



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF
Polo 58

**Um estudo da Física do Sol envolvendo astronomia, termodinâmica
e radiação do corpo negro para turmas do ensino médio.**

CLAUDIO ROERTO BARROZO DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos da Silva Miranda

Recife
2019.

Um estudo da Física do Sol envolvendo astronomia, termodinâmica e radiação do corpo negro para turmas do ensino médio.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFPE no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Polo 58, no Centro Acadêmico de Recife, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos da Silva Miranda

Recife
2019.

Banca Examinadora

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos da Silva Miranda

Membro interno (MNPEF/UFRPE): Prof. Dr.

Membro interno suplente (MNPEF/UFRPE): Prof. Dr.

Membro externo (DARTMOUTH COLLEGE): Prof. Dr.

Membro externo suplente (Caltech): Prof. Dr.

Recife

2019.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, por sua infinita graça e dádivas em minha vida, a minha família, minha mãe (Ostimar Barrozo), meu pai (José Costa - In Memoriam), irmãos (Patrícia e João), a minha esposa (Elisângela), aos meus filhos (Giovanni e Letícia), amigos, colegas por todo incentivo e compreensão durante toda minha trajetória. Aos meus alunos, no tempo e no espaço, que contribuem para o meu aprimoramento docente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo seu imenso amor, graça e bondade manifestos na minha vida. Agradeço também pela grande oportunidade que Ele me ofertou em cursar um mestrado tão relevante para a minha profissão, numa remonda intuição pública federal recheada de profissionais cuja competência e dedicação demonstradas superam quaisquer adjetivações.

Particularmente agradeço aos idealizadores do Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física - MNPEF e aos docentes da Universidade Federal Rural De Pernambuco, por batalharem para a implantação e desenvolvimento deste programa de pós-graduação.

Agradeço ao meu Orientador, Professor Dr. Dr. Antônio Carlos da Silva Miranda, o qual admiro pela simplicidade, sua brilhante competência e paciência, sendo o principal motivador deste trabalho. Sua orientação e prática docente, além de incentivar um protagonismo discente, promove uma enorme sensação de segurança e liberdade de inovação.

Aos meus pais, Ostimar Barrozo Costa e José Costa da Silva (in memoriam) que apesar de não terem acesso aos estudos na juventude sempre direcionaram os poucos recursos financeiros, dedicação e suor na promoção da educação de seus filhos. Especial atenção dedico a minha mãe que até hoje, tem me incentivado com suas atitudes e orações.

A minha família, esposa (Elisângela Cândida), o meu filho Giovanni Roberto e a minha filha Letícia Isabelli que compreenderam e apoiaram-me nesse período estive afastado ou ainda pouco presente nos eventos sociais e viagens devido a minha dedicação ao curso.

A toda equipe da secretaria de Pós-graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, que coordena o Curso do Mestrado, por nos dar atenção nas horas devidas.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Física da UFRPE os quais contribuíram de forma significativa e profissional para o meu aprendizado.

Agradeço também aos meus colegas de curso pela parceria e por todo incentivo a mim dedicado nestes anos.

Aos gestores da escola da rede estadual Agamenon Magalhães (Fabianne Figueiredo e Maurício Britto), localizada na cidade de Tracunhaém-PE. A gestora da Escola da rede municipal de Vicência, a escola Municipal Urbano Ramos de Andrade Lima. A secretária municipal de Educação de Vicência (Eliane Silveira). A EREM Padre Guedes (Ivânia Figueiredo), localizada em Vicência. Enfim, por todo apoio a mim ofertado ao longo desses anos, em nome das quais estendo o meu agradecimento a toda equipe dos profissionais da educação que trabalham nas referidas escolas.

Agradeço também, a todos os companheiros, colegas do mestrado, com muita perseverança seguem juntos a mim nessa trajetória árdua, cada um em busca do seu objetivo.

Eu vi um menino correndo.
Eu vi o tempo brincando ao redor
do caminho daquele menino.
Eu pus os meus pés no riacho
E acho que nunca os tirei
O sol ainda brilha na estrada e eu nunca passei.
Eu vi a mulher preparando outra pessoa.
O tempo parou pra eu olhar para aquela barriga
A vida é amiga da arte
É a parte que o sol me ensinou
O sol que atravessa essa estrada que nunca passou.

Caetano Veloso

RESUMO

O relato de estudo teve a Objetivo de investigar as concepções sobre o sol, apresentar conceitos relacionados com a física moderna e outros aplicados no estudo da Astronomia em turmas do ensino médio. A metodologia utilizada consistiu em vídeos, documentários, aulas, e as respostas aos questionários escritos. No primeiro momento percebemos que a maioria dos estudantes relata que o Sol tem energia, mas não sabem explicar de onde vem a energia solar e nem como ela é gerada. E acreditam que o Sol viverá para sempre da mesma maneira a qual conhecemos hoje. Nas aulas estudamos que um espectro poderia ser formado por um prisma ou rede de difração e a natureza das linhas espectrais. E através de uma abordagem prática observamos o espectro solar de lâmpadas durante as aulas. Através de vídeos e debates foi abordado evolução do Sol (gigante vermelha e anã branca). Os resultados mostram que o estudo da física solar e da astronomia se destaca como um ambiente favorável para ensino de física moderna no ensino médio.

Palavras-chave: Sol, ensino de astronomia, física solar, ensino de física moderna.

Abstract

The study report was intended to investigate conceptions about the sun, present concepts related to modern physics and others applied in the study of astronomy in high school classes. The methodology used consisted of videos, documentaries, classes, and the answers to written questionnaires. In the first moment we realize that most students report that the Sun has energy, but they do not know how to explain where solar energy comes from or how it is generated. And they believe that the Sun will live forever the same way we know it today. In the classes we studied that a spectrum could be formed by a prism or diffraction network and the nature of the spectral lines. And through a practical approach we observe the solar spectrum of lamps during classes. Through videos and debates it was approached evolution of the Sun (red giant and white dwarf). The results show that the study of solar physics and astronomy stands out as a favorable environment for teaching modern physics in high school.

Keywords: Sun, teaching astronomy, solar physics, teaching of modern physics.

LISTA DE FIGURAS (MODELO QUE USAREI)

Figura 1 –	Experiência da dupla fenda de Young.....	20
Figura 2 –	Modelo atômico idealizado por Thomson para o caso de dois elétrons.....	22
Figura 3 –	Esquema ilustrativo do efeito fotoelétrico de Einstein.....	22
Figura 4 –	Esquema ilustrativo da relação entre as energias da equação de Einstein para o efeito fotoelétrico.....	23
Figura 5 –	Crítica apresentada pela eletrodinâmica clássica ao modelo atômico de Rutherford.....	24
Figura 6 –	Modelo atômico simplificado de Bohr para o átomo de Hidrogênio.....	24
Figura 7 –	Esquema simplificado dos saltos realizados pelos elétrons entre os níveis de energia de um átomo.....	25
Figura 8 –	Os valores discretos das orbitas eletrônicas e a relação com seus respectivos comprimentos de ondas.....	26
Figura 9 –	Descrição dos números quânticos nos átomos.....	27
Figura 10 –	Evolução histórica das partículas elementares do modelo padrão.....	27
Figura 11 –	Acelerador de partículas brasileiro inaugurado no final de 2018 em Campinas-SP.....	29
Figura 12 –	Apresentação das três gerações de férmions e das partículas mediadoras.....	29
Figura 13 –	A simetria partículas e antipartículas no modelo padrão....	30
Figura 14 –	Representação ilustrativa do fenômeno da	

	aniquilação.....	31
Figura 15 –	Representação ilustrativa do fenômeno de produção de pares.....	31
Figura 16 –	As interações fundamentais da matéria.....	32
Figura 17 –	Férmions e Bósons do modelo padrão de partículas elementares.....	33
Figura 18 –	Socialização do termo “ondas quânticas”, realizada pela tira de quadrinhos.....	42
Figura 19 –	Tiras do quadrinho do capitão átomo cuja narrativa aborda a interação nuclear forte.....	43
Figura 20 –	Realização da oficina sobre produção de storyboard para HQs.....	48
Figura 21 –	Etapas de produção e ajustes da narrativa da história em quadrinhos.....	49
Figura 22 –	Aplicação do produto educacional e dos questionários referentes aos pré-teste, pós-teste, e os de pesquisa de opinião.....	50

LISTA DE GRÁFICOS (MODELO QUE USAREI)

Gráfico 1 –	Padrão de respostas da questão 01, referente a primeira aplicação do questionário 01.....	52
Gráfico 2 –	Padrão de respostas da questão 01, referente a segunda aplicação do questionário 01.....	52
Gráfico 3 –	Padrão de respostas da questão 02, referente a primeira aplicação do questionário 01.....	53
Gráfico 4 –	Padrão de respostas da questão 02, referentes a segunda aplicação do questionário 01.....	53
Gráfico 5 –	Padrão de respostas da questão 03, referente a primeira aplicação do questionário 01.....	54
Gráfico 6 –	Padrão de respostas da questão 03, referente a segunda aplicação do questionário 01.....	54
Gráfico 7 –	Padrão de respostas da questão 04, referente a primeira aplicação do questionário 01.....	55
Gráfico 8 –	Padrão de respostas da questão 04, referente a segunda aplicação do questionário 01.....	55
Gráfico 9 –	Padrão de resposta da questão 05, referente a primeira aplicação do questionário 01.....	56
Gráfico 10 –	Padrão de respostas da questão 5, referente a segunda aplicação do questionário 01.....	56
Gráfico 11 –	Padrão de respostas da questão 6, referente a primeira aplicação do questionário 01.....	57
Gráfico 12 –	Padrão de resposta da questão 6, referente a segunda aplicação do questionário 01.....	57
Gráfico 13 –	Padrão de resposta da questão 7, referente a primeira aplicação do questionário 01.....	58
Gráfico 14 –	Padrão de resposta da questão 7, referente a segunda aplicação do questionário 01.....	58
Gráfico 15 –	Padrão de respostas da questão 8, referente a primeira aplicação do questionário 01.....	59

Gráfico 16 –	Padrão de respostas da questão 8, referente a segunda aplicação do questionário 01.....	59
Gráfico 17 –	Padrão de respostas da questão 09, referente a primeira aplicação do questionário 01.....	60
Gráfico 18 –	Padrão de respostas da questão 09, referente a segunda aplicação do questionário 01.....	60
Gráfico 19 –	Padrão de respostas da questão 10, referente a primeira aplicação do questionário 01.....	61
Gráfico 20 –	Padrão de respostas da questão 10, referente a segunda aplicação do questionário 01.....	61
Gráfico 21 –	Padrão de respostas da questão 01, referente do questionário 02.....	62
Gráfico 22 –	Padrão de respostas da questão 02, referente a aplicação do questionário 02.....	63
Gráfico 23 –	Padrão de respostas da questão 03, referente a aplicação do questionário 02.....	63
Gráfico 24 –	Padrão de respostas da questão 04, referente a aplicação do questionário 02.....	64
Gráfico 25 –	Padrão de respostas da questão 05, referente a aplicação do questionário 02.....	64
Gráfico 26 –	Padrão de respostas da questão 01, referente ao questionário 03.....	69

LISTA DE TABELAS (MODELO QUE USAREI)

Tabela 1 –	Contribuições individuais referentes a questão 06 do questionário 02.	65
Tabela 2 –	Contribuições individuais referentes a questão 07 do questionário 02.....	67
Tabela 3 –	Padrão de respostas da questão 01, referente ao questionário 03.	70

SUMÁRIO (MODELO QUE USAREI)

1	INTRODUÇÃO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	Tópicos da história da estrutura da matéria.....	18
2.2	A construção do conhecimento científico no processo de aprendizagem.....	34
2.2.1	As teorias da aprendizagem na busca pela compreensão da construção do conhecimento.....	35
2.2.1.1	A epistemologia genética de Piaget.....	35
2.2.1.2	A teoria sociocultural de Vygotsky.....	37
2.2.1.3	A aprendizagem significativa de David Ausubel.....	39
2.3	O ensino de física de partículas através de HQs.....	40
3	METODOLOGIA	47
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	51
4.1	Estudo dos padrões das respostas do questionário 01 referentes a primeira e segunda aplicações.....	51
4.2	Estudo dos padrões das respostas do questionário 02.....	62
4.3	Estudo dos padrões das respostas do questionário 03.....	63
5	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	72
	REFERÊNCIAS	74
	APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	77
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO	94
	APÊNDICE C –TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE	97

1. Fundamentação teórica
 - Estrelas
 - Nebulosas
 - Ciclo de vida de uma estrela
 - Sol
 - Radiação do corpo negro
 - Lei de Stefan-Boltzmann
 - Calculando a temperatura da fotosfera solar
2. Atividades com os alunos
 - Usando um jogo de tabuleiro, um jogo de trilha**
 - Calculando a temperatura da fotosfera solar**
3. Relatos das atividades desenvolvidas (metodologia e discussão dos resultados)
4. Teoria de aprendizagem significativa de Ausubel
5. Conclusão
6. Referências
7. Apêndice A – Produto educacional
8. Apêndice B – Questionários

1. INTRODUÇÃO

A Física é uma disciplina que vive em constante atualização e que possui seus momentos na mídia quando grandes avanços tecnológicos são alcançados, graças a aplicação dos conhecimentos físicos, porém no ensino médio a Física é tida como uma Medusa pois petrificam os estudantes e ainda presa ao século XVII. Por mais importante que seja a mecânica Newtoniana, o início dos estudos da física no ensino médio por esse tema e ainda numa perspectiva formulista não favorece o desenvolvimento do ensino-aprendizagem da Física de um modo geral. O primeiro ano do ensino médio é preenchido, na maior parte da carga horária, com o estudo da mecânica.

E o ensino, por exemplo, da Física Moderna dentro da grade do ensino médio? As dificuldades do ensino da física moderna no ensino médio têm diversos motivos. Parte desse obstáculo pode ser na formação acadêmica na licenciatura, onde a física moderna não foi explorada o suficiente para ser aplicada na educação básica (série finais do ensino fundamental e ao longo do ensino médio). Na rede de ensino apresentar um currículo onde o tema é abordado apenas no último semestre do terceiro ano do ensino médio. Falta de oferta de formação continuada, ou ainda não satisfatória. Além de abordar na última unidade do terceiro ano do ensino médio esses tópicos, pois é assim indicado no currículo, tem ainda a carga horária reduzida devido a preparação das provas externas, como por exemplo, vestibulares e o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) para a realização de aulas especiais para revisar todos os tópicos de física do ensino médio. A escolha e o uso do material didático em especial, o livro didático, faz a uma diferença positiva, pois a maioria dos livros recomendados coloca esses conteúdos no final do volume 3 da coleção de física.

Quem não se lembra da foto do buraco negro? E na sala de aula? As perguntas sobre o que era, se tem algum perto da Terra e outras dúvidas. Alguns desses e outros momentos podemos explorar esses tópicos, utilizar vídeos como da série O Universo da Discovery Channel, utilizar alguns filmes como O contato (baseado no livro de Carl Sagan), minisséries como The Big Bang Theory ou ainda Salvation (de 2017 e tem duas temporadas, essa minissérie é mais recente). E os

simuladores virtuais e outros softwares educativos para o ensino e aprendizagem de alguns tópicos de Física.

Como o professor é um eterno aprendiz, temos cursos a distância. Muitas universidades brasileiras estão disponibilizando cursos de diversas áreas do conhecimento. São disciplinas oferecidas nos cursos de graduação. A USP, Unicamp, Unesp, UFRGS, UFF (Universidade Federal Fluminense) entre outras mais que ofertam esses cursos abertos online (MOOCs – Massive Open online Courses). O MOOC é curso online aberto, geralmente desenvolvidos por instituições acadêmicas, e acessíveis à qualquer pessoa com acesso à internet. A maioria desses cursos são gratuitos e não exigem pré-requisitos para a realização, mas também há programas compostos por módulos interdependentes, formando percursos de aprendizado, muitos deles com certificado.

Como foi feito um retrato das dificuldades para ensinar os tópicos relacionados a Física Moderna. Os entraves estão na abordagem matemática, das dificuldades que o professor já teve, na sua formação acadêmica, ou ainda no exercício do magistério, por exemplo, o currículo que lista esses conteúdos no último semestre do terceiro ano do ensino médio. Podemos sugerir a atualização do currículo, uma oferta formação continuada, satisfatória e frequente, para os professores tratar a física moderna na sala de aula.

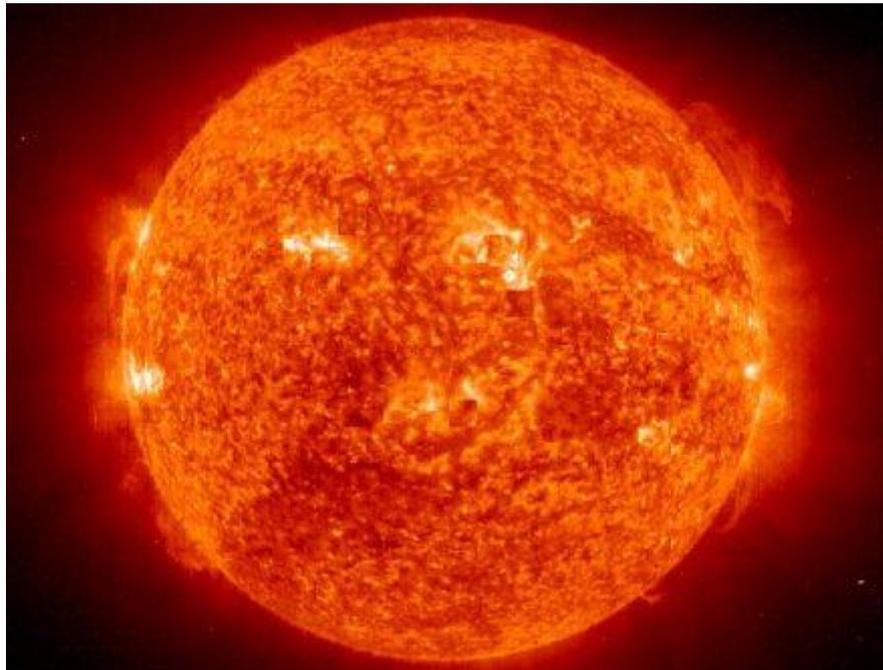
Com interesse de estudar o ciclo de vida de uma estrela, e em especial, abordar tópicos de física moderna, assim como estudo sobre a estrela do sistema solar, a proposta é realizar diversas atividades que favoreçam o desenvolvimento do ensino-aprendizagem desses temas em turmas do ensino médio.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Sol – o astro rei do sistema solar

A nossa estrela do nosso sistema solar tem grande importância para nós, habitantes do planeta Terra, por diversos motivos. A energia solar que é responsável pela manutenção da vida no planeta Terra. A luz solar é fonte primitiva de praticamente toda a energia de que dispomos. E ela que mantém uma temperatura média apropriada sobre a superfície da Terra. Se a nossa posição fosse mais próxima do Sol, os oceanos ferveriam, e se fosse mais afastada do Sol, o planeta seria um deserto de gelo. E sem essa energia em questão de meses o planeta estaria coberto de gelo.

O Sol



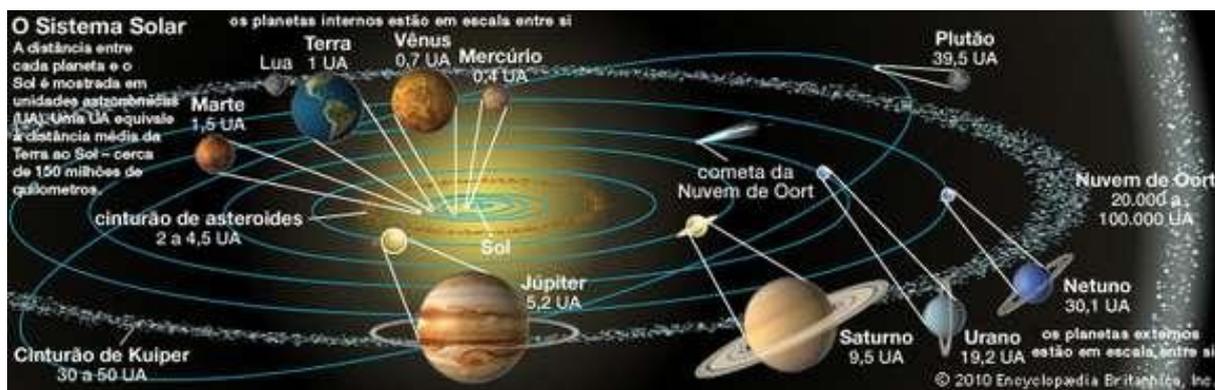
<https://o-universo-cosmico.blogspot.com/search?q=o+Sol> Acesso em 27 de maio de 2019

O sistema solar

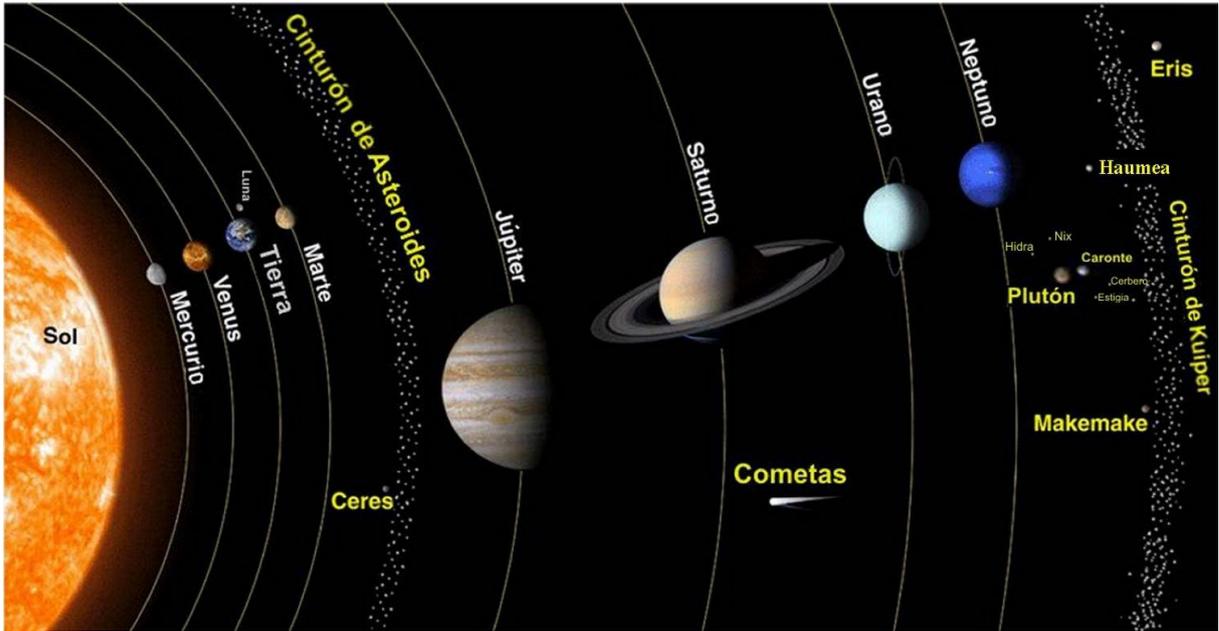
No Sistema Solar temos planetas próximos ao Sol e outros mais afastados. O planeta Terra está numa distância ideal para a existência e sobrevivência de diversas formas de vida (como por exemplo, animal, vegetal) essa região entre os

planetas Vênus e Júpiter se localiza a zona habitável do nosso Sistema Solar. O nosso sistema solar é um aglomerado constituído pelo Sol e corpos orbitando em torno dele: 8 planetas com cerca de 170 satélites planetários conhecidos (luas); planetas anões, inúmeros asteroides, alguns com seus próprios satélites; cometas e outros corpos gelados; e vastas extensões de gás e poeira altamente tênues, conhecidas como meio interplanetário.

Sistema Solar



<https://escola.britannica.com.br/artigo/Sistema-Solar/482537> acesso em 4 de junho de 2019



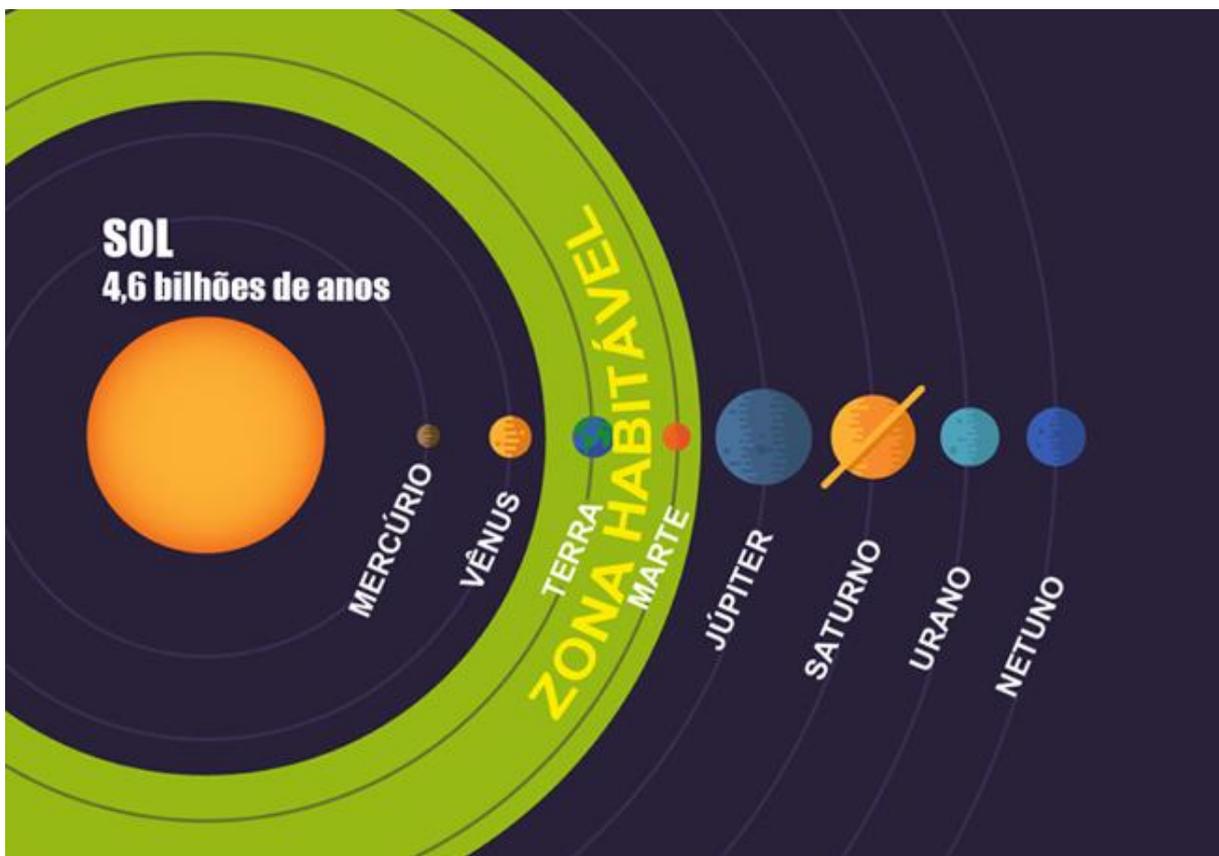
<https://conhecimentocientifico.r7.com/sistema-solar-e-saiba-quais-planetas-o-compoem/>

acesso em 4 de junho de 2019



Figure 1.8 Our Solar Family. The Sun, the planets, and some dwarf planets are shown with their sizes drawn to scale. The orbits of the planets are much more widely separated than shown in this drawing. Notice the size of Earth compared to the giant planets. (credit: modification of work by NASA)

Zona habitável



[https://www.galeriadometeorito.com/2016/05/podemos-sobreviver-quando-o-sol-
virar-gigante.html](https://www.galeriadometeorito.com/2016/05/podemos-sobreviver-quando-o-sol-
virar-gigante.html) acesso em 4 de junho de 2019

Na figura abaixo temos uma ilustração do Sistema Solar com o Sol, os planetas, cometas e asteroides. A sequência dos planetas em relação ao Sol é Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.

