrogénio que interagia com a radiação eletromagnética apenas nas frequências do espectro do hidrogénio. A radiação cósmica de fundo é uma radiação eletromagnética que preenche todo o universo, cujo espectro é o de um corpo negro a uma temperatura de 2,7 K.

Segundo essa teoria, o universo inicial era composto de um plasma quente de fótons, elétrons e bárions. Os fótons interagem constantemente com o plasma através do Efeito Compton. À medida que o universo se expandia, o desvio para o vermelho cosmológico fazia com que se desse o arrefecimento do plasma até os elétrons se combinarem com os núcleos dos átomos de hidrogénio e hélio para formarem átomos. Isso aconteceu quando o universo atingiu uma temperatura de 3000 K, ou quando o universo tinha aproximadamente 380 000 anos de idade. Nesse momento, os fótons puderam começar a deambular livremente pelo espaço, designando-se este processo de "recombinação". Os fótons continuaram a arrefecer até atingirem uma temperatura de 2,7 K e esta temperatura continua a diminuir enquanto o universo continua a expandir-se. Assim, a radiação do espaço que se mede hoje é oriunda de uma superfície esférica, chamada superfície de última difusão, que representa a coleção de pontos no espaço (a cerca de 46 bilhões de anos-luz da Terra) na qual ocorreu o processo de recombinação descrito acima.

## 1.7. Objetivo do trabalho

Com este trabalho, pretende-se estudar o comportamento de corpos negros através da dedução da Lei de Stefan-Boltzmann e da Lei de Wien. Dentro de todo os temas que o Universo nos oferece, foi selecionado uma abordagem teórica e experimental recorrendo a simulações/*applets* das equações relativas à determinação da radiação que incide na superfície de um corpo negro.

Como se trata de um trabalho investigacional de final de mestrado, o tema foi tratado cuidadosamente, procurando sempre transmitir de forma clara e concisa o conhecimento para que posteriormente, os que vierem reler o trabalho desenvolvido este consiga contribuir de forma positiva para o desenvolvimento e compreensão do comportamento de corpos negros.

# Capítulo 2- Breve História dos Cientistas

## 2. Introdução

Nesta secção encontra-se descrito uma breve história dos cientistas que contribuíram no estudo da Lei de Stefan-Boltzmann e Lei do Deslocamento de Wien, para explicar o comportamento de corpos negros.

### 2.1. Kirchhoff



Gustav Robert Kirchhoff, (Königsberg, Prússia, 12 de março de 1824 - Berlim, Alemanha, 17 de outubro de 1887) foi um físico alemão com importantes contribuições científicas em campos tão diversos como circuitos elétricos, espectroscopia, radiação de corpos negros, e teoria da elasticidade.

Kirchhoff formulou as leis dos nós e das malhas na análise de circuitos elétricos (Leis de Kirchhoff) em 1845, quando ainda era estudante. Propôs a sua lei da emissão de radiação térmica em 1859, comprovando-a em 1861. Em 1854 transferiu-se para a Universidade de Heidelberg, onde colaborou em trabalhos de espectroscopia com Robert Bunsen, descobrindo conjuntamente os elementos célio e rubídio em 1861, através da análise de espectros de emissão. Kirchhoff propôs o nome de “radiação do corpo negro” em 1862, enunciou ainda três leis que descrevem os espectros de emissão de luz por objetos incandescentes:

- Um objeto sólido aquecido produz luz com espectro contínuo.
- Um gás ténue produz luz com linhas espectrais em comprimentos de onda discretos que dependem da composição química do gás.
- Um objeto sólido a alta temperatura rodeado de um gás ténue a temperaturas inferiores produz luz num espectro contínuo com vazios em certos comprimentos de onda discretos cujas posições dependem da composição química do gás (Kirchhoff, 2005; Robertson & O'Connor, 2012).

### 2.2. Rayleigh e Jeans



John William Strutt (Maldon, Essex, 12 de novembro de 1842 - Witham, Essex, 30 de junho de 1919) conhecido como o 3º Barão de Rayleigh de Terling Place, Witham, condado de Essex. Foi um matemático e físico inglês, conhecido pelas suas pesquisas em fenómenos ondulatórios. Juntamente com o químico inglês Sir William Ramsay recebeu o Nobel de Física, em 1904, por pesquisas sobre a densidade dos gases mais importantes e pela descoberta do

árgon.

Foi também um influente pesquisador nas áreas da ótica, espectroscopia, eletricidade e acústica (Rayleigh, 2012).

Sir James Hopwood Jeans (Ormskirk, Lancashire, 11 de setembro de 1877 - Dorking, Surrey, 16 de setembro de 1946) era físico, astrônomo e matemático britânico.



As suas contribuições foram importantes em muitas áreas da física, incluindo a teoria quântica, a teoria da radiação e a evolução estelar. Jeans juntamente com Arthur Eddington, foi pioneiro britânico em cosmologia. Foi o primeiro a propor uma teoria do estado estacionário baseada na hipótese da criação contínua da matéria no universo. Mais tarde demonstrou-se falsa com o descobrimento da radiação de fundo de micro-ondas, interpretada como a “assinatura” do Big Bang (Jeans, 2012).

### 2.3. Planck



Max Karl Ernst Ludwig Planck (Kiel, 23 de abril de 1858 - Göttingen, 4 de outubro de 1947) foi um físico alemão, considerado o pai da teoria quântica.

Planck desenvolveu no início trabalhos de investigação sobre termodinâmica, entropia, termoeletricidade e soluções. Em 1899, descobriu uma nova relação entre a energia e a frequência da radiação, designada atualmente por Constante de Planck em sua homenagem. Esta constante tem por base a energia emitida por um corpo negro, a qual só podia assumir valores de quanta, “pacotes” de luz. A descoberta dos quanta de energia promoveu um avanço na Física.

Após um ano, descobriu a lei da radiação térmica, designada por Lei de Planck da Radiação. Em 1918 Planck foi premiado com o Prémio Nobel da Física (Planck, 2012).

### 2.4. Wien

Físico alemão, de nome Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz Wien, nasceu em 1864, na Prússia Oriental, e faleceu em 1928, em Munique.

Desenvolveu trabalhos de investigação científica em diversos domínios da física. Ficou conhecido pelos estudos sobre a radiação eletromagnética do corpo negro, corpo hipotético que absorve toda a radiação que incide sobre ele. Descobriu a sua Lei do Deslocamento de Wien ou Lei do Deslocamento de Wien em 1893.



Foi premiado com o prémio Nobel da Física, em 1911, pelas suas descobertas sobre as leis que regem a radiação de calor (Wien, 2012).

## 2.5. Stefan e Boltzmann



Josef Stefan nasceu a 24 de março de 1835 em St. Peter - Klagenfurt, Áustria.

Stefan interessava-se por campos da física como o eletromagnetismo, ótica, ficando conhecido pela teoria cinética dos gases.

Em 1879, Stefan estudou as perdas térmicas de corpos quentes os quais arrefeciam rapidamente em relação à Lei do arrefecimento de Newton. Demonstrou que a taxa de perda térmica por unidade de área era proporcional à quarta potência da temperatura absoluta. Esta relação ficou conhecida por Lei de Stefan em que a constante de proporcionalidade foi designada por constante de Stefan.

Em 1884 Boltzmann, que fora aluno de Stefan demonstrou a validade da lei defendida por Stefan utilizando a teoria cinética e a termodinâmica, em que esta era válida para emissores ideais, corpos negros. A lei ficou conhecida como a Lei designada de Stefan-Boltzmann (Stefan, 2012).

Ludwing Boltzmann nasceu a 20 de fevereiro de 1844 em Landstrasse - Viena, Áustria, e faleceu a 5 de outubro de 1906, em Áustria.

Pelo desenvolvimento da teoria cinética dos gases, após doutorar-se em ciências físicas na Universidade de Viena (1866), tornou-se professor de física teórica em Graz, depois de ter sido assistente do físico esloveno Josef Stefan (1835-1893). Desta parceria resultou a demonstração da lei empírica chamada Lei de Stefan-Boltzmann.



É considerado o grande gênio da teoria cinética dos gases, onde utilizou os princípios da mecânica para explicar os fenômenos da termodinâmica. Foi o fundador da Mecânica Estatística e sistematizou o conceito de Entropia, tendência natural da energia se degradar e da ordem evoluir invariavelmente para a desordem. Estabeleceu a relação entre entropia e probabilidade (Santoro, 2011; Boltzmann, 2012).

# Capítulo 3- Revisão Temática do Programa Nacional do Ensino Secundário

## 3. Introdução

Neste capítulo faz-se uma apresentação sucinta da revisão realizada aos currículos e programa para o Ensino da Física em Portugal.

### 3.1. Programa Nacional do Ensino Secundário numa perspetiva da Física

Em Portugal, não existe um único programa no Ensino Secundário para as disciplinas com componente na área Física e Química. Pois os alunos durante dois anos letivos, 10º e 11º anos, frequentam ambas componentes, no entanto, num último ano letivo, 12º ano, dependendo da escolha do aluno, este poderá frequentar apenas a componente da Física ou da Química, independentemente da área de estudo até então frequentada (Bello *et al*, 2001).

O programa de Física e Química A do 10º Ano na componente de Física está desenvolvido em torno da compreensão da Lei da Conservação da Energia, permitindo abordar diversos conceitos nas áreas da Termodinâmica, da Mecânica e da Eletricidade nunca esquecendo a perspetiva de educação ambiental. Os temas abordados encontram-se divididos em três unidades, conforme referenciado na Tabela 3.

Tabela 3 - Unidades e temas da componente de Física de 10º Ano (Bello *et al*, 2001).

Módulo Inicial: Das fontes de energia ao utilizador	Unidade 1: do Sol ao Aquecimento	Unidade 2: Energia em Movimento
Situação energética mundial e degradação da energia.	Energia - do Sol para a Terra.	Transferências e transformações de energia em sistemas complexos - aproximação ao modelo da partícula material.
Conservação da energia.	A energia no aquecimento / arrefecimento de sistemas.	Energia de sistemas em movimento de translação.

O módulo inicial tem como finalidade permitir a sistematização e consolidação de conhecimentos e competências essenciais previstos no programa do 3º ciclo do Ensino Básico. No final deste módulo, o aluno deverá ser capaz de: analisar e comparar dados relativos a estimativas de “consumo” energético nas principais atividades humanas e reconhecer a necessidade de utilização de energias renováveis; explicar as vantagens e inconvenientes da utilização destas

energias renováveis e não renováveis; interpretar as transferências e transformações de energia observadas com base na Lei da Conservação de Energia; caracterizar as energias em termos de calor, radiação e trabalho.

A unidade 1 tem como objetivo a compreensão de que os fenômenos que ocorrem na Natureza obedecem a duas leis gerais: a 1ª e a 2ª Leis da Termodinâmica, que regem a evolução do Universo. No final desta unidade, o aluno deverá conseguir: explicar que a temperatura média da Terra é majoritariamente determinada pela radiação que ela recebe do Sol, mas que esta também emite energia, pois, caso contrário, ficaria cada vez mais quente; identificar um sistema termodinâmico; indicar que todos os corpos irradiam energia; relacionar a potência total irradiada por uma superfície com a respectiva área e a quarta potência da sua temperatura absoluta (Lei de Stefan-Boltzmann); identificar a zona do espectro eletromagnético em que é máxima a potência irradiada por um corpo (deslocamento de Wien); relacionar as zonas do espectro em que é máxima a potência irradiada pelo Sol e pela Terra com as respectivas temperaturas; identificar situações de equilíbrio térmico; explicitar o significado da Lei Zero da Termodinâmica; explicar que as taxas de absorção e de emissão de radiação são iguais quando o sistema está em equilíbrio térmico com as vizinhanças; determinar balanços energéticos entre a energia solar absorvida e a energia da radiação emitida pela superfície da Terra e atmosfera e interpretar o valor real da temperatura média da Terra.

Na unidade 2 pretende-se continuar o estudo da conservação da energia em sistemas isolados, dando-se ênfase a sistemas puramente mecânicos. O aluno no final desta unidade conseguirá: analisar e identificar as principais transferências e transformações de energia (energia útil e energia dissipada); identificar um sistema mecânico e um sistema termodinâmico; identificar em corpos as forças de atrito como forças dissipativas; associar a ação das forças dissipativas num sistema complexo com variações de energia mecânica e interna; explicar que não é possível representar o sistema por uma só partícula (centro de massa) quando se pretende estudar fenômenos de aquecimento a partir de variações de energia interna; identificar a força eficaz como a componente da força responsável pelo trabalho realizado sobre o centro de massa do sistema; indicar as condições em que a ação de uma força contribui para um aumento ou diminuição de energia do centro de massa do sistema; calcular o trabalho realizado por uma força constante qualquer que seja a sua direção em relação à direção do movimento; reconhecer que, no modelo do centro de massa, a ação de forças dissipativas se traduz apenas numa diminuição de energia mecânica; aplicar o teorema da energia cinética em movimentos de translação, sob a ação de forças constantes; calcular o trabalho realizado pelo peso e identificar o peso como força conservativa; relacionar o trabalho realizado pelo peso com a variação da energia potencial gravítica; explicitar que, se num sistema só atuarem forças conservativas e/ou forças que não realizem trabalho, a energia mecânica permanece constante; relacionar a variação de energia mecânica de um sistema com o trabalho realizado por forças não

conservativas; analisar situações do dia-a-dia sob o ponto de vista da conservação da energia mecânica e calcular rendimentos em sistemas mecânicos (Bello *et al*, 2001).

### 3.2. Revisão do Programa de Física e Química A do 10º Ano

A disciplina de Física e Química tem um peso de 16 % no currículo dos alunos, que corresponde a 4,5 horas letivas por semana, devendo estas ser divididas em três turnos de 90 minutos. É uma disciplina de tronco comum do Curso Geral de Ciências Naturais e do Curso Geral de Ciências e Tecnologias do Ensino Secundário. Um dos turnos de 90 minutos deve ser dedicado, exclusivamente ao carácter prático-laboratorial, devendo estas aulas ser conduzidas num laboratório devidamente equipado com apoio se possível de um Técnico de Laboratório.

O programa deve ser adaptado à realidade sociológica dos alunos/professores, à necessidade de formar alunos com um nível de conhecimentos adequado, em que, a concretização do programa e destes objetivos pressupõem uma aposta indiscutível no carácter prático do estudo das ciências, incentivando-se o trabalho individual e em grupos.

O ensino das ciências neste programa assume três vertentes:

- A formação mais tradicional de conceitos, leis, princípios e teorias, numa construção mais conceptual.
- Reflexão sobre os aspetos de desenvolvimento da Física e consequências sócio-científicas desses desenvolvimentos.
- A cultura individual e influências das aprendizagens no dia-a-dia do cidadão (Bello *et al*, 2001).

A disciplina espelha as finalidades do Ensino Secundário como expandir o conhecimento em Física e Química, relacionando os desenvolvimentos científicos com os aspetos sociais, políticos e ambientais e perceber a importância de experimentação no desenvolvimento dos conhecimentos científicos. No entanto, estes itens devem contribuir para o desenvolvimento do indivíduo como cidadão crítico, capaz de formar opiniões fundamentadas e capaz de as defender nos fóruns apropriados (Bello *et al*, 2001).

As orientações fornecidas em contexto escolar para o ensino das ciências ditas experimentais, passam pelo papel de atividades práticas. Apesar de existir algumas controvérsias sobre a realização de trabalho prático, este continua a ser uma componente fundamental e importante para a formação em ciências dos educandos, no domínio da Química e da Física. No entanto o trabalho prático adquire vários significados, nomeadamente: “trabalho prático”, “trabalho laboratorial” e “trabalho experimental”.

•Trabalho ou atividade prática (AP) - tarefas realizadas pelos alunos manipulando os diversos recursos / materiais, dentro ou fora da sala de aula.

•Trabalho ou atividade laboratorial (AL) - os alunos realizam o trabalho prático individualmente ou em grupo, no laboratório.

•Trabalho experimental (TE) - os alunos manipulam variáveis, quer na forma de experiência guiada quer na forma de investigação. O trabalho experimental pode ser do tipo laboratorial ou não e do tipo experimental ou não (Bello *et al*, 2001).

O programa refere como mais-valia, o recurso das novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) por constituírem um excelente potenciador do processo ensino-aprendizagem (Bello *et al*, 2001).

### **3.2.1. Objetivo de ensino para a Unidade 1: Energia - do Sol para a Terra**

Os conceitos a desenvolver na Unidade 1 propostos pelos autores do Programa Nacional de Física e Química A do 10º Ano encontram-se seguidamente enumerados (Bello *et al*, 2001).

#### **✓ *Energia - do Sol para a Terra***

- Balanço energético da Terra:
  - Emissão e absorção de radiação. Lei de Stefan - Boltzmann. Deslocamento de Wien;
  - Sistema termodinâmico;
  - Equilíbrio térmico. Lei Zero da Termodinâmica.
- A radiação solar na produção da energia elétrica - painel fotovoltaico.

#### **✓ *A energia no aquecimento/arrefecimento de sistemas***

- Mecanismos de transferência de calor: condução e convecção;
- Materiais condutores e isoladores do calor. Condutividade térmica;
- 1ª Lei da Termodinâmica;
- Degradação da energia. 2ª Lei da Termodinâmica;
- Rendimento.

# Capítulo 4-Aula investigacional na Física

## 4. Introdução

Seguidamente encontra-se discriminado a aula investigacional na área da Física, para o 10º Ano, ensino Secundário. Estas aulas pretendem avaliar conceitos adquiridos pelos alunos ao longo do percurso educativo para que estes sejam capazes de caracterizar, identificar e relacionar novos conceitos expostos nas aulas sobre a radiação de corpos negros, Lei de Stefan-Boltzmann e Lei do Deslocamento de Wien. Seguidamente estão referenciados os planos de aula e os recursos educativos didáticos elaborados para melhorar a aquisição dos conceitos pelos alunos.

### 4.1. Plano de aula investigacional

O plano de aula investigacional englobaria dois blocos de 90 minutos. Na primeira destas aulas, seria abordado o fenómeno de emissão e absorção de radiação de corpos, a Lei de Stefan-Boltzmann e exploração de uma ficha de trabalho. Na segunda aula, seria abordado o tema da Lei do Deslocamento de Wien, realizando-se uma atividade laboratorial com auxílio de uma simulação computacional e continuação da exploração da ficha de trabalho disponibilizada na plataforma *Moodle* aos alunos, na primeira aula.

*Plano da primeira Aula:* Lei de Stefan-Boltzmann

 <b>ESCOLA SECUNDÁRIA QUINTA DAS PALMEIRAS</b>	 <b>Física e Química A</b> Ano Letivo: 2011/2012
<b>Plano de Aula</b>	

Aluna Estagiária: Laura Catarina Seco Antunes Grupo Disciplinar: 510

Dia: 25/06/2012 Hora: 90 minutos Sala: 24 (Bloco C) Turma: A Ano: 10º

Unidade didática lecionada: Sol e Aquecimento

Nomes dos Avaliadores: Sandra Costa Cargo: Professora Orientadora Pedagógica

Paulo Parada Cargo: Professor Orientador Científico

## SUMÁRIO

Emissão e absorção de radiação.  
Lei de Stefan-Boltzmann.  
Resolução de exercícios de aplicação.

## PRÉ-REQUISITOS

- Conceito de onda, frequência, amplitude e comprimento de onda.
- Identificar os tipos de radiação eletromagnética.
- Identificar os diversos tipos de espectros (contínuos e descontínuos)
- Conceito de cor de um corpo que resulta do somatório das várias radiações emitidas pelo corpo no visível.
- Relacionar as temperaturas Celsius e Kelvin através da expressão:  $T \text{ (K)} = t \text{ (}^\circ\text{C)} + 273,15$ .

## OBJECTIVOS

(O ALUNO DEVE SER CAPAZ DE:)

- Reconhecer que os corpos emitem radiação em consequência da agitação térmica/vibração dos seus corpúsculos (átomos, moléculas ou iões).
- Reconhecer que as frequências e amplitudes das ondas eletromagnéticas emitidas pelos corpos dependem da forma como vibram os corpúsculos.
- Reconhecer que o resultado da emissão da radiação de um corpo é um espectro contínuo porque os corpúsculos não oscilam todas da mesma maneira.
- Reconhecer que um corpo negro é um corpo ideal com características específicas de emissão e absorção de radiação.
- Reconhecer que a intensidade total da radiação emitida por um corpo negro é a área abaixo da curva obtida pela radiância espectral em função do comprimento de onda para uma dada temperatura.
- Enunciar a Lei de Stefan-Boltzmann (a intensidade total de radiação emitida por um corpo negro varia com quarta potência da temperatura absoluta).
- Reconhecer que a intensidade da radiação é a energia emitida por unidade de tempo e por unidade de área, ou seja, é uma potência por unidade de área.
- Reconhecer que todos os corpos emitem radiação qualquer que seja a sua temperatura.
- Reconhecer que os corpos reais não se comportam exatamente como um corpo negro.
- Reconhecer que para corpos reais a Lei de Stefan-Boltzmann é reformulada entrando-se em linha de conta com a emissividade do corpo em estudo.

- Reconhecer que quanto maior a emissividade de um corpo, maior será a radiação absorvida e emitida, isto é, um bom emissor de radiação é também um bom absorvedor de radiação.
- Determinar a área de um corpo negro a partir da Lei de Stefan-Boltzmann.

CONTEÚDOS	RECURSOS E MATERIAIS
Emissão e absorção de radiação. Lei de Stefan-Boltzmann.	Computador. Projektor. Manual escolar. Apresentação <i>PowerPoint</i> disponível na plataforma <i>Moodle</i> . Simulações disponíveis na plataforma <i>Moodle</i> . Ficha de trabalho disponível na plataforma <i>Moodle</i> .

#### AVALIAÇÃO: modalidade e instrumentos

Observação direta do desempenho e atitudes dos alunos.  
Respostas às questões colocadas pela professora no decorrer da aula.

#### OPERACIONALIZAÇÃO / DESENVOLVIMENTO DA AULA

- ↳ Dar-se-á início à aula escrevendo o sumário no quadro.
- ↳ Em seguida, a professora irá lembrar aos alunos que a Terra é um corpo que emite energia por radiação. Para tal, a professora irá questionar os alunos: “Será que todos os corpos radiam energia por radiação?”. A professora irá aguardar pelas respostas dos alunos, elucidando que todos os corpos são constituídos por corpúsculos (átomos, moléculas ou iões) que se encontram em permanente agitação a uma dada temperatura emitindo ondas eletromagnéticas. A professora irá referir que a frequência e as amplitudes das ondas eletromagnéticas emitidas pelo corpo depende da forma como oscilam os corpúsculos. Por fim, a professora irá registar no quadro que todos os corpos que têm temperatura emitem radiação eletromagnética e, dependendo da temperatura a que se encontram, emitem radiações com comprimentos de onda específicos, em que o resultado da emissão da radiação é um espectro contínuo designado por espectro de radiação térmica.
- ↳ A professora recorrendo à apresentação em *Power Point* disponível na plataforma *Moodle* lembrará com os alunos os tipos de espectros de radiação: espectros contínuos e descontínuos de emissão e os espectros contínuos e descontínuos de absorção.
- ↳ Posteriormente a professora levantará uma questão: “O que entendem por corpo negro?”. A professora irá aguardar pelas respostas dos alunos e mencionará que um corpo negro é um

corpo ideal com características específicas. Para tal, a professora irá recorrer à apresentação em *Power Point* disponível na plataforma *Moodle* para que os alunos ouçam a definição de corpo negro e visualizem as características de um corpo negro.