Distância do Sol em relação a cada planeta do sistema solar

Planeta	Distância em quilômetro	Distância em Unidade Astronômica (UA)
Mercúrio	57.910.000	0,39
Vênus	108.200.000	0,72
Terra	149.600.000	1,00
Marte	227.940.000	1,52
Júpiter	778.330.000	5,20
Saturno	1.424.600.000	9,54
Urano	2.873.550.000	19,18
Netuno	5.945.900.000	30,06

A Unidade astronômica (UA) usada na tabela é referente a distância da Terra para o Sol que é aproximadamente igual a $1,5 \times 10^8$ km, ou seja, 150 milhões de quilômetros.

A nossa estrela amarela cabe um milhão de Terras e seu diâmetro é, aproximadamente, de 1400000 km. O Sol tem 99,8% da massa de todo o sistema solar. A origem dessa grande energia vem do seu núcleo através da fusão de átomos de hidrogênio. A pressão extrema no seu núcleo converte hidrogênio em hélio liberando uma energia equivalente a 100 bilhões de toneladas de dinamite por segundo. Essa gigante ogiva termonuclear alimenta toda a vida em nosso planeta.

O Sol é o maior objeto do nosso sistema solar e como poderíamos calcular a quantidade de vezes que o planeta Terra caberia no nele?

A resposta parece simples, será preciso efetuar alguns cálculos para saber esse número. Então vamos fazer algumas considerações:

A planeta Terra, por aproximação, é uma esfera de raio r , onde temos $r = 6378,1$ km; A nossa estrela, O Sol, por sua vez, é, por aproximação uma esfera de raio R , onde temos $R = 6,955 \times 10^5$ km.

É preciso determinar quantas vezes a Terra caberia dentro do Sol. Assim, podemos estabelecer uma razão entre os volumes dos dois corpos:

$$N = V_{\text{Sol}} / V_{\text{Terra}}$$

Onde N é exatamente a quantidade de vezes que a Terra cabe dentro do Sol.

O volume (V) de uma esfera é por $V = 4/3 \pi R^3$

Assim, teremos o seguinte:

$$\text{Para o volume do Sol teremos: } V_{\text{Sol}} = 4/3 \pi R^3$$

$$\text{Para o volume da Terra teremos: } V_{\text{Terra}} = 4/3 \pi r^3$$

Então substituindo os valores:

$$N = V_{\text{Sol}} / V_{\text{Terra}}$$

$$N = (4/3 \pi R^3) / (4/3 \pi r^3)$$

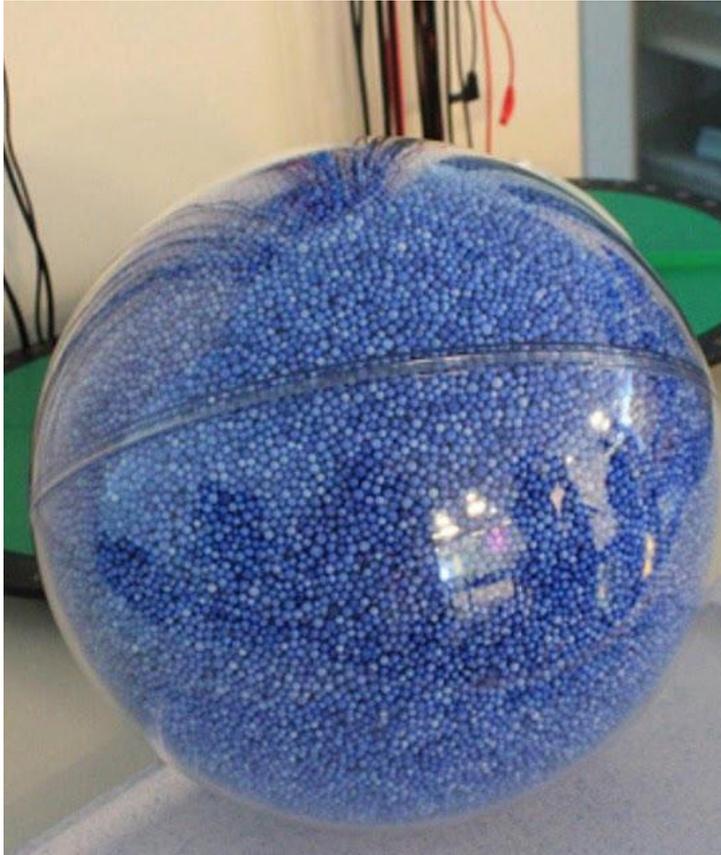
$$N = (R^3) / (r^3)$$

$$N = (6,955 \times 10^5)^3 / (6\,378,1)^3$$

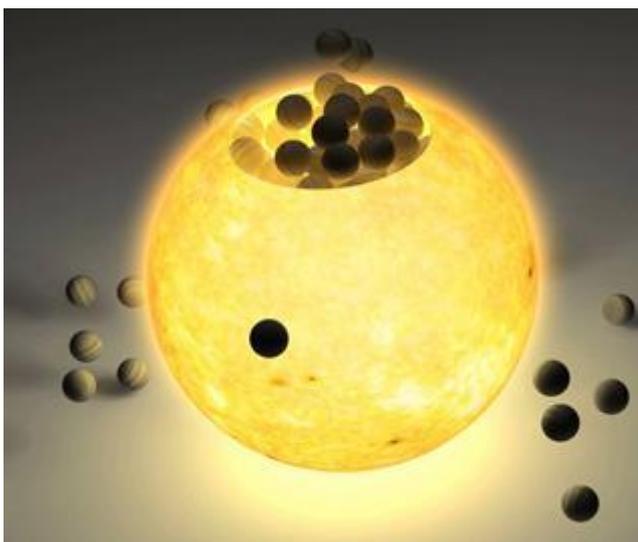
$$N = 1296634$$

Portanto o Sol é, aproximadamente, um milhão e trezentos mil vezes maior que a Terra, ou seja, caberia, aproximadamente $1,3 \times 10^6$ Terras dentro do Sol.

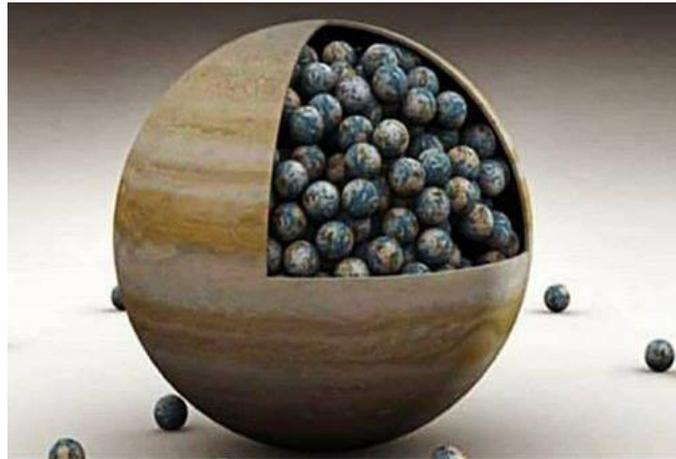
Na figura abaixo cada bolinha azul representa o nosso planeta Terra, e na bola maior representando o Sol. Nessa bola maior cabe um milhão de bolinhas azuis, ou seja, o nosso Sol é equivalente a um milhão de Terras.



Júpiter é o maior planeta do Sistema Solar, mas perto do Sol é bem pequeno. Caberiam 1000 planetas iguais a Júpiter no Sol.

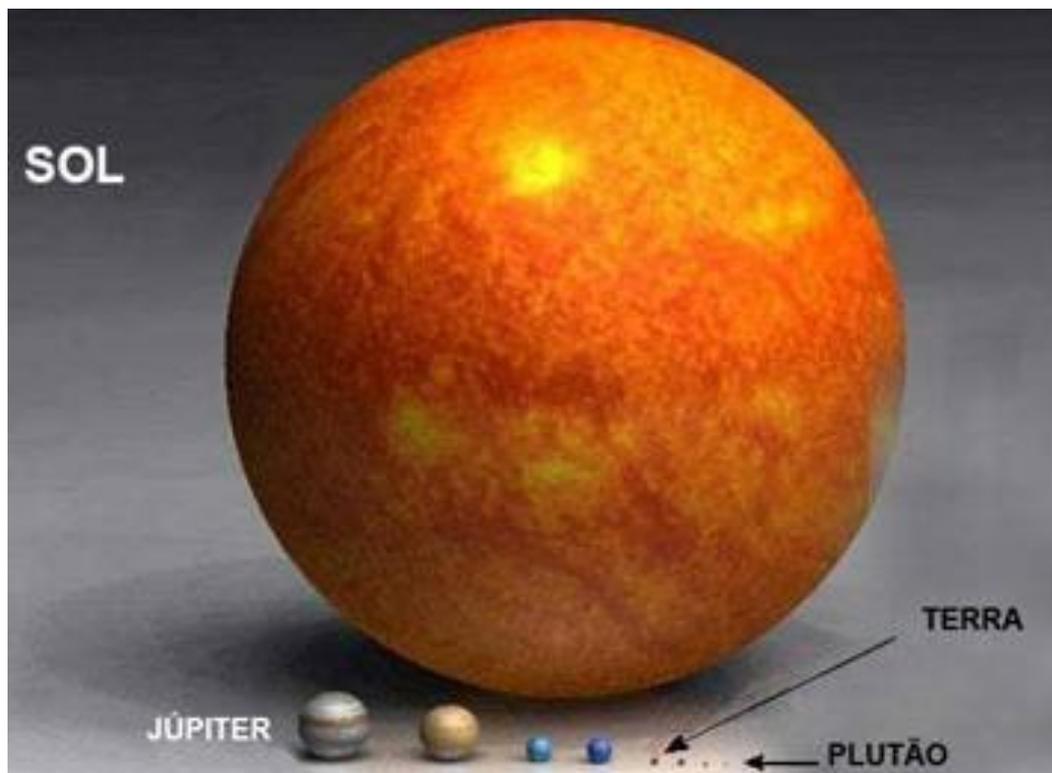


<http://www.zenite.nu/sugestoes-para-o-educador-ensino-fundamental-ii/>



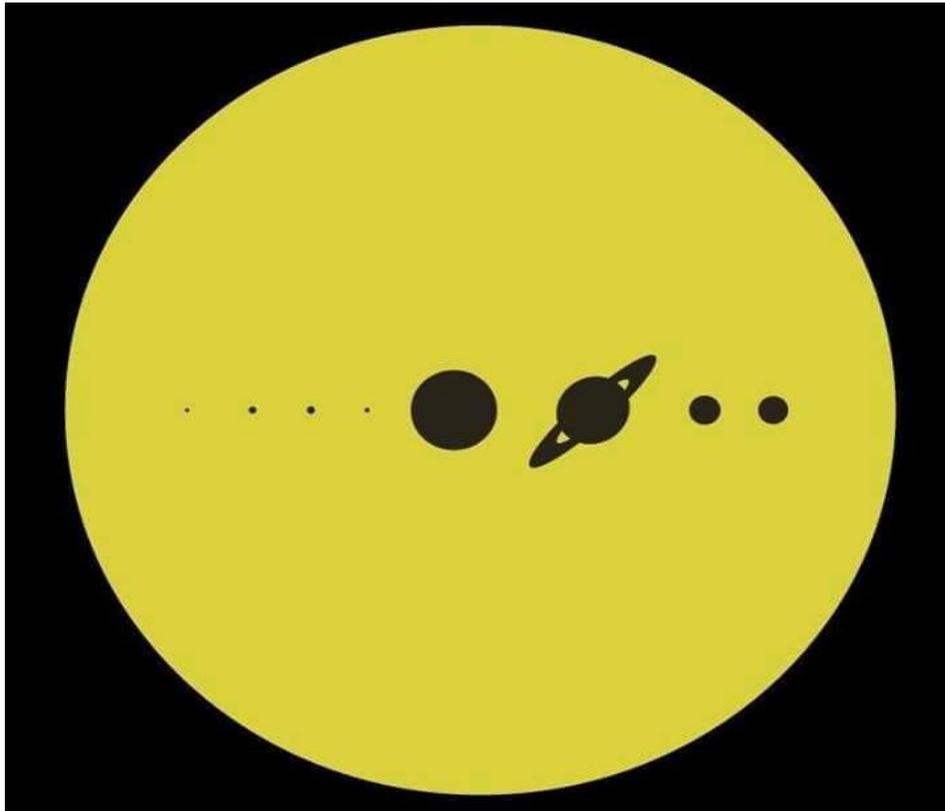
<http://www.zenite.nu/sugestoes-para-o-educador-ensino-fundamental-ii/> acesso em 4 de junho de 2019

Para termos uma noção de quanto é grande o Sol poderíamos fazer uma comparação, o Sol como uma bola de basquete e a Terra como uma pequena bola de gude (bolinha de vidro). E o gigante amarelo é grandioso em relação aos demais planetas do Sistema Solar. Fazendo uma outra comparação poderíamos considerar o Sol, de novo, como uma bola de basquete e Júpiter como uma bola de tênis.



https://www.apolo11.com/escala_planetas.php acesso em 4 de junho de 2019

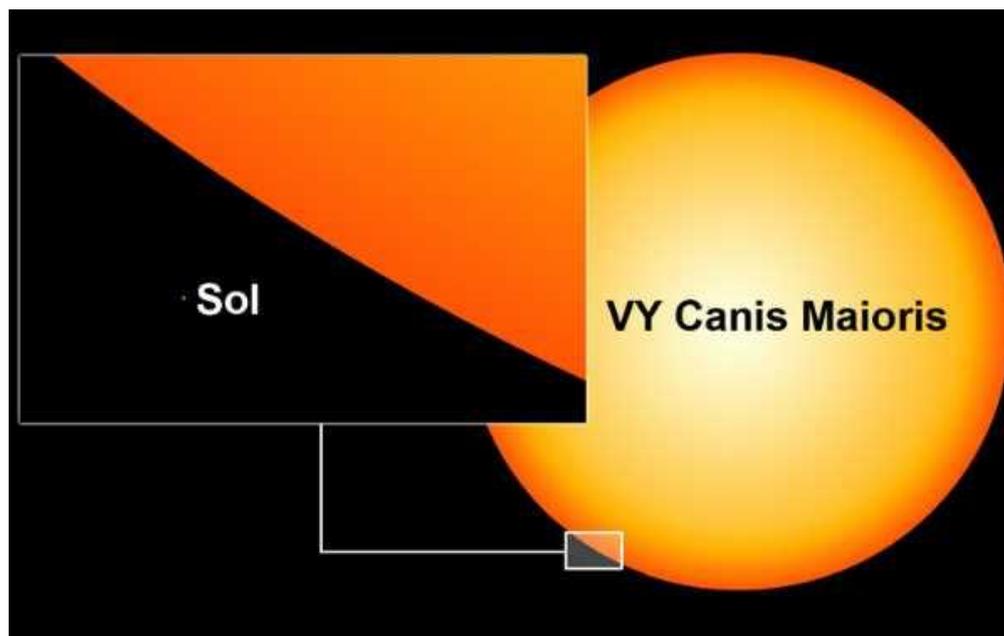
Sobrepondo os planetas sobre o Sol teríamos a compreensão da grandiosidade da nossa estrela amarela. Os pontinhos menores da esquerda seriam Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, no centro Júpiter, e na direita Saturno, Urano e Netuno.



O Sol e outras estrelas acesso em 4 de junho de 2019

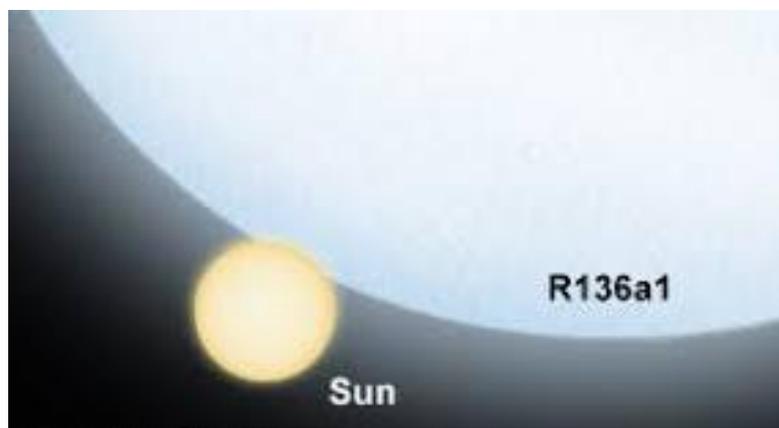
Comparando o Sol em relação ao tamanho temos VY Canis Majoris que é 2100 vezes maior que o Sol e tem um diâmetro de 3 bilhões de quilômetros. Ela está localizada na Constelação de Cão Maior.

Se VY Canis Majoris ocupasse o lugar do nosso Sol no Sistema Solar, esta estrela gigante, tomaria o lugar de todos os planetas juntos com Saturno.



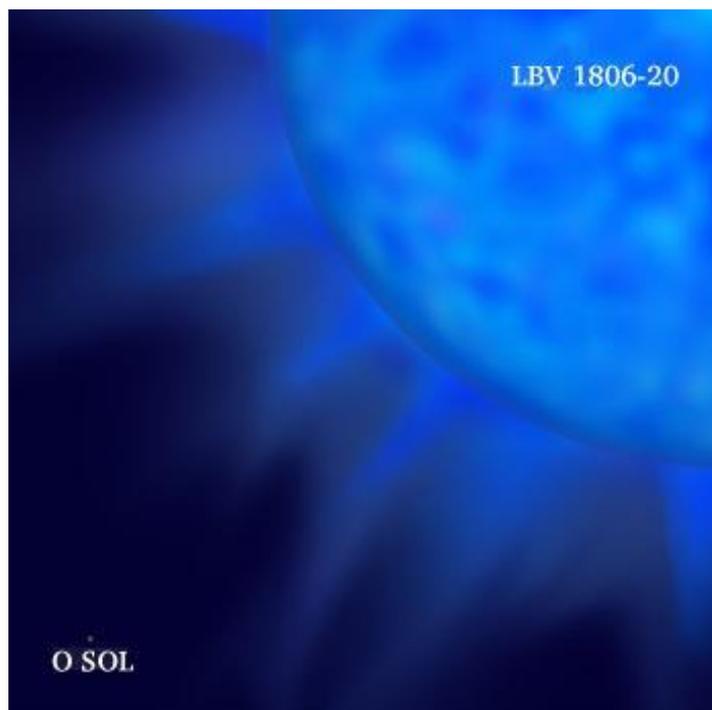
acesso em 4 de junho de 2019

Em relação ao peso temos a R136a1, uma estrela supergigante com 265 massas solares está localizada no coração de uma densa aglomeração de estrelas jovens na galáxia da Grande Nuvem de Magalhães.



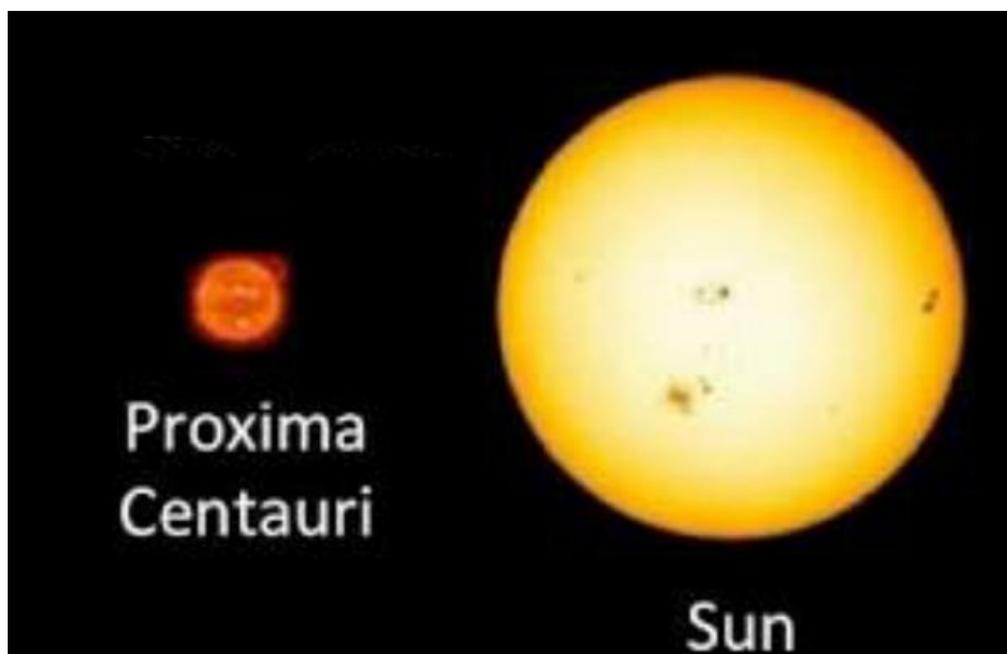
acesso em 4 de junho de 2019

Em termos de luminosidade temos a estrela LBV 1806-20 é 38 milhões de vezes mais brilhante que o Sol. Está situada na Constelação de Sagitário.



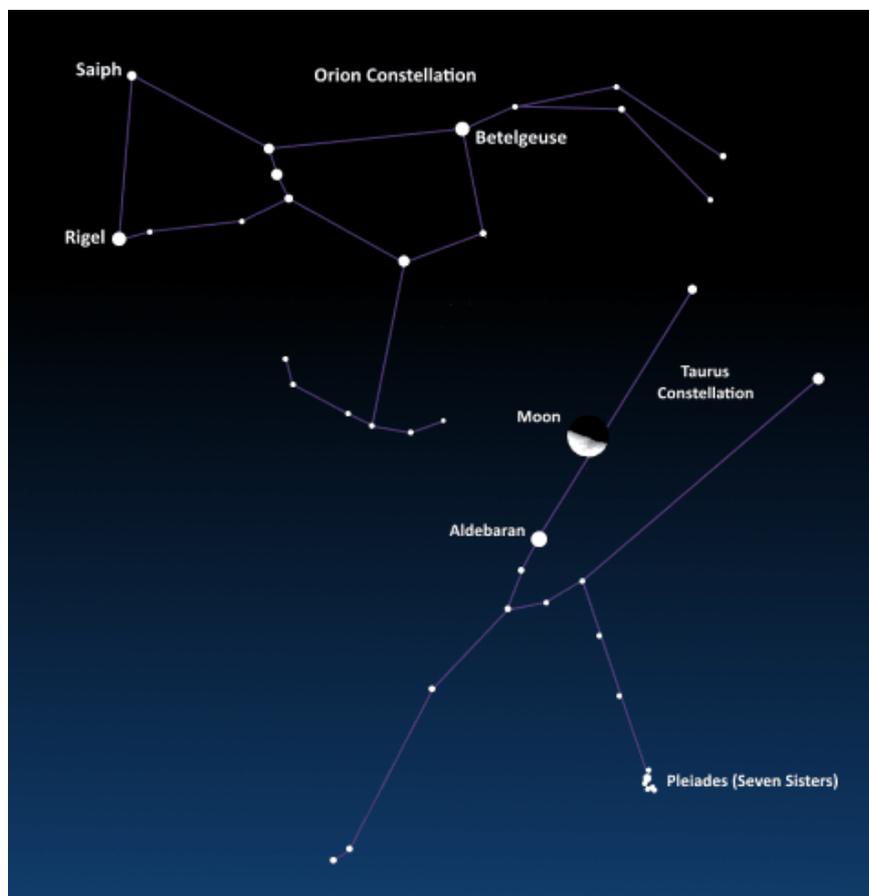
acesso em 4 de junho de 2019

E a estrela mais próxima da Terra, depois do Sol, tem a estrela Próxima Centauri que está a 4,2 anos-luz, enquanto o Sol está a 8 minutos-luz. Ela está localizada na Constelação de Centauro.