↳ Posteriormente, a professora com o auxílio do *applet*: [http://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum\\_en.html](http://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_en.html) irá mostrar uma radiação emitida por um corpo negro à temperatura de 5800 K. Seguidamente, a professora analisará o gráfico com os alunos e referirá que no eixo das ordenadas temos uma variável a qual designamos por intensidade total da radiação emitida, que se simboliza pela letra  $I$ , e no eixo das abcissas temos o comprimento de onda, que se simboliza por  $\lambda$ .

↳ A professora questionará os alunos sobre como se poderia determinar a intensidade total da radiação emitida pelo corpo negro a esta temperatura, através da curva representada graficamente. A professora aguardará pelas respostas dos alunos e, seguidamente explicitará que a intensidade total da radiação emitida pelo corpo negro à temperatura de 5800 K é obtida pela “área” abaixo da curva.

↳ Seguidamente a professora informará os alunos que o físico esloveno, Jean Stefan em 1879, estudou o comportamento de corpos negros e observou experimentalmente que todos os corpos emitiam energia com uma dada potência, no entanto, em 1884, o físico austríaco Ludwig Boltzmann demonstrou teoricamente a relação que Jean Stefan tinha afirmado. Em conjunto formularam uma Lei designada por Lei de Stefan-Boltzmann que relaciona a intensidade total da radiação emitida por um corpo negro com a temperatura.

↳ A professora irá elucidar que a Lei de Stefan-Boltzmann relaciona a intensidade total da radiação emitida por um corpo negro com a quarta potência da temperatura. Esta relação verifica-se pela seguinte expressão matemática  $I = \sigma T^4$  que a professora irá redigir no quadro, onde  $\sigma$  é a constante de Boltzmann de valor  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$  e  $I$  é a intensidade total da radiação emitida pelo corpo, em que a unidade no SI é  $\text{W m}^{-2}$ , e  $T$  é a temperatura absoluta, em que a unidade no SI é K. Através da apresentação em *Power Point* disponível na plataforma *Moodle*, os alunos irão confirmar o que a professora terminou de explicar.

↳ Por fim, a professora irá afirmar que esta expressão matemática apenas se verifica para um corpo negro/corpo ideal, em que a intensidade total da radiação emitida pelo corpo negro e a temperatura são grandezas proporcionais, ou seja, a intensidade total da radiação emitida pelo corpo negro aumenta com a quarta potência da temperatura logo ambas as grandezas não são diretamente proporcionais.

↳ Posteriormente, a professora irá fazer uma análise dimensional das variáveis no quadro. Para tal, a professora irá questionar os alunos: “Mas o que é a intensidade da radiação emitida,  $I$ ?”. A professora irá aguardar as respostas dadas pelos alunos e informará que a intensidade da radiação emitida é a energia emitida por unidade de área, ou seja, é uma potência por unidade de área, redigindo as seguintes expressões matemáticas no quadro.  $I = \frac{P}{A}$  mas  $P = \frac{E}{\Delta t}$  então substituindo a expressão da potência na expressão da intensidade total da radiação emitida por um corpo negro vem  $I = \frac{P}{A \cdot \Delta t}$ .

↳ Seguidamente a professora irá sugerir aos alunos que determinem as expressões que exprimem a potência total da radiação emitida por um corpo negro e a energia que este corpo emite num dado intervalo de tempo. A professora como dica para os alunos, informará que terão de recorrer à Lei de Stefan-Boltzmann e fazer as respetivas substituições nas expressões matemáticas. Após algum tempo, a professora irá pedir para um aluno ir ao quadro fazer as deduções, no final os alunos terão de confirmar que a expressão matemática que representa a potência total da radiação emitida por um corpo negro é dada por:  $P = A \cdot \sigma \cdot T^4$ , e a expressão matemática que representa a energia emitida por um corpo negro é dada por:  $E = A \cdot \Delta t \cdot \sigma \cdot T^4$ .

↳ A professora irá explicitar que todos os corpos emitem energia, basta para isso que tenham uma temperatura diferente de zero absoluto (0 K), temperatura esta difícil de alcançar, logo não existem corpos negro. Um exemplo aproximado de um corpo negro são as estrelas mas os corpos reais não se comportam exatamente como um corpo negro, então as expressões matemáticas para determinar a intensidade total da radiação emitida e a potência total da radiação emitida pelo corpo real é dada por:  $I = e \cdot \sigma \cdot T^4$  e  $P = e \cdot A \cdot \sigma \cdot T^4$ , onde  $e$  é a emissividade do corpo, compreendido entre 0 e 1, onde o fator 0 é utilizado para corpos refletos perfeitos (não absorvem nenhuma radiação) e o fator 1 é utilizado para corpos negros (absorvedor perfeito).

↳ Para melhor perceção do significado de emissividade de um corpo, a professora irá projetar no quadro o diapositivo 9 da apresentação em *Power Point* disponível na plataforma *Moodle*, onde os alunos irão visualizar e ouvir as diferenças de emissividade de uma superfície preta e branca e, as características principais de um bom absorvedor de radiação infravermelho e de um bom emissor de radiação infravermelho.

↳ Para melhor consolidação dos conceitos abordados, a professora irá sugerir aos alunos a realização do exercício da apresentação em *Power Point*. A professora irá dar algum tempo aos alunos para resolverem, enquanto a professora aproveita para retirar dúvidas que possam surgir aos alunos. Após algum tempo, a professora irá sugerir aos alunos que resolvam no quadro as respetivas alíneas do exercício, sendo supervisionada a resolução do exercício pela professora.

↳ Seguidamente, a professora introduzirá o conceito de cor. Para tal, a professora irá questionar os alunos do porquê do Sol aparecer pintado de cor amarela em desenhos. A professora aguardará as respostas dos alunos e seguidamente recorrendo ao *applet*: [http://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum\\_en.html](http://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_en.html) irá mostrar que o Sol emite a uma temperatura aproximada de 5800 K que corresponde a uma luz visível emitida nos vários comprimentos de onda. Os alunos poderão observar que a cor da luz emitida pelo sol é o somatório das cores verde, azul e vermelho, o que indica que a estrela Sol está a emitir radiação nestas frequências. No entanto, a professora irá referir e redigir no quadro a seguinte afirmação: objetos comuns, do dia-a-dia que se encontrem à temperatura ambiente, a cor do objeto resulta da luz refletida e não da luz emitida por estes.

↳ Caso haja tempo, a professora irá projetar uma ficha de trabalho disponível na plataforma *Moodle* sobre a Lei de Stefan-Boltzmann e a Lei do Deslocamento de Wien e, resolverá no

quadro com o auxílio dos alunos alguns exercícios sobre aplicação da Lei de Stefan-Boltzmann.  
↳ Como trabalho de casa a professora irá sugerir a resolução de exercícios do manual: exercícios 1.12 ao 1.17, e do caderno de atividades: os exercícios 1.25 ao 1.28.

### TPC

Resolução de exercícios do manual, da página 102 à 103, os exercícios 1.12 ao 1.17.  
Resolução de exercícios do caderno de atividades, da página 18, os exercícios 1.15 ao 1.19.

*Plano da Segunda Aula:* Lei do Deslocamento de Wien

 <b>Escola Secundária QUINTA DAS PALMEIRAS</b>	 <b>Física e Química A</b> Ano Letivo: 2011/2012
<b>Plano de Aula</b>	

Aluna Estagiária: Laura Catarina Seco Antunes Grupo Disciplinar: 510

Dia: 13/04/2012 Hora: 10 h 00 min - 11 h 35 min Sala: 24 (Bloco C) Turma: A Ano: 10º

Unidade didática lecionada: Sol e Aquecimento

Nomes dos Avaliadores: Sandra Costa Cargo: Professora Orientadora Pedagógica

Paulo Parada Cargo: Professor Orientador Científico

### SUMÁRIO

Lei do Deslocamento de Wien.

Preparação da atividade laboratorial AL 1.1: Absorção e emissão de radiação: resolução das questões pré-laboratoriais.

Resolução de exercícios de aplicação.

## PRÉ-REQUISITOS

(O ALUNO DEVE SER CAPAZ DE:)

- Caracterizar uma onda usando as grandezas: frequência, amplitude e comprimento de onda.
- Identificar os tipos de radiação eletromagnética visível e invisível.
- Identificar os diversos tipos de espectros (contínuos e descontínuos).
- Reconhecer que a cor de um corpo resulta do somatório das várias radiações emitidas pelo corpo no visível.
- Relacionar as temperaturas Celsius e Kelvin através da expressão:  $T \text{ (K)} = t \text{ (}^\circ\text{C)} + 273,15$ .
- Relacionar a intensidade de radiação emitida por um corpo com a respectiva temperatura, enunciando a Lei de Stefan-Boltzmann.
- Identificar para corpos ideais a relação de proporcionalidade direta entre a intensidade da radiação e a potência da radiação, em que a constante de proporcionalidade é a área do corpo.
- Identificar para corpos ideais a relação de proporcionalidade direta entre a potência da radiação e a quarta potência da temperatura, em que a constante de proporcionalidade é a área do corpo.
- Reconhecer que todos os corpos emitem energia por radiação, pois nenhum corpo adquire a temperatura de zero absoluto.
- Reconhecer que as estrelas exibem comportamentos semelhantes ao de um corpo negro.
- Identificar que corpos reais não exibem comportamentos idênticos ao de um corpo negro, tendo-se que ter em consideração a emissividade ( $e$ ) desse corpo.
- Identificar corpos com comportamentos de refletor perfeito e de absorvedor perfeito.
- Aplicar a noção de potência da radiação emitida para corpos reais.

## OBJECTIVOS

(O ALUNO DEVE SER CAPAZ DE:)

- Enunciar a Lei do Deslocamento de Wien: o comprimento de onda a que corresponde a intensidade máxima da radiação varia inversamente com a temperatura absoluta do corpo.
- Reconhecer que a Lei do Deslocamento de Wien relaciona a temperatura da superfície de um corpo/estrela com o comprimento de onda máximo através da expressão matemática  
$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{B}{T}.$$
- Determinar a intensidade máxima de radiação de um corpo negro e respectiva cor da luz para um comprimento de onda específico.

CONTEÚDOS	RECURSOS E MATERIAIS
Lei do Deslocamento de Wien. Atividade laboratorial AL 1.1	Computador. Projetor. Manual escolar. Apresentação em <i>PowerPoint</i> disponível na plataforma <i>Moddle</i> . Simulações disponíveis na plataforma <i>Moodle</i> . Fichas de trabalho disponíveis na plataforma <i>Moodle</i> .

AVALIAÇÃO: modalidade e instrumentos
Observação direta do desempenho e atitudes dos alunos. Respostas às questões colocadas pela professora, no decorrer da aula.

OPERACIONALIZAÇÃO / DESENVOLVIMENTO DA AULA
<p>↳ Dar-se-á início à aula escrevendo o sumário no quadro.</p> <p>↳ Em seguida, a professora relembra conceitos abordados na aula anterior referentes à Lei de Stefan Boltzmann. Para tal, a professora vai expor um <i>applet</i>: <a href="http://highered.mcgraw-hill.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::800::600::/sites/dl/free/0072482621/220727/Blackbody_Nav.swf::Blackbody%20Radiation%20Interactive">http://highered.mcgraw-hill.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::800::600::/sites/dl/free/0072482621/220727/Blackbody_Nav.swf::Blackbody%20Radiation%20Interactive</a> onde representará uma radiação emitida por um corpo negro à temperatura de 10000 K.</p> <p>↳ A professora questionará os alunos sobre como se poderia determinar a intensidade total da radiação emitida pelo corpo negro a esta temperatura, através da curva representada graficamente. A professora aguardará pelas respostas dos alunos, elucidando que pela Lei de Stefan-Boltzmann se consegue relacionar a intensidade total da radiação emitida por um corpo negro com a quarta potência da temperatura, utilizando a seguinte expressão matemática <math>I = \sigma T^4</math>, onde <math>\sigma</math> é a constante de Boltzmann de valor <math>5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}</math>.</p> <p>↳ Posteriormente, a professora levantará uma questão: “O Sol emite como um corpo negro. E a Terra?”. A professora aguardará pelas respostas dos alunos referindo que ao longo da aula dar-se-á resposta à questão colocada.</p> <p>↳ Recorrendo ao <i>applet</i> inicial, a professora introduzirá novas curvas de radiações de corpos negros a temperaturas inferiores, tais como à temperatura de 8100 K e 6084 K. Em seguida, questionará os alunos sobre: quais as diferenças observadas quanto à área do gráfico das três curvas; e como se relacionam as grandezas temperatura, intensidade de</p>

radiação, e comprimento de onda. A professora anotará todas as respostas transmitidas pelos alunos no quadro. No final, a professora escreverá no quadro as conclusões finais, sendo estas:

- Quanto maior for o valor de temperatura menor será o valor do comprimento de onda máximo para a qual é máxima a intensidade de radiação.
- Quanto maior for o valor de temperatura maior será a intensidade total da radiação emitida por unidade de área.
- A intensidade máxima da curva é tanto maior quanto maior for a temperatura.
- Há um deslocamento da curva para maiores comprimentos de onda quando a temperatura diminui.

↳ Como conclusão final, a professora reforçará que para uma temperatura maior corresponde um comprimento de onda menor, isto é, observa-se uma relação de proporcionalidade inversa em que graficamente se representa por um ramo de uma hipérbole.

↳ A professora introduzirá que foram estas as conclusões a que o físico austríaco Wilhelm Wien chegou quando estudou as radiações eletromagnéticas em corpos negros, formulando uma Lei designada por Deslocamento de Wien. Seguidamente, a professora mostrará exemplos reais e práticos alusivos à Lei do Deslocamento de Wien, explicitando a relação entre as grandezas temperatura e comprimento de onda com a cor observada.

↳ Seguidamente, a professora redigirá uma tabela no quadro contendo diversos corpos, estrelas, a diferentes temperaturas: 1900 K, 3000 K, 5800 K e 12000 K. Os alunos com o auxílio do *applet*: [http://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum\\_en.html](http://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_en.html) terão de preencher os espaços em branco relativos às grandezas: temperatura em Celsius, comprimento de onda a que corresponde a intensidade máxima da radiação e cor emitida pelos corpos. No final os alunos deverão ser capazes de concluir que nesta atividade é verificada a Lei do Deslocamento de Wien: o comprimento de onda para a qual a intensidade máxima da radiação varia inversamente com a temperatura absoluta.

↳ Para melhor consolidação dos conceitos abordados ao longo da aula a professora projetará uma ficha de trabalho disponível na plataforma *Moodle* sobre a Lei de Stefan-Boltzmann e Lei de Wien, e resolverá no quadro com o auxílio dos alunos alguns exercícios.

↳ Após resolução dos exercícios propostos, a professora pedirá aos alunos que abram o manual na página 91, para completar a segunda parte do sumário: preparação da atividade laboratorial AL 1.1: Absorção e emissão de radiação. Como tal, a professora pedirá aos alunos que façam a leitura das questões pré-laboratoriais oralmente e tentem responder. No final a professora debaterá com os alunos todas as respostas e quaisquer dúvidas evidenciadas por estes.

↳ Entretanto, no início da aula a professora colocou a correr no seu computador uma simulação: [http://alv.fisica.uminho.pt/simulacoes/Emissao\\_e\\_absorcao\\_de\\_radiacao/simulacao/simul.html](http://alv.fisica.uminho.pt/simulacoes/Emissao_e_absorcao_de_radiacao/simulacao/simul.html) idêntica à atividade laboratorial, que auxiliará nas respostas às questões

pós-laboratoriais.

↳ Caso haja tempo, a professora resolverá com os alunos as questões pós-laboratoriais recorrendo à simulação anteriormente citada.

↳ Como trabalho de casa, a professora irá sugerir a resolução de exercícios do manual: exercícios 1.18 ao 1.25, e do caderno de atividades: os exercícios 1.25 ao 1.28.

### TPC

Resolução de exercícios do manual, da página 102 à 103, os exercícios 1.18 ao 1.25.

Resolução de exercícios do caderno de atividades, da página 18, os exercícios 1.25 ao 1.28.

### REFLEXÃO DA AULA

↳ A planificação da aula foi ligeiramente alterada no início, uma vez que na aula anterior não se resolveram exercícios de consolidação sobre a Lei de Stefan-Boltzmann com os alunos.

↳ A professora iniciou a aula relembando conceitos lecionados na aula anterior. Como tal, a professora enunciou a Lei de Stefan-Boltzmann escrevendo no quadro as expressões matemáticas que exprimem esta lei.

↳ Os alunos cooperaram positivamente às questões colocadas pela professora sobre conteúdos anteriormente lecionados.

↳ Em seguida a professora propôs a realização do exercício do manual 1.17, página 103, dando tempo aos alunos para resolverem sozinhos o exercício. Pediu a um aluno que fizesse a resolução no quadro enquanto a professora tirava dúvidas específicas no lugar, reparou que alguns da turma não entendiam a expressão matemática utilizada na resolução da alínea a). A professora atenciosamente explicou novamente para toda a turma o porquê da utilização da equação matemática  $P = \frac{E}{\Delta t}$  e não  $P = \frac{E}{A \times \Delta t}$  já que no enunciado não nos era dado a área do corpo negro e que a potência emitida por qualquer corpo é a quantidade de energia emitida pelo corpo por unidade de tempo.

↳ As dúvidas colocadas demonstraram a necessidade de realizar mais exercícios com os alunos sobre a Lei de Stefan-Boltzmann para que estes compreendessem a aplicação das expressões matemáticas na determinação da potência da radiação, intensidade total da radiação e temperatura.

↳ A professora deu início ao seu plano de aula, procurando sempre que os alunos participassem e se motivassem pelo tema introduzido: Lei do Deslocamento de Wien. Para tal, a professora na exploração dos *applets* utilizados para explicar a Lei do Deslocamento de Wien sugeriu sempre a participação de alunos, ao quadro.

↳ Após visualização da apresentação em *PowerPoint* e exploração dos *applets* a professora projetou uma ficha de trabalho solicitando aos alunos que resolvessem inicialmente os exercícios no lugar indo depois resolvê-los ao quadro.

↳ Durante a exploração do *applet*: [http://higherred.mcgraw-hill.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::800::600::/sites/dl/free/0072482621/220727/Blackbody\\_Nav.swf::Blackbody%20Radiation%20Interactive](http://higherred.mcgraw-hill.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::800::600::/sites/dl/free/0072482621/220727/Blackbody_Nav.swf::Blackbody%20Radiation%20Interactive) a professora induziu os alunos em erro quando afirmou e escreveu no quadro que a relação entre as grandezas intensidade total de radiação emitida por um corpo negro e a temperatura absoluta eram diretamente proporcionais. Tal facto foi referido pela professora orientadora pedagógica e pelo professor orientador científico, pois na realidade existe uma proporcionalidade entre estas duas grandezas mas não é direta, ou seja, ambas aumentam no mesmo sentido mas em proporções diferentes, isto é, a intensidade aumenta com a quarta potência da temperatura, definição referida pela professora no início da aula quando enunciou a Lei de Stefan-Boltzmann.

↳ A professora conseguiu resolver dois exercícios, 7 e 8, com os alunos referentes à aplicabilidade da Lei do Deslocamento de Wien, mas então tocou a campainha. No entanto, a professora pediu aos alunos um pouco do intervalo para resolver oralmente com os alunos as questões pré-laboratoriais da atividade laboratorial AL 1.1, como estava sumariado. Os alunos aceitaram bem o pedido feito pela professora e em 5 minutos resolveram as questões pré-laboratoriais, anotando os exercícios que poderiam realizar do manual e do caderno de atividades sobre a Lei de Stefan-Boltzmann e Lei do Deslocamento de Wien, como trabalho de casa.

↳ Algumas dificuldades foram sentidas pelos alunos e pela professora ao longo da aula. Sendo elas: os diapositivos finais da apresentação em *PowerPoint* tinham uma tonalidade de fundo escura com letras a preto que não ajudava na visualização pelos alunos, defeito anotado pelas minhas colegas de estágio e professora orientadora pedagógico; a outra dificuldade sentida foi no *applet*: [http://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum\\_en.html](http://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_en.html) pois ao projetar no quadro não se observavam as curvas que representavam a intensidade total de radiação emitida por corpos negros a diferentes temperaturas.

↳ No geral, a professora denotou uma maior receptividade dos alunos quando se apresentou para dar a aula. Tal facto permitiu que a aula decorresse bastante bem e que a transmissão dos conteúdos fosse a melhor, permitindo a compreensão destes por parte dos alunos. Toda a turma teve um comportamento exemplar demonstrando interesse pelos conceitos que estavam a ser abordados, participando sempre quando solicitados.

### 4.1.1. Recursos Educativos na aula investigacional

Como recursos educativos para o desenvolvimento da aula investigacional: Lei de Stefan-Boltzmann e Lei do Deslocamento de Wien, de 10º Ano, no Ensino Secundário, seriam utilizadas apresentações em *PowerPoint*, *applets* e fichas de trabalhos. Todos estes materiais seriam posteriormente disponibilizados aos alunos na plataforma *Moodle* da Escola Secundária Quinta das Palmeiras, no grupo de disciplina “Ciências Físico-Químicas 10º Ano Geral”, no seguinte endereço eletrónico: <http://esqpalmeiras-m.ccems.pt/course/category.php?id=10&perpage=20&page=2>.

#### 4.1.1.1. Apresentação em PowerPoint

Esta apresentação aborda o tópico referente ao plano de aula investigacional delineado: Lei de Stefan-Boltzmann.

**ESQP**

# SOL E AQUECIMENTO

1.1. Energia - Do Sol para a Terra

SO FA

Laura Seco

Ondas eletromagnéticas

- Todos os corpos radiam energia.
- Corpos são constituídos por corpúsculos (átomos, moléculas ou iões).
- Emissão de ondas eletromagnéticas provocadas pelos corpúsculos em constante agitação a uma dada temperatura.
- As frequências e as amplitudes das ondas eletromagnéticas emitidas dependem da forma como oscilam os corpúsculos.

Laura Seco

## Radiação emitida pelos corpos

Espetros

- Emissão
  - Contínuos
  - Descontínuos
- Absorção
  - Contínuos
  - Descontínuos

Como os átomos e moléculas não oscilam todos da mesma maneira, as ondas emitidas apresentam um espectro contínuo de frequências.

Laura Seco

## Corpo Negro

- Nenhum corpo real absorve toda a radiação que incide sobre ele.
- Corpo Negro é um corpo ideal com características específicas:
  - Absorção perfeita;
  - Emissor perfeito;
  - Radiação que emite não depende da sua constituição e forma;
  - Apresenta uma intensidade máxima de emissão para um comprimento de onda bem definido, a qual depende da sua temperatura;
  - Intensidade da sua emissão tende para zero para comprimentos de onda pequenos e grandes.

Laura Seco

**Espetro da radiação térmica de um corpo negro a 5800 K.**

A **intensidade da radiação emitida / radiância espectral** representa-se por  $J$ , em função do comprimento de onda,  $\lambda$ .

A **intensidade total da radiação emitida** por um corpo negro representa-se por  $I$ , que é obtida pela "área" abaixo da curva a vermelho no espetro da radiação térmica. O seu valor é determinado pela **Lei de Stefan-Boltzmann**.

Laura Seco 5

### Lei de Stefan-Boltzmann

$I$  - intensidade total da radiação;  
 $\sigma$  - constante Stefan-Boltzmann ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ );  
 $T$  - temperatura absoluta.

- Em 1879, o físico austriaco Josef Stefan observou, experimentalmente, que todos os corpos emitiam energia com uma dada potência.
- Em 1884, o físico austriaco Ludwig Boltzmann demonstrou teoricamente esta relação.

**Lei de Stefan-Boltzmann:** a intensidade total da radiação emitida por um corpo negro varia com a quarta potência da sua temperatura.

$$I = \sigma T^4$$

Laura Seco 6

- A **intensidade da radiação** ( $I$ ) é a energia ( $E$ ) emitida por unidade de tempo ( $\Delta t$ ) por unidade de área ( $A$ ), dada pelas expressões matemáticas:

$$I = \frac{E}{A \cdot \Delta t} \quad \text{ou} \quad I = \frac{P}{A}$$

- A **potência total da radiação emitida** pelo corpo negro ou a **energia** que ele emite num dado intervalo de tempo ( $\Delta t$ ), é dada pelas expressões matemáticas resultantes da Lei de Stefan-Boltzmann:

$$P = A\sigma T^4 \quad \text{ou} \quad E = A\Delta t\sigma T^4$$

Laura Seco 7

- Todos os corpos emitem energia, basta para isso que a sua temperatura seja diferente do zero absoluto (0 K), temperatura que não é possível atingir.
- As estrelas são uma boa aproximação de um corpo negro. Mas os corpos reais não se comportam exatamente como um corpo negro.
- Para os **corpos reais** a Lei de Stefan-Boltzmann toma a forma:

$$I = e\sigma T^4 \quad \text{ou} \quad P = eA\sigma T^4$$

onde  $e$  é designado por **emissividade**, é um fator numérico entre 0 e 1, o qual depende da constituição do corpo emissor:

- é igual a 0 para um corpo refletor perfeito;
- é igual a 1 para um corpo negro (absorvedor perfeito).

Laura Seco 8

### Emissão de um corpo

**Emissividade de um corpo ( $e$ ):** a capacidade que um corpo tem para emitir radiação. Depende da natureza das superfícies e toma valores entre 0 e 1.

**Emissão (Infravermelhos)**

$e = 1$

O corpo absorve todas as radiações incidentes e também as emite. Não se dá a reflexão da radiação - Só reflete. corpo negro.

**Emissão (Infravermelhos)**

**Reflexão quase total**

$e = 0$

O corpo não absorve, logo não emite radiação.

Laura Seco 9

### Exercício 1:

Um corpo negro, à temperatura de 300 K radia  $2,00 \times 10^5 \text{ J}$  durante 60 s. Determina:

- a potência emitida.
- a intensidade total da radiação emitida neste intervalo de tempo.
- a área do corpo

Laura Seco 10

**a) Dados:**  
 $E = 2,00 \times 10^5 \text{ J}$   
 $T = 300 \text{ K}$   
 $\Delta t = 60 \text{ s}$   
 $P = ?$

Sabendo que:

$$I = \frac{E}{A \cdot \Delta t} \quad e \quad I = \frac{P}{A}$$

Substituindo as expressões matemáticas vem:

$$I = \frac{E}{A \cdot \Delta t} \Leftrightarrow \frac{P}{A} = \frac{E}{A \cdot \Delta t} \Leftrightarrow P = \frac{E \cdot A}{A \cdot \Delta t} \Leftrightarrow P = \frac{E}{\Delta t}$$

Substituindo os respetivos valores:

$$P = \frac{E}{\Delta t} \Leftrightarrow P = \frac{2,00 \times 10^5}{60} \Leftrightarrow P = 3,3 \times 10^3 \text{ W}$$

Laura Seco 11

**b) Dados:**  
 $e_{\text{corpo negro}} = 1$   
 $T = 300 \text{ K}$   
 $I_{\text{total}} = ?$

Sabendo que:  $I = e\sigma T^4$   
 e que  $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

Substituindo os respetivos valores na expressão matemática:

$$I = e\sigma T^4 \Leftrightarrow I = 1 \times 5,67 \times 10^{-8} \times (300)^4$$

$$\Leftrightarrow I = 459 \text{ W m}^{-2}$$

**c) Dados:**  
 $T = 300 \text{ K}$   
 $P_{\text{emitida}} = 3,3 \times 10^3 \text{ W}$   
 $I_{\text{emitida}} = 459 \text{ W m}^{-2}$   
 $A_{\text{corpo}} = ?$

Sabendo que:  $I = \frac{P}{A}$

Substituindo os respetivos valores na expressão matemática:

$$I = \frac{P}{A} \Leftrightarrow A = \frac{P}{I} \Leftrightarrow A = \frac{3,3 \times 10^3}{459} \Leftrightarrow A = 7,2 \text{ m}^2$$

Laura Seco 12

Esta apresentação aborda o tópico referente ao plano de aula investigacional delineado: Lei do Deslocamento de Wien, a qual foi avaliada pelos orientadores, pedagógico e científico.

**ESQP**

# SOL E AQUECIMENTO

1.1. Energia - Do Sol para a Terra

O Sol emite como um corpo negro...  
e a Terra?

### Lei de Deslocamento de Wien

Observamos que:

- Quanto maior for a temperatura, maior será a intensidade total da radiação emitida por unidade de área;
- Intensidade máxima da curva é tanto maior quanto maior for a temperatura;
- Há um deslocamento da curva para maiores comprimentos de onda quando a temperatura diminui.

- Verifica-se que, o comprimento de onda para o qual é máxima a emissão no espectro da radiação térmica é inversamente proporcional à temperatura absoluta.
- Esta relação foi estudada e formulada em 1892 pelo físico austríaco Wilhelm Wien.

**Lei do Deslocamento de Wien:** o comprimento de onda a que corresponde a intensidade máxima da radiação varia inversamente com a temperatura absoluta.

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{B}{T}$$

onde:  
 $\lambda_{m\acute{a}x}$  - comprimento de onda máximo;  
 B - constante ( $2,898 \times 10^{-3}$  m K);  
 T - temperatura absoluta.

A partir da Lei de Deslocamento de Wien é possível concluir que:

<p>A radiação cósmica de fundo do Universo, associada a uma temperatura de equilíbrio de 2,72 K, tem uma distribuição espectral de energia com máximo para o comprimento de onda situado na região das microondas: <math>\lambda_{m\acute{a}x} \approx 1</math> mm.</p>	<p>Um corpo a temperatura ambiente de 300 K tem uma distribuição espectral de energia com máximo para o comprimento de onda situado na região do infravermelho: <math>\lambda_{m\acute{a}x} \approx 10</math> <math>\mu</math>m.</p>	<p>O Sol, cuja temperatura superficial é da ordem de 6000 K, tem uma distribuição espectral de energia com máximo para o comprimento de onda situado na região visível: <math>\lambda_{m\acute{a}x} \approx 483</math> nm.</p>
---	--	--

Exemplos práticos:

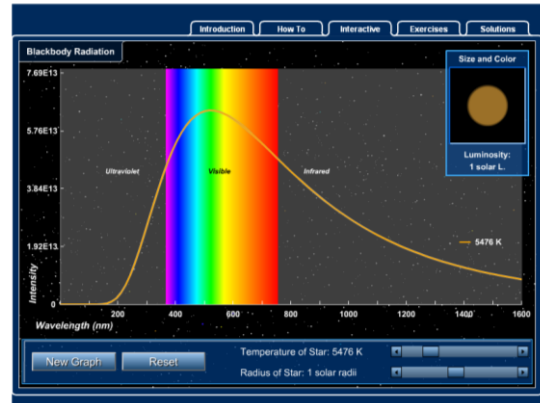
<p>Durante a realização da soldadura de uma peça, a sua temperatura aumenta. A radiação emitida passa da região dos IV para passar a emitir na região do visível.</p>	<p>Os discos dos travões das motos ficam "em brasa" depois de serem sujeitos a várias travagens. Com o aumento da sua temperatura deixam de emitir radiação na região dos IV para passar a emitir na região do visível, o que corresponde a uma diminuição do comprimento de onda da radiação emitida com o aumento da temperatura.</p>	<p>Os discos das placas dos fogões elétricos, à medida que aquecem, deixam de emitir na região dos IV para passar a emitir na região do visível.</p>
---	---	--

#### 4.1.1.2. Applets / Simulações

Na aula investigacional em que a temática é a Lei de Stefan Boltzmann e a Lei do Deslocamento de Wien foram utilizados *applets* retirados da Astronomy-Interactives, do PhET "Interactive Science Simulations" e da Universidade do Minho para que os alunos consolidassem melhor os conceitos abordados nestas aulas. Estas simulações encontram-se disponíveis nos seguintes endereços eletrónicos:

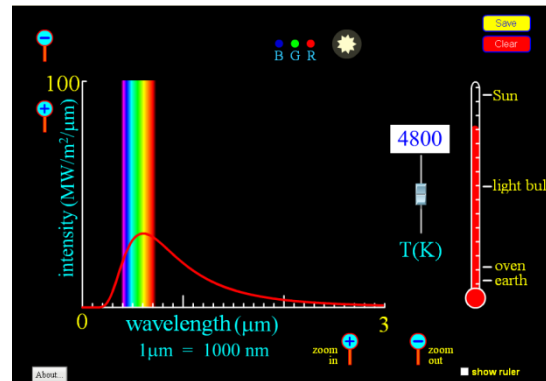
Blackbody Radiation:

[http://highered.mcgraw-hill.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::800::600::/sites/dl/free/0072482621/220727/Blackbody\\_Nav.swf::Blackbody%20Radiation%20Interactive](http://highered.mcgraw-hill.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::800::600::/sites/dl/free/0072482621/220727/Blackbody_Nav.swf::Blackbody%20Radiation%20Interactive)



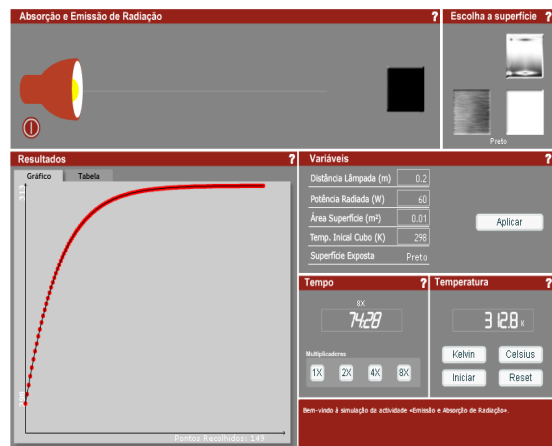
Blackbody Sepctrum:

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/blackbody-spectrum>



Absorção e Emissão da Radiação:

[http://alv.fisica.uminho.pt/simulacoes/Emissao\\_e\\_absorcao\\_de\\_radiacao/simulacao/simul.html](http://alv.fisica.uminho.pt/simulacoes/Emissao_e_absorcao_de_radiacao/simulacao/simul.html)



#### 4.1.1.3. Fichas de trabalho e respetivas correções

Fichas de trabalho referentes à aula investigacional, Lei de Stefan-Boltzmann e Lei do Deslocamento de Wien.



Ficha de trabalho – Lei de Stefan-Boltzmann e Lei de Wien

1. Classifique cada uma das afirmações que se seguem como verdadeira **(V)** ou falsa **(F)** e corrija as falsas.

**(A)** Os espectros de emissão dos sólidos e dos líquidos incandescentes são descontínuos de riscas.

**(B)** O comprimento de onda da radiação mais intensa emitida por sólidos e líquidos incandescentes depende não só da temperatura, mas também da composição química.

**(C)** O comprimento de onda da radiação mais intensa emitida por sólidos e líquidos incandescentes depende apenas da temperatura.

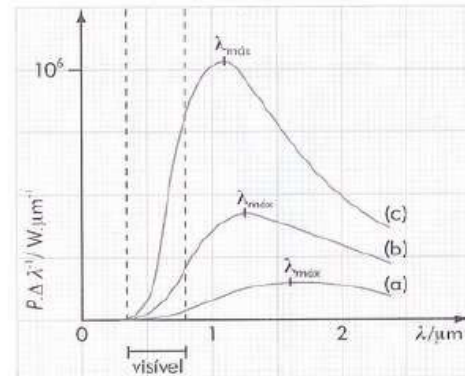
**(D)** Quanto mais elevada for a temperatura a que um sólido ou um líquido se encontra, maior é o comprimento de onda correspondente ao máximo da potência emitida.

**(E)** Quanto mais elevada for a temperatura a que um sólido ou um líquido se encontra, maior é o comprimento de onda correspondente ao máximo da potência emitida.

2. À medida que se aquece um sólido ou um líquido, ele vai ficando (justifique a resposta):

- a) Vermelho, amarelo, azul, branco
- b) Azul, branco, amarelo, vermelho
- c) Vermelho, amarelo, branco, azul
- d) Branco, amarelo, azul, vermelho
- e) Branco, amarelo, vermelho, azul

3. O gráfico representa a distribuição da potência emitida por cada metro quadrado de área de um emissor ideal a três temperaturas diferentes, em função do comprimento de onda da radiação emitida.



- 3.1. O que é um emissor ideal?
- 3.2. Faça corresponder a cada uma das curvas (a), (b) ou (c) as temperaturas 2000 K, 2500 K e 3000K.
- 3.3. Em que lei se baseou para responder à questão anterior? Enuncie a lei.
- 3.4. Qual o comprimento de onda da radiação mais intensa emitida a 2000 K? A que região do espectro eletromagnético corresponde?
4. A terra absorve energia emitida pelo Sol, uma estrela em média de raio igual a  $6,96 \times 10^8$  m, que emite radiação cujo espectro tem o máximo para o comprimento de onda de cerca de 500 nm. A energia emitida pela superfície solar +e recebida na Terra ao fim de 8,3 min.
- Supondo que o Sol emite como um corpo negro, determine:
- 4.1. A temperatura a que se encontra a superfície solar.
- 4.2. A intensidade total da radiação emitida pelo Sol.
- 4.3. A intensidade da radiação solar à distância que o separa da Terra.
5. A cor de uma estrela indica-nos a sua temperatura superficial.
- Antares (de Escorpião) é vermelha. Rigel (de Orion) é azul.
- Uma destas estrelas é considerada uma estrela "fria" (2500 K) e a outra é considerada uma estrela "quente" (12000 K).
- 5.1. Indique, justificando, qual das duas estrelas é a estrela "fria" e qual é a estrela "quente".
- 5.2. Qual das estrelas emite mais potência por unidade de superfície?



6. A superfície do globo terrestre não é iluminada pelo Sol durante a noite. Porque é que o globo terrestre não arrefece excessivamente durante a noite?

7. Duas estrelas de tamanhos iguais estão à mesma distância da Terra. Uma tem temperatura de 5800 K e a outra tem temperatura de 2900 K.

7.1. Indique qual é a mais vermelha e a mais azul.

7.2. Em que comprimento de onda cada uma emite o máximo de radiação?

8. A potência total irradiada de uma lâmpada de incandescência é igual a 200 W. A lâmpada possui um filamento com 20 cm de comprimento e 0,80 mm de diâmetro. Considere a emissividade do tungsténio igual a 0,258. Determine:

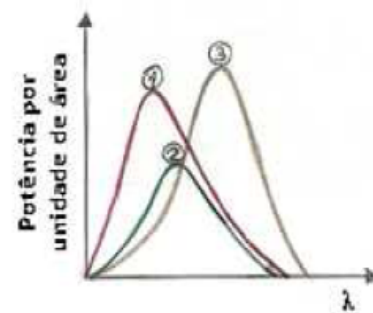
8.1. a intensidade total irradiada.

8.2. A temperatura na superfície do filamento.

9. Na figura estão representadas duas curvas que podem traduzir a potência radiada por um corpo a duas temperaturas diferentes.

9.1. Indique as curvas que podem traduzir a potência radiada pelo corpo, referindo a que corresponde a uma temperatura menor. Justifique.

9.2. Justifique a razão pela qual a terceira curva não pode representar a potência radiada pelo corpo.



10. Leia o seguinte texto (Teste Intermédio de 11º Ano, 2010).

Um dos principais argumentos usados para desvalorizar a energia fotovoltaica é que ela nunca será suficiente para satisfazer as necessidades humanas. Se fizermos alguns cálculos, concluiremos que a radiação que nos chega do Sol tem uma intensidade, ao nível da órbita da Terra, de  $1367 \text{ W m}^{-2}$ , a chamada constante solar. Mas, se descermos à superfície da Terra, há dia e há noite, há atmosfera, há nuvens e os raios solares vão variando a sua inclinação ao longo do dia, situação que é



diferente de região para região. Portugal situa-se numa posição muito favorável: é o país da Europa continental com maior intensidade média de radiação solar de  $1500 \text{ kW h m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ . Tomando este valor e uma eficiência de conversão de 15 %, possível com a tecnologia actual, chegamos a uma área necessária de cerca de  $200 \text{ km}^2$  – aproximadamente  $20 \text{ m}^2$  por pessoa. Pondo as coisas desta forma, seria até concebível cobrir toda a nossa necessidade de energia eléctrica com painéis solares fotovoltaicos! No entanto, a viabilidade da penetração da energia fotovoltaica, em larga escala, no mercado da energia, depende da evolução das tecnologias e da produção em massa, que permitam reduzir o seu preço.

10.1. Qual é a aplicação da energia da radiação solar a que se refere o texto?

10.2. Seleccione a única opção que permite calcular correctamente a intensidade média da radiação solar, em Portugal, expressa em  $\text{W m}^{-2}$ .

(A)  $\frac{365 \times 24 \times 3600}{1500 \times 3,6 \times 10^6} \text{ W m}^{-2}$

(B)  $\frac{365 \times 24}{1500 \times 3,6 \times 10^6} \text{ W m}^{-2}$

(C)  $\frac{1500 \times 3,6 \times 10^6}{365 \times 24 \times 3600} \text{ W m}^{-2}$

(D)  $\frac{1500 \times 3600}{3,6 \times 10^6 \times 365 \times 24} \text{ W m}^{-2}$

10.3. A intensidade da radiação solar ao nível da órbita da Terra é de  $1367 \text{ W m}^{-2}$ , a chamada constante solar. Indique como varia a intensidade da radiação solar até à superfície da Terra, referindo dois factores, dos apresentados no texto, que justificam essa variação.



**BOM TRABALHO!**



Escola Secundária  
Quinta das Palmeiras



Física e Química A

10º Ano

Ano letivo: 2011/2012

Ficha de trabalho – Lei de Stefan-Boltzmann e Lei de Wien

1. Classifique cada uma das afirmações que se seguem como verdadeira (V) ou falsa (F) e corrija as falsas.

(A) Os espectros de emissão dos sólidos e dos líquidos incandescentes são descontínuos de riscas. Falso, os espectros de emissão de sólidos e líquidos incandescentes são contínuos.

(B) O comprimento de onda da radiação mais intensa emitida por sólidos e líquidos incandescentes depende não só da temperatura, mas também da composição química. Falso, o comprimento de onda da radiação mais intensa emitida por sólidos e líquidos incandescentes só depende da temperatura.

(C) O comprimento de onda da radiação mais intensa emitida por sólidos e líquidos incandescentes depende apenas da temperatura. Verdadeira

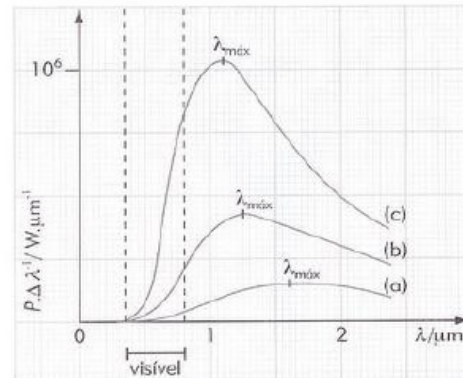
(D) Quanto mais elevada for a temperatura a que um sólido ou um líquido se encontra, maior é o comprimento de onda correspondente ao máximo da potência emitida. Falso, quanto mais elevada for a temperatura a que um sólido ou um líquido se encontra, menor é o comprimento de onda correspondente ao máximo da potência emitida.

2. Á medida que se aquece um sólido ou um líquido, ele vai ficando (justifique a resposta): Opção C

- a) Vermelho, amarelo, azul, branco
- b) Azul, branco, amarelo, vermelho
- c) Vermelho, amarelo, branco, azul
- d) Branco, amarelo, azul, vermelho
- e) Branco, amarelo, vermelho, azul



3. O gráfico representa a distribuição da potência emitida por cada metro quadrado de área de um emissor ideal a três temperaturas diferentes, em função do comprimento de onda da radiação emitida.



3.1. O que é um emissor ideal?

Emissor perfeito é um corpo que tem a capacidade de absorver toda a radiação incidente emitindo a mesma quantidade de radiação que absorve. Não reflete qualquer radiação.

3.2. Faça corresponder a cada uma das curvas (a), (b) ou (c) as temperaturas 2000 K, 2500 K e 3000K.

(a) T = 2000 K    (b) T = 2500 K    (c) T = 3000 K

3.3. Em que lei se baseou para responder à questão anterior? Enuncie a lei.

Baseei-me na Lei de Stefan-Boltzmann, a qual nos diz que a intensidade total da radiação emitida por um corpo negro varia com a quarta potência da sua temperatura.

$$I = \sigma T^4$$

3.4. Qual o comprimento de onda da radiação mais intensa emitida a 2000 K? A que região do espectro eletromagnético corresponde?

Dados:

$$B = 2,898 \times 10^{-3} \text{ m K}$$

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

Pela Lei do Deslocamento de Wien, determinamos o  $\lambda$ :

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{B}{T} \Leftrightarrow \lambda_{\text{máx}} = \frac{2,898 \times 10^{-3}}{2000} \Leftrightarrow \lambda_{\text{máx}} = 1,449 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{1,449 \times 10^{-6}}{10^{-9}} = 1449 \text{ nm}$$

Este comprimento de onda corresponde à região do infravermelho no espectro eletromagnético.



4. A terra absorve energia emitida pelo Sol, uma estrela em média de raio igual a  $6,96 \times 10^8$  m, que emite radiação cujo espectro tem o máximo para o comprimento de onda de cerca de 500 nm. A energia emitida pela superfície solar é recebida na Terra ao fim de 8,3 min.

Supondo que o Sol emite como um corpo negro, determine:

4.1. A temperatura a que se encontra a superfície solar.

Dados:

$$B = 2,898 \times 10^{-3} \text{ m K}$$

$$r_{\text{Sol}} = 6,96 \times 10^8 \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{máx}} = 500 \text{ nm} = 500 \times 10^{-9} \text{ m} = 5,0 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Pela Lei do Deslocamento de Wien, determinamos a temperatura:

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{B}{T} \Leftrightarrow T = \frac{2,898 \times 10^{-3}}{5,0 \times 10^{-7}} \Leftrightarrow T = 5796 \text{ K}$$

A temperatura a que se encontra a superfície solar é de 5796 K.

4.2. A intensidade total da radiação emitida pelo Sol.

Pela Lei de Stefan-Boltzmann relacionamos a temperatura de um corpo com a sua intensidade de radiação emitida, pela seguinte expressão matemática:

$$T = 5796 \text{ K}$$

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

$$I = \sigma T^4 \Leftrightarrow I = (5,67 \times 10^{-8}) \times (5796)^4 \Leftrightarrow I = 6,40 \times 10^7 \text{ W m}^{-2}$$

A intensidade total de radiação emitida pelo Sol é de  $6,40 \times 10^7 \text{ W m}^{-2}$ .