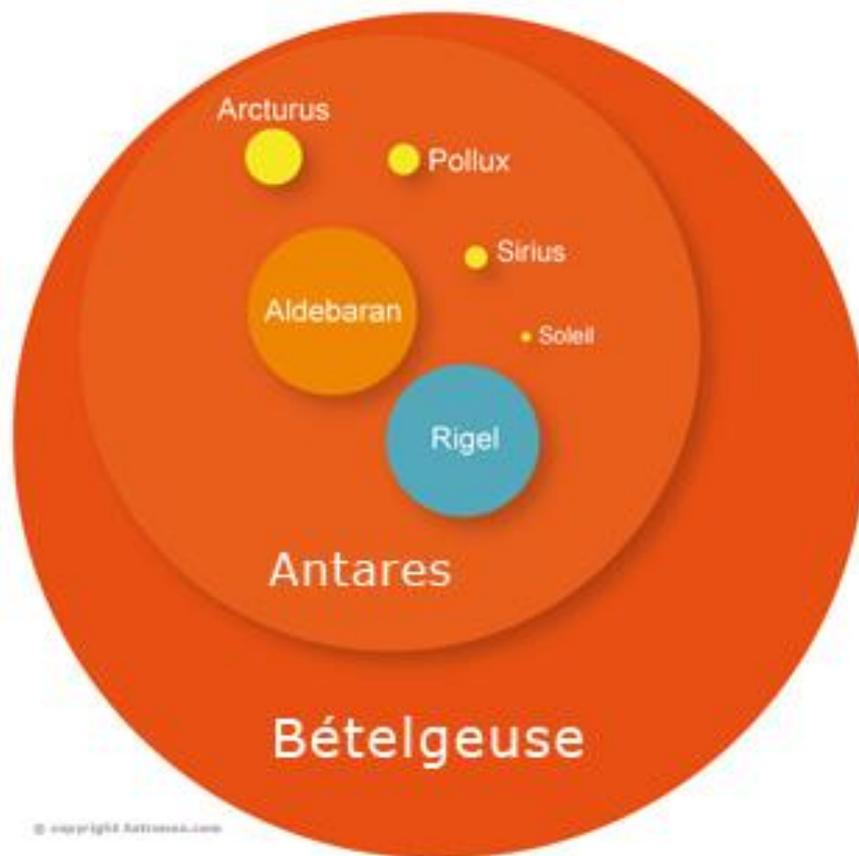
acesso em 4 de junho de 2019

Na constelação de Orion tem uma estrela chamada de Betelgeuse. Essa estrela é 20 vezes mais massiva, 890 vezes maior e emite 125 mil vezes mais energia que nosso sol.



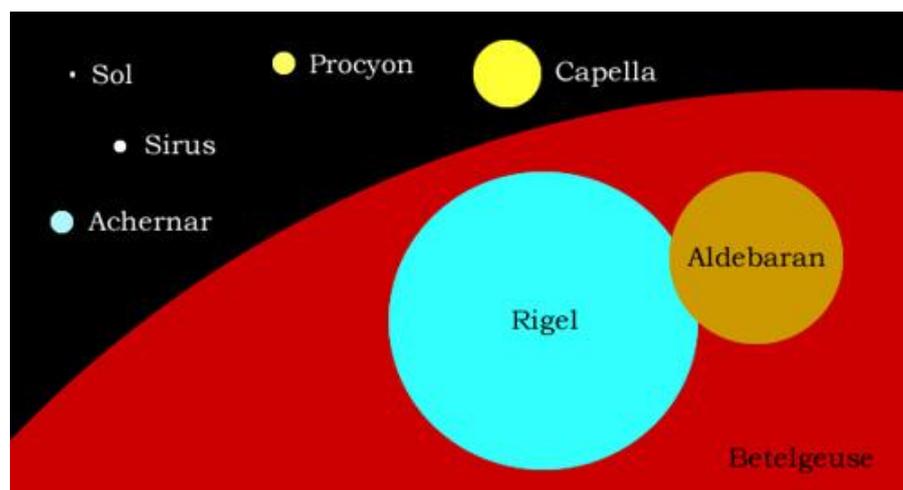
Constelações de Orion e Touro acesso em 4 de junho de 2019

Na seguinte figura mostra uma comparação do tamanho de outras estrelas com o Sol.



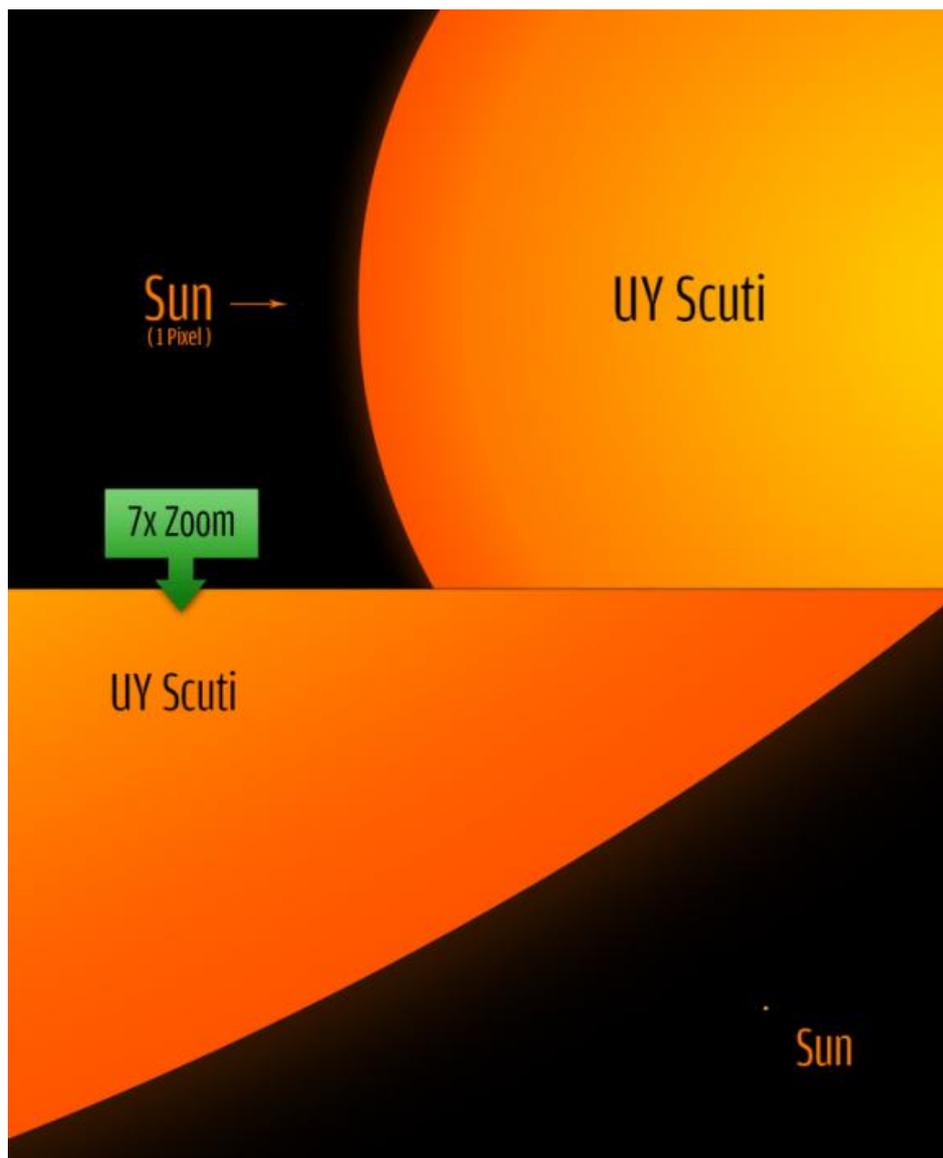
<http://www.astronoo.com/pt/artigos/tamanhos-comparados-planetas-estrelas.html>

acesso em 4 de junho de 2019



acesso em 4 de junho de 2019

Atualmente a estrela UY Scuti é considerada a maior estrela atualmente já descoberta. O seu diâmetro é de 2.375.828.000 km. Essa estrela tem um volume de 5 bilhões de vezes o tamanho o Sol (aproximadamente). Essa estrela fica situada na constelação de Scutum (Escudo).



acesso em 4 de junho de 2019

Só aumentando 7 vezes o zoom da figura que o pontinho formado é destacado, e este seria a representação do Sol.

Onde nascem as estrelas?

O Sol e demais estrelas surgiram de nebulosas. As nebulosas são aglomerações de gases ionizados, hidrogênio, hélio, poeira cósmica e plasma, que quando se aproximam formam uma espécie de nuvem molecular. As nebulosas são importantes na formação de novas estrelas e sistemas planetários que juntamente com ação da gravidade, recebe o nome de colapso gravitacional.



A Nebulosa de Orion possui aproximadamente 700 estrelas (Foto: depositphotos)

acesso em 4 de junho de 2019

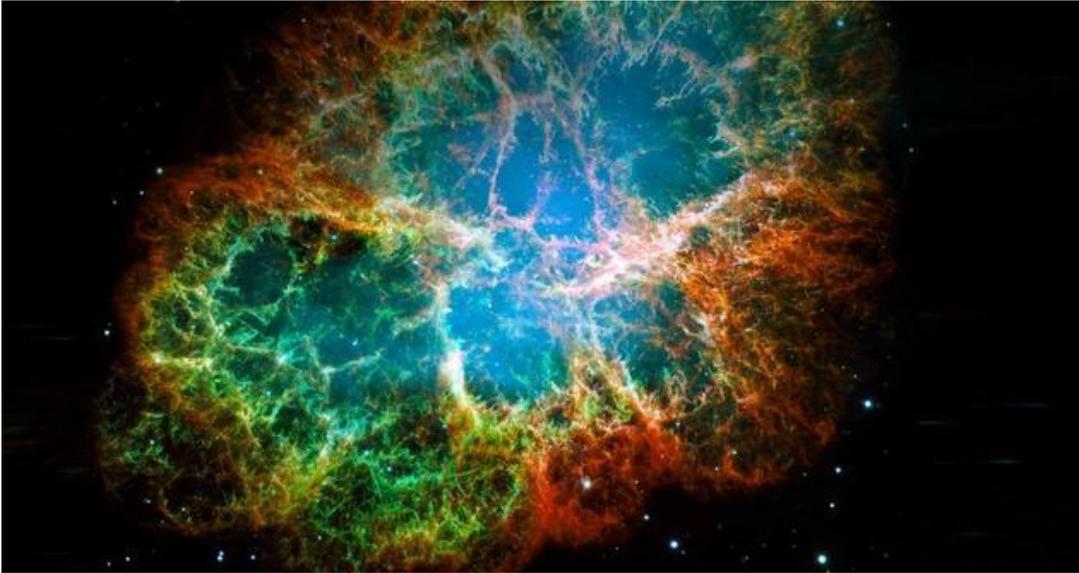
As nebulosas possuem tamanhos e formas diversos, recebendo este nome porque deriva do latim e significa 'nuvem'. As nebulosas que mais se destacam são: Nebulosa de Helix, Nebulosa de Orion, Nebulosa Cabeça de Cavalo, Nebulosa do Caranguejo, Nebulosa Borboleta, Nebulosa Tarântula, Nebulosa da Bolha, Nebulosa Carina, Nebulosa Olho de Gato, Nebulosa Pilares da Criação, Nebulosa Ômega, Nebulosa Sete Irmãs e entre outras.



Esta é NGC 7293, mais conhecida como nebulosa de Helix. acesso em 4 de junho de 2019



A nebulosa da cabeça de Cavalo acesso em 4 de junho de 2019



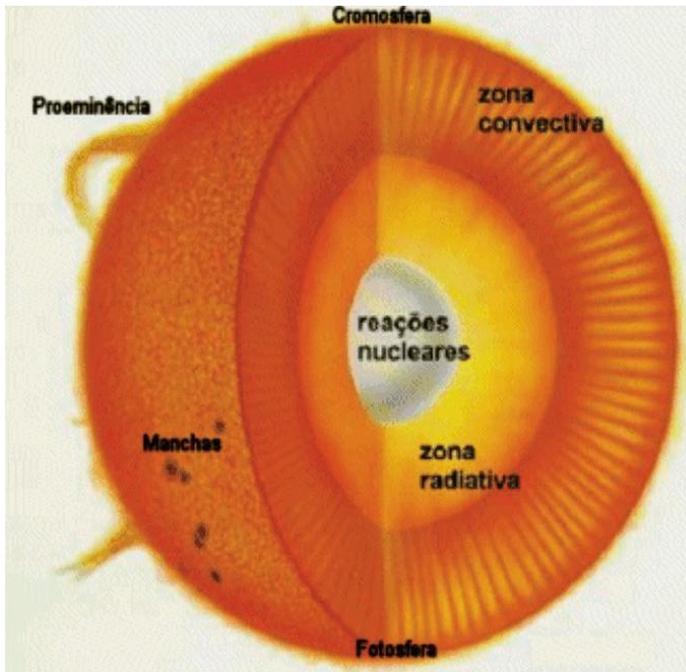
A nebulosa do Caranguejo acesso em 4 de junho de 2019



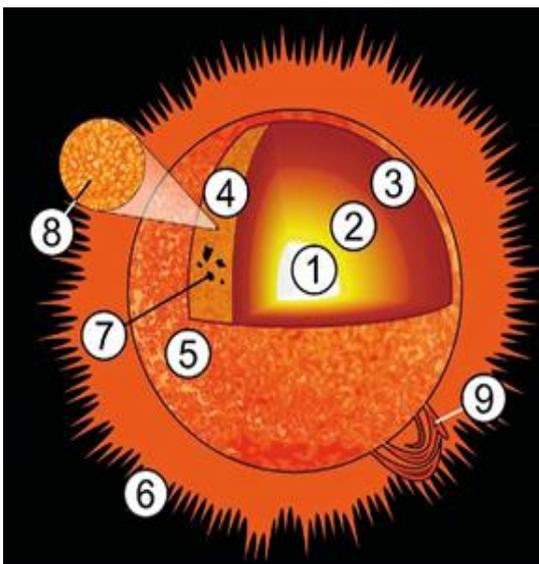
Esta é a NGC 6302, também chamada de Nebulosa da Borboleta acesso em 4 de junho de 2019

Estudando as camadas do Sol

Um estudo detalhado do interior do Sol é importante para investigar com profundidade nos fenômenos que ocorrem desde o seu núcleo assim como as suas atividades.



<http://parquedaciencia.blogspot.com/2014/08/por-dentro-do-sol.html> acesso em 4 de junho de 2019



https://pt.wikipedia.org/wiki/Sol#/media/Ficheiro:Sun_diagram.svg acesso em 4 de junho de 2019

1. O núcleo, com temperatura de cerca de 15 milhões de Kelvin, é a região onde a energia é produzida, por reações termonucleares.

2. A zona de radiação, abaixo da camada convectiva, é onde a energia flui por radiação, isto é, não há movimento das parcelas de gás, só transporte de fótons.

3. A zona de convecção, abaixo da fotosfera, se estendendo por cerca de 15% do raio solar. O transporte de energia é pelo movimento das parcelas de gás.

4. A fotosfera, com cerca de 330 km de espessura e temperatura de 5785 K, é a camada visível do Sol.

5. A cromosfera é a camada da atmosfera solar logo acima da fotosfera e tem baixa densidade. Estende-se por 10 mil km acima da fotosfera e a temperatura cresce da base para o topo, tendo um valor médio de 15 mil K.

6. A coroa, acima da cromosfera, também visível durante os eclipses totais. Ela se estende por cerca de dois raios solares e tem densidade ainda mais baixa que a cromosfera.

7. As manchas solares parecem manchas no disco do Sol. Elas terão uma região central muito escura, chamada umbra [sombra]. Ela é frequentemente circundada por um halo menos escuro conhecido como penumbra. A umbra é escura por que é mais fria (a cerca de 3.500°C/6.300°F) que a região que a circunda (a cerca de 5.500°C/10.000°F).

Uma mancha próxima ao equador precisará de cerca de 25 dias para completar uma rotação. Uma mancha próxima ao polo, se houver alguma, vai precisar de 35 dias para completar a viagem. Esse ciclo leva 11 anos para as manchas solares completarem o deslocamento.

8. Grânulos são oriundos de um fenômeno observado sobre a superfície do Sol e eu acontecem por processos de convecção na fotosfera. Os grânulos formam-se e desaparecem em ciclos de apenas alguns minutos. Em cada instante a superfície solar está coberta por cerca de 4 milhões de grânulos.

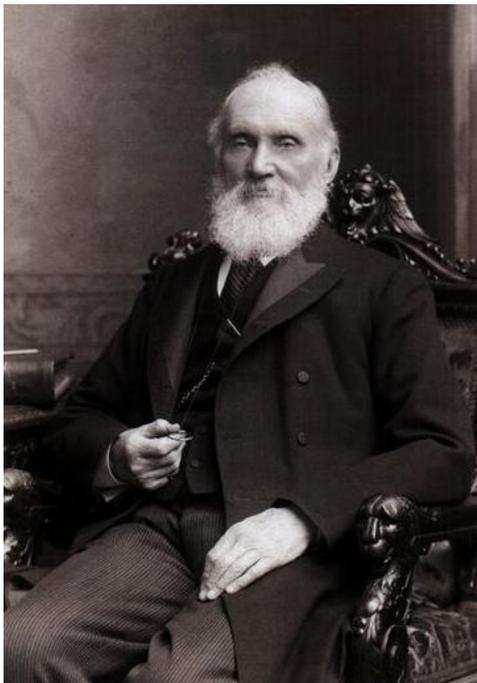
9. Proeminências solares são filamentos de matéria solar, projetada sobre a sua superfície, que caracterizam a atividade do Sol. Trata-se de ejeções de massa coronal. Esta atividade parece variar até outra dentro de um ciclo. Em termos absolutos, a atividade solar é regulada por um ciclo, uma média de 11,2 anos, mas a duração pode variar entre 8 e 15. Proeminências eruptivo do Sol são gêiseres enorme de material solar que ocorrem na cromosfera e sobe a centenas de milhares de quilômetros no espaço.

A fonte da energia do Sol

Em meados do século XIX foi sugerido pelo físico britânico William Thomson, conhecido como Lord Kelvin (1824 -1907) e pelo matemático alemão Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821 - 1894) que a contração gravitacional do Sol, dada a grande massa deste, aqueceria as regiões mais interiores ao ponto de ser radiada energia. Este processo, que de fato ocorre durante as fases iniciais da vida de estrelas como o Sol, não é por si só capaz de justificar a emissão de energia observada atualmente. Por outro lado, se este fosse o principal processo responsável pela emissão de energia, o Sol não poderia ter uma idade superior a 25 milhões de anos. Acontece que, por datação radioativa, sabemos que a Terra (e a própria vida sobre a Terra) existem há mais de 4500 milhões de anos e que, portanto, a idade do o Sol não pode ser inferior a esse valor. Pensou-se então que a energia liberada pelo Sol poderia resultar de processos de combustão, ou seja, de reações químicas. Sabemos que a energia libertada nessa reação é, em média, da ordem de 10^{-19} J por átomo. Para termos a Luminosidade do Sol teríamos de ter a combustão de aproximadamente 10^{45} átomos por segundo. Tendo em conta que o Sol é composto por 10^{57} átomos (aproximadamente) estes teriam de ser todos consumidos em cerca de 10000 anos o que é muito inferior à idade da Terra.

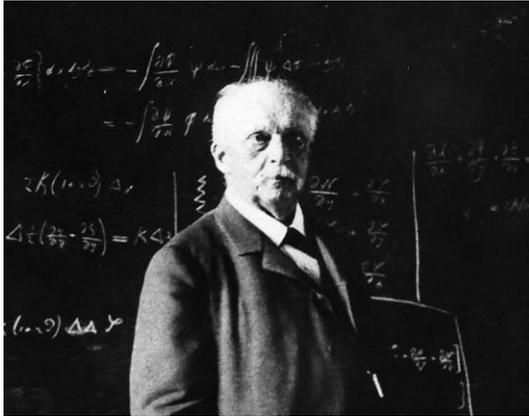
William Thomson foi graduado em 1845 na universidade de Cambridge e em 1846, aos 22, assumiu a cátedra de Filosofia Natural da Universidade de Glasgow, permanecendo nessa função por 53 anos, até a sua aposentadoria. Publicou mais de 600 artigos

científicos, foi eleito presidente da Royal Society of London no período de 1890 a 1895. Em 1866 foi nomeado cavaleiro pela rainha Victoria, tornando-se Sir William Thomson. Em 1892 foi elevado à nobreza britânica conquistando o título de Lorde Kelvin. Ele escolheu o nome Kelvin porque era um pequeno rio que fluía perto da Universidade de Glasgow. Considerado um dos maiores cientistas e inventores britânicos, o Lorde Kelvin foi enterrado na mesma Catedral de Westminster onde foi sepultado Sir Isaac Newton.



<https://www3.unicentro.br/petfisica/2016/06/21/willian-thomson-lord-kelvin-1824-1907/> acesso em 4 de junho de 2019

Hermann von Helmholtz é uma figura imponente na história da ciência moderna. No século XIX, os seus colegas o consideravam um gênio científico, e o público alemão o apelidou de Chanceler Imperial das Ciências, devido as suas múltiplas atividades como gerente de instituições científicas. Além disso, em contraste com as mentes brilhantes da sua época as realizações inovadoras de Helmholtz não se limitaram a uma disciplina.



<https://www.nature.com/articles/d41586-018-06613-9> acesso em 4 de junho de 2019

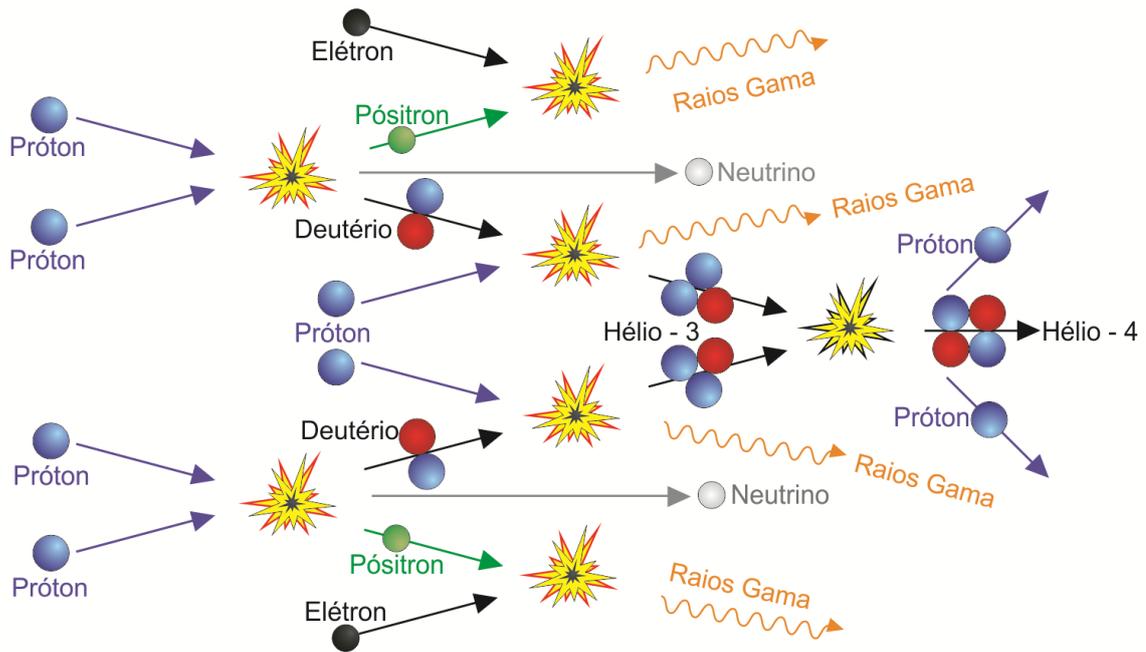
Com o desenvolvimento da física nuclear e a apresentação da Teoria da Relatividade Especial, por Albert Einstein, em 1905 nos anos seguintes acabaram por dar resposta a este problema: o mecanismo responsável pela enorme quantidade de energia radiada pelo Sol é a fusão nuclear, precisamente a fusão nuclear do hidrogênio em hélio. No interior do Sol a matéria está completamente ionizada. A gravidade consegue vencer a repulsão eletrostática entre os núcleos de hidrogênio e estes acabam fundindo-se formando núcleos de hélio. Por cada núcleo formado liberam-se em torno de 10^{-12} J, ou seja, 10^7 vezes mais energia do que no processo da combustão descrito anteriormente. Fica assim resolvido o problema da fonte de energia do Sol bem como o problema da sua idade. Em estrelas como o Sol a fusão nuclear ocorre mediante o chamado ciclo pp (próton-próton).

O processo de fusão do hidrogênio em hélio pode se dividir em três etapas:

- 1) Ocorre a colisão de dois prótons (núcleos de hidrogênio) sendo um deles transformado num nêutron dando origem a um núcleo de deutério (isótopo do hidrogênio). No processo liberta-se um neutrino (ν) e um pósitron. O neutrino interage muito pouco com a matéria pelo que o mais provável é que abandone rapidamente o Sol. O pósitron é a antipartícula do elétron. Como existem elétrons em abundância no plasma que compõe o interior do Sol este pósitron encontra um desses elétrons e aniquilam-se mutuamente mediante a emissão de dois fótons de raios gama (γ).
- 2) O núcleo de deutério formado acaba por colidir com um próton formando um núcleo de hélio e emitindo também um fóton de raios gama. Os fótons

emitidos neste e no passo anterior irão constituir a radiação solar (após um longo e complicado percurso até a superfície).

- 3) Finalmente da colisão de dois núcleos de hélio forma-se um núcleo de hélio. O processo fica completo com a dispensa de dois prótons.



<http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node10.htm> acesso em 4 de junho de 2019

Assim podemos destacar nesse processo que um em cada 10^{26} colisões acontece a fusão próton-próton 10^{12} kg/s. O tempo para que o hélio ($3\text{He} + 3\text{He}$) se encontrem e se fundam é de 10^5 anos. Acabando o hidrogênio, o Sol começará a se esfriar e encolher, aquecendo e expandindo as camadas externas solares num processo que se transformará numa gigante vermelha.

O ciclo de vida de uma estrela como o Sol

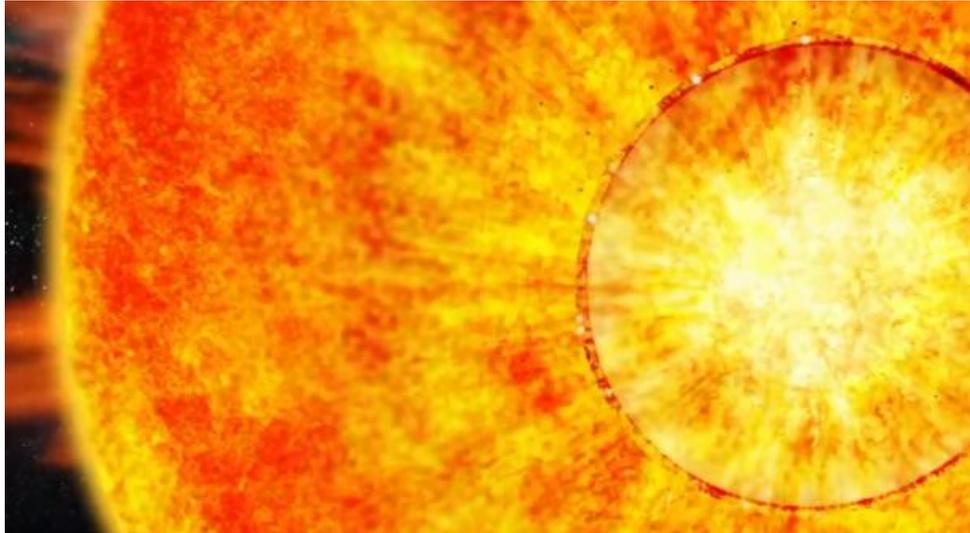
A vida estimada do Sol é em torno de 12 bilhões de anos e já alcançou a meia vida. Hoje o Sol é 30% mais brilhante do que quando nasceu e à medida que envelhece fica mais brilhante e mais potente.