4.3. A intensidade da radiação solar à distância que o separa da Terra.

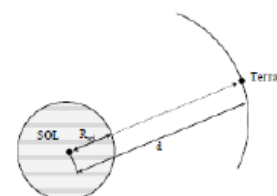
Dados:

$$T = 5796 \text{ K}$$

$$B = 2,898 \times 10^{-3} \text{ m K}$$

$$r_{\text{Sol}} = 6,96 \times 10^8 \text{ m} = r_1^2 \text{ (distância do centro do Sol à superfície)}$$

$$\Delta t = 8,3 \text{ min} = 8,3 \times 60 = 498 \text{ s}$$





Determinação da área do sol:

$$A_{\text{Sol}} = 4\pi \cdot r_1^2 \text{ (Sol é uma esfera)}$$

$r_2$  é designado pela distância do Sol à superfície da Terra

$$I_{\text{Sol-Terra}} = \frac{P}{A_{\text{Sol-Terra}}} \quad \text{e} \quad I_{\text{Sol}} = \frac{P}{A_{\text{Sol}}}$$

Colocando as expressões em função da potência e igualando-as determina-se a intensidade de radiação solar à distância da Terra:

$$I_{\text{Sol-Terra}} \times A_{\text{Sol-Terra}} = I_{\text{Sol}} \times A_{\text{Sol}}$$

$$\Leftrightarrow I_{\text{Sol-Terra}} = I_{\text{Sol}} \times \frac{A_{\text{Sol}}}{A_{\text{Sol-Terra}}} \Leftrightarrow I_{\text{Sol-Terra}} = I_{\text{Sol}} \times \frac{4\pi r_{\text{Sol}}^2}{4\pi r_{\text{Sol-Terra}}^2}$$

$$\Leftrightarrow I_{\text{Sol-Terra}} = I_{\text{Sol}} \times \frac{r_{\text{Sol}}^2}{r_{\text{Sol-Terra}}^2} \quad \text{(expressão 1)}$$

Para se determinar o  $r_{\text{Sol-Terra}}^2$  que é a distância do centro do Sol até à superfície da Terra, utilizamos uma expressão que nos relaciona a distância com o tempo:

$$c = \frac{d}{\Delta t} \quad \text{(expressão 2)}$$

onde  $c$  é a velocidade da luz cujo valor é  $3,00 \times 10^8$  m/s, então:

$$c = \frac{d}{\Delta t} \Leftrightarrow d = c \times \Delta t \Leftrightarrow d = 3,00 \times 10^8 \times 498 \Leftrightarrow d = 1,49 \times 10^{11} \text{ m}$$

Fazendo a substituição na expressão 1, vem:

$$I_{\text{Sol-Terra}} = 6,40 \times 10^7 \times \left( \frac{6,96 \times 10^8}{1,49 \times 10^{11}} \right)^2 \Leftrightarrow I_{\text{Sol-Terra}} = 1396,5 \approx 1397 \text{ W m}^{-2}$$

A intensidade da radiação solar à distância que o separa da Terra é de  $1397 \text{ W m}^{-2}$ .



5. A cor de uma estrela indica-nos a sua temperatura superficial.

Antares (de Escorpião) é vermelha. Rigel (de Orion) é azul.

Uma destas estrelas é considerada uma estrela "fria" (2500 K) e a outra é considerada uma estrela "quente" (12000 K).

5.1. Indique, justificando, qual das duas estrelas é a estrela "fria" e qual é a estrela "quente".

A estrela "quente" é a Rigel ( $T = 12000 \text{ K}$ ) e a estrela "fria" é a Antares ( $T = 2500 \text{ K}$ ) porque a lei de Wien relaciona o comprimento de onda a que corresponde a intensidade máxima da radiação com a temperatura e estas duas variáveis são inversamente proporcionais. Portanto quanto menor for a temperatura maior vai ser o referido comprimento de onda a que corresponde a intensidade máxima da radiação, sendo o comprimento de onda maior na região do vermelho.

5.2. Qual das estrelas emite mais potência por unidade de superfície?

$$I_{\text{Antares}} = \sigma T^4 \Leftrightarrow I_{\text{Antares}} = 5,67 \times 10^{-8} \times (2500^4) \Leftrightarrow I_{\text{Antares}} = 2,215 \times 10^6 \text{ W m}^{-2}$$

$$I_{\text{Rigel}} = \sigma T^4 \Leftrightarrow I_{\text{Rigel}} = 5,67 \times 10^{-8} \times (12000^4) \Leftrightarrow I_{\text{Rigel}} = 1,176 \times 10^9 \text{ W m}^{-2}$$

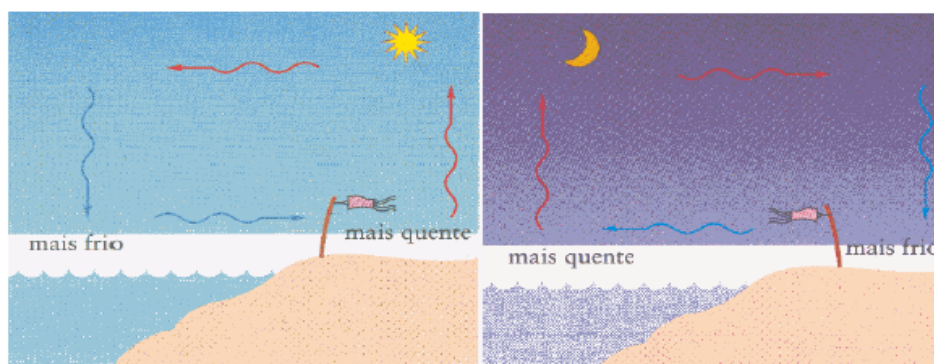
A estrela que tem maior potência por unidade de superfície é a Rigel.

6. A superfície do globo terrestre não é iluminada pelo Sol durante a noite. Porque é que o globo terrestre não arrefece excessivamente durante a noite?

A terra recebe constantemente energia proveniente do Sol, no entanto, não se verifica um aumento da temperatura terrestre.

A terra aquece e arrefece cerca de cinco vezes mais depressa do que o mar (água). Assim, durante o dia a terra aquece muito depressa e criam-se correntes de convecção ascendentes "ventos da terra para o mar", arrefecendo-a ao transmitir parte do seu calor para o mar. Pelo contrário, à noite, como o mar ainda não perdeu todo o calor absorvido durante o dia mas a terra já arrefeceu ocorrem correntes de convecção descendentes "ventos vêm do mar para a terra", aquecendo-a.

Isto ilustra a importância dos oceanos e da atmosfera neste processo. Comparando o planeta Terra com o planeta Marte, por terem aproximadamente um período de rotação de 24 h, Marte atinge temperaturas noturnas até  $-130 \text{ }^\circ\text{C}$  durante o inverno e temperaturas diurnas até  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ , durante o verão, devido ao facto de Marte ser isento de atmosfera.



7. Duas estrelas de tamanhos iguais estão à mesma distância da Terra. Uma tem temperatura de 5800 K e a outra tem temperatura de 2900 K.

7.1. Indique qual é a mais vermelha e a mais azul.

A estrela mais azul é a estrela que tem a  $T = 5800$  K e a estrela mais vermelha é a estrela que tem a  $T = 2900$  K.

De acordo com a lei de Wien quanto menor for a temperatura maior vai ser o comprimento de onda a que corresponde a intensidade máxima da radiação emitida, sendo o comprimento de onda a que corresponde a intensidade máxima da radiação emitida maior na região do vermelho e menor na região do azul.

7.2. Em que comprimento de onda cada uma emite o máximo de radiação?

Dados:

$$T_1 = 5800 \text{ K (azul)}$$

$$T_2 = 2900 \text{ K (vermelha)}$$

$$B = 2,898 \times 10^{-3} \text{ m K}$$

$$\lambda_{\text{máx}_1} = \frac{B}{T_1} \Leftrightarrow \lambda_{\text{máx}_1} = \frac{2,898 \times 10^{-3}}{5800} \Leftrightarrow \lambda_{\text{máx}_1} = 4,997 \times 10^{-7} \text{ m} = 499,7 \text{ nm}$$

$$\lambda_{\text{máx}_2} = \frac{B}{T_2} \Leftrightarrow \lambda_{\text{máx}_2} = \frac{2,898 \times 10^{-3}}{2900} \Leftrightarrow \lambda_{\text{máx}_2} = 9,993 \times 10^{-7} \text{ m} = 999,3 \text{ nm}$$

A estrela azul emite o máximo de radiação para um comprimento de onda de 499,7 nm, enquanto, a estrela vermelha emite o máximo de radiação para um comprimento de onda de 999,3 nm.



8. A potência total irradiada de uma lâmpada de incandescência é igual a 200 W. A lâmpada possui um filamento com 20 cm de comprimento e 0,80 mm de diâmetro. Considere a emissividade do tungsténio igual a 0,258. Determine:

8.1. a intensidade total irradiada.

**Dados:**

$$P = 200 \text{ W}$$

$$d_{\text{tungsténio}} = 0,80 \text{ mm} = 0,00080 \text{ m} = 8,0 \times 10^{-4} \text{ m} \Rightarrow r = 4,0 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$\ell_{\text{tungsténio}} = 20 \text{ cm} = 0,20 \text{ m}$$

1ª Etapa: Determinação da área do filamento de tungsténio:

$$\begin{aligned} A_{\text{Tungsténio}} &= 2A_{\text{Base}} + A_{\text{Lateral}} \Leftrightarrow A_{\text{Tung}} = 2(\pi r^2) + (2\pi r \times \ell) \\ &\Leftrightarrow A_{\text{Tung}} = 2(\pi r^2) + (2\pi r \times \ell) \\ &\Leftrightarrow A_{\text{Tung}} = 2(\pi(4,0 \times 10^{-4})^2) + (2\pi(4,0 \times 10^{-4}) \times 0,20) \\ &\Leftrightarrow A_{\text{Tung}} = 5,03 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2ª Etapa: Determinar o valor da intensidade total radiada

$$I = \frac{P}{A} \Leftrightarrow I = \frac{200}{5,03 \times 10^{-4}} \Leftrightarrow I = 397614,3 \text{ W m}^{-2} \Leftrightarrow I \cong 397,6 \times 10^3 \text{ kW m}^{-2}$$

A intensidade total irradiada pelo filamento é de  $397,6 \times 10^3 \text{ kW m}^{-2}$

8.2. A temperatura na superfície do filamento.

**Dados:**

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

$$e_{\text{tungsténio}} = 0,258$$

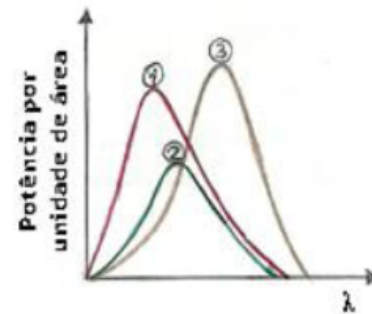
$$A_{\text{Tung}} = 5,03 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} P &= eA\sigma T^4 \Leftrightarrow T^4 = \frac{P}{eA\sigma} \Leftrightarrow T^4 = \frac{200}{0,258 \times (5,03 \times 10^{-4}) \times (5,67 \times 10^{-8})} \Leftrightarrow T^4 \\ &= 2,72 \times 10^{13} \Leftrightarrow T = 2283,7 \text{ K} \Leftrightarrow T \cong 2284 \text{ K} \end{aligned}$$

A temperatura na superfície do filamento é de 2284 K.

9. Na figura estão representadas duas curvas que podem traduzir a potência radiada por um corpo a duas temperaturas diferentes.

9.1. Indique as curvas que podem traduzir a potência radiada pelo corpo, referindo a que corresponde a uma temperatura menor. Justifique.



As curvas que traduzem a potência radiada pelo corpo são as curvas 1 e 2.

Pela Lei de Wien, o comprimento de onda elevado a que corresponde a intensidade máxima da radiação varia inversamente com a temperatura absoluta.

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{B}{T}$$

Então, para elevados comprimentos de onda a que corresponde a intensidade máxima da radiação correspondem uma menor temperatura.

Por outro, a Lei de Stefan-Boltzmann relaciona a intensidade total da radiação emitida por um corpo negro com a quarta potência da temperatura.

$$I = \sigma T^4 \quad \text{e} \quad I = \frac{P}{A} \quad \text{então} \quad P = A\sigma T^4$$

A potência total da radiação emitida é diretamente proporcional à quarta potência da temperatura, isto é, para elevadas temperaturas vamos ter maiores potências de radiação emitidas por unidade de área pelo corpo negro.

Conclusão:

- elevadas potências de radiação implicam elevadas temperaturas, pela Lei de Stefan-Boltzmann.

- Pela Lei de Wien, elevadas temperaturas correspondem a menores comprimentos de onda a que correspondem as intensidades máximas da radiação.

Então quanto maior for a potência de radiação emitida por unidade de área menor vai ser o comprimento de onda a que corresponde a intensidade máxima da radiação.

A curva que corresponde a uma menor temperatura é a curva 2, porque a uma menor temperatura corresponde um maior comprimento de onda e uma menor potência de radiação por unidade de área.



9.2. Justifique a razão pela qual a terceira curva não pode representar a potência radiada pelo corpo.

Pela Lei de Wien, o comprimento de onda a que corresponde a intensidade máxima da radiação varia inversamente com a temperatura absoluta.

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{B}{T}$$

Então, pela Lei de Wien a curva 3 corresponde a um corpo com menor temperatura, uma vez que, para um comprimento de onda máximo a que corresponde a intensidade máxima da radiação corresponde uma menor temperatura.

Por outro lado, pela Lei de Stefan-Boltzmann a curva 3 corresponde a um corpo com maior temperatura, uma vez que corresponde a uma potência total por unidade de área maior, dado que a área da curva abaixo do gráfico da curva 3 é maior comparativamente às outras duas curvas 1 e 2.

10. Leia o seguinte texto (Teste Intermédio de 11º Ano, 2010).

Um dos principais argumentos usados para desvalorizar a energia fotovoltaica é que ela nunca será suficiente para satisfazer as necessidades humanas. Se fizermos alguns cálculos, concluiremos que a radiação que nos chega do Sol tem uma intensidade, ao nível da órbita da Terra, de  $1367 \text{ W m}^{-2}$ , a chamada constante solar. Mas, se descermos à superfície da Terra, há dia e há noite, há atmosfera, há nuvens e os raios solares vão variando a sua inclinação ao longo do dia, situação que é diferente de região para região. Portugal situa-se numa posição muito favorável: é o país da Europa continental com maior intensidade média de radiação solar de  $1500 \text{ kW h m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ . Tomando este valor e uma eficiência de conversão de 15 %, possível com a tecnologia actual, chegamos a uma área necessária de cerca de  $200 \text{ km}^2$  – aproximadamente  $20 \text{ m}^2$  por pessoa. Pondo as coisas desta forma, seria até concebível cobrir toda a nossa necessidade de energia eléctrica com painéis solares fotovoltaicos! No entanto, a viabilidade da penetração da energia fotovoltaica, em larga escala, no mercado da energia, depende da evolução das tecnologias e da produção em massa, que permitam reduzir o seu preço.

10.1. Qual é a aplicação da energia da radiação solar a que se refere o texto?

A aplicação da energia da radiação solar a que se refere o texto é a produção de energia eléctrica.



10.2. Selecciona a única opção que permite calcular correctamente a intensidade média da radiação solar, em Portugal, expressa em  $\text{W m}^{-2}$ .

(A)  $\frac{365 \times 24 \times 3600}{1500 \times 3,6 \times 10^6} \text{ W m}^{-2}$

(C)  $\frac{1500 \times 3,6 \times 10^6}{365 \times 24 \times 3600} \text{ W m}^{-2}$

(B)  $\frac{365 \times 24}{1500 \times 3,6 \times 10^6} \text{ W m}^{-2}$

(D)  $\frac{1500 \times 3600}{3,6 \times 10^6 \times 365 \times 24} \text{ W m}^{-2}$

**Dados:**

$$I_{\text{média radiação solar}} = 1500 \text{ kW h m}^{-2} \text{ ano}^{-1} = 1500 \text{ 000 W h m}^{-2} \text{ ano}^{-1} = 1,5 \times 10^6 \text{ W h m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$$

$$A_{\text{terra}} = 200 \text{ km}^2$$

$$1 \text{ ano} = 365 \text{ dias} = 365 \text{ dias} \times 24 \text{ horas} \times 3600 \text{ segundos}$$

$$1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$$

Determinar a intensidade média da radiação solar em  $\text{W m}^{-2}$ :

$$\begin{aligned} I_{\text{média radiação solar}} &= 1500 \text{ kW h m}^{-2} \text{ ano}^{-1} = \frac{1500 \times 10^3 \text{ W h}}{\text{m}^2 \text{ ano}^1} \\ &= \frac{1500 \times 10^3 \times 3600 \text{ W s}}{\text{m}^2 \times 365 \times 24 \times 3600 \text{ s}} = \frac{1500 \times 10^6 \times 3,6}{365 \times 24 \times 3600} \text{ W m}^{-2} \end{aligned}$$

A opção correta é a alínea (C).


10.3. A intensidade da radiação solar ao nível da órbita da Terra é de  $1367 \text{ W m}^{-2}$ , a chamada constante solar. Indique como varia a intensidade da radiação solar até à superfície da Terra, referindo dois factores, dos apresentados no texto, que justificam essa variação.

A intensidade da radiação solar até à superfície da Terra varia devido à existência de atmosfera à volta da Terra, à existência de nuvens, à existência de noite e de dia e também devido ao raios solares sofrerem diversas inclinações ao longo do dia.



**BOM TRABALHO!**



 <p>Escola Secundária Quinta das Palmeiras</p>	<p>Escola Secundária Quinta das Palmeiras <i>Física e Química A – 10º Ano</i> "Tema: Sol e Aquecimento – Do Sol para a Terra" Atividade Laboratorial – Lei Stefan-Boltzmann e Lei de Wien Ano letivo: 2011/2012</p>
---	---

**Objetivo:**

Esta atividade visa o estudo da Lei de Stefan - Boltzmann, em que no final, os alunos devem ser capazes de relacionar o poder de absorção de radiação com a natureza das superfícies, relacionar a potência total emitida por um corpo com a temperatura e reconhecer que a radiação incidente num corpo pode ser parcialmente absorvida ou refletida.

**Procedimento:**

Applet: [http://alv.fisica.uminho.pt/simulacoes/Emissao\\_e\\_absorcao\\_de\\_radiacao/simulacao/simul.html](http://alv.fisica.uminho.pt/simulacoes/Emissao_e_absorcao_de_radiacao/simulacao/simul.html)

Faça o estudo de diferentes superfícies, preto, branco, rugoso e espelhado, quando submetidas à luz emitida por uma lâmpada.

Mantendo constante as variáveis:

- Distância da lâmpada (m): 0,2
- Potência radiada (W): 60
- Área de superfície (m<sup>2</sup>): 0,01
- Temperatura inicial Cubo (K): 298

Analise os gráficos temperatura versus tempo obtidos, indique:


- o valor da temperatura térmica de equilíbrio;
- o valor do tempo referente ao valor da temperatura térmica de equilíbrio;

**Questões:**

1. Qual é a superfície mais absorvente? Porquê?
2. Qual é a superfície mais refletora? Porquê?
3. Porque é que as casas alentejanas são, tradicionalmente, caiadas de branco?
4. Porque é que a parte interna de garrafa-termo é espelhada?

**BOM TRABALHO!**



 <p>Escola Secundária Quinta das Palmeiras</p>	<p>Escola Secundária Quinta das Palmeiras <i>Física e Química A – 10º Ano</i> "Tema: Sol e Aquecimento – Do Sol para a Terra" Atividade Laboratorial – Lei Stefan-Boltzmann e Lei de Wien Ano letivo: 2011/2012</p>
---	---

**Objetivo:**

Esta atividade visa o estudo da Lei de Stefan - Boltzmann, em que no final, os alunos devem ser capazes de relacionar o poder de absorção de radiação com a natureza das superfícies, relacionar a potência total emitida por um corpo com a temperatura e reconhecer que a radiação incidente num corpo pode ser parcialmente absorvida ou refletida.

**Procedimento:**

Applet: [http://alv.fisica.uminho.pt/simulacoes/Emissao\\_e\\_absorcao\\_de\\_radiacao/simulacao/simul.html](http://alv.fisica.uminho.pt/simulacoes/Emissao_e_absorcao_de_radiacao/simulacao/simul.html)

Faça o estudo de diferentes superfícies, preto, branco, rugoso e espelhado, quando submetidas à luz emitida por uma lâmpada.

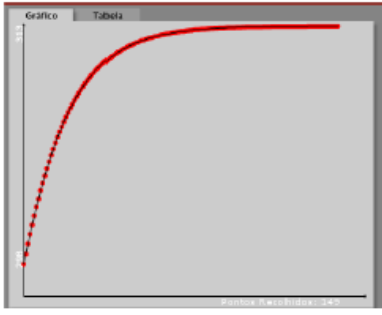
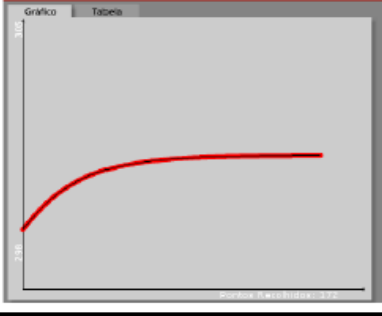
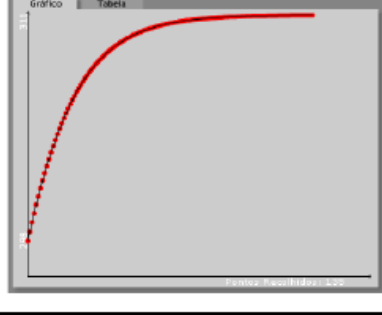
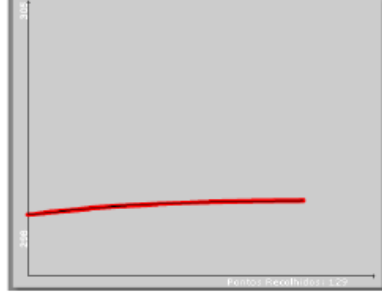
Mantendo constante as variáveis:

- Distância da lâmpada (m): 0,2
- Potência radiada (W): 60
- Área de superfície (m<sup>2</sup>): 0,01
- Temperatura inicial Cubo (K): 298

Analise os gráficos temperatura versus tempo obtidos, indique:

- o valor da temperatura máxima;
- o valor do tempo referente ao valor da temperatura máxima;

Conclusões:

Tipo de Superfícies	Temperatura máxima ( $T_{\text{máx}}$ ) (K)	Tempo onde se obteve $T_{\text{máx}}$
<b>Preto</b> 	312,83	67 min
<b>Branco</b> 	300,49	77:30 min
<b>Rugoso</b> 	310,77	62 min
<b>Espelhado</b> 	298,47	63:30 min



**Questões:**

**1. Qual é a superfície mais absorvente? Porquê?**

A superfície mais absorvente é a superfície negra, uma vez que pela análise do gráfico temperatura/tempo verifica-se um aumento do valor de temperatura ao longo do tempo. Este aumento de temperatura indica-nos que a superfície está a absorver toda a radiação emitida pela lâmpada.

**2. Qual é a superfície mais refletora? Porquê?**

A superfície mais refletora é a superfície espelhada, uma vez que pela análise do gráfico temperatura/tempo verifica-se um menor aumento do valor de temperatura ao longo do tempo. A temperatura é praticamente constante ao longo do tempo, porque a superfície está a refletir praticamente toda a radiação emitida pela lâmpada.

**3. Explique o significado de temperatura térmica de equilíbrio?**

A temperatura térmica de equilíbrio é o ponto em que a intensidade total da radiação emitida pelo corpo é exatamente igual ao valor da intensidade total da radiação absorvida pelo corpo.

**4. Porque é que as casas alentejanas são, tradicionalmente, caiadas de branco?**

As casas alentejanas são tradicionalmente caiadas de branco porque a cor branca é um bom refletor da radiação eletromagnética, solar.