Em um bilhão de ano o Sol terá 10% a mais de brilho e a temperatura do nosso planeta será 38 graus Celsius mais quente. O efeito estufa será mais intenso, os oceanos irão evaporar ainda mais porque a umidade do ar, que retém bem infravermelho fará com que a Terra se aqueça cada vez mais. Essa situação termina com um final conhecido: o planeta Vênus que está a 30% mais perto do Sol do que a Terra, mas é muito mais quente em torno de 426 graus Celsius.

Em três bilhões de anos, ou seja, aproximadamente com a idade de 8 bilhões de anos, qualquer vida que exista na Terra será condenada ao crematório solar. O Sol perderá o equilíbrio, alterando a fusão e a gravidade. O hidrogênio restante irá aflorar para fora (camadas externas), enquanto no núcleo de hélio irá brilhar muito mais que o hidrogênio nunca brilhou. Com essa expansão os planetas mais próximos serão incinerados. O Sol será maior, mas não tão pesado perderá a atração sobre os planetas, e eles se afastarão. As rajadas de ventos escaldantes provenientes do Sol atingirão os planetas mais afastados, Saturno será desmembrado do seu núcleo, e os seus anéis de gelo irão derreter e ser vaporizados. Júpiter, o antigo gigante, parecerá modesto encoberto pelo seu satélite Europa, cujas calotas de gelo se derreterão e se transformarão em oceanos.



<https://www.galeriadometeorito.com/2016/05/podemos-sobreviver-quando-o-sol-virar-gigante.html> acesso em 4 de junho de 2019

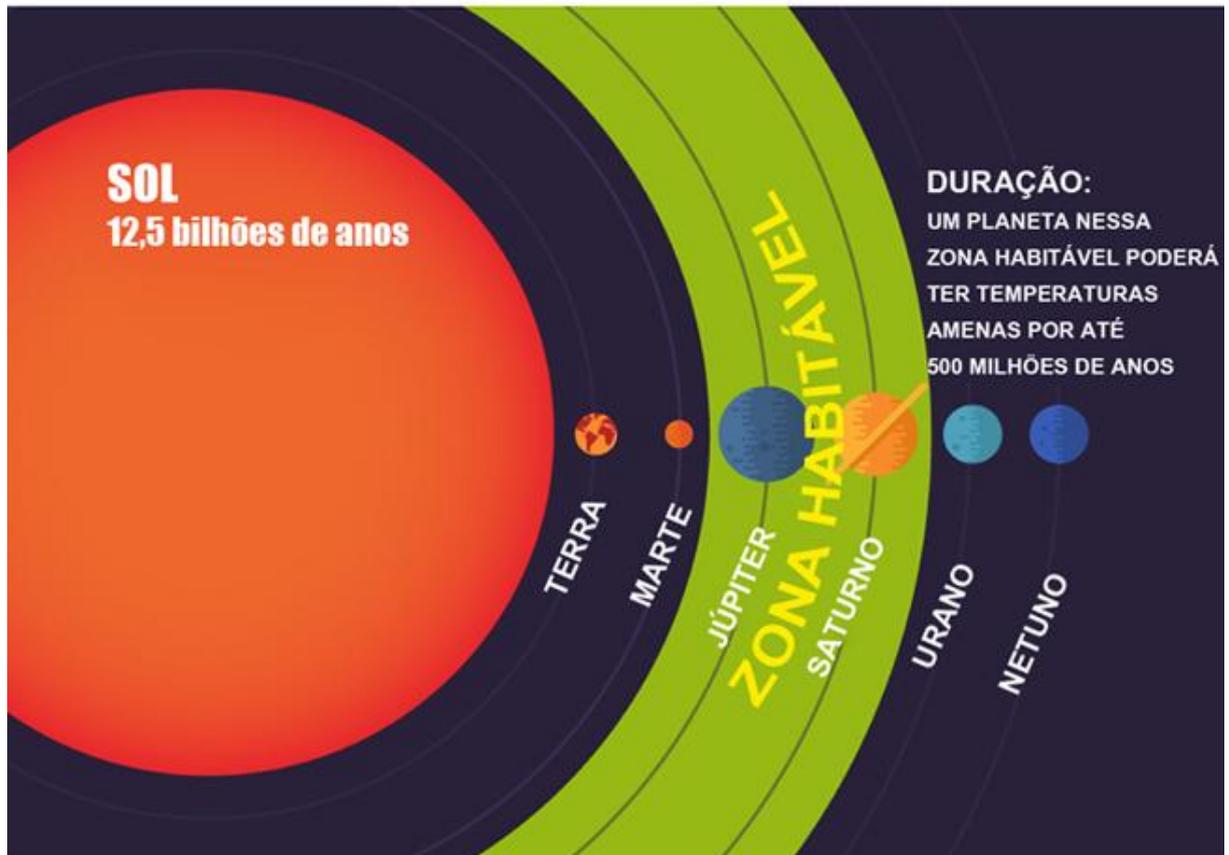


acesso em 4 de junho de 2019

Com a expansão das camadas externas do Sol a zona habitável se afastará e ficará próximo a Júpiter até Saturno. Como ilustra a figura abaixo.

acesso em 4 de junho de 2019

No aniversário de 10 bilhões de anos o Sol terá consumido todo o seu hidrogênio e não terá mais hélio e nem a fusão. Assim começará a morrer, mas não será um evento tranquilo. O seu núcleo começa a contrair, pois não estará fazendo mais a fusão de hidrogênio em hélio, e isso criará uma pressão exterior para equilibrar a força gravitacional no seu interior. A parte externa do núcleo, as camadas irão aumentar, pois ainda está no processo de fusão, e com essa expansão dessas camadas se transformará numa gigante vermelha. E assim o Sol nesse processo ficará de 20 a 30 vezes maior e ficará 100 vezes mais brilhante toda a superfície da Terra será calcinada, e todas as rochas que compõe os continentes se desintegrarão. A temperatura no centro do Sol é equivalente a $1,6 \times 10^{10} \text{ }^{\circ}\text{C}$.



[https://www.galeriadometeorito.com/2016/05/podemos-sobreviver-quando-o-sol-
virar-gigante.html](https://www.galeriadometeorito.com/2016/05/podemos-sobreviver-quando-o-sol-
virar-gigante.html) acesso em 4 de junho de 2019



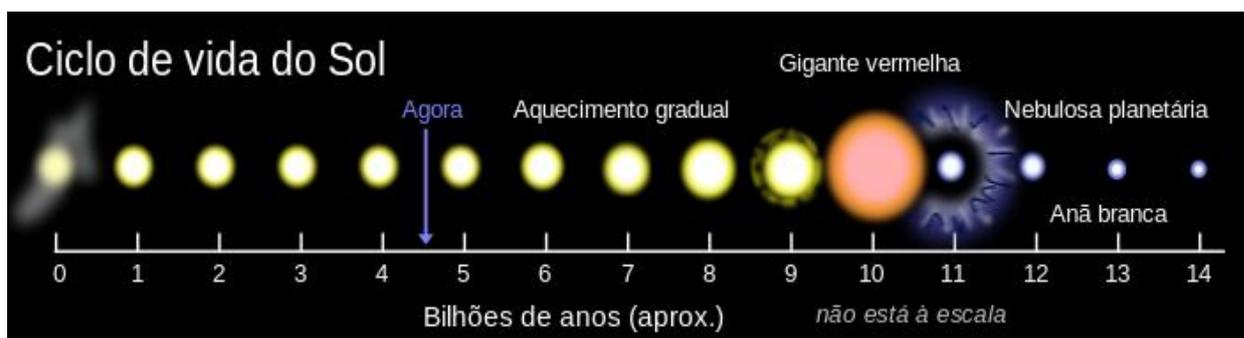
<https://www.galeriadometeorito.com/2016/05/podemos-sobreviver-quando-o-sol-virar-gigante.html> acesso em 4 de junho de 2019

Na camada vai transformando hidrogênio em hélio e no núcleo transformará também por fusão, o hélio em carbono e oxigênio, isso dará uma sobrevida para o Sol que está à beira da morte, isso por algumas dezenas de milhões de anos. O processo de gigante vermelha se dará em duas fases: primeiro nas camadas vai fundindo o hidrogênio em hélio. E a última fase acabará o hélio do núcleo e restará oxigênio e carbono.

O Sol quando morrer não vai explodir, se transformando numa Supernova, até porque não tem massa suficiente. Para acontecer uma Supernova a estrela precisa ter de 8 a 10 vezes a massa do Sol para explodir sozinha. E como é uma estrela solitária, não tem uma vizinha para poder roubar material, e aumentar a sua massa e assim explodir. E estará com a metade da massa original e do tamanho da Terra, mas muito denso. E nesse estado vai resfriar muito, congelando os últimos planetas do Sistema Solar.

No ciclo de vida de uma estrela, como o Sol, a nossa estrela do sistema solar está na metade da sequência principal (com duração aproximada de 10 bilhões de anos). Ainda passará por outros estágios gigante vermelha (em torno de 10 bilhões de idade, ou seja, daqui a uns 5 bilhões de anos). Após isso, passará por uma nebulosa planetária e depois, finalmente, se tornará uma estrela anã branca.

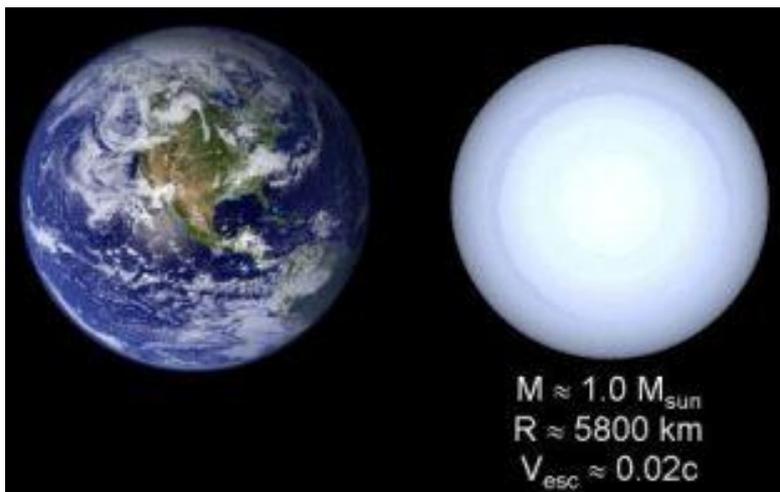
A figura abaixo ilustra um ciclo de vida do Sol



<http://o-universo-cosmico.blogspot.com/2011/11/ciclo-de-do-sol.html> acesso em 4 de junho de 2019

Por volta de 1850 se iniciou os estudos sobre as estrelas anãs brancas com a descoberta da estrela secundária de Sirius, chamada Sirius B. Foi observado ser uma estrela 10000 vezes menos luminosa do que Sirius A, mas com uma massa de 0.98 massa solar. Sua temperatura, sendo da ordem de 10,000K, seu raio deveria ser extremamente pequeno. As estrelas com essa temperatura externa são brancas, e por isso, que a estrela com essas características passou a ser chamado de anã branca. O Sol se transformará numa estrela anã branca e se resfriará em poucos bilhões de anos tornando-se uma bola com um raio da ordem do da Terra.

O tamanho da Terra em comparação com o tamanho de uma estrela anã branca



<http://www.astronoo.com/pt/artigos/tamanhos-comparados-planetas-estrelas.html>

acesso em 23 de setembro de 2019

O ciclo de vida de uma estrela

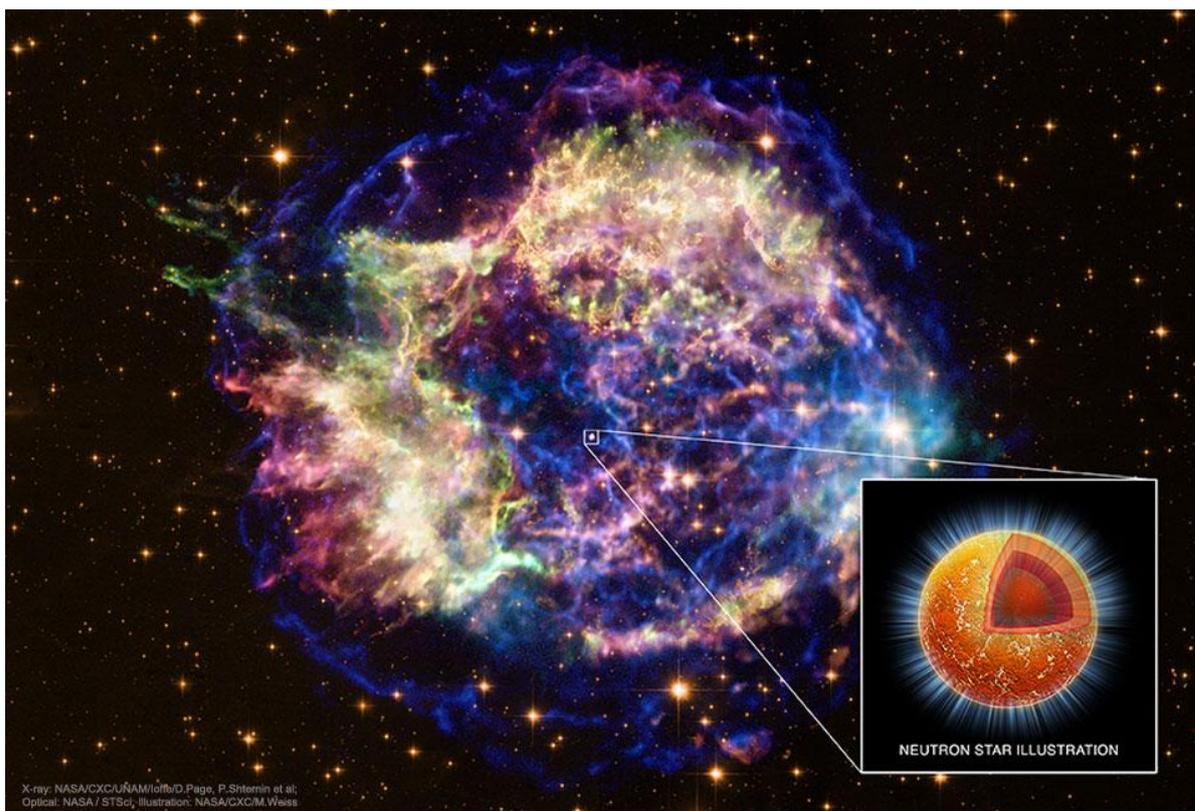
Se uma estrela tiver uma massa maior que dez vezes a massa do Sol, ela terá uma morte catastrófica. A síntese de elementos mais pesados a partir de mais leves é um processo que libera energia para todos os elementos mais leves que o ferro, mas a fusão do ferro é uma reação que consome energia, em vez de liberar, então o ferro não funde.

Sem produção de energia, a pressão cai bruscamente e as camadas externas começam a despençar em direção ao centro da estrela, ali encontram-se com o núcleo sólido de ferro e quicam, sendo ejetadas para o espaço a altas velocidades: Esse processo resulta no fenômeno o que chamamos de Supernova.



Nasa: <https://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/nasa-knows/what-is-a-supernova.html> acesso em 23 de setembro de 2019

Com a energia dessa explosão são produzidos todos os elementos mais pesados que o ferro. Os gases liberados no espaço vão ser incorporados ao meio interestelar e a outras nebulosas, que poderão dar origem a novas estrelas. O destino do núcleo que sobra após a explosão da supernova é novamente ditado pela massa. Se esta for menor que 2 ou 3 vezes a massa do Sol, virará uma estrela de nêutrons, com uma temperatura superficial acima de 1 milhão de graus K, massa de cerca de 1,46 Massas solares, raio de cerca de 20 km e densidade de 10^{14} g/cm³.



NASA <https://apod.nasa.gov/apod/ap170501.html> acesso em 23 de setembro de 2019

A maioria dos pulsares conhecidos são visíveis apenas na região de rádio do espectro eletromagnético e são chamados de pulsares de rádio, mas há um pequeno número de pulsares que emitem em outros comprimentos de ondas, como por exemplo, ondas de raios X e gama. Tem ainda, os pulsares ópticos que formam um subconjunto muito pequeno de pulsares conhecidos. O pulsar óptico mais famoso é o pulsar de caranguejo, o remanescente de uma explosão de supernova. O primeiro pulsar de rádio foi descoberto em 1967 pela astrofísica britânica Susan Jocelyn Bell Burnell (1943 -), quando era uma estudante de graduação e era orientada pelo astrofísico britânico Antony Hewish (1924 -) no MRAO (Mullard Radio Astronomy Observatory) em Cambridge. Hewish recebeu o Prêmio Nobel de Física de 1974, atuando na descoberta dos pulsares. Esse prêmio foi dividido com o astrônomo britânico Martin Ryle (1918 – 1984). O prêmio de 1974 foi o primeiro Nobel concedido em reconhecimento às pesquisas astronômicas. Vários cientistas proeminentes protestaram o prêmio contra a omissão de Bell Burnell, referente a

Jocelyn Bell Burnell. Embora ela afirmasse que o prêmio foi apresentado adequadamente, dado o status de estudante na época da descoberta.



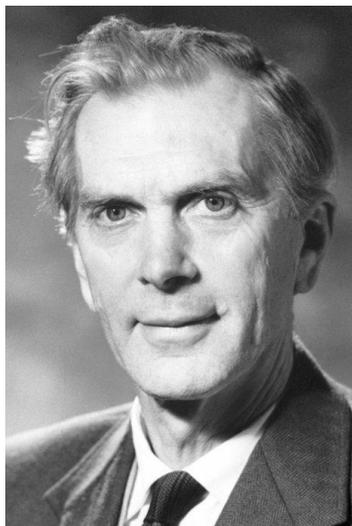
<https://www.astro.phy.cam.ac.uk/directory/prof-antony-hewish> acesso em 4 de junho de 2019

Jocelyn Bell Burnell em 1967, dois depois de receber o diploma de bacharel em Física pela Universidade de Glasgow (Escócia). Continua com os seus estudos e em 1969 obteve o doutorado pela Universidade de Cambridge (Inglaterra) em radioastronomia.



<https://www.britannica.com/biography/Jocelyn-Bell-Burnell> acesso em 4 de junho de 2019

Martin Ryle desenvolveu revolucionários sistemas de radiotelescópio e os utilizou para a localização precisa de fontes de rádio fracas. Com equipamentos aprimorados, ele observou as galáxias conhecidas mais distantes do universo. O seu trabalho inicial se concentrou em estudos de ondas de rádio do Sol, manchas solares e algumas estrelas próximas.



<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1974/ryle/facts/> acesso em 4 de junho de 2019

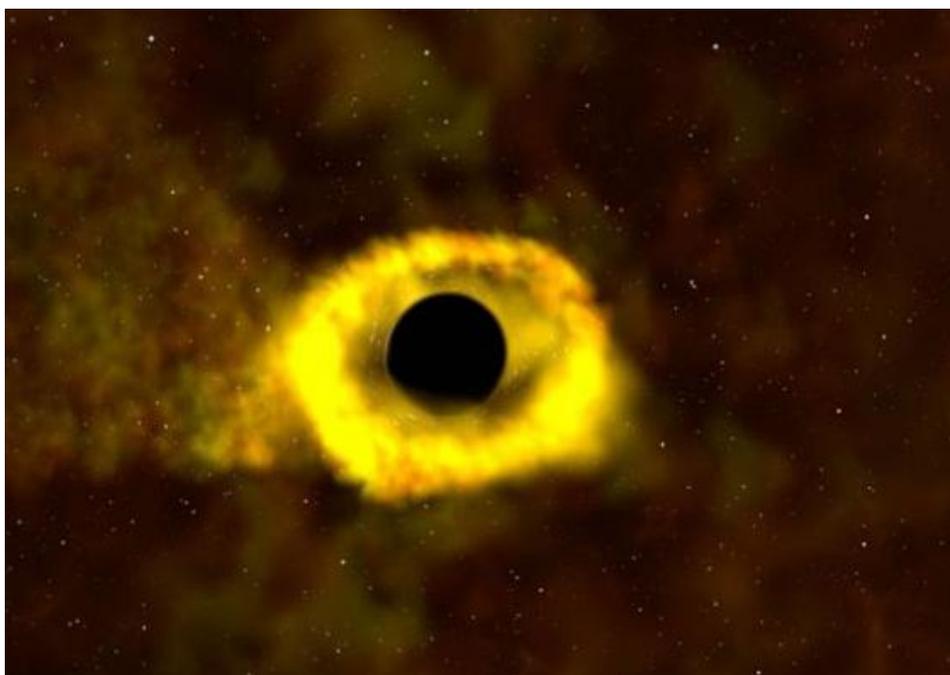
Se esta estrela possuir campo magnético forte, ela emitirá luz direcionada em um cone em volta dos polos magnéticos, como um farol, e será um pulsar. Como ilustra a figura seguinte.

Pulsar



<https://lanottestellata.it/en/a-new-pulsar-was-born/> acesso em 4 de junho de 2019

Se a massa que sobra após a explosão de supernova for maior do que 3 massas solares, o que pode acontecer se a estrela inicialmente tinha uma massa muito grande (maior do que 25 massas solares), então ela dará origem a um buraco negro.



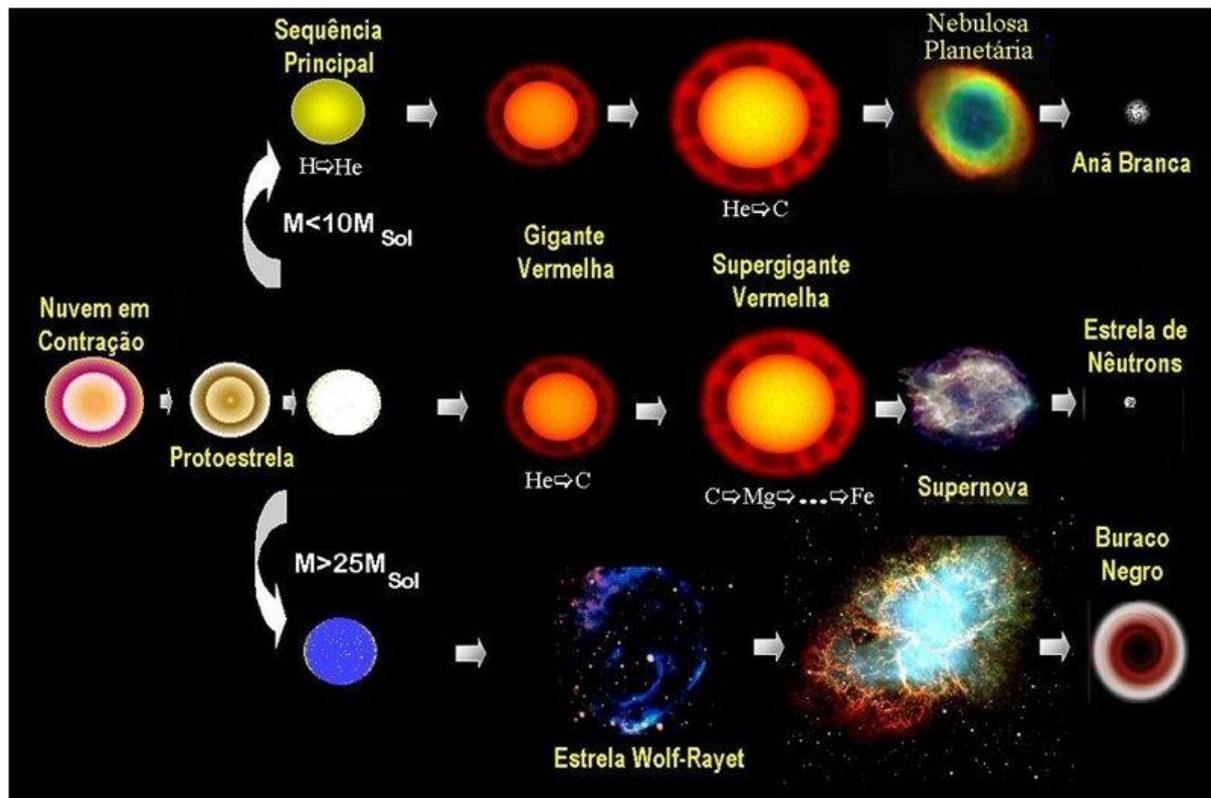
Buraco Negro <https://canaltech.com.br/espaco/nasa-flagra-momento-em-que-buraco-negro-dilacera-uma-estrela-antes-de-devora-la-151027/> acesso em 23 de setembro de 2019

Resumindo, o objeto formado depende da massa inicial e da massa final. Desse modo objetos com massa inicial até 10 massas do Sol não se transformará numa supernova porque não tem massa suficiente e se transformará numa estrela anã branca cuja massa final é inferior a 1,4 massas do Sol.

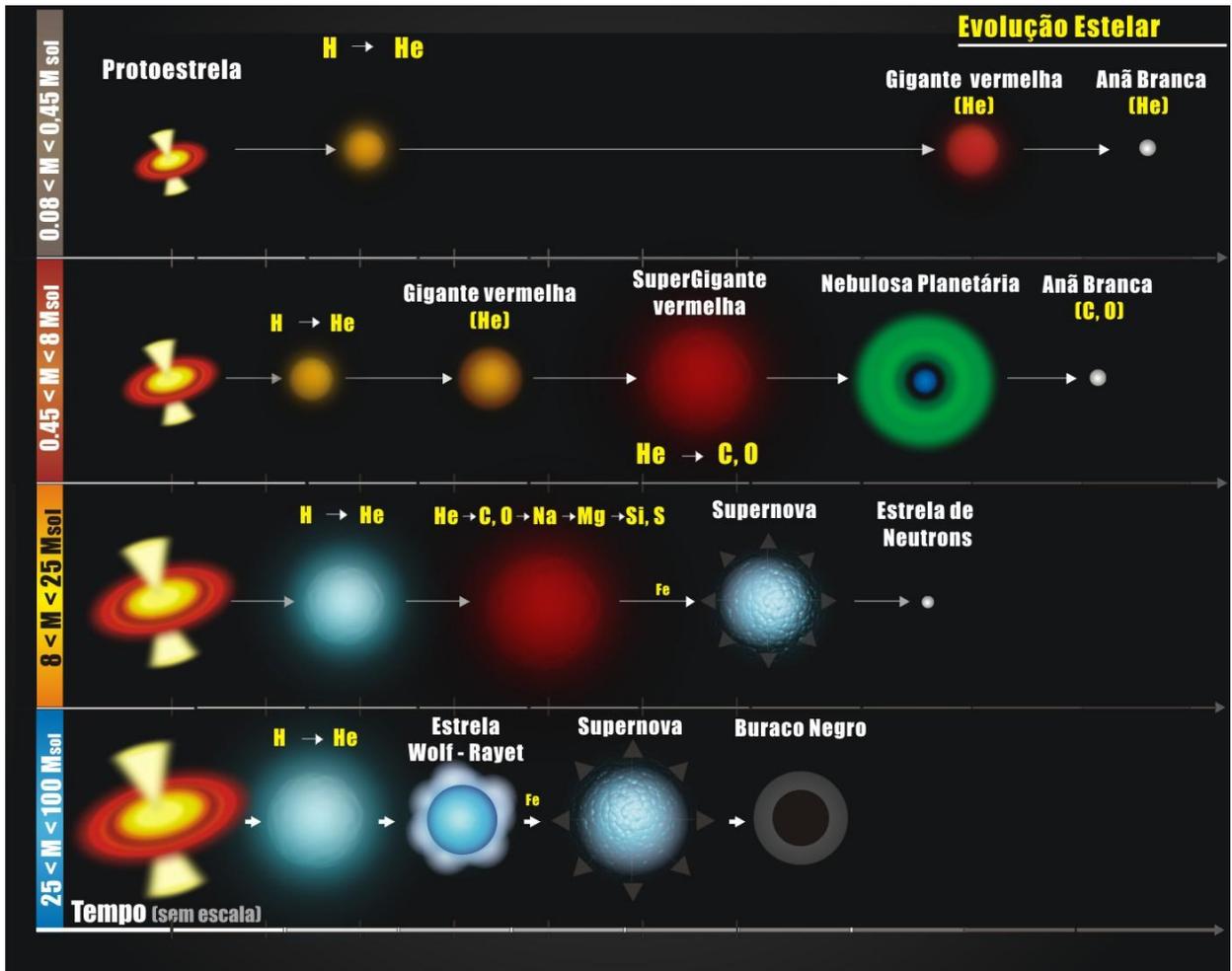
Já os objetos que têm massas de 10 a 25 vezes a massa do Sol se transformarão numa estrela de nêutrons apresentando uma massa final de 1,4 massa do Sol.

Os objetos com massa acima de 25 vezes a massa do Sol se transformarão em um buraco negro cuja massa final está compreendida entre 5 a 13 vezes a massa do Sol.

Estrelas como o nosso Sol terão um final como uma estrela anã branca. Outras estrelas com massa superior a 10 massas solares poderão, após a supergigante vermelha, passar por uma supernova e dependendo da massa dos restos dessa explosão se transformar numa estrela de nêutrons ou num buraco negro, esse último acontece quando a massa dos restos da supernova for superior a três massas solares. A figura seguinte ilustra o ciclo de vida de uma estrela.



<http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/estrelas.htm> acesso em 23 de setembro de 2019



<http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node14.htm> acesso em 23 de setembro de 2019

Através das reações nucleares que ocorrem no interior das estrelas são gerados os elementos químicos. As fusões de hidrogênio em hélio até o ferro e elementos mais pesados gerados por acréscimos de nêutrons. Eles são ejetados nas explosões de supernovas, e durante a evolução das estrelas ocorrem perdas contínuas de massa. Assim vai produzindo a evolução química do universo, e produzindo carbono e outros elementos.

Espectroscopia

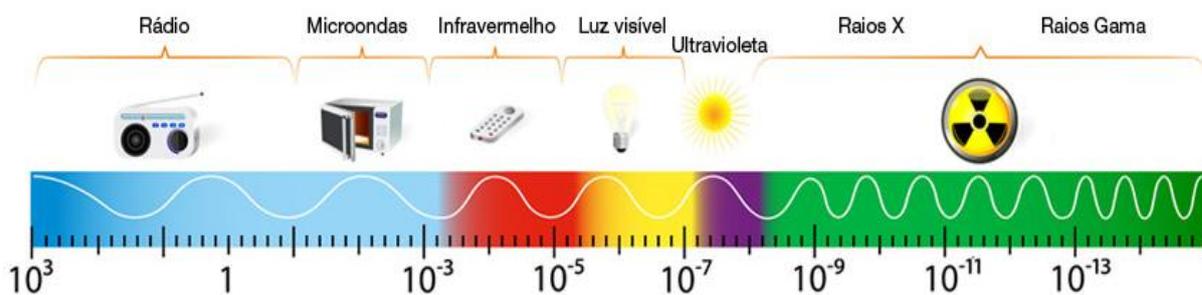
A espectroscopia é uma aplicação de conhecimentos, como por exemplo, espectro, frequência e radiação eletromagnética, que permite produzir mais informação. Essas informações obtidas através das medidas do espectro de absorção ou emissão de radiação pela matéria são importantes para o estudo das estruturas atômicas que constituem a matéria de estrelas e planetas, por exemplo. Podendo calcular, entre tantas outras informações, a massa específica e a temperatura do material.

O espectro de radiação eletromagnética é o conjunto de ondas eletromagnéticas de todas as frequências possíveis. Existe uma relação entre a velocidade (c), o comprimento de onda (λ) e a frequência (f) das ondas eletromagnéticas. Essa relação é dada por:

$$c = \lambda \cdot f$$

A luz visível é composta por vários comprimentos de onda que estão numa faixa entre 400 e 730 nanômetros (nm) aproximadamente.

O espectro eletromagnético é ilustrado na seguinte figura

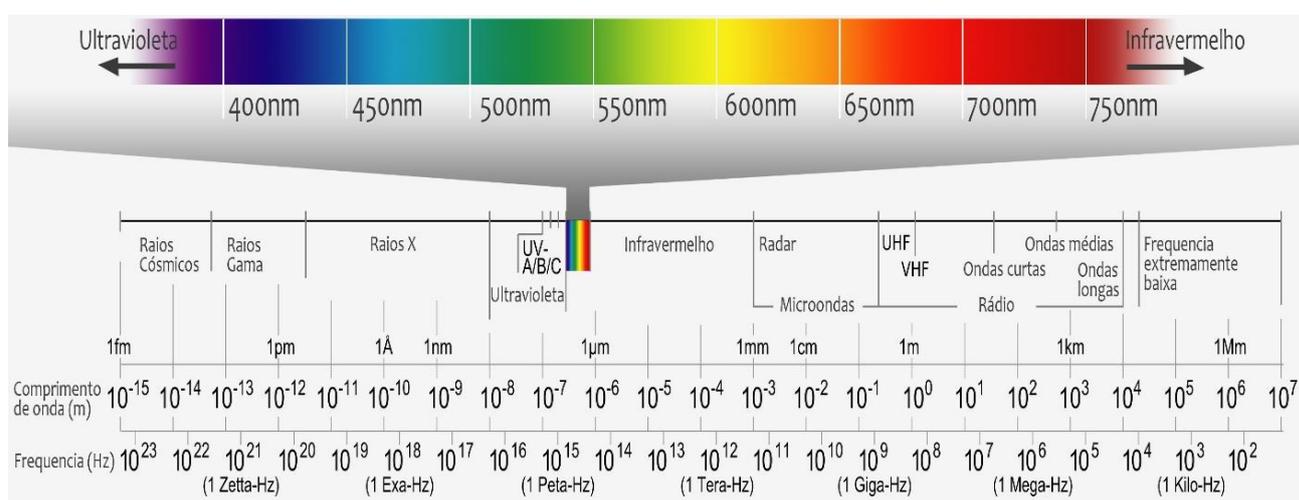


http://www.apoioescolar24horas.com.br/salaaula/estudos/fisica/035_ondas/#pag1-tab acesso em 23 de setembro de 2019

Na faixa da luz visível a cada comprimento de onda observamos as cores variadas. O espectro visível diz respeito às ondas eletromagnéticas cujas

frequências são localizadas entre o infravermelho e o ultravioleta. Essas ondas, que têm frequências que se estendem de $4,3 \cdot 10^{14}$ Hz até $7,5 \cdot 10^{14}$ Hz, são aquelas que podem ser percebidas pelo olho humano e interpretadas pelo cérebro. Por exemplo, a luz de 720 nm é vermelha, enquanto a luz de 510 nm é verde. Nos meios materiais, as ondas eletromagnéticas passam a se diferenciar também por sua velocidade de propagação e, conseqüentemente, pelos desvios sofridos por refração (ao passar de um meio para outro) ou refletido internamente e refratado por gotas de chuva, gerando um arco-íris.

Já o espectro visível ao olho humano é detalhado na seguinte figura:



http://www.apoioescolar24horas.com.br/salaaula/estudos/fisica/035_ondas/#pag4-tab acesso em 23 de setembro de 2019

Na tabela abaixo, observamos as faixas de frequências e comprimentos de onda correspondentes as cores do espectro eletromagnético visível:

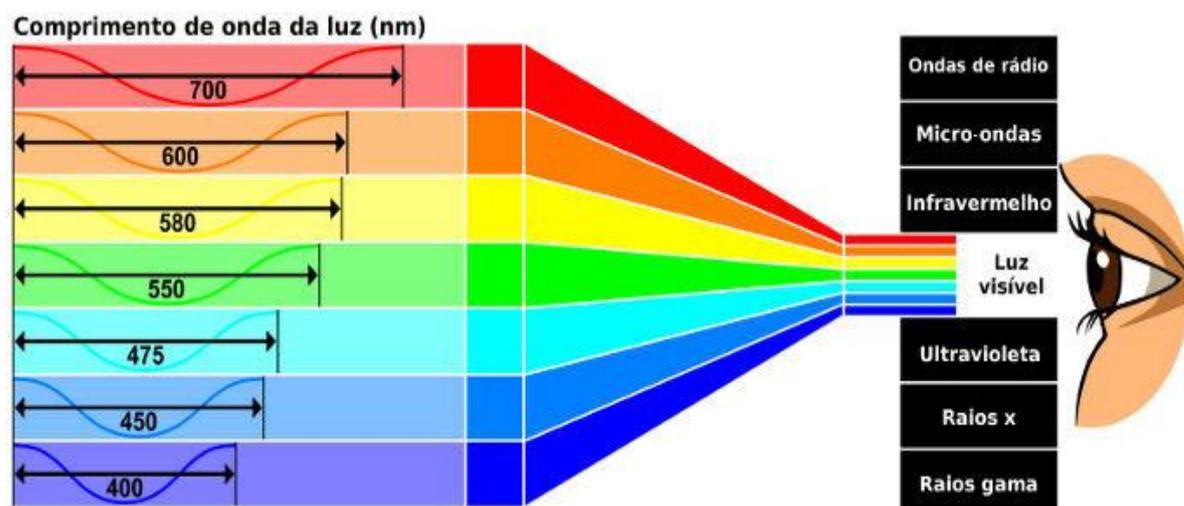
Cor	Frequência (THz – 10^{12} Hz)	Comprimento de onda (nm – 10^{-9} m)
Vermelho	480 - 405	625 - 740
Laranja	510 - 480	590 - 625
Amarelo	530 - 510	565 - 590
Verde	600 - 530	500 - 565

Azul	680 - 620	440 - 485
Violeta	790 - 680	380 - 440

Observando a tabela anterior com cuidado, é possível perceber que vermelha apresenta a menor frequência do espectro visível e, conseqüentemente, o maior comprimento de onda, uma vez que essas duas grandezas são inversamente proporcionais.

Ou seja, temos:

$$\lambda \propto \frac{1}{f}$$

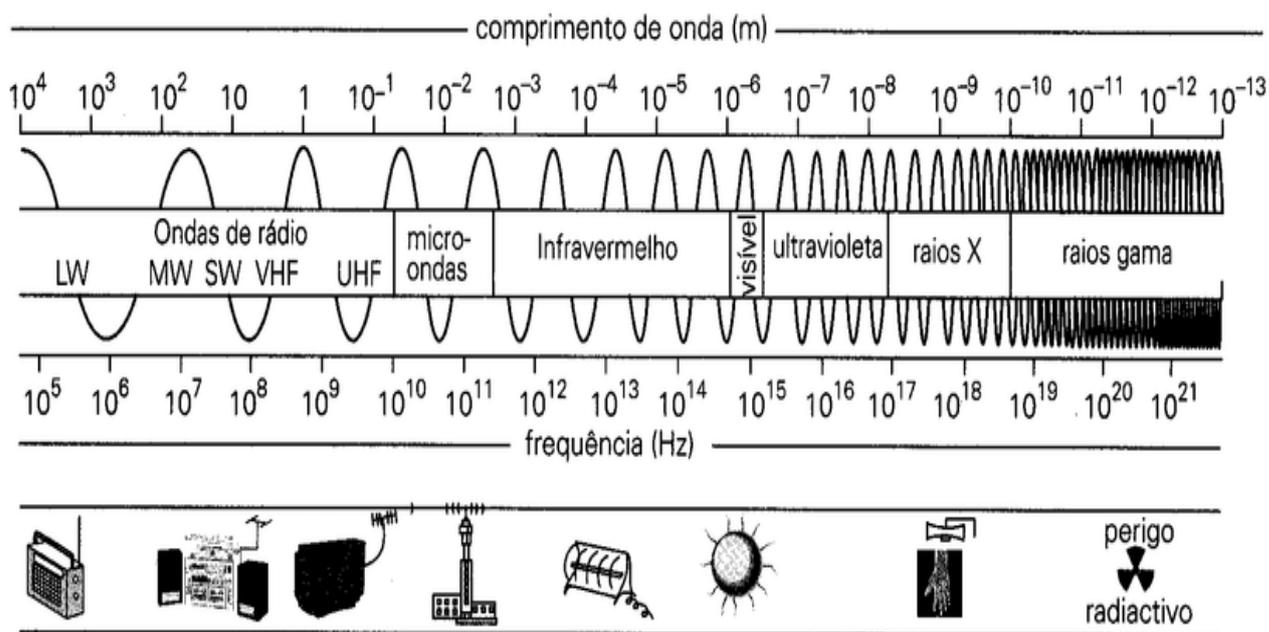


<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm> acesso em 23 de setembro de 2019

Na figura mostra outros tipos de ondas eletromagnéticas que não podem ser observadas diretamente pelo olho humano, mas podem ser detectadas por meio de outros dispositivos apropriados. A radiação no infravermelho é um exemplo de radiação invisível ao olho humano de comprimento de onda que está compreendida entre 730 nm e 10⁶ nm. Podemos destacar objetos associados a cada tipo de onda eletromagnética. Por exemplo, um rádio para ondas de rádio, o Sol para a luz visível

e para a radiação ultravioleta, um aquecedor para a radiação no infravermelho, uma radiografia para os raios X etc.

O espectro (emitido ou absorvido) de cada elemento possui um padrão único. O estudo do espectro de uma substância serve para identificar e quantificar os diferentes elementos químicos presentes nela, esse padrão é como se fosse uma impressão digital do elemento.



https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Espectro-eletromagnetico-Fonte-Ref-10_fig1_262651351 acesso em 23 de setembro de 2019

Classificação das Estrelas

As estrelas são divididas em classes, com base, principalmente, nas linhas espectrais que emitem e absorvem. O fato de que existem diferenças nos espectros das estrelas. Há quase 200 anos, óptico alemão Joseph Von Fraunhofer (1787 – 1826), mediu muitas linhas de absorção do espectro solar. Ele era fabricante de instrumentos de vidro, como por exemplo, lentes, prismas, microscópios e telescópios, e observou que o espectro do Sol apresentava várias linhas escuras. Essas linhas passaram a ser chamadas de linhas de Fraunhofer.

Em 1814 ele inventou o espectroscópio, e descobriu 574 linhas escuras no espectro solar. Mais tarde foi descoberto que elas eram linhas de absorção atômica, como

explicado por Gustav Kirchhoff e Robert Bunsen em 1859. Fraunhofer identificou as linhas mais fortes com letras maiúsculas de A a K (na ordem de maior para menor comprimento de onda), e as mais fracas com letras minúsculas. Algumas foram identificadas como combinações de letras e números. Ele também observou linhas nos espectros das estrelas Sírius, Castor, Pollux, Capella, Betelgeuse e Procyon.

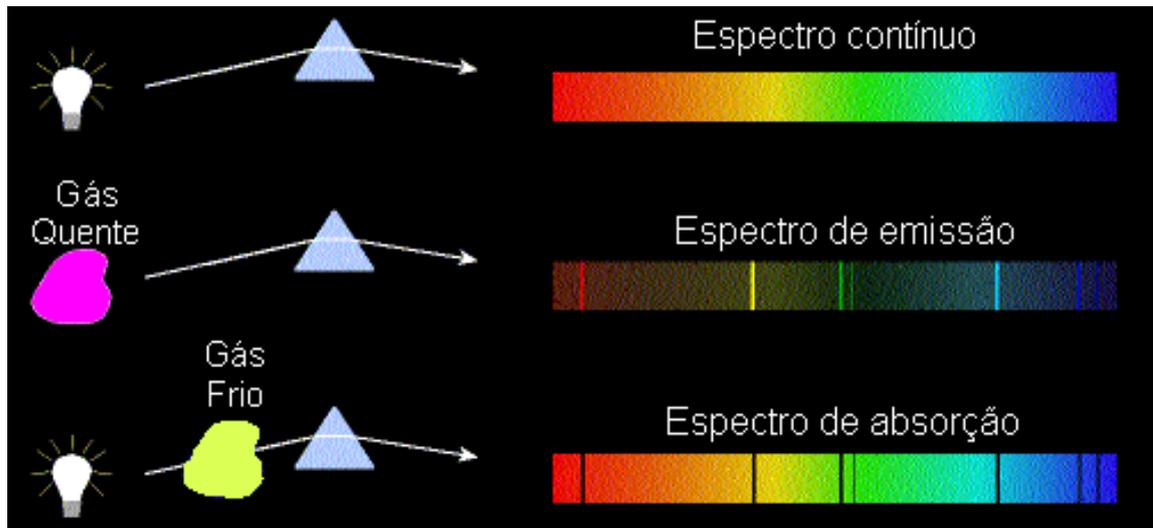
As estrelas são agrupadas em faixas de temperatura (ou tipos espectrais) que vão desde as estrelas quentes e azuis, conhecidas como estrelas O, até estrelas vermelhas e frias, as chamadas estrelas M. As sete categorias são as seguintes: O B A F G K M. Gerações de estudantes memorizaram a classificação usando a frase “Oh Be A Fine Girl/Guy, Kiss Me”.

As leis de Kirchhoff

O Sol emite luzes de todas as cores, do vermelho ao violeta, mas, ao atravessar a atmosfera terrestre, os gases presentes absorvem a luz do Sol exatamente nas cores que emitem. Esses tipos de espectros são chamados espectros de absorção. Baseado nessas observações, o físico Gustav Robert Kirchhoff criou três leis para espectroscopia, que são:

- 1) Um corpo opaco quente, independentemente dos três estados físicos, emite um espectro contínuo.
- 2) Um gás transparente, como os dos gases nobres, produz um espectro de emissão, com o aparecimento de linhas brilhantes. O número e a posição dessas linhas serão determinados pelos elementos químicos presentes no gás.
- 3) Se um espectro contínuo passar por um gás à temperatura mais baixa, o gás frio causa a presença de linhas escuras, ou seja, será formado um espectro de absorção.

As leis de Kirchhoff para a espectroscopia



<http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm> acesso em 10 de outubro de 2019

É o que ocorreu com o espectro da luz do Sol ao passar pelo gás do sódio. Nesse caso, o número e a posição das linhas no espectro de absorção também dependem dos elementos químicos presentes no gás. Como ilustra a figura abaixo:



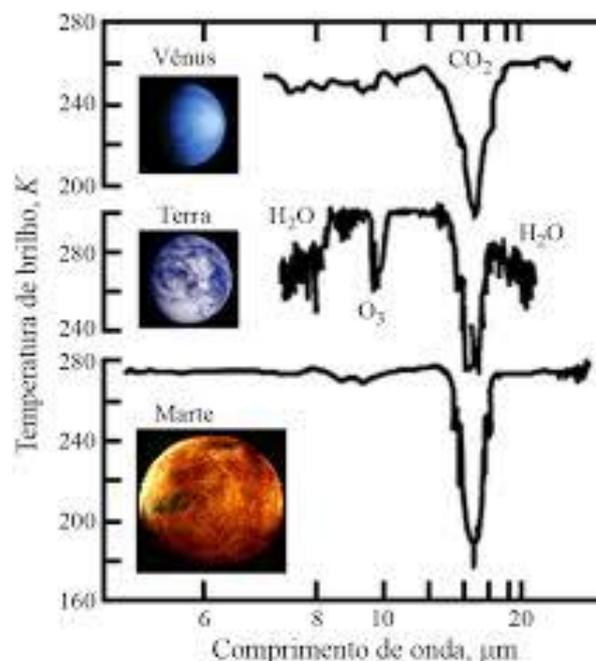
<https://www.apolo11.com/espectro.php> acesso em 10 de outubro de 2019

O espectro de absorção é obtido quando o espectro contínuo de luz atravessa uma substância. Neste caso duas coisas podem acontecer em maior ou menor proporção: a luz pode atravessar a substância ou a luz pode ser absorvida pela substância. Assim os átomos e moléculas tendem a absorver as radiações

eletromagnéticas nas mesmas frequências em que as emitem, de modo que o espectro de absorção é equivalente ao espectro de emissão.

A espectroscopia no infravermelho produz espectros de absorção (e/ou transmissão) fazendo um feixe de luz na região do infravermelho incidir sobre a substância e determinando as frequências absorvidas por ela. Destacando que se mede diretamente o quanto de cada comprimento de onda (ou frequência) da radiação eletromagnética incidente é absorvido (ou transmitido). Além de líquidos, a espectroscopia no infravermelho pode ser utilizada para pesquisar gases como, por exemplo, a atmosfera de planetas.

Os espectros de transmitância no infravermelho das atmosferas dos planetas Vênus, Terra e Marte ilustrados nos picos no gráfico abaixo indicam a presença de substâncias, como gás carbônico, ozônio e água na atmosfera da Terra. Nas atmosferas de Vênus e Marte, os espectros indicam a presença de gás carbônico.



http://www.oal.ul.pt/oobservatorio/vol6/n7/vol6n09_2.html acesso em 10 de outubro de 2019

Edward Charles Pickering (1846-1919), diretor do observatório do colégio de Harvard, reconheceu que eram necessários muitos espectros para desenvolver uma

classificação e começou a coletar espectros em fotografias. A classificação dos espectros foi feita por Annie Jump Cannon (1863-1941), classificando 225 000 estrelas. Ela notou que as estrelas iam de azuis-esbranquiçadas a avermelhadas e classificou seus espectros de acordo com as linhas de hidrogênio, sendo A a mais forte, B a seguinte, C e assim por diante.

Atualmente as estrelas são classificadas em função decrescente da temperatura, como O B A F G K M.

Edward Charles Pickering foi físico e astrônomo estadunidense que introduziu o uso do fotômetro meridiano para medir a magnitude das estrelas e estabeleceu a Harvard Photometry (1884), o primeiro grande catálogo fotométrico.



<https://www.britannica.com/biography/Edward-Charles-Pickering> acesso em 10 de outubro de 2019

Annie Jump Cannon em 1896, Cannon foi nomeado assistente no Observatório de Harvard, tornando-se parte de um grupo conhecido como “Mulheres de Pickering”. Lá dedicou suas energias ao ambicioso projeto de Pickering, iniciado em 1885, de registrar, classificar e catalogar os espectros de todas as estrelas até aquelas da nona magnitude. Ela era conhecida por sua diligência e habilidade, além de entusiasmo e paciência. Ela classificou mais de 225.000 estrelas e seu trabalho foi publicado no Catálogo Henry Draper ao longo de nove volumes, entre 1881 e 1924.



<https://www.thecrimson.com/article/2017/5/5/annie-jump-cannon/> acesso em 10 de outubro de 2019

Cannon estava entre um pequeno contingente de mulheres empregadas como "computadores", analisando inúmeras placas fotográficas que foram coletadas de vários postos avançados astronômicos.



<https://www.thecrimson.com/article/2017/5/5/annie-jump-cannon/> acesso em 10 de outubro de 2019

Na tabela abaixo lista as estrelas em função decrescente da temperatura

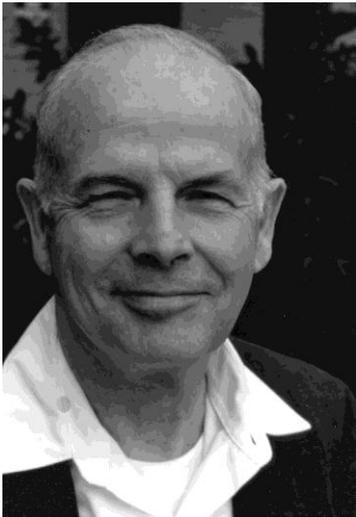
Classe	Cor da estrela	Temperatura efetiva (Kelvin)	Exemplo
O	Azul	20000 a 35000	Mintaka

B	Branca-azulada	15000	Rigel
A	Branca	9000	Sirius
F	Branca-amarelada	7000	Procyon
G	Amarela	5500	Sol
K	Alaranjada	4000	Aldebaran
M	Vermelha	3000	betelgeuse

Nos anos 1990 foram descobertas estrelas mais frias que as M9, e adicionou-se as classes L, com temperaturas entre 2200K e 1400K e T, com temperaturas abaixo de 1400K (quando se forma o metano).