**5. Porque é que a parte interna de garrafa termo é espelhada?**

As garrafas termo são espelhadas no seu interior porque este tipo de superfície é o melhor refletor da radiação eletromagnética, o que impedirá a saída de energia do interior do termo sob a forma de radiação.



**BOM TRABALHO!**

## Capítulo 5- TIC no Ensino da Física

Na última década a Internet teve um papel fundamental e exponencial de utilização, o que tem levado as pessoas a questionarem-se sobre o que fazer com esta ferramenta tecnológica (Uzunboylu, 2005). A educação em particular, tem vindo a ser alvo de estudos e trabalhos na tentativa de integrar as novas tecnologias de comunicação e material eletrónico no ensino (Paiva, 2006).

A definição do termo e-learning ainda não tem um consenso, mas está associada ao ensino/aprendizagem recorrendo a tecnologias eletrónicas. Paiva e seus colaboradores, 2004, afirmam que *“A tradução directa do termo é “e-aprendizagem”, podendo também usar-se “e-ensino”. Encontramos ainda outros termos, como “ensino - aprendizagem à distância”, “treino à distância”, “educação à distância”, “aprendizagem à distância”, “ensino aberto à distância”, “ensino à distância”, etc.”*. Leal, 2004, define e-learning como *“O processo pelo qual, o aluno aprende através de conteúdos colocados no computador e/ou Internet e em que o professor, se existir, está à distância utilizando a Internet como meio de comunicação (síncrono ou assíncrono), podendo existir sessões presenciais intermédias.”*

Como se evidencia nestas citações, a associação do e-learning ao ensino à distância é recorrente, em que com maior frequência se introduz algum contacto presencial entre os intervenientes no processo aprendizagem, professor / aluno. Onde se faz recurso a materiais disponibilizados nas redes informáticas, internacionais ou locais. No Conselho Europeu de Lisboa de 2000 foi acordado entre os países membros da União Europeia, a criação de uma proposta de trabalho sobre a *“eLearning: pensar o futuro da educação”*, ferramenta que tinha em vista o desenvolvimento da educação e investigação científica na União, e tem como principal objetivo tornar a União numa economia com base no conhecimento. Na sequência desta proposta lançada pela Comissão Europeia, a Iniciativa *“eLearning: Designing Tomorrow’s Education”*, o Parlamento Europeu e o Conselho, em Dezembro de 2003, aceitaram a implementação do Programa e-Learning para um período temporal entre 2004-2006. Este apoio governamental impeliu a criação e validação de materiais didáticos na Internet, bem como o melhoramento das infraestruturas necessárias ao seu funcionamento (Uzunboylu, 2005).

No entanto o e-learning traz vantagens e desvantagens. As principais vantagens são: flexibilidade, acessibilidade, facilidade de atualização e facilidade de comunicação por diferentes meios (Gomes, 2005). As desvantagens associadas à utilização do e-learning são: falta de contacto humano, fragilidade de alguns sistemas informáticos, coordenação temporal professor / aluno, certificação da qualidade do material e dificuldades em avaliar a aprendizagem do aluno (Paiva, 2006).

A necessidade de no ensino das ciências existir uma componente experimental, o surgimento de laboratórios virtuais (LV) recorrendo a sistemas computacionais *online* tem tido cada vez mais importância na transmissão de conceitos no processo de ensino-aprendizagem, pois observa-se uma maior aproximação do ambiente do laboratório tradicional ao laboratório virtual. Rosado e Herreros, 2005, afirmam: “Un laboratorio virtual (LV) es un sistema computacional que pretende aproximar el ambiente de un laboratorio tradicional”. Monte-Nájera e seus colaboradores, 2003, afirmam que “La mayoría de los laboratorios virtuales de Física son pequeñas simulaciones escritas en JAVA, un lenguaje de programación interactivo para multimedia”.

Seguidamente encontram-se referidas diversas aplicações computacionais, *applets*, que poderão ser utilizadas pelo professor na transmissão de conteúdos teóricos bem como na reprodução de atividades laboratoriais, que abordem o conceito: Lei de Stefan-Boltzmann e Lei do Deslocamento de Wien conteúdos teóricos.

O *applet* da figura 3, ilustra a aplicação da Lei de Stefan-Boltzmann, na qual os alunos conseguem obter um valor preciso de intensidade de radiação total para um determinado comprimento de onda a uma dada temperatura. Na parte superior do *applet*, observamos o valor da intensidade total da radiação emitida em  $W/m^2$  e a percentagem da intensidade da radiação emitida na região do espectro selecionado.

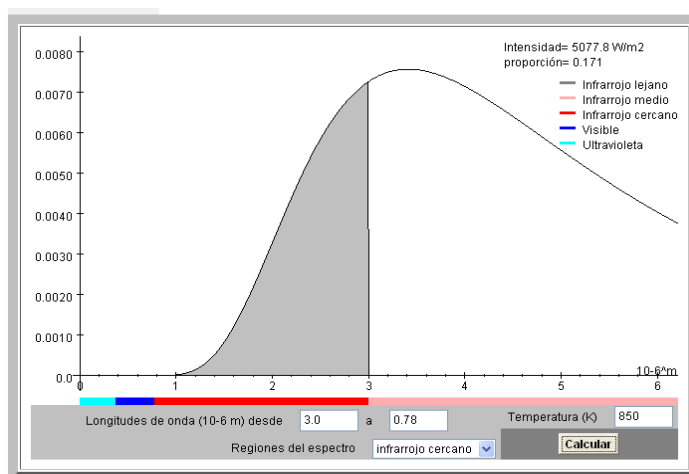


Figura 4 - Radiação do corpo negro (Adaptado de Santana: <http://www.fisica.ufs.br/CorpoDocente/egsantana/cuantica/negro/radiacion/radiacion.htm>, 2012).

A figura 4 ilustra a aplicação da Lei de Stefan-Boltzmann e Lei do Deslocamento de Wien. Observa-se a relação entre a intensidade total da radiação emitida de um corpo negro a diferentes temperaturas. Obtém-se o valor máximo da intensidade total da radiação emitida para um dado comprimento de onda específico (pico máximo da curva para um comprimento de onda específico).

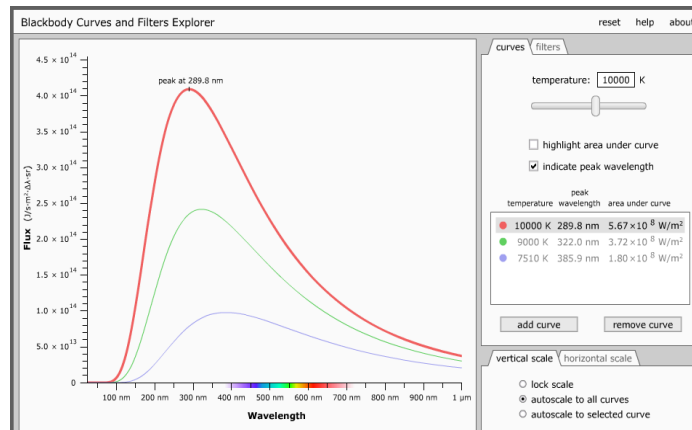


Figura 5 - Curvas representativas de um corpo negro e filtros UVB (Adaptado de NAAP: <http://astro.unl.edu/naap/blackbody/blackbody.html>, 2012).

O *applet* do *Projet Lite*, *Spectrum Explorer*, figura 5, pode-se traçar um espectro de um corpo negro para qualquer temperatura. Para analisar um espetro de um corpo negro, tem de se seleccionar o botão que indica blackbody, com o cursor selecciona-se a temperatura pretendida no termómetro, aparecendo o respetivo gráfico da intensidade total da radiação emitida versus comprimento de onda. Na barra superior observa-se imediatamente os valores referentes à temperatura em que se encontra o corpo negro, à intensidade total da radiação emitida pelo corpo negro por unidade de área segundo a Lei de Stefan-Boltzmann, o comprimento máximo segundo a Lei do Deslocamento de Wien e as percentagens de radiação emitidas no espetro eletromagnético (infravermelho, visível e ultravioleta).

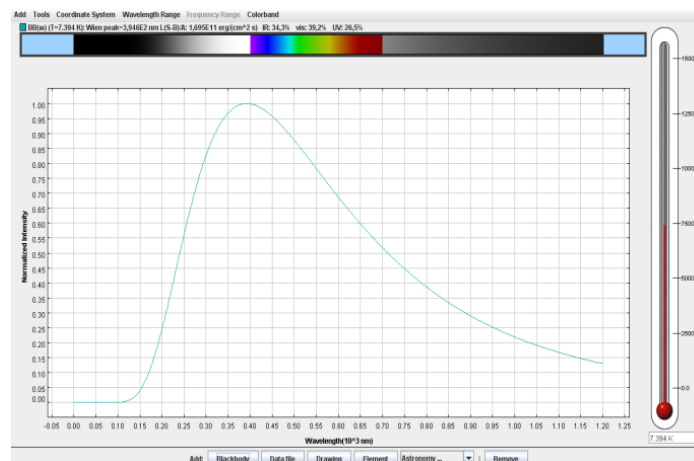


Figura 6 - Espetro de um corpo negro (Adaptado de Project Lite: [http://lite.bu.edu/spex/build\\_0041/spex Ug.html#add](http://lite.bu.edu/spex/build_0041/spex Ug.html#add), 2012).

Através do *applet* da Astronomy, Blackbody Radiation Interactive, figura 6, consegue-se relacionar as variáveis intensidade total da radiação emitida pelo corpo negro, temperatura e comprimento de onda, observando-se a respetiva cor emitida pelo corpo a uma dada temperatura. Com este *applet* podemos estudar a Lei de Stefan-Boltzmann e a Lei do Deslocamento de Wien.

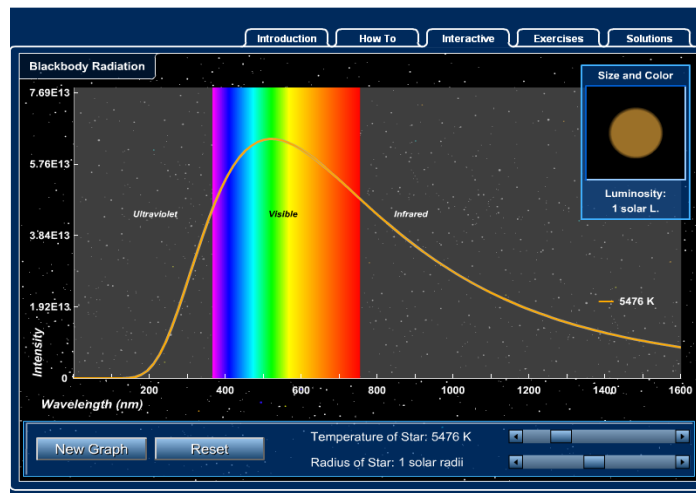


Figura 7 - Radiação de um corpo negro (Adaptado de Fix: [http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0072482621/student\\_view0/interactives.html#](http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0072482621/student_view0/interactives.html#), 2012).

O professor utilizando o *applet* do PhET - Interactive Simulations, Blackbody Spectrum, figura 7, consegue relacionar as variáveis intensidade total da radiação emitida pelo corpo negro, temperatura e comprimento de onda, observando-se a respectiva cor emitida pelo corpo a uma dada temperatura. Com este *applet* podemos estudar a Lei de Stefan-Boltzmann e a Lei do Deslocamento de Wien.

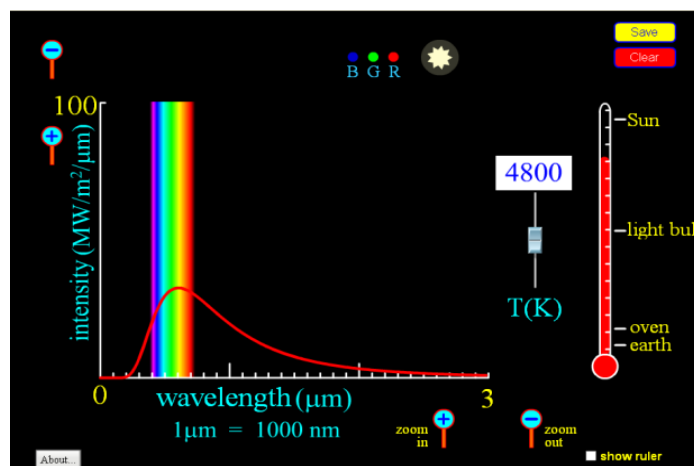


Figura 8 - Espectro de um corpo negro (Adaptado de Miller Curt: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/blackbody-spectrum>, 2012).

O mesmo estudo pode ser realizado utilizando o *applet* do MacGraw-Hill Companies, Blackbody Radiation and Stellar Luminosity, figura 8.

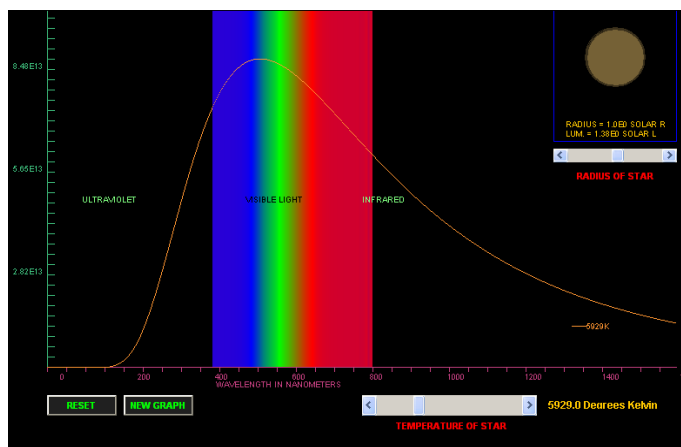


Figura 9 - Radiação de um corpo negro (Adaptado de McGraw-Hill: <http://www.mhhe.com/physsci/astronomy/applets/Blackbody/frame.html>, 2012).

O *applet* intitulado Absorção e Emissão da Radiação desenvolvido por Martins na Universidade do Minho é dedicado ao estudo da absorção da radiação por diferentes superfícies. Este *applet* visa substituir a atividade laboratorial (AL 1.1), que o professor tem de realizar com os alunos no laboratório tradicional utilizando um cubo de Leslie, um sensor de temperatura, uma lâmpada e um cronómetro. Com este *applet*, o professor pode fazer variar os tipos de superfície e observar a variação da curva temperatura versus tempo, analisando a aplicabilidade da Lei de Stefan-Boltzmann e a Lei do Deslocamento de Wien.



Figura 10 - Absorção e Emissão da Radiação (Adaptado de Martins, 2007).

Todos estes *applets* referenciados acima contêm exercícios *online* que podem resolvidos diretamente com os alunos em sala de aula, com auxílio do professor, uma vez que se encontram em inglês. O professor previamente poderá realizar uma ficha de trabalho baseada nos exercícios que cada *applet* contém.

# Capítulo 6- Planificação das Regências

## 6. Introdução

Foram realizadas várias regências nas turmas de Básico e de Secundário. As regências foram observadas e avaliadas pela Professora Orientadora Pedagógica, Sandra da Costa, e pelos Professores Orientadores Científicos da Universidade da Beira Interior: na área da Química a Professora Doutora Isabel Ismael e na área da Física o Professor Doutor Paulo Parada.

Foram observadas 3 aulas na área da Química e 3 aulas na área da Física, quer na turma do Ensino Básico quer na turma do Ensino Secundário.

Iniciei as minhas regências na área da Física no dia 22/11/2011, pelas 15 h 05 min até às 16 h 35 min, na sala 24 (Bloco C), na Turma A, do 9º Ano. A unidade didática lecionada foi Forças e Movimentos. Nesta aula, os alunos iriam abordar o conceito da Lei Fundamental da Dinâmica ou 2ª Lei de Newton, sendo o sumário: Lei Fundamental da Dinâmica ou 2ª Lei de Newton.

Os alunos como pré-requisitos teriam de ser capazes de:

- Reconhecer que as forças resultam da interação entre corpos.
- Identificar e marcar forças que atuam sobre um corpo em movimento.
- Determinar a força resultante das forças que atuam sobre um corpo.

No final da aula, os alunos deveriam ser capazes de:

- Enunciar a Lei Fundamental da Dinâmica (ou 2ª Lei de Newton).
- Reconhecer que, num movimento retilíneo, a força resultante e a aceleração têm a mesma direção e sentido.
- Reconhecer que, para o mesmo corpo, a força resultante é diretamente proporcional à aceleração, sendo a massa a constante de proporcionalidade.
- Reconhecer que, se a mesma força resultante atuar sobre corpos de massas diferentes, a massa e a aceleração são inversamente proporcionais.
- Determinar a força resultante ou a aceleração de um corpo a partir da Lei Fundamental da Dinâmica.

A aula seguinte foi uma continuação da aula anterior. Esta aula decorreu no dia 25/11/2011, pelas 09 h 05 min até às 09 h 50 min, na sala 22 (Bloco C), na Turma A, do 9º Ano. Nesta aula, os alunos iriam abordar os tipos de movimentos, em que o sumário foi: Caracterização dos diversos tipos de Movimentos: uniforme, acelerado e retardado.

Como pré-requisitos, os alunos teriam de ser capazes de:

- Reconhecer que as forças resultam da interação entre corpos.
- Identificar e marcar forças que atuam sobre um corpo em movimento.
- Determinar a força resultante das forças que atuam sobre um corpo.
- Enunciar e aplicar devidamente a 2ª Lei de Newton.
- Caracterizar os tipos de movimentos: uniforme, acelerado e retardado.

No final da aula, os alunos deveriam ser capazes de:

- Indicar que na queda livre de um corpo a única força que atua é o seu peso.
- Determinar o peso de um corpo.
- Identificar graficamente o tipo de movimento presente: uniforme, uniformemente acelerado e uniformemente retardado.
- Indicar a direção e sentido da velocidade, da aceleração e da força resultante nos diversos tipos de movimentos

No dia 13/04/2012, pelas 10 h 05 min até às 11 h 35 min, na sala 24 (Bloco C), na Turma A, do 10º Ano finalizaram-se as regências na área da Física. A unidade didática lecionada foi Sol e Aquecimento. Nesta aula, os alunos iriam abordar o conceito da Lei do Deslocamento de Wien. Esta aula encontra-se referenciada detalhadamente no capítulo 4 uma vez que se engloba no desenvolvimento da aula investigacional, Lei de Stefan-Boltzmann.

Na área da Química, as aulas iniciaram-se no dia 03/01/2012, pelas 10 h 05 min até às 11 h 35 min, na sala 24 (Bloco C), na Turma A, do 10º Ano. A unidade didática lecionada foi Na Atmosfera da Terra: Radiação, Matéria e Estrutura. Nesta aula, os alunos iriam abordar o modelo covalente da ligação covalente e quais os parâmetros da ligação química, sendo o sumário: Modelo covalente da ligação química, Parâmetros da ligação covalente: Comprimento da ligação, Energia de ligação e Ângulo de ligação.

Como pré-requisitos, os alunos teriam de ser capazes de:

- Aplicar os princípios e regras usadas na distribuição dos eletrões pelas orbitais.
- Escrever as configurações eletrónicas dos átomos.
- Enunciar e aplicar as regras do octeto.
- Identificar a natureza dos tipos de ligação: covalente, iónica e metálica.
- Identificar moléculas polares e apolares.
- Identificar ligações covalentes simples, duplas e triplas.

No final da aula, os alunos deveriam ser capazes de:

- Explicar o modelo de ligação covalente: notação de Lewis.

- Reconhecer que a ligação química covalente se forma por partilha de eletrões de ambos os átomos nela envolvidos.
- Reconhecer os diversos tipos de ligação covalente: simples, dupla e tripla, consoante o número de eletrões partilhados.
- Reconhecer que a ligação entre vários átomos se mantém por existir um equilíbrio entre as forças atrativas e repulsivas.
- Reconhecer que o raio covalente de um elemento não metálico é metade da distância entre o centro de dois átomos ligados por uma ligação covalente.
- Reconhecer que o comprimento de ligação é a distância internuclear entre os átomos que se ligam.
- Reconhecer que a maioria dos átomos não é estável pelo que se ligam originando moléculas para alcançarem maior estabilidade.
- Explicar a correlação existente entre comprimento de ligação e energia de ligação.
- Reconhecer que os gases nobres são formados por átomos muito estáveis e que dificilmente, estabelecem ligações com outros átomos.
- Explicar a estrutura das moléculas de  $H_2$ ,  $O_2$  e  $N_2$  utilizando o modelo de ligação covalente.
- Relacionar a estrutura da molécula de  $O_2$  com a estrutura de outras moléculas da atmosfera tais como  $H_2$  e  $N_2$  (ligações simples, dupla e tripla).
- Interpretar os parâmetros de ligação: energia, comprimento e ângulo para as moléculas  $H_2$ ,  $O_2$  e  $N_2$ .

Nos dias 08/05/2012 e 11/05/2012 finalizaram as minhas regências na área da Química. No dia 08/05/2012, pelas 15 h 50 min até às 16 h 35 min, na sala 24 (Bloco C), na Turma A, do 9º Ano, a unidade didática lecionada foi Classificação dos Materiais. Nesta aula, os alunos iriam abordar o conceito de compostos de carbono e tipos de hidrocarbonetos, sendo o sumário: Introdução ao estudo dos compostos de carbono: importância, constituição e estrutura, Estudo dos hidrocarbonetos saturados (alcanos), Resolução de exercícios de aplicação.

Como pré-requisitos, os alunos teriam de ser capazes de:

- Interpretar e representar as fórmulas de estrutura.
- Compreender o significado de ligação covalente.
- Identificar tipos de ligação química covalente: simples, dupla e tripla, consoante o número de eletrões partilhados.
- Enunciar e aplicar a regra do octeto.
- Enunciar e aplicar a notação de Lewis.
- Identificar e classificar ligações polares e apolares entre átomos, no interior de uma molécula.
- Identificar o tipo de ligação química que os átomos estabelecem entre eles: covalente, iónica ou metálica.
- Reconhecer que a ligação entre vários átomos se mantém por existir um equilíbrio entre as forças atrativas e repulsivas.

- Interpretar os parâmetros de ligação: energia, comprimento e ângulo nas moléculas.
- Relacionar a ordem de ligação com o tipo de ligação covalente (simples, dupla e tripla) existente na molécula.

No final da aula, os alunos deveriam ser capazes de:

- Compreender a importância do carbono para os seres vivos.
- Reconhecer as principais propriedades do elemento químico carbono e o porquê de ser tão importante.
- Reconhecer a constituição e a importância dos hidrocarbonetos.
- Distinguir hidrocarbonetos saturados e insaturados.
- Aplicar a nomenclatura dos hidrocarbonetos saturados, segundo a IUPAC.
- Identificar através da fórmula de estrutura alguns hidrocarbonetos saturados: alcanos.

A aula seguinte foi uma continuação da aula anterior. Esta aula decorreu no dia 11/05/2012, pelas 08 h 20 min até às 09 h 50 min, na sala 22 (Bloco C), na Turma A, do 9º Ano. Nesta aula, os alunos iriam abordar o conceito de hidrocarbonetos insaturados, cíclicos e estudar reações de combustão de hidrocarbonetos, sendo o sumário: Estudo dos hidrocarbonetos insaturados (alcenos e alcinos), Hidrocarbonetos cíclicos, Estudo de reações de combustão de hidrocarbonetos. Atividade experimental: “Reconhecimento do carbono e do hidrogénio na naftalina”, Resolução de exercícios de aplicação.