Cada linha escura no espectro de uma estrela está associada à presença de um elemento químico na atmosfera da estrela. Isso pode nos levar a pensar que as estrelas com linhas espectrais diferentes têm composição química diferente. No entanto, atualmente se sabe que a composição química das estrelas em geral é praticamente a mesma, aproximadamente, 90% hidrogênio e 9% hélio; outros elementos juntos contribuem entre 1% e 2% da composição e são chamados de metais. Portanto, o hidrogênio é de longe o elemento químico mais abundante nas estrelas. Na verdade, mais do que a composição química, é a temperatura que determina o espectro das estrelas.

Como a classificação espectral de Harvard só leva em conta a temperatura, em 1943 os astrônomos estadunidenses, William Wilson Morgan (1906 - 1994), Philip Childs Keenan (1908 - 2000) e Edith Marie Kellman (1911 - 2007) introduziram as seis diferentes classes de luminosidade, baseados nas larguras das linhas espectrais. desenvolver o sistema de Yerkes, um influente sistema de classificação estelar conhecido também pelo sistema MKK.



William Wilson Morgan

<https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/pt.5.031389/full/> acesso em 10 de outubro de 2019



Philip Childs Keenan

<https://astro.uchicago.edu/alumni/philip-c-keen-an-1932.php> acesso em 10 de outubro de 2019



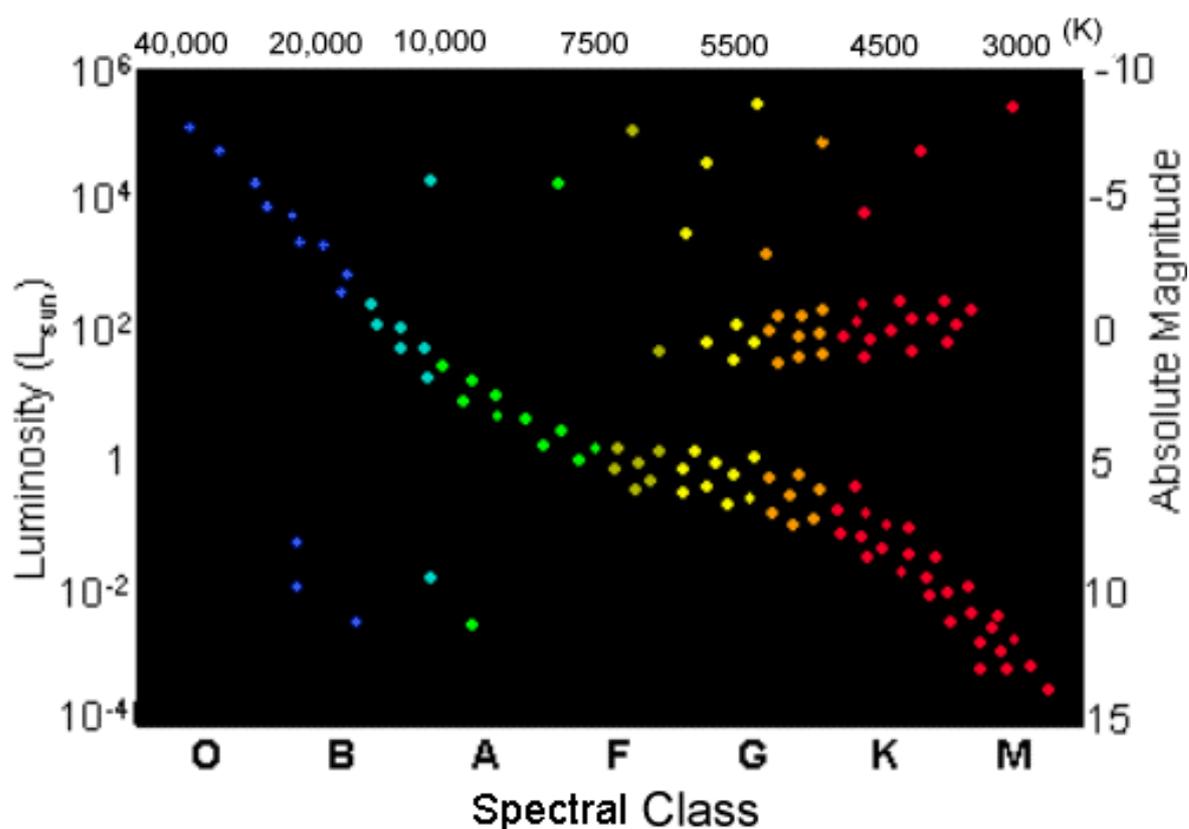
Edith Marie Kellman

<http://photoarchive.lib.uchicago.edu/db.xqy?one=apf6-00485.xml> acesso em 10 de outubro de 2019

Essa tabela lista as seis diferentes classes de luminosidade, baseados nas larguras das linhas espectrais das estrelas.

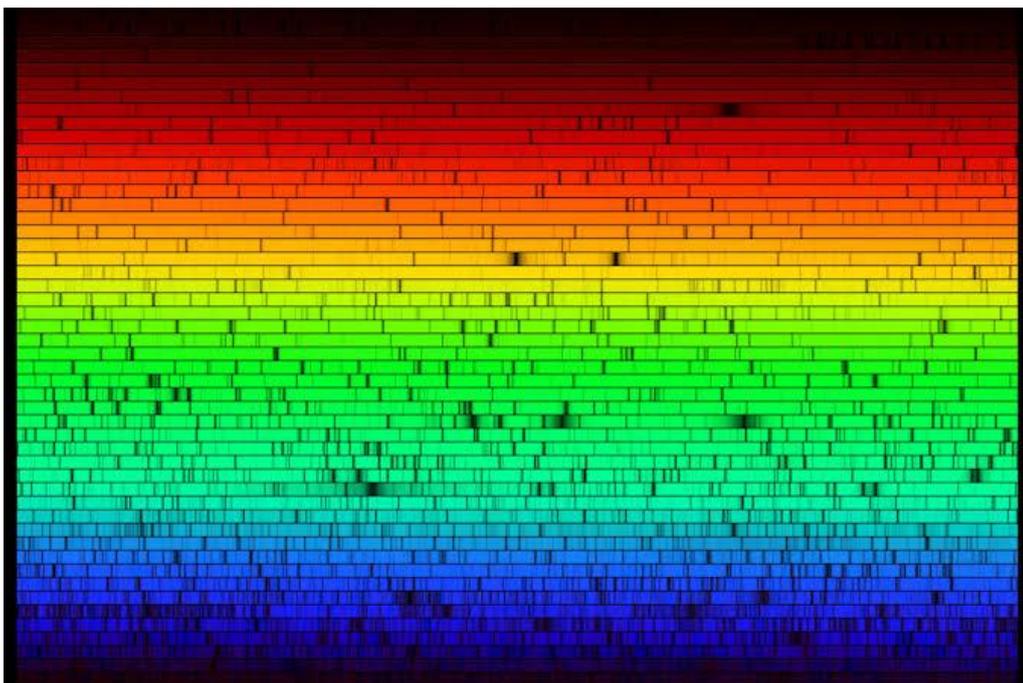
Classe	Tipo	Exemplo	Luminosidade
Ia	Supergigantes superluminosas	Rigel (B8Ia)	L=40550 LSol
Ib	Supergigantes.	Betelgeuse (M2Iab)	L=12246 LSol
II	Gigantes luminosas	Antares (MII)	L=4875 LSol
III	Gigantes	Aldebarã (K5III)	L=100 LSol.
IV	Subgigantes	Acrux (Crucis - B1IV)	L=3076 LSol
V	Anãs	Sol (G2V)	L=1 LSol

Essa figura mostra o diagrama esquemático Hertzsprung-Russel, relacionando a luminosidade, a magnitude absoluta, a temperatura e as classes espectrais.



<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://cas.sdss.org/dr7/pt/a/stro/stars/stars.asp> acesso em 10 de outubro de 2019

Este é o espectro de nossa estrela, o Sol. Através destas faixas de cores e principalmente de suas linhas de absorção (estas linhas escuras dispostas paralelamente, como um código de barras), os astrônomos conseguem retirar inúmeras informações importantes do astro como temperatura, idade, composição química, atividade, entre outras.



<https://eternosaprendizes.com/2015/06/28/o-espectro-mapeia-todas-as-cores-visiveis-do-sol/> acesso em 10 de outubro de 2019

A família das estrelas

As estrelas são organizadas em grupos de acordo com o seu brilho e temperatura. O Diagrama de Hertzsprung-Russell, conhecido como diagrama HR, foi publicado independentemente pelo químico e astrônomo dinamarquês Ejnar Hertzsprung (1873-1967), em 1911, e pelo astrônomo estadunidense Henry Norris Russell (1877-1957), em 1913, como uma relação existente entre a luminosidade de uma estrela e sua temperatura efetiva.

Ejnar Hertzsprung



<https://www.britannica.com/biography/Ejnar-Hertzsprung> acesso em 10 de outubro de 2019

Henry Norris Russell

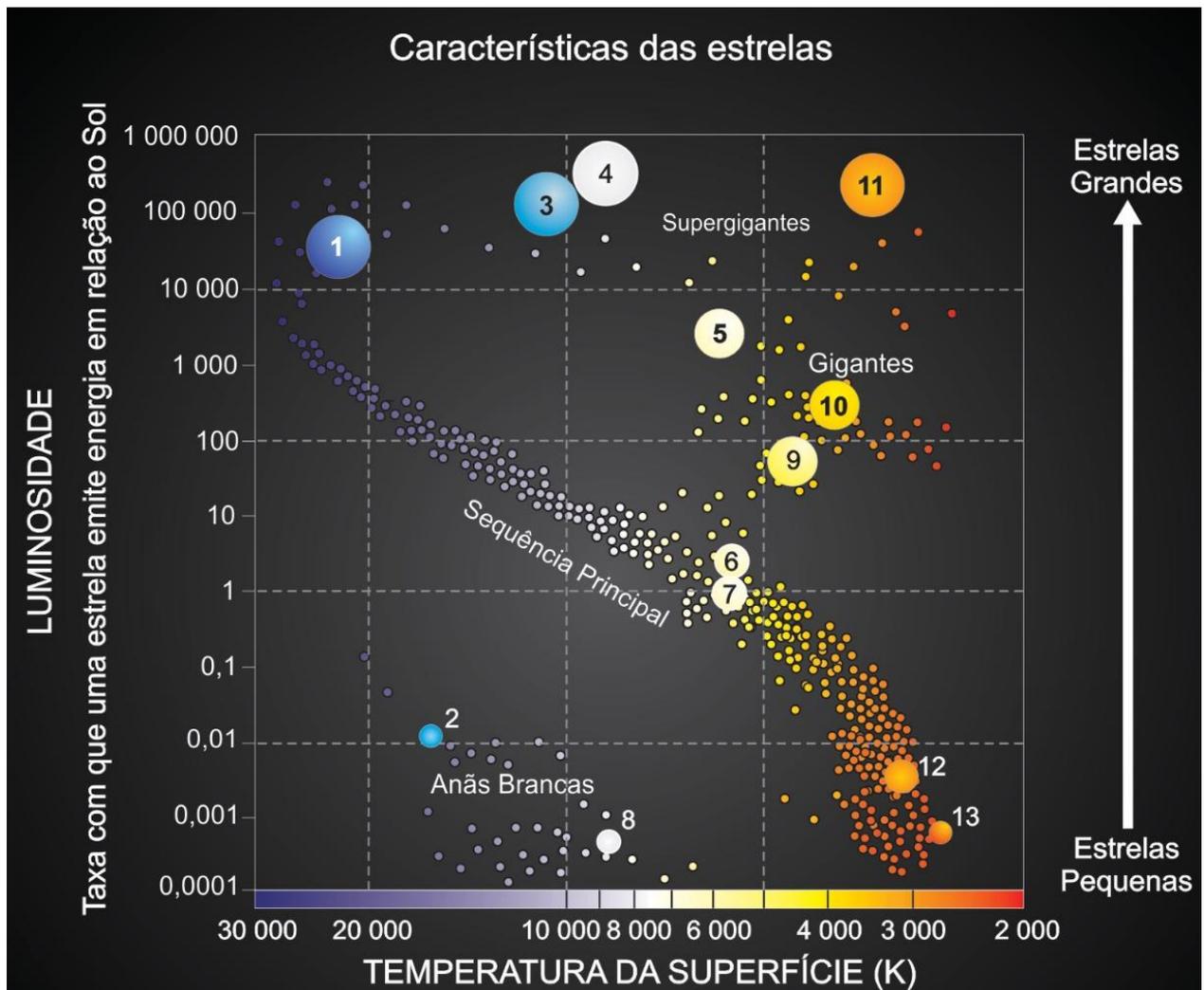


<https://alchetron.com/Henry-Norris-Russell> acesso em 10 de outubro de 2019

No gráfico a seguir destacamos a Sequência Principal (SP) onde tem as estrelas mais massivas são mais quentes e mais luminosas. As estrelas da SP têm, por definição, classe de luminosidade V, e são chamadas de anãs. Desde estrelas quentes e muito luminosas até estrelas frias e pouco luminosas. • Gigantes: estrelas

frias e luminosas. Pertencem à classe de luminosidade II ou III. • Supergigantes: classe de luminosidade I. • Anãs Brancas: estrelas quentes e pouco luminosas.

Diagrama Hertzsprung-Russell ou Diagrama HR



<http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node2.htm> Acesso em: 21/10/2019.

As estrelas descritas na figura acima foram classificadas de acordo com as suas características, como por exemplo, a luminosidade e a temperatura da superfície.

1. Espiga (Spica) é a estrela mais brilhante da constelação de Virgem.
2. Eridani B faz parte da constelação de Eridanus. Ela está cerca de 16 anos-luz da Terra e é brilhante o suficiente para ser vista a olho nu.

3. Rigel é a estrela mais brilhante da constelação de Orion. Ela está cerca de 865 anos-luz da Terra.
4. Deneb é a estrela mais brilhante da constelação do Cisne (Cygnus). Ela está cerca de 2616 anos-luz da Terra. Ela forma com Vega e Altair o chamado Triângulo de Verão.
5. Polar (Polaris) é a estrela da constelação da Ursa Menor. Ela está cerca de 430 anos-luz da Terra.
6. Alfa Centauri é a estrela mais próxima do Sistema Solar, está a uma distância cerca de 4,2 anos-luz. Ela é a estrela mais brilhante da constelação do Centauro.
7. Sol é a única estrela do nosso Sistema Solar.
8. Procyon B é uma estrela anã branca e faz parte de um sistema binário composto por uma estrela brilhante que está na sequência principal, a Procyon A. Está localizada na constelação da Cão Menor (Canis Minoris). Ela está cerca de 11,4 anos-luz da Terra.
9. Pollux é a estrela mais brilhante da constelação de Gêmeos. Ela está cerca de 34 anos-luz da Terra.
10. Aldebarã (Aldebaran) é a estrela mais brilhante da constelação de Touro (Taurus). O termo Aldebarã vem do árabe que significa "aquele que segue". O motivo deve ser porque as Plêiades (as sete irmãs) surge primeiro no horizonte, com Aldebarã seguindo logo atrás. Ela está cerca de 65,2 anos-luz da Terra.
11. Betelgeuse é a segunda estrela mais brilhante da constelação de Orion. Ela está cerca de 642,5 anos-luz da Terra.
12. Barnard é uma estrela anã vermelha, de pouca massa que fica na constelação do Serpentário e foi descoberta em 1916 pelo astrônomo estadunidense Edward Emerson Barnard (1857 - 1923). A estrela se encontra a uma distância de quase 6 anos-luz.
13. Próxima Centauri é uma anã vermelha numa distância de 4,22 anos luz e localizada na constelação do Centauro. Ela orbita ao redor das estrelas Alpha Centauri A e B formando o sistema triplo Alpha Centauri.

Experimento sobre Radiação de Corpo Negro

A radiação de corpo negro, ou radiação térmica, é a radiação emitida por qualquer corpo a partir de sua energia interna. As características desta radiação dependem apenas da temperatura absoluta do corpo. Um corpo negro ideal absorve toda a radiação incidente. (por isso é negro na temperatura ambiente). Sua refletividade é nula e a emissividade, portanto é $\epsilon = 1$. Segundo a Lei de Kirchhoff “num corpo negro ideal, em equilíbrio termodinâmico a temperatura T , a radiação total emitida deve ser igual à radiação total absorvida”. Este experimento tem, por objetivo, ilustrar a radiação de “corpo negro”, no caso, de duas latas de alumínio pintadas, uma de preto, outra de branco, absorvendo radiação de uma lâmpada de 100W de potência, ligada próxima às latas.

Para o experimento foram utilizadas duas latas de alumínio (de cerveja), pintadas, uma de preto e outra de branco, com tinta têmpera. As latas foram pintadas tanto pelo lado de dentro como de fora. O aparato experimental foi montado da seguinte maneira: uma lâmpada de 100W ligada num suporte em cima de um porta-canetas. A mais ou menos 10 cm de distância da lâmpada, ficava uma caixa com as duas latas em cima, localizadas simetricamente distantes da lâmpada. Um suporte para os termômetros foi feito de forma a localizar o termômetro na mesma posição em relação a lata da seguinte maneira: uma régua com furos onde era possível apoiar o termômetro igualmente dentro de cada uma das latas. Com o cronômetro do celular, foram anotados os valores da temperatura marcada nos termômetros a cada minuto com a lâmpada ligada, conforme tabela 1, a seguir. Após verificar algumas repetições de temperatura, a lâmpada foi desligada, anotando também, os valores de temperatura minuto a minuto, para cada uma das latas. As imagens a seguir mostram a montagem do experimento:



Figura 1: montagem geral do experimento



Figura 2: suporte do termômetro

Resultados

As mediadas de tempo resultaram na tabela abaixo, cujos valores de temperatura são dados em graus celsius.

Com a lâmpada ligada

Tempo (segundos)	Temperatura (°C)	
	Lata branca	Lata preta
0		
30		
60		
90		
120		

Com a lâmpada ligada

Tempo (segundos)	Temperatura (°C)	
	Lata branca	Lata preta
0		
30		
60		
90		
120		

Conclusões

Apesar de os valores obtidos não serem excelentes devido a imprecisões na medida e principalmente pelo fato de ter sido utilizado um termômetro de mercúrio¹, ao final do experimento foi possível responder, qualitativamente, as questões solicitadas na tarefa:

1. Qual das latas se aquece mais rapidamente?

- a) a lata branca
- b) a lata preta

Claramente que pelos valores medidos que a lata preta aqueceu mais rapidamente.

2. A que aquece mais depressa é também a que esfria mais depressa.

Verdadeiro ou falso?

- a) verdadeiro
- b) falso

Sim, a lata preta também apresentou um resfriamento mais rápido que a lata branca.

3. Qual das afirmações é verdadeira?

- a) a lata branca reflete mais luz, porque por absorver menos energia é absorvida fazendo com que sua temperatura interna aumente menos que a da lata preta.
- b) a lata preta reflete mais luz, porque por absorver menos energia é absorvida fazendo com que sua temperatura interna aumente menos que a da lata branca.

Concluimos que a lata branca reflete mais luz, porque por absorver menos (e refletir mais), menos energia é absorvida fazendo com que sua temperatura interna aumente menos que a da lata preta.

4. Qual delas irradia mais luz?

- a) a lata branca
- b) a lata preta
- c) nenhuma das duas latas

Nenhuma das duas irradia luz. A quantidade de energia que absorvem, é suficiente apenas para elevar a temperatura da lata, e após, irradiar em forma de calor.

5. Qual delas transforma mais luz em calor?

- a) a lata branca
- b) a lata preta

Como concluimos que, para um mesmo intervalo de tempo, a lata preta absorveu mais energia, logo, ao desligar a lâmpada ela irá equilibrar a sua temperatura interna com a externa emitindo radiação em forma de calor.

6. O que você acha que ocorre com a luz que incide na lata preta?

- a) a luz é absorvida mais eficientemente que na lata branca, provoca um aumento de temperatura no interior da lata e é emitida em forma de radiação infravermelha após ser desligada a lâmpada.
- b) a luz é absorvida menos eficientemente que na lata branca, provoca uma diminuição de temperatura no interior da lata e é emitida em forma de radiação infravermelha após ser desligada a lâmpada.

Ela é absorvida mais eficientemente que na lata branca, provoca um aumento de temperatura no interior da lata e é emitida em forma de radiação infravermelha após ser desligada a lâmpada.

7. O que você acha que acontece com a grande parte da energia que a Terra recebe do Sol em forma de luz visível?

- a) deve acontecer semelhante ao que acontece nas latas, uma boa parte da luz é refletida pelo planeta, enquanto a outra parte é absorvida e utilizada para aumentar e manter a temperatura da Terra agradável.

b) deve acontecer diferentemente ao que acontece nas latas, uma boa parte da luz é refletida pelo planeta, enquanto a outra parte é absorvida e utilizada para aumentar e manter a temperatura da Terra agradável.

Deve acontecer semelhante ao que acontece nas latas, uma boa parte da luz é refletida pelo planeta, enquanto a outra parte é absorvida e utilizada para aumentar e manter a temperatura da Terra agradável.

Corpo Negro

O estudo do corpo negro nos ajuda a entender as estrelas.

Objetivos ao estudar o corpo negro:

Aplicar as propriedades do corpo negro para deduzir temperaturas, raios e luminosidades das estrelas;

Relacionar o fluxo na superfície de um corpo negro com a temperatura do corpo, pela Lei de Stefan-Boltzmann;

Relacionar o comprimento de onda em que o corpo negro tem o pico da radiação com a sua temperatura, segundo a Lei de Wien.

Teoria da Radiação

No final do XIX os físicos encontraram um problema: como descrever matematicamente como um corpo aquecido irradia energia, isto é, quanto ele emite em cada comprimento de onda. Para abordar o problema, começaram por examinar um caso teórico simplificado, **o corpo negro**, definido por Gustav Robert Kirchhoff (1824- 1887), como um objeto que absorve toda a luz que incide sobre ele, sem refletir nada da radiação incidente. Um corpo com essa propriedade, em princípio, não pode ser visto e, portanto, é negro. Para tal corpo estar em equilíbrio termodinâmico, ele deve irradiar energia na mesma taxa em que a absorve, do contrário ele esquentaria ou esfriaria, e sua temperatura variaria. Portanto, um corpo negro, além de ser um *absorvedor perfeito*, é também um *emissor perfeito*. Desde então muitos experimentos tentaram medir seu espectro, isto é, como sua intensidade varia com a frequência (ou com o comprimento de onda).

Gustav Robert Kirchhoff, juntamente com Robert Bunsen, é considerado o fundador da análise espectral e influenciou significativamente o desenvolvimento da física teórica na Alemanha.



<https://www3.unicentro.br/petfisica/2016/05/15/gustav-robot-kirchhoff/> acesso em 10 de outubro de 2019

Robert Wilhelm Eberhard von Bunsen (1811 – 1899) foi um químico alemão que é lembrado principalmente por ter aperfeiçoado um queimador que é conhecido atualmente como bico de Bunsen. por volta de 1859 observou que cada elemento emite uma luz. comprimento de onda característico. Tais estudos abriram o campo da análise de espectro, que se tornou de grande importância no estudo do Sol e das estrelas.



<https://www.britannica.com/biography/Robert-Bunsen> acesso em 10 de outubro de 2019
Gustav Robert Kirchhoff (a esquerda) e Robert Wilhelm Eberhard Bunsen.



<https://www.sciencehistory.org/historical-profile/robert-bunsen-and-gustav-kirchhoff>

acesso em 10 de outubro de 2019

O físico alemão Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858 – 1947) em 1900 postulou que radiação eletromagnética é emitida de forma descontínua, em pequenos “pacotes” de energia, chamados *quanta* cada um com energia proporcional à sua frequência. Matematicamente descrita assim:

$$E = h \cdot \nu$$

Onde temos:

E é a energia

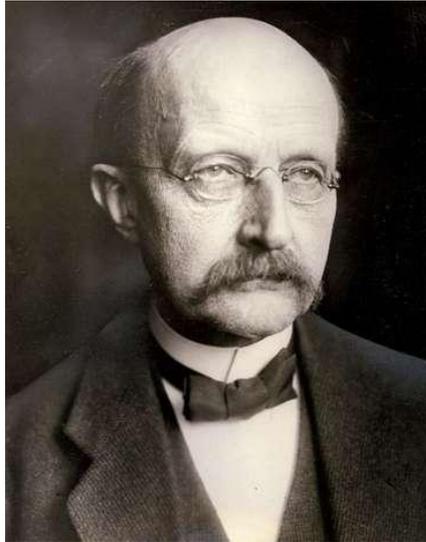
h é a constante de Planck

ν é a frequência

O valor da constante de Planck (h) é $6,626 \times 10^{-27}$ ergs•s = $6,626 \times 10^{-34}$ J•s

Podemos escrever também em relação ao comprimento de onda (λ) e a velocidade da luz (c):

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$



<https://www.britannica.com/biography/Max-Planck> acesso em 10 de outubro de 2019

A lei de Planck

Com a quantização da energia Max Planck deduziu teoricamente a intensidade de um campo de radiação. A intensidade específica monocromática (energia por unidade de comprimento de onda, por segundo, por unidade de área, e por unidade de ângulo sólido) de um corpo que tem uma temperatura uniforme T e está em equilíbrio termodinâmico com seu próprio campo de radiação (o que significa que é opaco), e denominada como lei de Planck.

A Lei de Planck é descrita matematicamente por:

$$B_{\lambda}(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1}$$

Onde temos:

$B_{\lambda}(T)$ é a intensidade específica monocromática do corpo negro de temperatura T

c é a velocidade da luz

h é a constante de Planck

k = $1,38 \times 10^{-16}$ ergs/K é a constante de Boltzmann.

Essa constante é em homenagem ao físico austríaco Ludwig Eduard Boltzmann (1844-1906).



<https://www3.unicentro.br/petfisica/2016/02/26/ludwing-eduard-boltzmann-1844-1906/> acesso em 10 de outubro de 2019

Para escrever a lei de Planck em termos de frequência, precisamos usar a seguinte relação:

$$\frac{d\nu}{d\lambda} = -\frac{c}{\lambda^2}$$

Obtendo:

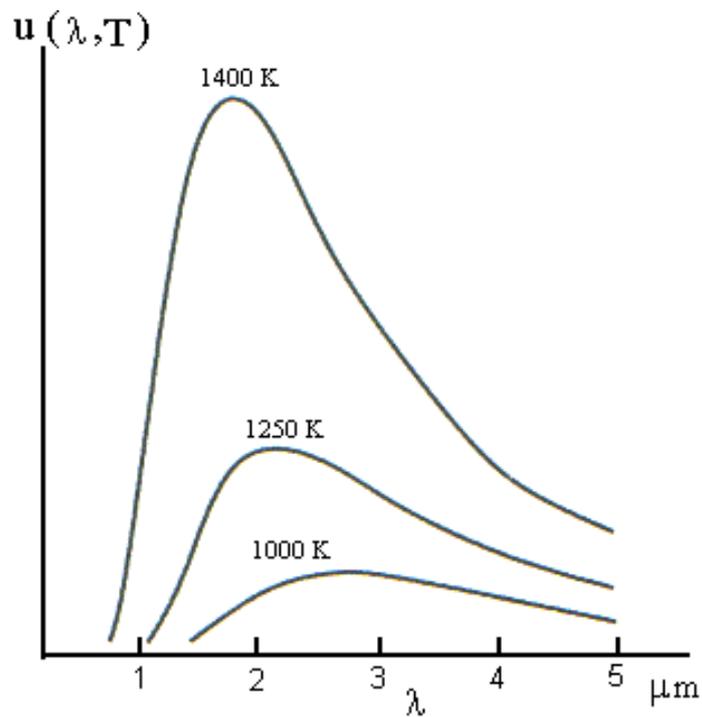
$$B_\nu = B_\lambda \frac{\lambda^2}{c}$$

ou

$$B_\nu(T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

Para qualquer corpo em equilíbrio termodinâmico emitirá fótons com uma distribuição de comprimentos de onda dada pela Lei de Planck. Esta radiação é chamada de *radiação de corpo negro*, ou *radiação térmica*, pois depende unicamente da temperatura do corpo.

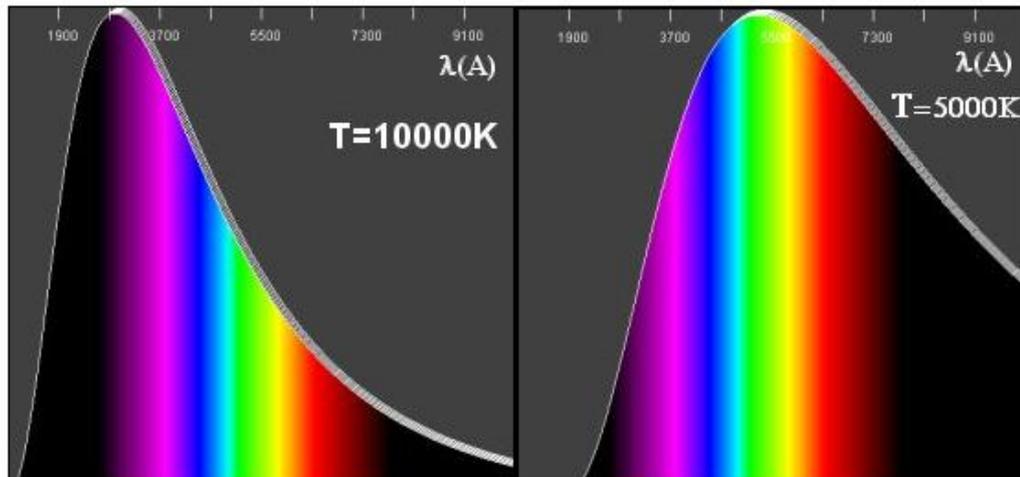
Gráfico da radiação do corpo negro



<http://ensinoadistancia.pro.br/ead/fisica-4/aulas/Aula-18/aula-18.html> acesso em 10 de outubro de 2019

Curvas da Lei de Planck (radiação de corpo negro) para corpos com diferentes temperaturas mostra que a intensidade em todos os comprimentos de onda aumenta fortemente com o aumento da temperatura, e o pico de intensidade máxima se desloca para comprimentos de onda menores com o aumento da temperatura. O gráfico mostra que a potência irradiada por um corpo negro em função do comprimento de onda para três temperaturas diferentes. Os resultados experimentais relacionados ao espectro de emissão não foram entendidos na época e conseqüentemente não se tinha modelos teóricos para a sua descrição.

O comprimento de onda em que um corpo negro emite com intensidade máxima (λ_{MAX}) é inversamente proporcional à temperatura absoluta (T), ou seja, $\lambda_{MAX} \propto 1/T$.



<http://astro.if.ufrgs.br/rad/rad/rad.htm#wien> acesso em 10 de outubro de 2019

O máximo (e o mínimo) de qualquer função é dado para o ponto em que a derivada é nula. Esta função não tem mínimo, de modo que não precisamos testar se a derivada de segunda ordem é negativa (máximo). Derivando a Lei de Planck $B_\lambda(T)$ e igualando a derivada a zero.

Após a realizações dos cálculos obtemos $\lambda_{max}T = 0,0028978 \text{ K m}$ (T em kelvin, λ em metros) ou $\lambda_{max}T = 2,8978 \times 10^7 \text{ KÅ}$ (T em kelvin, λ em angstroms).

A relação encontrada empiricamente por Wien em 1893, mostra que, à medida que T aumenta, a frequência máxima (ν_{max}) aumenta, ou o comprimento de onda máximo (λ_{max}) diminui. Assim, dessa forma, se explica porque quando se aquece uma barra de ferro, ela torna-se primeiro vermelha e depois esverdeada e azulada.

Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz Wien (1864 – 1928) foi um físico alemão que, em 1893, usou as teorias sobre o calor e eletromagnetismo para deduzir a lei do deslocamento de Wien, que calcula a emissão de um corpo negro a qualquer temperatura a partir da emissão em qualquer uma temperatura de referência.



<https://www.britannica.com/search?query=Wien> acesso em 10 de outubro de 2019

Lei de Stefan-Boltzmann

Joseph Stefan (1835 – 1893) foi um matemático e físico austríaco, e em 1884, seu ex-aluno Boltzmann usou a teoria cinética e a termodinâmica para derivar da lei de Stefan, e mostrou que a mesma era válida exatamente para emissores ideais, que irradiavam perfeitamente em todos os comprimentos de onda, chamados corpos-negros. Dessa forma, tornou-se conhecida como Lei de Stefan-Boltzmann. Stefan usou a lei para fazer a primeira estimativa satisfatória da temperatura da superfície do Sol (fotosfera), obtendo o valor de 6000 °C.



<http://faculty.randolphcollege.edu/tmichalik/stefan.htm> acesso em 10 de outubro de 2019

Com a realização de experimentos com o corpo negro constatou-se que a radiância da cavidade (u) varia com a quarta potência da temperatura do radiador e que a radiação é tanto maior quanto mais quente for o corpo. Esta relação ficou conhecida como lei de Stefan-Boltzmann, isto é, a energia total que emerge do orifício da cavidade é dada pela integral da curva experimental.

$$F = 2\pi \int_0^{\pi/2} \cos\theta \sin\theta d\theta \int_0^{\infty} B_\nu(T) d\nu = \sigma T^4$$

Onde: $F = \sigma T^4$

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-5} \text{ ergs cm}^{-2}$$

$$\text{K}^{-4} \text{ s}^{-1} = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

A letra grega σ é a constante de Stefan-Boltzmann.

Como uma estrela não é um corpo negro, isto é, suas camadas externas de onde provém a radiação não estão exatamente em equilíbrio térmico, escrevemos para o fluxo da estrela:

$$F \equiv \sigma T_{\text{ef}}^4$$

Utilizando um parâmetro chamado temperatura efetiva (T_{ef}). Portanto, para uma estrela esférica de raio R , a luminosidade L (energia total por segundo) é obtida multiplicando-se o fluxo pela área $4 \pi R^2$:

$$L = 4 \pi R^2 \sigma T_{ef}^4$$

A temperatura efetiva de uma estrela é, portanto, a temperatura de um corpo negro que emite a mesma quantidade de energia por unidade de área e por unidade de tempo.

A luminosidade do Sol (L_{\odot}), isto é, a energia total emitida pela a estrela do nosso sistema solar é $L_{\odot} = 3,9 \times 10^{33}$ ergs/s, sendo que 1 Joule (J) é igual a 10^7 ergs. Como o raio do Sol (R_{\odot}) é de $R_{\odot} = 7,0 \times 10^5$ km, segue que a temperatura efetiva do Sol é $T_{ef} = 5400$ K.

Podemos então escrever a equação de Wien aproximadamente:

$$\lambda_{max} T = 2,916 \times 10^7 \text{ KÅ} \quad (T \text{ em kelvin, } \lambda \text{ em angstroms}).$$

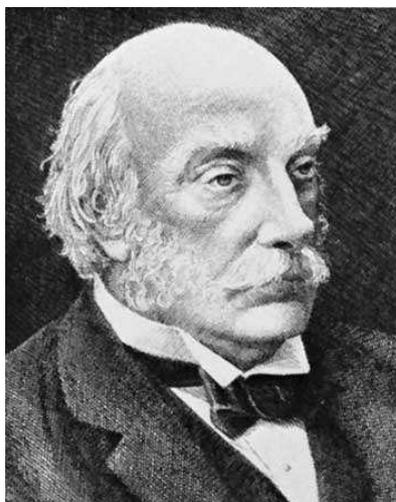
Em 1884, seu ex-aluno Boltzmann usou a teoria cinética e a termodinâmica para derivar essa mesma lei, e mostrou que a mesma era válida exatamente para emissores ideais, que irradiavam perfeitamente em todos os comprimentos de onda, chamados "corpos-negros". Dessa forma, tornou-se conhecida como Lei de Stefan-Boltzmann. Stefan usou a lei para fazer a primeira estimativa satisfatória da temperatura da superfície do Sol (fotosfera), obtendo o valor de 6000 °C.

Lei de Rayleigh-Jeans

Foi observado que a lei de Wien tem concordância com os dados experimentais, mas apenas para os casos de comprimento de onda pequenos, ou seja, para frequência altas. E para a radiação na região de comprimentos de onda elevados, porém para valores pequenos dos comprimentos de onda?

No final do século XIX, o professor de matemática e física experimental em Cambridge, o inglês John William Strutt (1842 – 1919), também conhecido como o 3º Barão de Rayleigh, foi agraciado com o prêmio Nobel de Física de 1904 por pesquisas sobre a densidade dos gases mais importantes e pela descoberta do

argônio. Ele deduziu, de modo empírico uma expressão matemática que utilizou para ajustar a curva da densidade de energia espectral da radiação do corpo negro.



<https://www.britannica.com/biography/John-William-Strutt-3rd-Baron-Rayleigh> acesso em 10 de outubro de 2019

Também no início do século XX, o físico e matemático inglês James Hopwood Jeans (1877 - 1946), baseado na teoria ondulatória clássica, formulou uma teoria que trouxe um significado físico para a expressão empírica de Rayleigh. A partir daí, essa expressão passou a ser chamada de Lei de Rayleigh - Jeans.



<https://alchetron.com/James-Hopwood-Jeans> acesso em 10 de outubro de 2019

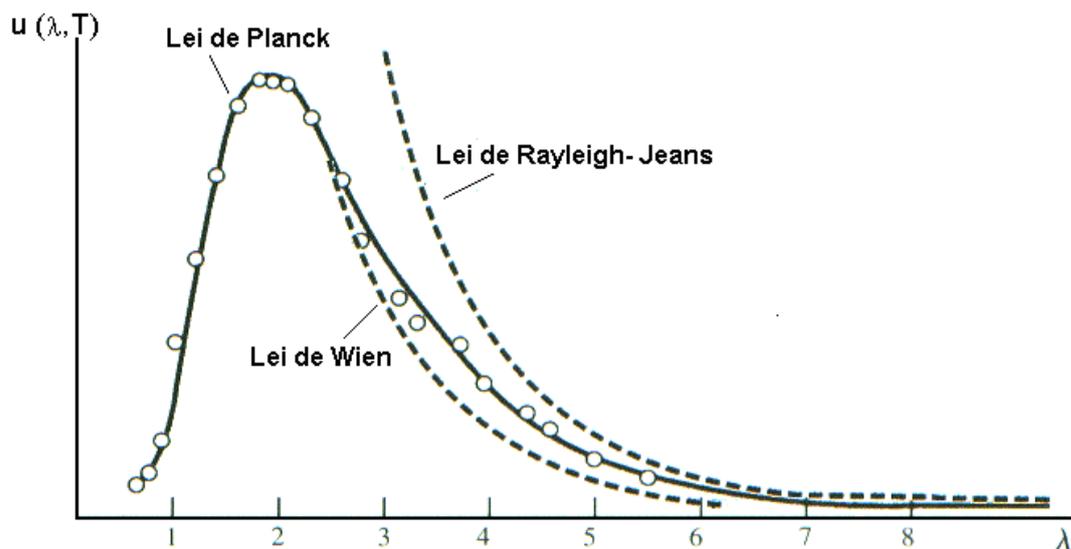
A Lei de Rayleigh - Jeans suscitou uma séria crise conceitual chamada de catástrofe do ultravioleta, pois predizia que a radiação aumentava indefinidamente para comprimentos de onda mais curtos. Assim, o corpo negro

Irradiaria uma quantidade infinita de energia. Esta afirmação é considerada inaceitável. A lei ajustava a curva na faixa dos altos comprimentos de onda, mas divergia na faixa de baixos comprimentos.

A lei de Rayleigh-Jeans é expressa pela seguinte equação:

$$u_{\nu} = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \bar{\varepsilon} = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \frac{1}{\beta} = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} kT$$

Região do espectro de emissão onde as leis de Wien e Rayleigh-Jeans concordam com a lei de Planck.



<http://www.ensinoadistancia.pro.br/EaD/QG/aula-3/aula-3.html> acesso em 10 de outubro de 2019

Quando comparamos os valores para u_{ν} dados pela equação acima com os resultados experimentais, observamos também que eles não concordam para toda região do espectro eletromagnético, conseqüentemente a lei de Rayleigh-Jeans é apenas parcialmente válida.

A lei de Planck é consistente com a lei de Wien em comprimentos de onda pequenos e com a lei de Rayleigh – Jeans para comprimentos de onda longos. Isso favoreceu uma imediata aceitação, mesmo que a lei de Planck era baseada em uma hipótese radical de estados de energia quantizados. E como foi comentado que a

hipótese de quantização resolve e evita a catástrofe do ultravioleta clássica: para uma dada frequência (ν), é necessária uma energia ($E = h\nu$) para criar um fóton. Assim, quando a frequência aumenta, torna-se cada vez menos provável que o sistema possa fornecer a energia necessária para a criação de um fóton, o que implica uma frequência de corte em frequências altas e, portanto, em baixos comprimentos de onda, em concordância com os experimentos. Assim, a eliminação da catástrofe do violeta é uma consequência direta do caráter quântico da luz.

Um exemplo mais espetacular de um espectro de corpo negro é obtido ao se observar a radiação cósmica de fundo. Essa radiação é uma relíquia do big Bang e possui uma incrível uniformidade no universo inteiro. Em 2006 George Smoot e John Mather receberam o prêmio Nobel pela liderança de dois experimentos inovadores a bordo do satélite COBE (Cosmic Background Explorer) da NASA, um satélite explorador da radiação cósmica de fundo.

George Fitzgerald Smoot III é um astrofísico e cosmologista estadunidense que nasceu em 1945. É doutor em física pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT - Massachusetts Institute of Technology). Ele trabalha como catedrático na Universidade da Califórnia em Berkeley.

John Cromwell Mather é um astrofísico e cosmólogo estadunidense e nasceu em 1946 na Virgínia (Estados Unidos da América). Ele trabalha como astrofísico na NASA (National Aeronautics and Space Administration) no Goddard Space Flight Center, em Maryland nos Estados Unidos da América.

John Mather (à esquerda) e George Smoot (à direita).



https://wwwmpa.mpa-garching.mpg.de/mpa/institute/news_archives/news0610_nobel/news0610_nobel-en-print.html acesso em 10 de outubro de 2019

Do mesmo modo como a radiação de corpo negro foi utilizado para medir a temperatura do universo, essa radiação pode ser aplicada para medir a temperatura de objetos sem a necessidade de contato físico com eles. Portanto, sem um objeto estiver a uma temperatura suficientemente alta, ele irradiará fótons na faixa do visível.

Fundamentação da Teoria da Aprendizagem

A teoria cognitiva de aprendizagem proposta por David Paul Ausubel (1918 - 2008), um psicólogo da educação estadunidense, apresenta a aprendizagem significativa como conceito mais importante da sua teoria. A aprendizagem é dita significativa quando um processo pelo qual um novo conteúdo se relaciona com um aspecto relevante da estrutura cognitiva do aprendiz. Ou seja, a interação do novo conteúdo não deve ocorrer com qualquer aspecto da estrutura cognitiva e sim com conhecimentos relevantes do aprendiz. Ausubel chamou esses conhecimentos relevantes do aprendiz de subsunçores. Na sua teoria a aprendizagem significativa ocorre quando o novo conteúdo (dado, informação) ancora-se em subsunçores relevantes que já existem na estrutura de conhecimento de quem aprende.



David Paul Ausubel

<https://alchetron.com/David-Ausubel> Acesso em: 21/10/2019.

Segundo a teoria de Ausubel vê o armazenamento da informação na mente do aprendiz como sendo altamente organizado, estruturado por uma hierarquia conceitual na qual aspectos mais específicos de informações são relacionados, e assimilados a conceitos gerais, mais inclusivos. Essas estruturas cognitivas são estruturas hierárquicas de subsunçores que estão relacionados a experiências do aprendiz.

Vamos considerar que as informações A e B já existem na estrutura cognitiva do aprendiz, elas poderão servir de subsunçores para novas informações referentes

a certos aspectos das informações A e B. O processo de ancoragem da nova informação resulta em crescimento e alteração da informação subsunçor. Isso significa que os subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz podem ser variados, ou seja, eles podem ser abrangentes, bem desenvolvidos ou limitados e poucos diferenciados que estão relacionados a frequência e a intensidade com que ocorre a aprendizagem significativa diante a um dado subsunçor.

Em astronomia, se o aprendiz tem conceitos de nebulosa e estrela, estes podem ser utilizados de subsunçores para novas informações referentes a ciclo de uma estrela, gigante vermelha, supernova etc. Uma vez que essas novas informações são aprendidas de forma significativa, em interação com os conceitos gerais preexistentes de nebulosa e estrela, estes se tornarão mais elaborados, mais gerais e mais subsunçores. O conceito estrela, por exemplo, incluirá os conceitos de gigantes, supergigantes, anãs, e ficará, portanto, mais diferenciado.

Ausubel define aprendizagem mecânica como sendo uma aprendizagem quando o novo conteúdo seja memorizado pelo indivíduo arbitrariamente e literalmente e conseqüentemente não consiga “ancorar-se” ao conhecimento prévio a aprendizagem não será significativa, ou seja, a aprendizagem de novas informações será com pouca ou nenhuma interação com os conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

A aprendizagem mecânica não possui significado para o aprendiz, os conteúdos aprendidos de forma mecânica e não se ancoram aos conteúdos prévios relevantes, devido a isso os novos conhecimentos são decorados por um curto período e rapidamente são esquecidos. Os conceitos relevantes da estrutura cognitiva auxiliam na organização, incorporação, compreensão e fixação das novas informações, desempenhando assim, uma ancoragem com os subsunçores, já existentes. Sendo assim, novos conceitos podem ser aprendidos à medida que haja outros conceitos relevantes, adequadamente claro e disponível na estrutura cognitiva do indivíduo, estes conceitos relevantes funcionarão como pontos de ancoragem para os novos conceitos.

Segundo Ausubel, na aprendizagem por recepção o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final, enquanto na aprendizagem por descoberta o conteúdo principal a ser aprendido é descoberto pelo aprendiz. Entretanto, após a descoberta em si, a aprendizagem só é significativa se o conteúdo descoberto relacionar-se a conceitos subsunçores relevantes já existentes na estrutura cognitiva (MOREIRA, 2001, p. 19). De acordo com a teoria de Ausubel, seja por recepção ou por descoberta, a aprendizagem significativa acontece quando a nova informação se incorpora de forma não arbitrária e não literal a estrutura cognitiva.

Os subsunçores

Nas crianças os primeiros subsunções surgem através de inferência, abstração, discriminação, descobrimento, representação e de forma concreta com objetos e situações e esta também vai formando modelos causais e a partir dos primeiros subsunções que servem de ancoragem para os próximos conhecimentos é que vai se dando uma aprendizagem de forma significativa.

E quando o aprendiz adquire informação numa área de conhecimento nova para ele? Nesse caso a aprendizagem é sempre necessária. E para essas situações em que os sujeitos não possuem subsunçores relacionados aos novos conceitos; nesses casos, talvez seja preciso, antes, introduzi-los através de aprendizagem mecânica. De modo em que a aprendizagem começa ser significativa, e os subsunçores utilizados vão ficando cada vez mais elaborados e possibilitando ancorar novas informações.

Para Ausubel, a principal função dos organizadores prévios é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber para que possa aprender significativamente a tarefa com que se depara."

Organizadores prévios são materiais introdutórios, apresentados a um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade que o conteúdo do material instrucional a ser aprendido proposto por Ausubel para facilitar a aprendizagem

significativa. Eles se destinam a servir como pontes cognitivas entre aquilo que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber para que possa aprender significativamente o novo conteúdo. Ausubel propõe os organizadores prévios como a estratégia mais eficaz para facilitar a aprendizagem significativa quando o aluno não dispõe, em sua estrutura cognitiva, dos conceitos relevantes para a aprendizagem de um determinado tópico.

METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido em uma escola da rede pública do município de Vicência - PE, numa classe composta por 40 alunos do 2º ano do Ensino Médio. Entende-se que a abordagem metodológica mais adequada para responder a problemática em questão, é à abordagem quantitativa. Este trabalho utiliza estratégias de aprendizagem, propiciando uma maior contextualização e significado para o tema ciclo de vida de uma estrela. Sendo assim, foi aplicada uma unidade de aprendizagem a partir do tema “Sol”, por se entender que esse tema atende aos critérios citados nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+),

“a experimentação deve ser uma constante no espaço escolar. Durante todo o desenvolvimento das habilidades e competências dos alunos essas atividades devem servir como fonte de construção de conhecimento pelo próprio aluno, pois é através do manusear, do fazer, do agir em diferentes formas e níveis que o conhecimento contemplado em sala de aula é construído espontaneamente.” (BRASIL-MEC, 2002, p. 82).

A experimentação possibilita o estabelecimento de inter-relações entre Física Moderna, tecnologia e cotidiano como forma de auxiliar os estudantes na compreensão do mundo contemporâneo.

Foi desenvolvida uma unidade de aprendizagem, e foram selecionadas atividades que motivassem e despertassem nos alunos o interesse de aprender sobre o Sol. A unidade de aprendizagem foi constituída de cinco momentos, durante três semanas, realizadas conforme descrição a seguir:

Momento 1 – problematização do conhecimento inicial dos alunos por meio da aplicação de um questionário (pré-teste) constituído de dezoito questões, seguido de discussão para identificar concepções prévias e interesses sobre o tema “Sol”;

Momento 2 – uso de organizador prévio: apresentação de slides sobre nebulosas e estrelas, com vistas à compreensão e estruturação de subsunçores relevantes sobre o Sol e o ciclo de vida de uma estrela;

Momento 3 – uso de organizador prévio: Documentário sobre o universo (Discovery Channel). Apresentação do tema gerador o “como funciona uma estrela, para que os estudantes, ao tentar buscar respostas, reconstruam seu conhecimento sobre o ciclo de vida de uma estrela;

Momento 4 – uso de aula prática: atividade realizada através um jogo de tabuleiro, especificamente uma trilha. Durante a atividade foi explorado as regras e objetivos do jogo com perguntas sobre os tópicos abordados.

Momento 5 – debate sobre os trabalhos com identificação e discussão de dúvidas sobre o assunto. Aplicação de um teste final para avaliar a aprendizagem dos alunos.

O uso de aula prática: atividade experimental para calcular a temperatura da fotosfera do Sol. O desenvolvimento da atividade teve o objetivo de calcular a quantidade de calor, a radiação do corpo negro, aplicação de leis Físicas, como a lei de Stefan-Boltzmann, e análise e críticas dos dados obtidos no experimento. Além da produção de relatório no final da prática experimental.

Segundo Moreira as atividades práticas:

...por se tratar de um processo humano de construção de conhecimento, devem ser pensadas como experimentos a serem explorados e explicados os fenômenos, para pensar, sentir e fazer, do que comprovar uma lei ou conceito. (Moreira e Ostermann, 1993 p. 109).

Pré-teste

Como a teoria da aprendizagem significativa, através da qual afirma que é a partir de conteúdos que indivíduos já possuem na estrutura cognitiva, que aprendizagem pode ocorrer. Estes conteúdos prévios deverão receber novos conteúdos que, por sua vez, poderão modificar e dar outras significações àquelas pré-existentes.

Assim, Aprendizagem Significativa é um processo por meio do qual uma nova informação é acoplada a uma estrutura cognitiva particular e específica, prévia, conhecida como subsunçor.

A estrutura cognitiva do aprendiz tem conceitos pessoalmente relevantes, e é a eles que novas informações devem ser relacionadas para que o estudante possa organizar outros conhecimentos. Nessa perspectiva, para que uma aprendizagem seja significativa, o novo conteúdo deve estar relacionado a conteúdos prévios importantes do aprendiz, ou seja, a conceitos subsunçores relevantes.

Nesse sentido, um material que pode ser relacionado à estrutura cognitiva do aluno, é um material potencialmente significativo, e pode ser uma figura, imagem, conceito, princípio etc.

O pré-teste foi utilizado com a finalidade de analisar as dificuldades e os conhecimentos dos estudantes, para que assim fosse possível uma posterior interação entre os conhecimentos prévios dos aprendizes e os conhecimentos novos abordados sobre o conteúdo, favorecendo assim, a aprendizagem significativa. Esta atividade abordará também a importância e a necessidade de o pré-teste ser usado como estratégia de ensino, a fim de avaliar os conhecimentos dos aprendizes.

Aplicando o pré-teste

A atividade foi elaborada com perguntas com alternativas, onde apenas uma é a correta. Esse questionário com perguntas objetivas trata de informações sobre o ciclo de vida de uma estrela. Os resultados obtidos através desse pré-teste realizado com estudantes do 2º ano do Ensino Médio de uma escola da rede estadual de Pernambuco.