Como pré-requisitos, os alunos teriam de ser capazes de:

- Interpretar e representar fórmulas de estrutura.
- Compreender o significado de ligação covalente.
- Identificar tipos de ligação química covalente: simples, dupla e tripla, consoante o número de eletrões partilhados.
- Enunciar e aplicar a regra do octeto.
- Enunciar e aplicar a notação de Lewis.
- Identificar e classificar ligações polares e apolares entre átomos, no interior de uma molécula.
- Identificar o tipo de ligação química que os átomos estabelecem entre eles: covalente, iónica ou metálica.
- Reconhecer que a ligação entre vários átomos se mantém por existir um equilíbrio entre as forças atrativas e repulsivas.
- Interpretar os parâmetros de ligação: energia, comprimento e ângulo nas moléculas.
- Relacionar a ordem de ligação com o tipo de ligação covalente (simples, dupla e tripla) existente na molécula.
- Aplicar a nomenclatura dos hidrocarbonetos saturados, segundo a IUPAC.
- Identificar fórmulas de estrutura de hidrocarbonetos saturados.
- Enunciar e aplicar a Lei de Lavoisier (Lei da Conservação da Massa).

No final da aula, os alunos deveriam ser capazes de:

- Identificar os tipos de hidrocarbonetos saturados e insaturados.
- Identificar hidrocarbonetos quanto à sua cadeia: cíclica ou acíclica.
- Aplicar a nomenclatura dos hidrocarbonetos insaturados, segundo a IUPAC.
- Identificar através da fórmula de estrutura alguns hidrocarbonetos insaturados: alcenos e alcinos.
- Aplicar reações de combustão de hidrocarbonetos.
- Reconhecer a presença do carbono e do hidrogénio em compostos orgânicos.
- Referir a importância do oxigénio numa reação de combustão e quais os produtos de reação que se formam (dióxido de carbono e água).

Seguidamente encontra-se discriminado as regências efetuadas, na área da Física, na turma do Ensino Básico e do Ensino Secundário, os respetivos planos de aula e os recursos didáticos elaborados para melhorar a aquisição dos conceitos pelos alunos. A regência realizada no Ensino Secundário não se encontra descrito nesta seção por pertencer ao desenvolvimento da aula investigacional, referenciada no capítulo 4.

### 6.1. Regência no Ensino Básico na Física

 <b>Escola Secundária Quinta das Palmeiras</b>	 Ciências Físico-Químicas Ano Letivo: 2011/2012
<b>Plano de Aula 1</b>	

Aluna Estagiária: Laura Catarina Seco Antunes Grupo Disciplinar: 510

Dia: 22/11/2011 Hora: 15 h 05 min - 16 h 35 min Sala: 24 (Bloco C) Turma: A Ano: 9º

Unidade didática lecionada: Forças e Movimentos

Nomes dos Avaliadores: Sandra Costa Cargo: Professora Orientadora Pedagógica

Paulo Parada Cargo: Professor Orientador Científico

#### SUMÁRIO

Lei Fundamental da Dinâmica ou 2ª Lei de Newton.

### PRÉ-REQUISITOS

- Reconhecer que as forças resultam da interação entre corpos.
- Identificar e marcar forças que atuam sobre um corpo em movimento.
- Determinar a força resultante das forças que atuam sobre um corpo.

### OBJECTIVOS

(O ALUNO DEVE SER CAPAZ DE:)

- Enunciar a Lei Fundamental da Dinâmica (ou 2ª Lei de Newton).
- Reconhecer que, num movimento retilíneo, a força resultante e a aceleração têm a mesma direção e sentido.
- Reconhecer que, para o mesmo corpo, a força resultante é diretamente proporcional à aceleração, sendo a massa a constante de proporcionalidade.
- Reconhecer que, se a mesma força resultante atuar sobre corpos de massas diferentes, a massa e a aceleração são inversamente proporcionais.
- Determinar a força resultante ou a aceleração de um corpo a partir da Lei Fundamental da Dinâmica.

CONTEÚDOS	RECURSOS E MATERIAIS
Lei Fundamental da Dinâmica.	Computador. Projetor. Manual escolar. Apresentação <i>PowerPoint</i> . Simulações disponíveis na Plataforma <i>Moodle</i> . Ficha de trabalho disponível na plataforma <i>Moodle</i> .

### AValiação: modalidade e instrumentos

Observação direta do desempenho e atitudes dos alunos.

## OPERACIONALIZAÇÃO / DESENVOLVIMENTO DA AULA

- ↳ Dar-se-á início à aula escrevendo o sumário no quadro.
- ↳ Em seguida, a professora relembra a determinação da força resultante de várias forças que atuam sobre um corpo, lançando uma questão problema aos alunos “Como é que se pode relacionar a força resultante com a variação da velocidade de um corpo?”. A professora aguardará respostas dos alunos, explicitando que como visto anteriormente a aceleração média relaciona-se com a variação da velocidade num dado intervalo de tempo.
- ↳ A título informativo a professora refere que o físico Isaac Newton, em 1687, publicou um livro intitulado “*Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*” sendo conhecido no dia-a-dia por “*Princípio de Newton*”. Neste livro Newton explicou os diversos comportamentos que os corpos tinham em movimento e relacionou estas duas grandezas através de uma lei: “*Lei Fundamental da Dinâmica ou 2ª Lei de Newton: a resultante das forças que atuam sobre um corpo é diretamente proporcional à aceleração que ele adquire, tendo a mesma direção e sentido da aceleração*”.
- ↳ Em seguida, a professora escreve no quadro a expressão matemática  $\vec{F}_R = m \times \vec{a}$ , questionando aos alunos se têm ideia de como se relacionam as variáveis  $\vec{F}_R$  e  $\vec{a}$ . Para ajudar a professora pergunta aos alunos “Como variarão estas variáveis se aplicarmos forças de intensidades diferentes a corpos com a mesma massa?”. A professora aguardará algumas respostas dadas pelos alunos.
- ↳ Para melhor explicação, a professora recorrerá a uma apresentação em *PowerPoint* para mostrar exemplos concretos de como se relacionam estas variáveis  $\vec{F}_R$  e  $\vec{a}$  perante corpos de iguais massas quando se aplicam forças de intensidade diferentes.
- ↳ Através da exploração da situação apresentada no *PowerPoint*, os alunos deverão concluir que para um dado corpo a relação entre a  $\vec{F}_R$  e  $\vec{a}$  é de proporcionalidade direta em que a massa do corpo é que vai ser a constante de proporcionalidade (gráfico 1.48 da pag.43 do manual). Ou seja, o corpo adquire maior aceleração quanto maior for a força resultante aplicada. A expressão matemática para a 2ª Lei de Newton ( $\vec{F}_R = m \times \vec{a}$ ) que melhor relaciona estas variáveis é dada por:  $\left| \frac{\vec{F}_R}{\vec{a}} \right| = m = \text{constante}$ . Como exemplo: se aumentarmos a força resultante aplicada a um dado corpo de massa constante para o dobro, a aceleração adquirida por esse corpo vai duplicar.
- ↳ Para melhor compreensão do estudo das variáveis por parte dos alunos, a professora realizará um exercício de aplicação.
- ↳ A seguir a professora questionará os alunos sobre como se relacionarão agora as variáveis  $\vec{F}_R$  e  $\vec{a}$  quando se aplica uma força resultante de mesma intensidade a corpos com diferentes

massas. A professora aguardará respostas dadas pelos alunos.

↳ Para melhor explicação, a professora recorrerá a uma apresentação em *PowerPoint* para mostrar exemplos concretos de como se relacionam estas variáveis  $\vec{F}_R$  e  $\vec{a}$ , perante corpos de diferentes massas aplicando forças resultantes com a mesma intensidade.

↳ Através da exploração da situação apresentada no *PowerPoint*, os alunos deverão concluir que para uma dada força resultante a relação entre a  $m$  e  $\vec{a}$  é de proporcionalidade inversa, isto é, quanto maior for a massa do corpo menor será a aceleração adquirida pelo corpo. A expressão matemática que relaciona estas variáveis é dada por:  $\vec{F}_R = constante = m \times \vec{a}$ . Como exemplo: quando se aplica uma força resultante constante e aumentarmos a massa de um corpo para o dobro, a aceleração deste vai diminuir para metade, no entanto se aumentarmos a massa do corpo para o triplo, a aceleração deste vai diminuir para 1/3.

↳ A professora relembrará juntamente com os alunos a análise dimensional da expressão que traduz a 2ª Lei de Newton ( $\vec{F}_R = m \times \vec{a}$ ) no quadro, tirando a conclusão de que aplicando uma força de 1 N a um corpo de massa 1 kg lhe conferirá uma aceleração de 1 m/s<sup>2</sup>.

↳ Em seguida, a professora mostrará uma simulação retirada do website: [http://esamultimedia.esa.int/docs/issedukit/pt/activities/flash/start\\_toolbar.html#ex02\\_lec01.swf](http://esamultimedia.esa.int/docs/issedukit/pt/activities/flash/start_toolbar.html#ex02_lec01.swf) para melhor compreensão da 2ª Lei de Newton pelos alunos.

↳ Para melhor consolidação da 2ª Lei de Newton e de como se relacionam as variáveis  $\vec{F}_R$  e  $\vec{a}$  por parte dos alunos, a professora realizará exercícios complementares do manual escolar: exercício 1.13 da página 46, e os exercícios 1.44, 1.46 e 1.47 da página 73.

↳ Posteriormente a professora entregará aos alunos uma ficha de trabalho que se encontrará disponível no *Moodle*. Contém uma simulação retirada do website: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-1d> onde os alunos apreenderão melhor a aplicação prática da 2ª Lei de Newton e como se relacionam as variáveis  $\vec{F}_R$  e  $\vec{a}$  através de exemplos reais.

↳ Para tal, a professora projetará no quadro a simulação resolvendo e analisando minuciosamente a ficha de trabalho com os alunos referindo qual a informação que se pode obter da análise de um gráfico aceleração-tempo. No final desta atividade, os alunos deverão ser capazes de relacionar as variáveis  $\vec{F}_R$ ,  $m$  e  $\vec{a}$  entre si e determinar a força resultante ou a aceleração de um corpo aplicando a 2ª Lei de Newton.

↳ A professora indicará aos alunos como trabalho de casa a resolução dos exercícios do caderno de atividades: exercícios 4 ao 6 da página 9.

### TPC

Resolução da ficha do caderno de atividades (pág. 9, exercícios 4, 5 e 6).

## REFLEXÃO DA AULA

↳ No geral, a aula decorreu bem tendo-se notado algumas dificuldades por parte dos alunos na compreensão de alguns conceitos. A aula foi bastante dinâmica uma vez que os alunos participaram de uma forma organizada às questões colocadas e na resolução dos exercícios propostos pela professora, demonstrando um interesse pela aprendizagem de novos conteúdos.

↳ A professora, através de uma apresentação em *PowerPoint*, explicou a Lei Fundamental da Dinâmica e o quanto esta Lei é importante para o nosso dia-a-dia. Demonstrou como variam as grandezas  $\vec{F}_R$ ,  $m$  e  $\vec{a}$  com auxílio de exemplos do quotidiano. Tal como seria esperado pela professora, os alunos conseguiram relacionar conhecimentos prévios adquiridos na disciplina de Matemática com os que estavam a ser abordados no momento, respondendo corretamente que as grandezas  $\vec{F}_R$  e  $\vec{a}$  são diretamente proporcionais. Graficamente esta proporcionalidade direta representa-se através de uma linha reta oblíqua que passa na origem do referencial. Contudo, os alunos demonstraram dificuldades em compreender que a  $m$  e  $\vec{a}$  são inversamente proporcionais caso a força resultante seja constante.

↳ A professora ao longo da aula denotou alguma renitência por parte dos alunos na compreensão do significado do valor da aceleração e de como poderíamos obter o valor da velocidade a partir do valor obtido para a aceleração.

↳ Os alunos consolidaram melhor a 2ª Lei de Newton após a professora mostrar uma simulação onde está explicitado, através de exemplos reais, como se relacionam as grandezas  $\vec{F}_R$ ,  $m$  e  $\vec{a}$ .

↳ Em seguida a professora resolveu juntamente com os alunos alguns exercícios complementares do manual escolar: exercício 1.13 da página 46, e o exercício 1.44 da página 73. Os exercícios 1.46 e 1.47 da página 73 não foram resolvidos na sala de aula por falta de tempo, tendo-se iniciado a resolução no quadro por um aluno do exercício 1.46. Ficaram para trabalho de casa juntamente com os outros exercícios propostos na planificação.

↳ A professora notou que os alunos no geral adquiriram os conhecimentos pretendidos para esta aula.



Escola Secundária  
Quinta das Palmeiras



Ciências Físico-Químicas

Ano Letivo: 2011/2012

## Plano de Aula 2

Aluna Estagiária: Laura Catarina Seco Antunes Grupo Disciplinar: 510

Dia: 25/11/2011 Hora: 9 h 05 min - 9 h 50 min Sala: 22 (Bloco C) Turma: A Ano: 9º

Unidade didática lecionada: Forças e Movimentos

Nomes dos Avaliadores: Sandra Costa Cargo: Professora Orientadora Pedagógica

Paulo Parada Cargo: Professor Orientador Científico

### SUMÁRIO

Caracterização dos diversos tipos de Movimentos: uniforme, acelerado e retardado.

### PRÉ-REQUISITOS

- Reconhecer que as forças resultam da interação entre corpos.
- Identificar e marcar forças que atuam sobre um corpo em movimento.
- Determinar a força resultante das forças que atuam sobre um corpo.
- Enunciar e aplicar devidamente a 2ª Lei de Newton.
- Caracterizar os tipos de movimentos: uniforme, acelerado e retardado.

### OBJECTIVOS

(O ALUNO DEVE SER CAPAZ DE:)

- Indicar que na queda livre de um corpo a única força que atua é o seu peso.
- Determinar o peso de um corpo.
- Identificar graficamente o tipo de movimento presente: uniforme, uniformemente acelerado e uniformemente retardado.
- Indicar a direção e sentido da velocidade, da aceleração e da força resultante nos diversos tipos de movimentos.

CONTEÚDOS	RECURSOS E MATERIAIS
Tipos de movimentos retilíneos.	Computador Projetor. Manual escolar. Simulações disponíveis na Plataforma Moodle. Ficha de trabalho disponível na plataforma Moodle.

AVALIAÇÃO: modalidade e instrumentos
Observação direta do desempenho e atitudes dos alunos.

OPERACIONALIZAÇÃO / DESENVOLVIMENTO DA AULA
<p>↳ Dar-se-á início à aula escrevendo o sumário no quadro.</p> <p>↳ Em seguida, a professora realizará a correção dos trabalhos de casa, relembrando os conceitos enunciados na aula anterior, a 2ª Lei de Newton e os casos estudados para as variáveis <math>\vec{F}_R</math>, <math>m</math> e <math>\vec{a}</math>.</p> <p>↳ De seguida a professora levará os alunos a relembrar o caso de um corpo em queda livre (sem a resistência do ar) em que a força resultante que atua sobre o corpo é o peso, logo vem "<math>\vec{F}_R = \vec{P}</math>" e a aceleração é designada por aceleração gravítica porque o corpo em queda livre adquire uma aceleração constante simbolizando-se por <math>a = g</math> onde <math>g = 9,8 \text{ m/s}^2</math>. Substituindo as grandezas em módulo na expressão da 2ª Lei de Newton <math>F_R = m \times a \Leftrightarrow P = m \times g</math> ou <math>P = m \times 9,8</math>, permite determinar o peso de um corpo em newton a partir da sua massa expressa em kilograma.</p> <p>↳ De seguida a professora relembrará a caracterização dos diferentes tipos de movimentos retilíneos (uniforme, acelerado e retardado) através da tabela 1.5 enunciada na página 44 do manual. Explicará através da 2ª Lei de Newton que:</p> <p>↳ 1ª Situação: um corpo desloca-se horizontalmente sobre uma superfície com uma velocidade constante <math>\vec{v}</math>, se atuar sobre o corpo uma força resultante nula a aceleração desse corpo também será nula porque <math>\vec{a}_m = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{\Delta t} \Rightarrow \Delta \vec{v} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{v}_f - \vec{v}_i = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{v}_f = \vec{v}_i</math>, como a velocidade é constante (corpo movimenta-se sempre com a mesma velocidade em intervalos de tempos iguais), então, diz-se que o corpo tem um movimento retilíneo uniforme.</p> <p>↳ 2ª Situação: um corpo desloca-se horizontalmente sobre uma superfície com uma velocidade <math>\vec{v}</math>, se atuar sobre o corpo uma força resultante no sentido do vetor velocidade a</p>

aceleração adquirida pelo corpo terá o sentido do vetor da força resultante, então, o corpo terá um movimento retilíneo acelerado.

↳ 3ª Situação: um corpo desloca-se horizontalmente sobre uma superfície com uma velocidade  $\vec{v}$ , se atuar sobre o corpo uma força resultante de sentido oposto ao do vetor velocidade a aceleração adquirida pelo corpo terá o sentido do vetor da força resultante, então, o corpo terá um movimento retilíneo retardado.

↳ Para melhor consolidação dos conceitos abordados, a professora resolverá com os alunos exercícios complementares do manual escolar: exercícios 1.14 da página 46 e exercício 1.48 da página 74.

↳ Seguidamente, a professora entregará aos alunos uma ficha de trabalho sobre uma simulação retirada do website: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-1d> para que os alunos consigam consolidar melhor os conceitos abordados.

↳ Para tal, a professora projetará no quadro a simulação resolvendo e analisando minuciosamente a ficha de trabalho referindo qual a informação que se pode obter da análise de um gráfico velocidade-tempo e aceleração-tempo em variadas situações: aplicação de uma força constante, remoção da força e por fim quando se aplica uma força oposta ao movimento. No final desta atividade os alunos deverão ser capazes de caracterizar os tipos de movimentos através dos respetivos vetores da velocidade, força resultante e aceleração, e suas intensidades.

↳ A professora indicará aos alunos como trabalho de casa a ficha nº 2 do caderno de atividades, o exercício 7 da página 9 e o exercício 8 da página 10.

#### TPC

Resolução da ficha de trabalho nº 2 do caderno de atividades (pág. 9: exercício 7 e pág. 10: exercício 8).

#### REFLEXÃO DA AULA

↳ No geral, a aula decorreu muito bem. Os alunos foram participativos quando solicitados pela professora. No entanto, a planificação não foi seguida com rigor nem cumprida na totalidade por falta de tempo e por um turno se encontrar mais adiantado nos conteúdos relativamente ao outro.

↳ A professora alterou a planificação da aula porque denotou na última aula alguma dificuldade por parte dos alunos na compreensão do significado do valor da aceleração e do conceito de proporcionalidade inversa entre as variáveis  $m$  e  $\vec{a}$ .

↳ A professora expôs no quadro várias situações para que os alunos apreendessem melhor a Lei Fundamental da Dinâmica. Em cada situação deu valores relacionando no fim todas as

situações analisadas com auxílio dos alunos. Durante as demonstrações os alunos responderam organizadamente e corretamente, expondo as dúvidas à professora.

↳ Ao longo desta aula a professora melhorou as explicações transmitidas erradamente aos alunos na aula anterior, como exemplo: dizer o significado do valor da aceleração e não o significado da aceleração, bem como o conceito de proporcionalidade inversa.

↳ A professora introduziu a caracterização dos diferentes tipos de movimentos retilíneos (uniforme, acelerado e retardado) relacionando-os com a Lei Fundamental da Dinâmica. Os alunos participaram ativamente a todas as questões colocadas pela professora relativamente à caracterização dos tipos de movimentos demonstrando conhecimentos adquiridos anteriormente na disciplina. A professora auxiliou-se de esquemas de vetores e diagrama de forças que atuavam sobre um corpo que se deslocava na horizontal para explicar os diferentes tipos de movimentos.

↳ Por falta de tempo a professora não conseguiu realizar a ficha de trabalho sobre uma simulação nem todos os exercícios projetados na planificação.

↳ Para melhor consolidação dos conceitos abordados, a professora resolveu com os alunos o exercício 1.48 da página 74 do manual escolar. Os restantes exercícios ficaram para trabalho de casa.

↳ A professora notou que os alunos no geral adquiriram os conhecimentos pretendidos para esta aula.

### **6.1.1. Recursos Educativos usados durante a regência no Ensino Básico**

Como recursos educativos para esta regência de 9º Ano, Ensino Básico, foi utilizado uma apresentação em *PowerPoint*, alguns vídeos retirados do *YouTube* e uma ficha de trabalho. Todos estes materiais foram disponibilizados aos alunos na plataforma *Moodle* da Escola Secundária Quinta das Palmeiras, no grupo de disciplina “Ciências Físico-Químicas 9º Ano Geral”, no seguinte endereço eletrónico: <http://esqpalmeiras-m.ccems.pt/course/category.php?id=10&perpage=20&page=2>

#### **6.1.1.1. Apresentação em PowerPoint**

Nesta apresentação apenas foi abordado o tópico referente ao plano de aula delineado, a Segunda Lei de Newton.

ESQP  

# Leis de Newton



## Lei da Inércia – 1ª Lei de Newton




Somos atirados contra o assento, quando, um comboio (camioneta, carro, etc) arranca, e somos projetados para fora do assento quando trava bruscamente o seu movimento.

## Lei da Inércia – 1ª Lei de Newton



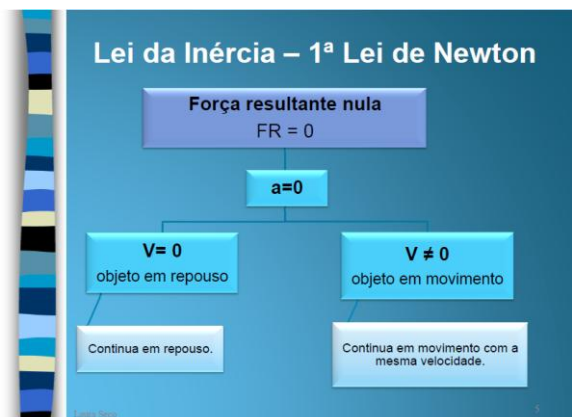
Um cavaleiro é atirado para a frente quando o cavalo pára de repente, pois o cavaleiro tem a tendência para continuar o movimento.

## Lei da Inércia – 1ª Lei de Newton



- O condutor e o veículo têm um movimento retilíneo com a mesma velocidade.
- A força é exercida sobre o veículo e não sobre o condutor.

O condutor é projectado para a frente, tende a **manter o movimento inicial** (velocidade que trazia), pois nenhuma força atuou sobre ele.



## Lei da Inércia – 1ª Lei de Newton

Quando um conjunto de forças que atua num corpo for nula, o corpo permanecerá em repouso se estiver em repouso, ou ficará em movimento com a velocidade que já trazia.

- O que é a Inércia?
- Chama-se inércia à oposição que qualquer corpo oferece à alteração da sua velocidade.
- A massa de um corpo determina a sua inércia: quanto maior é a massa de um corpo, mais difícil se torna alterar a sua velocidade.

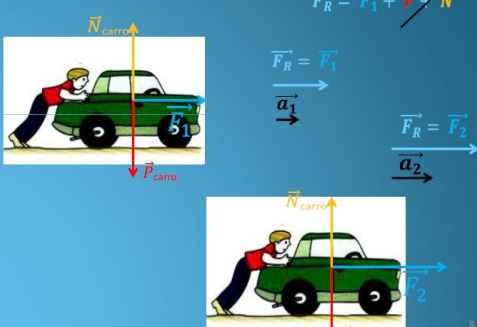
## Lei Fundamental da Dinâmica – 2ª Lei de Newton



## Lei Fundamental da Dinâmica – 2ª Lei de Newton

Desprezando a força de atrito ao longo do trajeto:

❖ Massa Constante

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{N}$$


$$\vec{F}_R = \vec{F}_1$$

$$\vec{a}_1$$

$$\vec{F}_R = \vec{F}_2$$

$$\vec{a}_2$$



### 6.1.1.2. Applets / Simulações

Durante a aula foram utilizados *applets* retirados da esa “Education Kit - International Space Station” e do PhET “Interactive Science Simulations” para que os alunos consolidassem melhor os conceitos abordados sobre Segunda Lei de Newton. Estas simulações encontram-se disponíveis nos seguintes endereços eletrónicos:

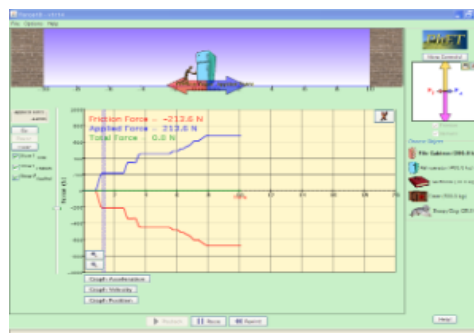
-Lição sobre 2ª Lei de Newton:

[http://esamultimedia.esa.int/docs/issedukit/pt/activities/flash/start\\_toolbar.html#ex02\\_lec01.swf](http://esamultimedia.esa.int/docs/issedukit/pt/activities/flash/start_toolbar.html#ex02_lec01.swf)



- Forces in 1 Dimension:

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-1d>




### 6.1.1.3. Fichas de trabalho e respetivas correções







 <p><b>Escola Secundária QUINTA DAS PALMEIRAS</b></p>	<p><b>Escola Secundária/3 Quinta das Palmeiras</b> <i>Ciências Físico-Químicas – 9º Ano</i> "Tema: Viver melhor na Terra – Forças e Movimentos" <b>Ficha de trabalho 1 – Segunda Lei de Newton</b> Ano letivo: 2011/2012</p>
--	--

Responda às seguintes situações abaixo referidas, utilizando o seguinte applet:  
<http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-1d> (colocando *Friction - Off*).

Estude a aplicação da 2ª Lei de Newton, fazendo vários ensaios variando a força resultante e as massas.

**1.** Analise graficamente, através da simulação, como se relacionam as variáveis massa e aceleração quando se aplica uma força resultante constante de intensidade de 250 N a objectos com massas distintas, partindo da posição  $x = - 8.0$  m até à posição  $x = 8.0$  m. Para cada situação esboce o diagrama de forças aplicadas no objeto, os respetivos gráficos de aceleração-tempo e registe as conclusões mais importantes.

**Situação A:** Selecione o Refrigerator (frigorífico) de 400 kg e o File Cabinet (arquivo) de 200 kg.

**Situação B:** Selecione o File Cabinet (arquivo) de 200 kg e o Sleepy Dog (cão) de 25 kg.



Situação A:

	Para o Refrigerator (400 kg)	Para o File Cabinet (200 kg)
Aceleração-tempo		
Diagrama de forças		

✚ Conclusões:

Após uma análise minuciosa dos gráficos de aceleração-tempo, pode concluir-se que:

- no gráfico aceleração-tempo observamos uma linha reta com valor positivo e constante, em ambos os objetos. É constante porque os objetos percorrem velocidades iguais em intervalos de tempos iguais. Consequentemente, verificamos que o valor da aceleração diminui quando a massa do objeto é maior.



Situação A:

	Para o Refrigerator (400 kg)	Para o File Cabinet (200 kg)
Aceleração-tempo		
Diagrama de forças		

**Conclusões:**

Após uma análise minuciosa dos gráficos de aceleração-tempo, pode concluir-se que:

- no gráfico aceleração-tempo observamos uma linha reta com valor positivo e constante, em ambos os objetos. É constante porque os objetos percorrem velocidades iguais em intervalos de tempos iguais. Consequentemente, verificamos que o valor da aceleração diminui quando a massa do objeto é maior.




- Conclui-se que para objetos de diferentes massas, que partem do repouso, o valor da aceleração e velocidade diminuem com o aumento da massa, neste caso, como a massa aumenta para o dobro (File Cabinet tem 200 kg e o Refrigerator tem 400 kg) o valor da aceleração e da velocidade em cada instante diminuem para metade.
- Em ambos os movimentos, o sentido e direção do vetor aceleração e velocidade é igual ao vetor da força resultante.
- O valor da aceleração no Refrigerator é de  $0,6 \text{ m/s}^2$  e o valor da força resultante aplicada de 250 N.
- O valor da aceleração no File Cabinet é de  $1,2 \text{ m/s}^2$  e o valor da força resultante aplicada de 250 N.

**Situação B:**

	Para o File Cabinet (200 kg)	Para o Sleepy Dog (25 kg)
Aceleração-tempo		
Diagrama de forças		



 <b>Escola Secundária Quinta das Palmeiras</b>	<b>Escola Secundária/3 Quinta das Palmeiras</b> <i>Ciências Físico-Químicas – 9º Ano</i> "Tema: Viver melhor na Terra – Forças e Movimentos" <b>Ficha de trabalho 2 – Segunda Lei de Newton</b> Ano letivo: 2011/2012
---	---

Responda às seguintes situações abaixo referidas, utilizando o seguinte applet:

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-1d>.

Estude através da simulação a relação entre a força resultante e a aceleração que o corpo adquire nos diferentes tipos de movimentos: uniforme, uniformemente acelerado e uniformemente retardado. Para tal, estude o movimento retilíneo, colocando *Friction - Off*, que a caixa de 300 kg tem ao longo do percurso, partindo da posição  $x = - 8.0$  m, nas situações que se seguem.

**Situação A:** Quando atua uma força de 500 N até à posição de  $x = - 4$  m;

**Situação B:** Quando se remove a força que atua sobre a caixa desde a posição de  $x = - 4.0$  m até à posição de  $x = 2.0$  m;

**Situação C:** Quando se aplica uma força oposta ao movimento, colocando *Friction - On*, desde a posição de  $x = 2.0$  m até à posição de  $x = 8.0$  m.

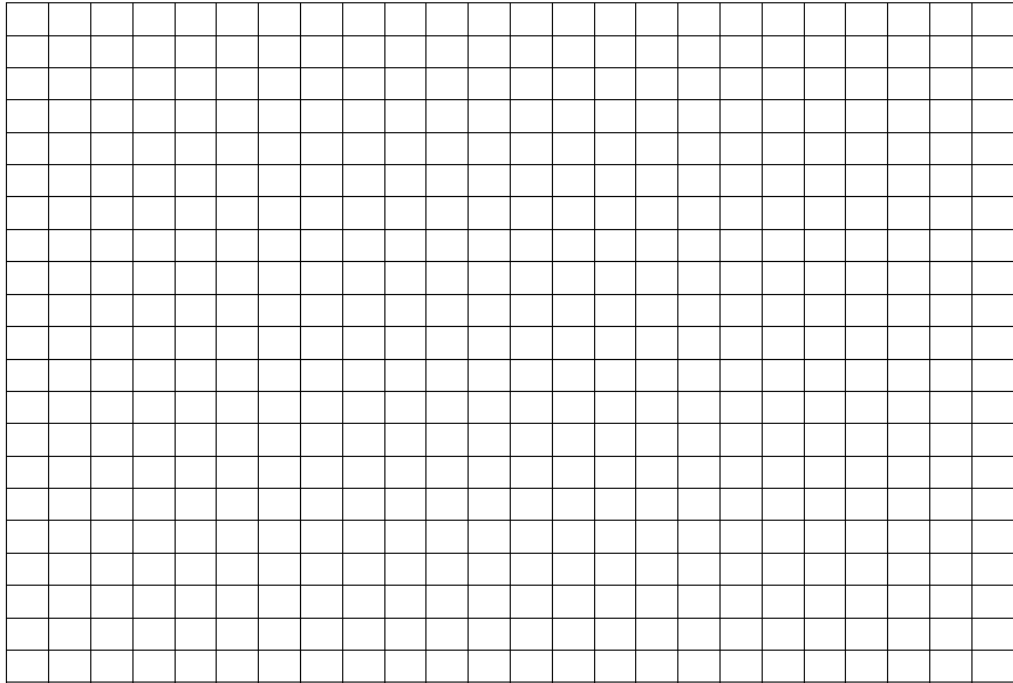
↪ **Tarefa 1:** Para cada uma das situações esboce:

- o diagrama de forças aplicadas na caixa;
- os gráficos da velocidade-tempo e aceleração-tempo;
- os vetores da velocidade, aceleração e força resultante;

↪ **Tarefa 2:** Classifica cada movimento nas referentes situações.



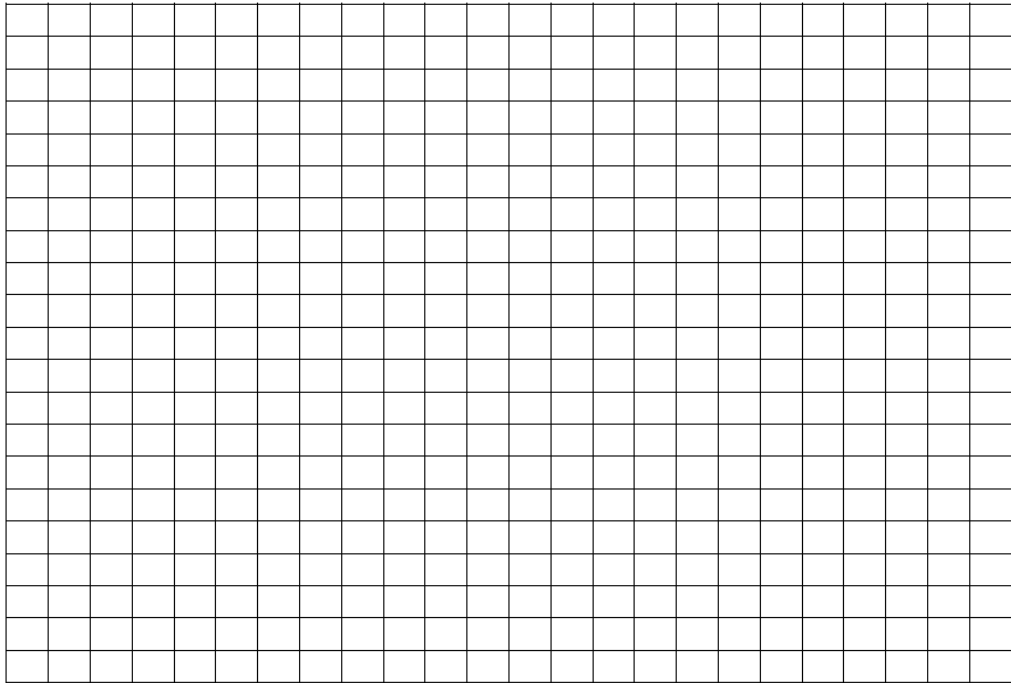
**Situação A:** Quando atua uma força de 500 N até à posição de  $x = -4$  m.



**Conclusões:**



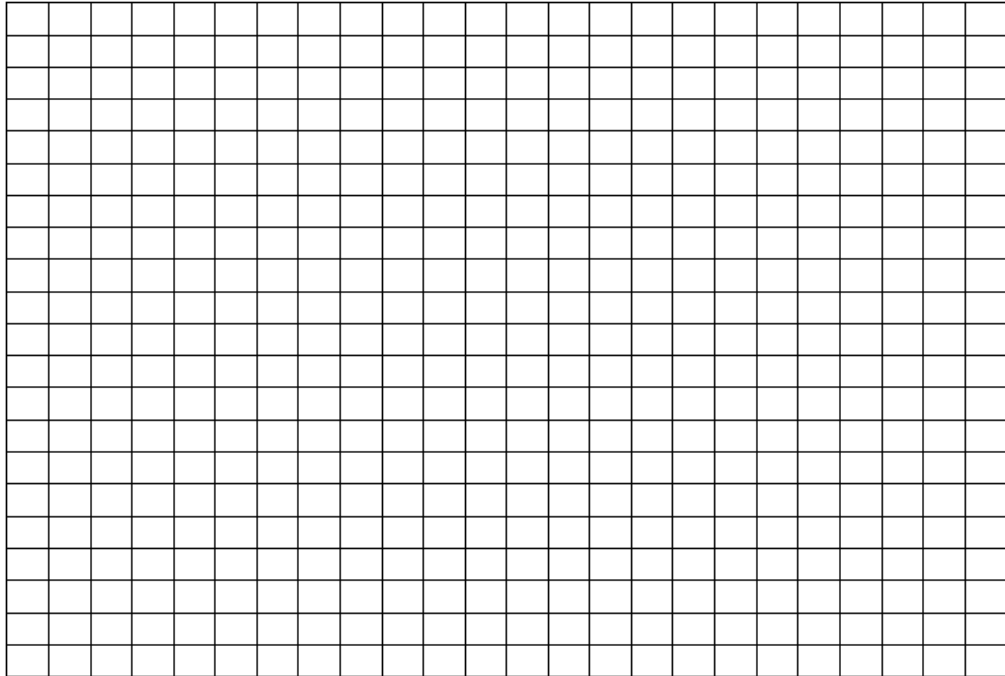
**Situação B:** Quando se remove a força que atua sobre a caixa desde a posição de  $x = -4.0$  m até à posição de  $x = 2.0$  m.



**Conclusões:**



**Situação C:** Quando se aplica uma força oposta ao movimento, colocando *Friction - On*, desde a posição de  $x = - 2.0$  m até à posição de  $x = 8.0$  m.




**Conclusões:**



**BOM TRABALHO!**



 Escola Secundária QUINTA DAS PALMEIRAS	Escola Secundária/3 Quinta das Palmeiras Ciências Físico-Químicas – 9º Ano "Tema: Viver melhor na Terra – Forças e Movimentos" <b>Ficha de trabalho 2 – Segunda Lei de Newton</b> Ano letivo: 2011/2012
--	---

Responda às seguintes situações abaixo referidas, utilizando o seguinte applet:  
<http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-1d>.

Estude através da simulação a relação entre a força resultante e a aceleração que o corpo adquire nos diferentes tipos de movimentos: uniforme, uniformemente acelerado e uniformemente retardado. Para tal, estude o movimento retilíneo, colocando *Friction - Off*, que a caixa de 300 kg tem ao longo do percurso, partindo da posição  $x = - 8.0$  m, nas situações que se seguem.

**Situação A:** Quando atua uma força de 500 N até à posição de  $x = - 4$  m;

**Situação B:** Quando se remove a força que atua sobre a caixa desde a posição de  $x = - 4.0$  m até à posição de  $x = 2.0$  m;

**Situação C:** Quando se aplica uma força oposta ao movimento, colocando *Friction - On*, desde a posição de  $x = 2.0$  m até à posição de  $x = 8.0$  m.

↪ **Tarefa 1:** Para cada uma das situações esboce:

- o diagrama de forças aplicadas na caixa;
- os gráficos da velocidade-tempo e aceleração-tempo;
- os vetores da velocidade, aceleração e força resultante;

↪ **Tarefa 2:** Classifica cada movimento nas referentes situações.



**Situação A:** Quando atua uma força de 500 N até à posição de  $x = -4$  m.

	Gráficos	Diagrama de forças	Vetores ( $\vec{v}$ , $\vec{a}$ , $\vec{F}_R$ )	Tipo de Movimento
<b>Aceleração- Tempo</b>				<p><b>Movimento retilíneo uniformemente acelerado</b></p>
<b>Velocidade- Tempo</b>				



**✚ Conclusões:**

Após uma análise minuciosa dos gráficos de aceleração-tempo, velocidade-tempo, pode concluir-se que:

- para  $[0, 2]$  s o objeto apresenta um movimento uniformemente acelerado:

- É acelerado porque o valor da velocidade aumenta ao longo do tempo e, conseqüentemente, a aceleração tem um valor constante.

- É uniformemente porque para tempos iguais o valor da velocidade aumenta sempre a mesma quantidade. Tal conclui-se porque pela análise do gráfico velocidade-tempo observamos uma linha reta. Como essa reta tem declive positivo significa que a velocidade aumenta sempre a mesma quantidade no mesmo tempo e o valor da aceleração é constante e positivo.

- Neste intervalo de tempo, o sentido e direção do vetor aceleração e da força resultante é a do vetor velocidade.

- O valor da aceleração é de  $1,7 \text{ m/s}^2$ , o valor da força resultante é de  $500 \text{ N}$  e o valor da velocidade aumenta por cada segundo  $1,7 \text{ m/s}$ .



**Situação B:** Quando se remove a força que atua sobre a caixa desde a posição de  $x = -4.0$  m até à posição de  $x = 2.0$  m.

	Gráficos	Diagrama de forças	Vetores ( $\vec{v}$ , $\vec{a}$ , $\vec{F}_R$ )	Tipo de Movimento
Aceleração-Tempo				<p>Movimento retilíneo uniforme</p>
Velocidade-Tempo				



 **Conclusões:**

Após uma análise minuciosa dos gráficos de aceleração-tempo, velocidade-tempo, pode concluir-se que:

- para [2, 4] s o objeto apresenta um movimento uniforme:

- É uniforme porque o valor da velocidade é constante ao longo do tempo, tal conclui-se porque no gráfico velocidade-tempo observamos uma linha reta com declive nulo. Consequentemente, o valor da aceleração é nulo como se pode verificar no gráfico aceleração-tempo.

- Neste intervalo de tempo, se a aceleração é nula então pela 2ª Lei de Newton a força resultante também é nula.

- O vetor velocidade tem direção horizontal, sentido da esquerda para a direita e indica-nos o sentido do movimento do objeto. Os vetores aceleração e força resultante como são nulos não têm direção e sentido pois representam-se matematicamente por um ponto.

- O valor da velocidade é de 3,7 m/s, o valor da aceleração e da força resultante é zero.



**Situação C:** Quando se aplica uma força oposta ao movimento, colocando *Friction - On*, desde a posição de  $x = 2.0$  m até à posição de  $x = 8.0$  m.

	Gráficos	Diagrama de forças	Vetores ( $\vec{v}$ , $\vec{a}$ , $\vec{F}_R$ )	Tipo de Movimento
<p><b>Aceleração-Tempo</b></p>			<p> <math display="block">\vec{F}_R = \vec{N} + \vec{P} + \vec{F}_{atrito}</math> <math display="block">\Leftrightarrow \vec{F}_R = \vec{F}_{atrito}</math> </p>	<p><b>Movimento retilíneo uniformemente retardado</b></p>
<p><b>Velocidade-Tempo</b></p>				



✚ Conclusões:

Após uma análise minuciosa dos gráficos de aceleração-tempo, velocidade-tempo, pode concluir-se que:

- para [4, 8] s o objeto apresenta um movimento uniformemente retardado:

- É retardado porque o valor velocidade diminui ao longo do tempo e, conseqüentemente, a aceleração tem um valor constante.

- É uniformemente porque para tempos iguais o valor da velocidade diminui sempre a mesma quantidade, apesar de ter sempre um valor positivo. Tal conclui-se porque pela análise do gráfico velocidade-tempo observamos uma linha reta. Como essa reta tem declive negativo, a velocidade diminui sempre a mesma quantidade no mesmo tempo e o valor da aceleração é constante mas negativo.

- Neste intervalo de tempo, a direção dos vetores aceleração e força resultante é a do vetor velocidade. No entanto, o sentido do vetor aceleração e da força resultante é oposto ao do vetor da velocidade.

- O valor da aceleração é de  $2,0 \text{ m/s}^2$ , o valor da força resultante é de 600 N e o valor da velocidade diminui em cada segundo 2,0 m/s.

A partir de 6 s o objeto apresenta uma aceleração e uma velocidade nula.



**BOM TRABALHO!**

## Capítulo 7- Conclusão

Este trabalho tem várias contribuições, de diversas índoles, que em conjunto se traduzem num enriquecimento ao nível pessoal e profissional. No que diz respeito à inserção curricular, o estudo foi muito relevante, já que os assuntos tratados fazem parte dos currículos do ensino secundário. É de salientar a contribuição de natureza teórica para um aprofundamento de conceitos sobre a Lei de Stefan-Boltzmann e a Lei do Deslocamento de Wien. Verificou-se um maior desenvolvimento teórico do trabalho, no entanto, evidenciou-se algumas aplicações informáticas, *applets*, importantes como auxiliares do professor em sala de aula para melhorar o processo ensino-aprendizagem dos alunos, promovendo assim uma maior interatividade entre os alunos.

É de sublinhar a contribuição prática do trabalho sugerida como substituição da atividade laboratorial tradicional, sobre o tema: radiação de corpos negros. Pois a utilização de um *applet* nesta atividade prática, permitiu aos alunos um contacto direto com as TIC, um melhoramento da aplicabilidade da Lei de Stefan-Boltzmann e da Lei do Deslocamento de Wien e uma estimulação do pensamento crítico dos alunos face aos resultados obtidos. A utilização deste *applet* pelo professor permitiu realizar facilmente um controlo de variáveis, não ocorrendo erros experimentais ou acidentais durante a execução da atividade, obtendo resultados em tempo real rapidamente para análise. O *applet* estaria disponível para os alunos na plataforma *Moodle* da escola, para melhor compreensão e consolidação dos conceitos abordados. Uma das vantagens no uso das TIC relativamente à atividade laboratorial tradicional propriamente dita é que, sob o ponto de vista experimental não se consegue obter reprodutibilidade por apenas se conseguir avaliar o fator temperatura. Isto é, os resultados obtidos pelo método tradicional apenas nos permitem concluir qual o corpo que absorve mais ou menos rapidamente a de radiação emitida pela fonte. Outra vantagem é na diminuição do tempo de realização da atividade e dos custos dos materiais a utilizar, pois o professor não consegue realizar esta atividade laboratorial em apenas uma aula de 90 minutos por ser um processo moroso e devido ao facto de a carga horária distribuída pelo secundário não ser suficiente para lecionar todo o programa curricular.

O trabalho como um todo constitui um documento útil para ser usado por professores e alunos, não só como recurso didático-científico, mas também como elemento promotor de novas sugestões para melhorar o processo de ensino-aprendizagem. Contudo, apesar de aliciante e motivador, o tema apresentou algumas dificuldades na compreensão das várias deduções matemáticas desenvolvidas por físicos, encaradas como fazendo parte da “natureza das coisas”. Este trabalho permitiu uma consciencialização da problematização das deduções matemáticas, contribuindo para uma melhor compreensão da Lei de Stefan-Boltzmann e da Lei do Deslocamento de Wien, nomeadamente para os professores do Ensino Secundário e do Ensino Universitário.

## Capítulo 8- Propostas Futuras

Como perspectivas futuras pretende-se que os professores melhorem a prática didática e que permitam que os alunos façam parte integrante do processo ensino-aprendizagem de forma ativa e frequente. Que se realizem mais atividades experimentais, nas quais os alunos participem ativamente e consigam alcançar os objetivos pelo seu próprio meio, apenas com o auxílio do professor como mero orientador, para que os alunos adquiram um pensamento mais crítico sobre o futuro.

O desenvolvimento deste trabalho fomentou um interesse na sua continuação para posterior aplicação em sala de aula ou em ambiente extracurricular. Um dos caminhos a seguir seria continuar este estudo, como tal, seria construído um corpo negro e desenvolvida uma simulação de raiz utilizando *software* adequado, a qual abordaria o tema: radiação de corpos negros.

A aplicação desta simulação seria utilizada pelo professor em ambiente curricular ou extracurricular. Nesta simulação, o docente iria conseguir fazer o controlo de todas as variáveis, ângulo de incidência da fonte luminosa, potência da fonte luminosa, constituição diferente do material, distância do corpo à fonte, temperatura e a cor do objeto durante o aquecimento. No final da simulação iriam obter gráficos de temperatura em função do tempo e de intensidade total da radiação emitida pelo corpo em função do comprimento de onda, aplicando a Lei de Stefan-Boltzmann, a Lei do Deslocamento de Wien e a Lei de Planck.

Esta proposta tem como aplicabilidade uma ferramenta que ajude no processo de ensino-aprendizagem dos professores e alunos que frequentem o ensino secundário, bem como, do ensino universitário, nomeadamente, que estudem física moderna.

Por motivos relacionados, neste caso, com a falta de tempo e espaço não foi possível desenvolver estas atividades propostas por mim.

# Bibliografia

Abrantes, P. (1995). O Trabalho de Projecto e a Relação dos Alunos com a Matemática - a experiência do projecto Mat789. *Tese de doutoramento*, Universidade de Lisboa.

Acevedo-Díaz, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la Enseñanza de las Ciências: Educación científica para la Ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciências* 1 (1): 3-16.

Alonso, M. & Finn, E. J. (1978). *Fundamental university physics*, vol III. Addison-Wesley, Reading Massachusetts. Retirado a 13 de junho de 2012, do website: [http://books.google.com/cu/books?id=CPZQAAAAMAJ&dq=inauthor%3A%22Marcelo%20Alonso%22&hl=pt-PT&source=gsb\\_similarbooks](http://books.google.com/cu/books?id=CPZQAAAAMAJ&dq=inauthor%3A%22Marcelo%20Alonso%22&hl=pt-PT&source=gsb_similarbooks).

Alves, I., Gessinger, R. M., Lima, V. M. R. e Borges, R. M. R. (2009). A importância dos projectos de Ciências para a aprendizagem dos alunos da Educação de Jovens e Adultos. IX Congresso Nacional de Educação - Educere.

Alpher, R. A. & Herman, R. (1948). On the Relative Abundance of the Elements. *Physical Review*, 74: 1577.

Bello, A., San-Bento, C., Pina E. P. e Caldeira, H (2001). Programa de Física e Química A - 10º Ano. Ministério da Educação.

BRÁS, C. (2003). Integração das tecnologias da informação e comunicação no ensino na Física e Química. Os professores e a Astronomia no ensino básico. *Dissertação de Mestrado em Educação Multimédia*, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Boltzmann, L. (2012). *Ludwig Boltzmann - Biography*. Retirado a 28 de maio de 2012, do website: <http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Boltzmann.html>.

Bouillion, L. e Gomez, L. (2001). Connecting School and Community with Science Learning: real world problems and school-community partnerships as contextual scaffolds. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (8): 878-898.

Caamaño, A. (2002). Como transformar los trabajos prácticos tradicionales en trabajos prácticos investigativos? *Aula de Inovación Educativa* 113/114: 21-26.

Cachapuz, A., Praia, J., Paixão, F. e Martins, I. (2000a). Uma visão sobre o ensino das ciências no pós-mudança Conceptual: Contributos para a formação de professores. *Inovação*, 13 (2/3): 117- 137.

Cachapuz, A., Praia, J. e Jorge, M. (2000b). Reflexão em torno de perspectivas do ensino das ciências: Contributos para uma nova orientação curricular - Ensino por Pesquisa. *Revista de Educação*, 9 (1): 69-79.

Cachapuz, A., Praia, J. e Jorge, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Lisboa: Ministério da Educação.

Cachapuz, A., Paixão, F., Lopes, J. B. e Guerra, C. (2008). Do estado da arte da pesquisa em Educação em Ciências: Linhas de pesquisa e o caso “Ciência-Tecnologia-Sociedade”. *Revista da em Ciência e Tecnologia* 1 (1): 27-49.

Célia, B. M. B. (2006). Promoção do Ensino Experimental das Ciências: Construção e Integração de Material Didáctico num Software, na temática Reprodução sexuada. *Dissertação de Mestrado em Biologia Ensino*, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Chaimovich, H. (2000). Brasil, ciência, tecnologia: alguns dilemas e desafios. *Estudos Avançados* 14 (40): 134-143.

Commission of the European Communities (2003). “eLearning: Designing Tomorrow’s Education: A Mid-Term Report.”. Retirado a 13 de junho de 2012, do website: [http://ec.europa.eu/education/archive/elearning/doc/mid\\_term\\_report\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/education/archive/elearning/doc/mid_term_report_en.pdf).

Cosme, A. e Trindade, R. (2001). Área de Projecto no ensino Básico: questões dilemas e equívocos. *Correio da Educação - Suplemento*, 24: 1-4.

Costa, J. A. (1999). O papel da escola na sociedade actual. Implicações no ensino das ciências. Retirado a 25 de janeiro de 2012, do website: [http://www.ipv.pt/millennium/15\\_pers3.htm](http://www.ipv.pt/millennium/15_pers3.htm).

DGDIC (2011). Ciências Experimentais. *Direcção Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular*. Retirado a 25 de janeiro de 2012, do website: <http://www.dgicd.min-edu.pt/experimentais/Paginas/default.aspx>.

Educação (2011). Lei nº 46/86 - 14 de Outubro - Lei das Bases do Sistema Educativo. Retirado a 25 de janeiro de 2012, do website: <http://www.educacao.te.pt/professores/index.jsp?p=173&idDocumento=96>.

Fernandes, M. M. e Silva, M. H. S. (2004). O trabalho experimental de investigação: das expectativas dos alunos às potencialidades no desenvolvimento de competências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 45-58.

Ferreira, A. (2003). Projectos no Ensino das Ciências - Um modelo de planificação para o ensino secundário. *Dissertação de Mestrado em Ensino de Física e Química*, Universidade de Aveiro.

Ferreira, A. J.M.A. (2004). Projectos no Ensino das Ciências. Um guia do professor com sugestão de trabalho para as áreas de projecto dos Ensino Básico e Secundário. Menção honrosa no Prémio Educação Hoje, Texto Editora.

Ferreira, A. J. e Paixão, M. F. (2004). Metodologias para o ensino Secundário Fundamentadas no Ensino por Pesquisa. *Educare Educere*, 15: 73-90.

Figueiredo, C. C. (2000). Área-Escola: Sete vozes, sete percursos em escolas básicas e secundárias. Instituto de Inovação Educacional, Lisboa.

Fiolhais, C. (2007). Ciência e quotidiano. Retirado a 25 de janeiro de 2012, do website: [http://www.mocho.pt/divulgacao/textos\\_divulgacao/carlos\\_fiolhais/ciencia/](http://www.mocho.pt/divulgacao/textos_divulgacao/carlos_fiolhais/ciencia/).

Gamow, G (1946). Expanding Universe and the Origin of Elements. *Physical Review*, 70 (572): 1946-1949.

Gamow, G (1948a). The origin of Elements and the Separation of Galaxies. *Physical Review*, 74 (4): 505-506.

Gamow, G (1948b). The evolution of the universe. *Nature*, 162: 680-682.

Garcia, J. L. (2003). *O capitalismo biotecnológico e o espectro do eugenismo liberal*. *Le Monde Diplomatique*, 56: 1-3. Retirado a 25 de janeiro de 2012, do website: [http://www.ics.ul.pt/corpoctecnologico/joseluigarcia/papers/capitalismo\\_biotec\\_lemonde.pdf](http://www.ics.ul.pt/corpoctecnologico/joseluigarcia/papers/capitalismo_biotec_lemonde.pdf).

Gil-Pérez, D. e Carrascosa-Alis, J. (1994). Bringing Pupils' Learning Closer to a Scientific Construction of Knowledge: A Permanent Feature in Innovations in Science Teaching. *Science Education*, 79 (3): 301-315.

Gomes, M. J. (2005). *E-learning: reflexões em torno do conceito*. Universidade do Minho, Braga, Portugal. Retirado a 13 de junho de 2012, do website: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/2896>.

Hodson, D. e Hodson, J. (1998). From constructivism to social constructivism: a Vygotskian perspective on teaching and learning science. *School Science Review*, 79 (289): 33-41.

Jean, S. J. H. (2012). *Sir James Hopwood Jeans - Biography*. Retirado a 27 de maio de 2012, do website: <http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Jean.html>.

Kirchhoff, G. R. (2005). *Gustav Robert Kirchhoff - Biography*. Encyclopedia of World Biography. Retirado a 27 de maio de 2012, do website: <http://www.bookrags.com/biography/gustav-robert-kirchhoff/>.

Leal, D., Amaral, L. (2004) *Do ensino em sala ao e-Learning* Universidade do Minho, Braga, Portugal. Retirado a 13 de junho de 2012, do website: [http://www.campusvirtual.uminho.pt/uploads/celda\\_av04.pdf](http://www.campusvirtual.uminho.pt/uploads/celda_av04.pdf).

Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. *Cadernos Didácticos de Ciências*, 1: 77-96.

Martins, L. M. S. (2007). “Emissão e absorção de Radiação”. Desenvolvimento e Implementação de uma Actividade Laboratorial Virtual. *Dissertação de Mestrado em Ensino de Física*, Universidade do Minho.

Maiztegui, A., Acevedo, J., Caamaño, A., Cachapuz, A., Cañal, P., Carvalho, A., Del Carmen, L., Dumas Carré, A., Garritz, A., Gil, D., Gonzáles, E., Gras-Martí, A., Guisasola, J., López-Cerejo J., Macedo, B., Martínez-Torregrosa, J., Moreno, A., Praia, J., Rueda, C., Tricárico, H., Valdéz, P. e Vilches, A. (2002). Papel de la Tecnología en la Educación Científica: Una dimensión olvidada. II Congreso Internacional de Didáctica de las Ciencias, La Habana: Pueblo.

Mendonça, M. (2002). *Ensinar e Aprender por Projectos*. Porto, Asa Editores

Moje, E., Collazo, T., Carrillo, R. e Marx, R. (2001). “Maestro, what is ‘Quality’: Language, and Discourse in Project-Based Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (4): 469-498.

Monge-Nájera, J., Rossi, M. R. & Méndez-Estrada, V. (2003). *La evolución de los laboratorios virtuales durante una experiencia de cuatro años com estudiantes a distancia*. Retirado a 13 de junho de 2012, do website: <http://www.tropinature.com/cvitjmn/publications/educdist/labvirt/evollab4.pdf>.

Oliveira Filho, K. S. & Saraiva, M. F. O. (2012). Fotometria. Retirado a 23 de abril de 2012, do website: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/rad/rad.htm#radiacao>.

Paiva, J. (2003). *As Tecnologias de Informação e Comunicação: Utilização pelos Alunos*. Departamento de Avaliação Prospectiva e Planeamento. Ministério da Educação, Lisboa, 2003.

Paiva, J. C. M., Figueira, C. Brás & Sá, R. (2004). *E-learning: o estado da arte*. Sociedade Portuguesa de Física - Softciências. Retirado a 13 de junho de 2012, do website: [http://www.fc.up.pt/qui/contactos/publicacoes.php?p=entry-fview&f\\_id\\_entry=310&page=0&log=jpaiva](http://www.fc.up.pt/qui/contactos/publicacoes.php?p=entry-fview&f_id_entry=310&page=0&log=jpaiva).

Paiva, J. C., Costa, L. A. e Fiolhais, C. (2005).” MOCHO”. Um Portal de Ciência e Cultura Científica. Retirado a 25 de janeiro de 2012, do website: <http://www-gist.det.uvigo.es/ie2002/actas/paper-117.pdf>.

Paiva, J. C. (2006). *As TIC no ensino das ciências Físico-Químicas*. Encontro de Educação em Física: O Ensino da Física no século XXI, Braga, 27-33. Retirado a 13 de junho de 2012, do website:

<http://www.jcpaiva.net/content.php?d=curriculum/09Publicacoes/0906ArtigosConfNac/090606Ticenfisquim>.

Perrenoud, P. (2001). *Porquê desenvolver competências a partir da escola?*. Porto, Asa Editores.

Perrenoud, P. (2002). O que fazer da ambiguidade dos programas escolares orientados para as competências?. *Revista Pedagógica* 23: 8-11. Retirado a 25 de janeiro de 2012, do website: [http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php\\_main/php\\_2002/2002\\_28.html](http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_2002/2002_28.html).

Pietrocola, M., Pogibin, A., Andrade, R. & Romero, T. R. (2010). *Física em Contextos-- Eletricidade e Magnetismo Ondas Eletromagnéticas Matéria e Radiação, Volume 3*. FTD, São Paulo. Retirado a 9 de junho de 2010, do website: <http://www.nupic.fe.usp.br/Publicacoes/livros>.

Planck, M. (2012). *Max Planck - Biography*. Retirado a 28 de maio de 2012, do website: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1918/planck.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1918/planck.html).

Rayleigh, L. (2012). *Lord Rayleigh - Biography*. Retirado a 28 de maio de 2012, do website: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1904/strutt.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1904/strutt.html).

Robertson, E. F. & O'Connor, J. J. (2012). Gustav Robert Kirchhoff. Retirado a 28 de junho de 2012, do website: <http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Kirchhoff.html>.

Rosado, L.; Herreros, J. R. (2005). Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física *International Conference on Multimedia and ICT in Education*. Lisbon, Portugal. Retirado a 13 de junho de 2012, do website: <http://www.uv.es/eees/archivo/286.pdf>.

Río, C. S. (1991). *Física Cuántica*. Eudema Universidad. Madrid, Spain.

Santana, E. G. & García, A. F. (2012). A radiação do corpo negro. Retirado a 23 de abril de 2012, do website: <http://www.fisica.ufs.br/CorpoDocente/egsantana/cuantica/negro/radiacion/radiacion.htm#EL%20cuerpo%20negro>.

Santoro, A. (2011). Um pioneiro da física moderna e um dos criadores da mecânica estatística. *Revista Primus Vitam*, 3 (2): 1-11.

Stefan, J. (2012). *Josef Stefan - Biography*. Retirado a 28 de maio de 2012, do website: [http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Stefan\\_Josef.html](http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Stefan_Josef.html).

Singer, J., Marx, R., Krajcik, J. e Chambers, J. (2000). Constructing Extended Inquiry Projects: Curriculum Materials for Science Education Reform. *Educational Psychologist*, 35 (3): 165-178.

Uzunboylu, H. (2005). A Descriptive Review of Mainline E-Learning Projects in the European Union: E-Learning Action Plan and E-learning Program. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 1-20. Retirado a 13 de junho de 2012, do website: [http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/search/detailmini.jsp?\\_nfpb=true&\\_ERICExtSearch\\_SearchValue\\_0=ED491391&ERICExtSearch\\_SearchType\\_0=no&accno=ED491391](http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/search/detailmini.jsp?_nfpb=true&_ERICExtSearch_SearchValue_0=ED491391&ERICExtSearch_SearchType_0=no&accno=ED491391).

Valadares, J. (2006). O ensino experimental das Ciências: do conceito à prática: Investigação/Ação/Reflexão. *Revista proFORMAR* 13: 1-15. Retirado a 25 de janeiro de 2012, do website: [http://www.proformar.org/revista/edicao\\_13/ensino\\_exp\\_ciencias.pdf](http://www.proformar.org/revista/edicao_13/ensino_exp_ciencias.pdf).

Wien, W. (2012). *Wilhelm Wien - Biography*. Retirado a 28 de maio de 2012, do website: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1911/wien.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1911/wien.html).

Zanolla, J. J. e Mion, R. A. (2007). O Ensino de Física através de projectos: Ensino-Aprendizagem. XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física. Retirado a 25 de janeiro de 2012, do website: [http://www.ciencia.iao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=snef&cod=\\_oensinodefisicaatravesde](http://www.ciencia.iao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=snef&cod=_oensinodefisicaatravesde).

# Anexos

## Anexo 1: Dedução da Lei de Rayleigh - Jeans

É interessante considerar como a fórmula de Rayleigh - Jeans resulta das teoria clássica, não só porque ilustra os conceitos teóricos e a sua aplicação, mas também por ser crucial para entender a modificação que resulta da hipótese de Planck.

Para chegar à expressão (4) são necessários vários ingredientes. Em primeiro lugar, a relação entre a radiância espectral e a densidade de energia do campo eletromagnético,  $u(\lambda)$ , numa situação de equilíbrio:

$$R(\lambda) = \frac{c}{4} u(\lambda) \quad (\text{a1})$$

Podemos verificar a expressão (a1) considerando um elemento de superfície de um corpo negro que está em equilíbrio com a radiação: a energia que incide sobre este elemento é idêntica em quantidade e qualidade, distribuição espectral, à energia que emite são iguais: o fluxo de energia incidente e de energia radiada para qualquer cdo considerado. Assim irei derivar a relação (a1) analisando o fluxo de radiação incidente num elemento de superfície  $dA$ . O fluxo da radiação com um cdo entre  $\lambda$  e  $\lambda + d\lambda$  incidente em  $dA$ , proveniente da direção correspondente às coordenadas angulares  $(\theta, \varphi)$ , na unidade de tempo é:

$$dR(\lambda) = c \cdot u(\lambda) d\lambda \cdot \cos\theta dA \cdot \frac{d\omega}{4\pi} \quad (\text{a2})$$

pois  $u(\lambda)$  representa uma densidade de corrente de energia, mas apenas a fração  $\frac{d\omega}{4\pi} = \frac{\sin\theta d\theta d\varphi}{4\pi}$  viaja na direção “correta” para atingir  $dA$ , considerando que a radiação é homogénea e isotrópica.

O total correspondente à integração sobre todas as direções “por cima” da superfície:

$$dA \cdot d\lambda \cdot R(\lambda) = \frac{1}{4\pi} \int_{\varphi=0}^{2\pi} d\varphi \int_{\theta=0}^{\frac{\pi}{2}} d\theta u(\lambda) \cdot c \cdot \sin\theta \cdot \cos\theta d\lambda dA = \frac{c}{4} u(\lambda) d\lambda dA \quad (\text{a3})$$

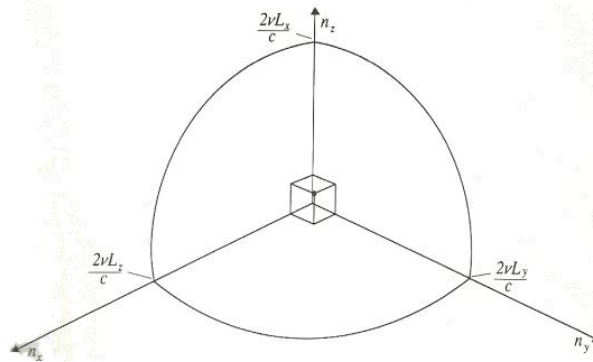
valendo a expressão (a1).

Em segundo lugar é conveniente considerar que a radiação do corpo negro é idêntica à radiação no interior da cavidade de paredes condutoras, isto é, o campo elétrico deve ser nulo nas fronteiras. Desta forma, considerando uma cavidade cúbica de aresta  $L$  será constituída de ondas estacionárias sujeitas à condição:

$$\text{sen}(K_x x) \cdot \text{sen}(K_y y) \cdot \text{sen}(K_z z) = 0 \quad (\text{a4})$$

Sendo  $\vec{K}$  o vetor de onda, para valores de  $x$ ,  $y$  e  $z$  iguais a 0 ou  $L$ .

De (a4) resulta que  $\vec{K} = \frac{\vec{n}\pi}{L}$ , onde  $\vec{n} = (n_x, n_y, n_z)$ , onde  $n_x, n_y, n_z$  são números inteiros não negativos. O vetor de onda relaciona-se com o cdo em  $\vec{K} = \frac{2\pi}{\lambda}$ , resultando  $\vec{n} = \frac{2L}{\lambda}$ .



**Figura 11** - Representação do octante da superfície da cavidade. O ponto assinalado no vértice do cubo de lado  $L$  é uma unidade de coordenadas  $n_x = n_y = n_z = 1$  (Adaptado de Río, 1991).

Considerando que o número de vetores  $\vec{n}$  possíveis para um volume determinado por  $|\vec{n}|$  estar entre valores  $n$  e  $n + dn$  corresponde a um número possível de ondas estacionárias com cdo entre  $\lambda$  e  $\lambda + d\lambda$ , e que há dois estados de polariza o independentes para cada vetor de onda  $\vec{K}$ ,

$$N(\lambda)d\lambda = 2 \cdot \frac{1}{8} \cdot 4\pi n^2 |dn| \quad (\text{a5})$$

como  $|dn| = \frac{2L}{\lambda^2} d\lambda$ , resulta que o número de ondas estacionárias com cdo no intervalo entre  $\lambda$  e  $\lambda + d\lambda$  é

$$N(\lambda)d\lambda = N = \frac{8\pi L^3}{\lambda^4} d\lambda \quad (\text{a6})$$

Classicamente, o valor da energia associado a cada um destes modos do campo    $K_B T$ , pelo que a energia do campo  

$$U(\lambda)d\lambda = \frac{8\pi L^3}{\lambda^4} \cdot K_B T d\lambda \quad (\text{a7})$$

e

$$u(\lambda) = \frac{8\pi K_B T}{\lambda^4} \quad (\text{a8})$$

Recordando a relação entre  $R(\lambda)$  e  $u(\lambda)$ , resulta a fórmula de Rayleigh - Jeans:

$$R(\lambda) = \frac{2\pi c K_B T}{\lambda^4} \quad (\text{a8})$$

Na figura 12 está representado os resultados experimentais previstos pela Lei de Rayleigh - Jeans.

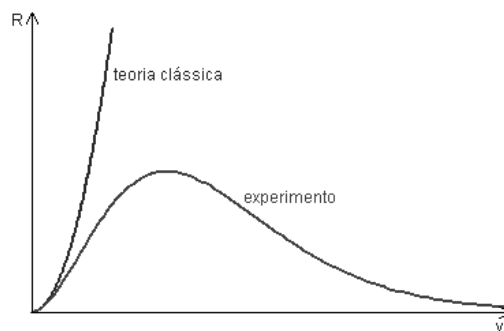


Figura 12- Resultados obtidos da fórmula de Rayleigh - Jeans: catástrofe do ultravioleta (adaptado de Ríó, 1991).



e então  $u$  é proporcional a  $T^4$ . Como  $I = \frac{c}{4}u$ , vale a pena mencionar que a Lei de Wien pode também ser deduzida a partir da equação de estado (a9) considerando uma expansão adiabática da cavidade com a radiação.

### Anexo 3: Leis de Wien, de Stefan - Boltzmann e Lei de Planck

Embora seja dedutível a partir do eletromagnetismo clássico e da termodinâmica, nesta situação a constante de proporcionalidade na expressão

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{b}{T} \quad (\text{a15})$$

resulta arbitrária apenas determinado pela medição experimental.

Partindo da expressão de Planck, é claro que o valor de  $\lambda_{m\acute{a}x}$  corresponde ao cdo para o qual

$$\frac{dR(\lambda)}{d\lambda} = 0 \quad (\text{a16})$$

De onde o valor da constante  $b = 2,89776829... \times 10^{-3}$  m K (Adaptado de: [http://en.wikipedia.org/wiki/Wien%27s\\_displacement\\_law](http://en.wikipedia.org/wiki/Wien%27s_displacement_law), 2012).

A Lei de Stefan - Boltzmann resulta igualmente da Lei de Planck. Dado que

$$I = \int_0^{\infty} R(\lambda) d\lambda = \sigma T^4 \quad (\text{a17})$$

pode-se concluir que a constante de Stefan - Boltzmann é dada por

$$\sigma = \frac{2\pi^5 K_B^4}{15c^2 h^3} = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

Onde  $c$  é a velocidade da luz,  $h$  é a constante de Planck e  $K_B$  é a constante de Boltzmann.