Apresentação e Discussão dos Resultados

A primeira questão do pré-teste questionava os conhecimentos dos estudantes sobre nebulosa. Apenas 20% dos estudantes acertaram essa questão.

A segunda questão estava relacionada a unidade ano-luz. E foi questionado o que essa unidade é utilizada para medir. Nessa questão teve um bom rendimento, pois 90% dos estudantes acertaram essa questão.

Na terceira questão foi perguntado qual seria a estrela mais do planeta Terra. E apresentaram um bom rendimento, pois 80% dos estudantes acertaram essa questão.

Na quarta questão estava relacionada a unidade astronômica. E foi questionado o que essa unidade representa para medir. Nessa questão teve um bom rendimento, pois 90% dos estudantes acertaram essa questão.

Na quinta questão estava relacionada a supernova. E foi questionado como é chamada a explosão violenta que ocorre na fase final da evolução de uma estrela de grande massa. Nessa questão não teve um bom rendimento, pois 40% dos estudantes acertaram essa questão.

Na sexta questão estava relacionada a nebulosa planetária. E foi questionado como é chamada a nuvem de matéria estelar é expelida fase final da evolução de uma estrela de pequena massa. Nessa questão não teve um bom rendimento, pois 30% dos estudantes acertaram essa questão.

Na sétima questão estava relacionada a estrela anã branca e a nebulosa planetária formados no final do ciclo de vida do Sol. E foi a única questão que não teve acerto, ou seja, nenhum estudante acertou essa questão.

Na oitava questão foi perguntado sobre o tempo que a luz do Sol leva para chegar na Terra. O resultado observado foi que 60% dos estudantes acertaram essa questão.

Na nona questão estava relacionada a sequência principal. E foi questionado onde as estrelas passam a maior parte da sua vida. Nessa questão não teve um bom rendimento, pois 40% dos estudantes acertaram essa questão.

Na décima questão estava relacionada a comparação do Sol e a Terra em termos de tamanho. E foi questionado qual bola (gude, tênis, futebol de campo ou sinuca) a Terra seria comparada ao tamanho do Sol, considerando o mesmo como uma bola de basquete. E, ao contrário da sétima questão, todos os estudantes acertaram essa questão.

Na décima primeira questão estava relacionada a um buraco negro. E foi questionado qual é o objeto extremamente denso e com gravidade tão intensa que nem a própria luz consegue escapar. E apresentou um bom rendimento, pois 80 % dos estudantes acertaram essa questão.

Na décima segunda questão estava relacionada a fusão nuclear. E foi questionado qual processo as estrelas produzem a sua energia. E não apresentou um bom rendimento, pois 30 % dos estudantes acertaram essa questão.

Na décima terceira questão estava relacionada a massa inicial de uma estrela e seu estado final de vida. E foi questionado, se era verdadeiro ou falso, que uma estrela na fase de supernova se transforma em uma estrela de nêutrons ou um buraco negro, dependendo da massa inicial da estrela. E não apresentou um bom rendimento, pois 30 % dos estudantes acertaram essa questão.

A tabela apresenta o percentual dos estudantes em relação ao número de acertos das questões.

Número de acertos	Percentual dos estudantes
9	20
8	30
6	30
5	20

Pré-teste

Escola:

Nome:

Série:

Leia com atenção e responda cada questão indicando a alternativa correta

1) Como é chamado popularmente berçário de estrelas?

- a) buraco negro
- b) galáxia
- c) nebulosa
- d) quasar

2) Os astrônomos utilizam a unidade ano-luz nas suas atividades de pesquisa. Essa unidade é utilizada para medir:

- a) Velocidade
- b) distância
- c) tempo
- d) massa

3) Qual é estrela mais próxima da Terra?

- a) Sol
- b) Próxima Centauri
- c) Rigel
- d) Sirius

4) O que representa Unidade astronômica?

- a) é a distância da Terra para o Sol
- b) é a distância da Terra para a Lua
- c) é a distância da Terra para a Marte
- d) é a distância da Terra para Júpiter

5) Como é chamada a explosão muito violenta que ocorre na fase final da evolução estelar de estrelas de grande massa?

- a) gigante vermelha
- b) anã branca
- c) supernova
- d) buraco negro

6) Como é chamada a nuvem de matéria estelar expelida na fase final da evolução de uma estrela de pequena massa?

- a) nebulosa planetária
- b) supernova
- c) buraco negro
- d) estrela de nêutrons

7) O Sol na fase final da sua vida dará origem a:

- a) um buraco negro
- b) Uma Anã branca e a uma nebulosa planetária
- c) uma supernova
- d) supernova

8) Quanto tempo, aproximadamente, a luz solar completa o trajeto Sol -Terra?

- a) 15 minutos
- b) 10 minutos
- c) 9 minutos
- d) 8 minutos

9) As estrelas passam a maior parte da sua vida na:

- a) sequência principal
- b) gigante vermelha
- c) supernova
- d) anã branca

10) Considere o Sol como uma bola de basquete. Nesse caso a Terra seria uma:

- a) pequena bola de gude
- b) bola de tênis
- c) bola futebol de campo
- d) bola de sinuca

11) Como é denominado o objeto extremamente denso e com gravidade tão intensa que nem a própria luz consegue escapar?

- a) nebulosa planetária
- b) supernova
- c) buraco negro
- d) estrela de nêutrons

12) As estrelas produzem a sua energia através de reações químicas:

- a) fissão nuclear
- b) fusão nuclear
- c) combustão
- d) irradiação

13) Dependendo da quantidade de matéria, uma estrela na fase de supernova, originada de uma gigante vermelha, transforma-se em uma estrela de nêutrons ou em um buraco negro.

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Considerações finais

Conclui-se que o pré-teste aplicado com estudantes 2º ano do Ensino Médio de uma escola da rede estadual de Pernambuco sobre o ciclo de vida de uma estrela, apresenta-se como uma ferramenta muito importante para o professor, sendo possível identificar, analisar e caracterizar as dúvidas e dificuldades dos alunos, para que a aula dada posteriormente solucione as dúvidas e dificuldades sobre a temática, atingindo assim, a aprendizagem significativa. Observou-se também que os conhecimentos prévios dos alunos após e durante as aulas dadas sobre o conteúdo, foram automaticamente modificados, devido à adição dos novos conhecimentos passados pelo professor, as relações à massa inicial, luminosidade das estrelas feita pelos aprendizes continuaram, porém, agora sabiam que as estrelas também têm um ciclo de vida.

Elaborando um jogo de tabuleiro envolvendo os conceitos estudados no ciclo de uma estrela. A construção da trilha terá perguntas sobre nebulosas, o sistema solar, o Sol, a evolução de uma estrela como o Sol e outras maiores que ele, e ciclo final da estrela. Além disso será abordado outros tópicos, como por exemplo, supernova, buraco negro, estrela anã branca.

Nome do jogo:

Trilha solar

Número de jogadores:

2 a 4 jogadores.

Material:

Um tabuleiro (modelo anexo);

Um dado;

1 peça de cor diferente para cada jogador (botão, tampinhas, entre outros);

24 cartões com perguntas sobre nebulosas, sistema solar, sol e ciclo de uma estrela.

Dos 24 cartões temos:

6 cartões azuis

6 amarelos

6 vermelhos

6 brancos.

A trilha tem quatro trechos de cores: azul, amarela, vermelha e branca. Ao longo do percurso da trilha é composto por quadrados de cores verde, cinza, laranja e rosa, nessa ordem. Cada trecho ainda tem um quadrado preto.

O trecho azul foi dedicado ao ciclo inicial da estrela, está relacionado as nebulosas.

O trecho amarelo foi direcionado ao Sol, está relacionado ao estudo do Sol, sistema solar.

O trecho vermelho foi preparado ao processo de gigante vermelha que o Sol passará no seu ciclo evolutivo, podemos relacionar ainda sobre nebulosas, tamanho da estrela, supernova etc.

Modo de jogar:

Os cartões ficam na mesa com a face para cima (em 4 pilhas de cartões de acordo com a cor azul, amarela, vermelha e branca);

Os jogadores lançam o dado (um de cada vez). Começa o jogador que tirou a maior quantidade;

Se acerta permanece na posição, caso contrário, retorna a posição anterior. Se a peça do participante cair no quadrado preto, não tem pergunta e retorna a posição que ocupava.

Ganha o jogador que chegar ao fim da trilha. Caso se determina uma quantidade de rodada de dado, o ganhador será o participante que estiver mais próximo do fim da trilha.

O primeiro jogador lança o dado e anda as casas, de acordo com o número indicado no dado. Faz a pergunta de acordo com trecho (azul, amarela, vermelha ou branca) e a cor do quadrado onde está a sua peça.

Para elaborar os cartões foram necessários selecionar algumas perguntas sobre o tema estudado e sua respectiva resposta para imprimir um cartão com perguntas e no verso as respectivas respostas.

Os cartões do trecho azul ficaram dessa forma:

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> Como é chamado popularmente berçário de estrelas, buraco negro, galáxia ou nebulosa?</p>	<p> Nebulosa.</p>
<p> As nuvens moleculares de hidrogênio, poeira, plasma e outros gases ionizado são chamadas de supernova, nebulosa ou buraco negro?</p>	<p> Nebulosa.</p>
<p> A nebulosa de Helix lembra que figura, um cavalo, um olho ou carangueijo?</p>	<p> Olho.</p>
<p> As estrelas se formam nas nebulosas. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> Quantos planetas constituem o Sistema Solar, 7, 8 ou 9?</p>	<p> Oito.</p>
<p> Qual o quinto planeta do Sistema Solar a contar a partir do Sol? Marte, Júpiter ou Saturno?</p>	<p> Júpiter.</p>
<p> Qual é oitavo planeta do Sistema Solar a contar a partir do Sol? Saturno, Urano ou Netuno?</p>	<p> Netuno.</p>
<p> A Via Láctea é uma galáxia em forma de disco em espiral onde o Sol se encontra no centro. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Falso.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>Os astrônomos utilizam a unidade ano-luz nas suas atividades de pesquisa. Essa unidade é utilizada para medir velocidade, distância ou tempo?</p>	Distância
<p>Qual é o elemento com aproximadamente com 90% de abundância cósmica? Oxigênio, hidrogênio ou Hélio?</p>	Hidrogênio
<p>Qual o nome da Galáxia onde podemos encontrar o Sistema Solar? Andrômeda, Via Láctea ou Nuvem de Magalhães?</p>	Via Láctea
<p>Qual o sistema planetário a que pertence o planeta Terra é Via Láctea, Sistema Solar ou Andrômeda?</p>	Sistema Solar

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>Qual é o chamado o objeto originado após a morte de uma estrela de dimensões gigantescas? Gigante vermelha, anã branca ou buraco negro?</p>	Buraco negro.
<p>O que o Sol na fase final da sua vida dará origem? Nebulosa planetária ou supernova?</p>	Nebulosa planetária
<p>Uma estrela de nêutrons é originada pela morte de uma estrela com massa superior a 8 massas solares, mas menos que 25 massas solares. Verdadeiro ou falso?</p>	Verdadeiro.
<p>As estrelas passam a maior parte da sua vida na Sequência principal, Gigante vermelha ou Supernova?</p>	Sequência principal.

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>Como é chamada a nuvem de matéria estelar expelida na fase final da evolução de uma estrela de pequena massa? Nebulosa planetária ou supernova?</p>	<p>Nebulosa planetária.</p>
<p>Como é denominado o objeto extremamente denso e com gravidade tão intensa que nem a própria luz consegue escapar, supernova ou buraco negro?</p>	<p>Buraco negro.</p>
<p>Uma supernova é uma explosão muito violenta que ocorre nas estrelas de grande massa no final da sua evolução. Verdadeiro ou falso?</p>	<p>Verdadeiro.</p>
<p>Como são chamadas as aglomerações de gases ionizados, hidrogênio, hélio, poeira cósmica e plasma nebulosa ou anã branca?</p>	<p>Nebulosa.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>As estrelas até oito massas solares na fase final da sua vida serão supernovas ou gigantes vermelhas?</p>	<p>Gigantes vermelhas</p>
<p>Qual é a cor das estrelas de maior massa do que o Sol na fase de sequência principal vermelha, azul ou branca?</p>	<p>Azul.</p>
<p>Como é chamada a explosão muito violenta que ocorre na fase final da evolução estelar de estrelas de grande massa? Gigante vermelha, anã branca ou supernova?</p>	<p>Supernova.</p>
<p>As estrelas formam-se a partir da contração dos gases e poeiras existentes nas gigantes vermelhas ou nebulosas?</p>	<p>Nebulosas.</p>

Os cartões do trecho amarelo ficaram dessa forma:

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>O Sol na fase final da sua vida dará origem a:</p> <p>a) um buraco negro b) Uma Anã branca e a uma nebulosa planetária c) uma supernova</p>	<p>b) Uma Anã branca e a uma nebulosa planetária.</p>
<p>Qual é estrela mais próxima da Terra: Sol, próxima Centauri ou Sirius?</p>	<p>Sol.</p>
<p>Qual é estrela mais próxima da Terra depois do Sol: Rigel, próxima Centauri ou Sirius?</p>	<p>Proxima Centauri</p>
<p>Na faixa da região habitável estão inseridos os planetas: Vênus e Terra ou Terra e Marte?</p>	<p>Terra e Marte;</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>O que representa Unidade Astronômica? É a distância da Terra para o Sol ou a distância da Terra a Lua?</p>	<p>É a distância da Terra para o Sol.</p>
<p>Qual é o valor aproximado da distância da Terra para o Sol em quilômetros? 150 mil ou 150 milhões?</p>	<p>150 milhões.</p>
<p>Quantos planetas igual a Terra caberiam dentro do Sol? 100 mil ou um milhão?</p>	<p>Um milhão.</p>
<p>Quantos planetas igual a Júpiter caberiam dentro do Sol? 10, 100 ou 1000?</p>	<p>1000.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>■ Considere o Sol como uma bola de basquete. Nesse caso a Terra seria como uma pequena bola de gude, tênis ou futebol de campo?</p>	<p>■ Uma pequena bola de gude.</p>
<p>■ Considere o Sol como uma bola de basquete. Nesse caso a Terra seria como uma pequena bola de gude, tênis ou futebol de campo?</p>	<p>■ Uma bola de tênis.</p>
<p>■ Qual é a distância da Terra para a estrela Próxima Centauri, aproximadamente em anos-luz, menos de 4 anos ou mais de 4 anos?</p>	<p>■ Mais de 4 anos-luz. (4,2 anos-luz).</p>
<p>■ Aproximadamente, Quanto tempo a luz solar completa o trajeto Sol -Terra, 8, 10 ou 15 minutos?</p>	<p>■ 8 minutos.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>■ Quanto tempo, a luz da estrela Próxima Centauri completa o trajeto Próxima Centauri Terra? 3,4 ou 4,2 anos?</p>	<p>■ 4,2 anos.</p>
<p>■ Se VY Canis Majoris ocupasse o lugar do nosso Sol no Sistema Solar, esta estrela gigante, tomaria o lugar de todos os planetas juntos com Marte, Júpiter ou Saturno?</p>	<p>■ Saturno.</p>
<p>■ Qual é temperatura, aproximada, do núcleo solar, 10, 12 ou 15 milhões de Kelvin?</p>	<p>■ 15 milhões de Kelvin.</p>
<p>■ As estrelas produzem a sua energia através de reações químicas, de fissão nuclear ou de fusão nuclear?</p>	<p>■ Fusão nuclear</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>Qual é a região do Sol onde a energia é produzida, por reações termonucleares, núcleo ou fotosfera?</p>	Núcleo.
<p>Qual é a temperatura, aproximada, da fotosfera solar, 4000, 5000 ou 6000 Kelvin?</p>	6000 Kelvin.
<p>Qual é a camada visível do Sol, Cromosfera, fotosfera ou zona convectiva?</p>	Fotosfera.
<p>Em estrelas como o Sol a fusão nuclear ocorre mediante o chamado ciclo pp (próton-próton) ou ciclo CNO (carbono, nitrogênio e oxigênio)?</p>	Ciclo pp (próton-próton)

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>No ciclo próton-próton ocorre a fusão do hidrogênio em hélio ou hélio em carbono?</p>	A fusão do hidrogênio em hélio.
<p>Qual é o tempo de vida estimado para o Sol 8, 10 ou 12 bilhões de anos?</p>	12 bilhões de anos.
<p>A radiação solar é o fluxo de energia emitida pelo Sol, ela é transmitida sob a forma de convecção ou radiação eletromagnética?</p>	Radiação eletromagnética.
<p>As estrelas mais quentes são de cor azul, amarela ou vermelha?</p>	Azul.

Os cartões do trecho vermelho ficaram dessa forma:

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> O Sol após consumir todo o seu hidrogênio se transformará numa estrela gigante azul, laranja ou vermelha?</p>	<p> Vermelha.</p>
<p> O Sol na fase final da sua vida dará origem a um buraco negro, verdadeiro ou falso?</p>	<p> Falso.</p>
<p> As estrelas de massa superior a oito vezes a massa do Sol morrem em grandes explosões chamadas de: Big Bang, supernovas ou nebulosas?</p>	<p> Supernovas.</p>
<p> No processo de gigante vermelha a zona habitável sofrerá alguma alteração? Sim ou não?</p>	<p> Sim.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> A gigante vermelha irá incinera o planeta Mercúrio. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> A sequência principal é etapa mais longa ou mais curta da vida da estrela?</p>	<p> Mais longa.</p>
<p> Quanto maior a massa, mais quente, mais azul e mais luminosa será a estrela, e menor será o seu tempo de vida. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma estrela vermelha é mais fria que uma estrela azul. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>As estrelas são agrupadas em faixas de temperatura que vão desde as estrelas quentes e azuis até estrelas vermelhas e frias. Verdadeiro ou falso?</p>	Verdadeiro.
<p>Quando o Sol se tornar uma gigante vermelha seu raio irá incorporar as orbitas de Mercúrio e Marte. Verdadeiro ou falso?</p>	Falso.
<p>As estrelas são agrupadas em faixas de temperatura que vão desde as estrelas quentes e vermelhas até estrelas azuis e frias, Verdadeiro ou falso?</p>	Falso.
<p>Com a expansão das camadas externas do Sol a zona habitável se afastará e ficará próximo a Júpiter até Saturno. Verdadeiro ou falso?</p>	Verdadeiro.

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>A temperatura superficial de uma gigante vermelha é relativamente baixa, geralmente não passando dos 5.000 K. Verdadeiro ou falso?</p>	Verdadeiro.
<p>Uma estrela que tem uma massa maior e tem maior quantidade de hidrogênio vive mais tempo. Verdadeiro ou falso?</p>	Verdadeiro.
<p>A temperatura superficial de uma gigante vermelha é relativamente alta, geralmente passando dos 5.000 K. Verdadeiro ou falso?</p>	Falso.
<p>Quando o Sol se tornar uma gigante vermelha seu raio irá incorporar as orbitas de Mercúrio e Vênus.</p>	Verdadeiro.

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> Durante a primeira fase de estrela gigante vermelha, o Sol vai ter esgotado no seu núcleo hidrogênio ou hélio?</p>	<p> Hidrogênio.</p>
<p> O Sol passará cerca de 10 bilhões de anos consumindo seu hidrogênio é o que chamamos supernova ou sequência principal?</p>	<p> Sequência principal.</p>
<p> O Sol passará cerca de 10 bilhões de anos na sequência principal através da fusão termonuclear transformando hidrogênio em hélio. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> A medida que consome o hidrogênio, o Sol nesse estágio cresce em luminosidade. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> As estrelas gigante vermelhas são estrelas muito grandes e não muito quentes na sua superfície. Elas resultam da expansão de estrelas quando as reações nucleares começam a ocorrer mais próximo à superfície dessas estrelas. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma estrela que tem uma luminosidade maior, perde mais energia e vive menos tempo. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Em relação ao Sol o que é que aparece primeiro: gigante vermelha, anã branca ou supernova?</p>	<p> Gigante vermelha</p>
<p> O Sol poderá se transformar numa supernova. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Falso.</p>

Os cartões do trecho branco ficaram dessa forma:

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> Quando o Sol se transformará numa estrela gigante vermelha após esgotar a fusão do hidrogênio em hélio. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O Sol está mais ou menos a metade de sua sequência principal. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O Sol se tornará uma gigante vermelha, crescendo absurdamente e queimando os planetas mercúrio, Vênus e a Terra. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O tempo gasto por uma estrela como uma gigante vermelha deve ser mais curto ou mais longo do que o período que ela gasta na sequência principal?</p>	<p> Mais curto.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> As estrelas com mais de 8 massa do Sol encerram seus ciclos com espetaculares explosões. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O Sol, após a fase de gigante vermelha se transformará em uma nebulosa planetária e uma anã branca. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma imensa nuvem difusa e fria é chamada de supernova, nebulosa planetária ou anã branca?</p>	<p> Nebulosa planetária.</p>
<p> um pequeno corpo celeste composto por um núcleo de carbono e ainda algum hélio e hidrogênio em fusão na crosta é a chamada de estrela de Nêutrons, anã branca ou buraco negro?</p>	<p> Anã branca.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> As estrelas de massa inicial menor do que 8 massas solares produzem nebulosas planetárias. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Estelas com massa de massa inicial maior do que 8 massas solares produzem supernovas. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Nas nebulosas planetárias e supernovas, os elementos químicos gerados nas estrelas são expulsos para o espaço; enriquecem a próxima geração de estrelas. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O produto final de uma estrela depende de sua massa inicial, assim com massa inicial inferior a 8 massa do Sol se transformará numa anã branca. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> O produto final de uma estrela depende de sua massa inicial, assim com massa entre 8 e 20 massas solares se transformará numa estrela de nêutrons. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O produto final de uma estrela depende de sua massa inicial, assim com massa inicial inferior a 20 massas solares se transformará num buraco negro. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Falso.</p>
<p> Uma estrela gigante vermelha é de baixa temperatura e alta luminosidade. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma estrela gigante vermelha é de baixa temperatura e baixa luminosidade. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Falso.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
 Dependendo da quantidade de matéria, uma estrela na fase de supernova, originada de uma gigante vermelha, transforma-se em uma estrela de nêutrons ou em um buraco negro. Verdadeiro ou Falso?	 Verdadeiro.
 A estrela de nêutrons e o buraco negro são sobra após a explosão de uma supernova. Verdadeiro ou Falso?	 Verdadeiro.
 Uma anã branca é uma estrela que se encontra numa fase inicial da evolução estelar. Verdadeiro ou Falso?	 Falso.
 Quanto menor a frequência do espectro visível maior é o comprimento de onda. Verdadeiro ou Falso?	 Verdadeiro.

PERGUNTAS	RESPOSTAS
 A densidade de uma anã branca é muito elevada, uma anã branca de uma massa solar tem um raio de aproximadamente a da Terra. Verdadeiro ou Falso?	 Verdadeiro.
 Massa de uma anã branca jamais ultrapassa 1,4 massas solares. Verdadeiro ou Falso?	 Verdadeiro.
 Uma gigante vermelha é uma estrela que se encontra numa fase inicial da evolução estelar. Verdadeiro ou Falso?	 Falso.
 Se a massa que sobra após a explosão de supernova for maior do que 3 massas solares, o que pode acontecer se a estrela inicialmente tinha uma maior do que 25 massas solares, então ela dará origem a um buraco negro, anã branca ou a uma estrela de nêutrons?	 Buraco negro.

Para construir os cartões é necessário um banco de dados, ou seja, com perguntas e respostas sobre os temas abordados. Para isso fiz para cada trecho da trilha um conjunto de 24 perguntas com as respectivas respostas, totalizando em 96

perguntas. O percurso da trilha é por cores verde, cinza, laranja e rosa. Todo trecho tem no percurso da trilha um quadrado preto, esse não tem pergunta, o participante do jogo retorna para casa que ocupava antes de jogar o dado.

Faixa Azul

1. Como é chamado popularmente berçário de estrelas, buraco negro, galáxia ou nebulosa?

Nebulosa.

2. As nuvens moleculares de hidrogênio, poeira, plasma e outros gases ionizado são chamadas de supernova, nebulosa ou buraco negro?

Nebulosa.

3. A nebulosa de Helix lembra que figura, um cavalo, um olho ou caranguejo?

Um olho.

4. As estrelas se formam nas nebulosas. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

5. Os astrônomos utilizam a unidade ano-luz nas suas atividades de pesquisa. Essa unidade é utilizada para medir velocidade, distância ou tempo?

Distância

6. Qual é o elemento com aproximadamente com 90% de abundância cósmica? Oxigênio, hidrogênio ou Hélio?

Hidrogênio

7. Qual o nome da Galáxia onde podemos encontrar o Sistema Solar? Andrômeda, Via Láctea ou Nuvem de Magalhães?

Via Láctea

8. Qual o sistema planetário a que pertence o planeta Terra?

Sistema Solar

9. Quantos planetas constituem o Sistema Solar, 7, 8 ou 9?

Oito. Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.

10. Qual o quinto planeta do Sistema Solar a contar a partir do Sol? Marte, Júpiter ou Saturno?

Júpiter.

11. Qual é oitavo planeta do Sistema Solar a contar a partir do Sol? Saturno, Urano ou Netuno?

Netuno.

12. A Via Láctea é uma galáxia em forma de disco em espiral onde o Sol se encontra no centro. Verdadeiro ou falso?

Falso.

13. Qual é o chamado o objeto originado após a morte de uma estrela de dimensões gigantescas? Gigante vermelha, anã branca ou buraco negro?

Buraco negro.

14. O que o Sol na fase final da sua vida dará origem?

Uma Anã branca e a uma nebulosa planetária

15. Uma estrela de nêutrons é originada pela morte de uma estrela com massa superior a 8 massas solares, mas menos que 25 massas solares. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

16. As estrelas passam a maior parte da sua vida na Sequência principal, Gigante vermelha ou Supernova?

Sequência principal

17. As estrelas até oito massas solares na fase final da sua vida serão:

Supergigantes vermelhas, Gigantes vermelhas ou Supernovas?

Gigantes vermelhas

18. Qual é a cor das estrelas de maior massa do que o Sol na fase de sequência principal vermelha, azul ou branca?

Azul.

19. Como é chamada a explosão muito violenta que ocorre na fase final da evolução estelar de estrelas de grande massa? Gigante vermelha, anã branca ou supernova?

Supernova

20. As estrelas formam-se a partir da contração dos gases e poeiras existentes nas:

a) Gigantes vermelhas **b) Nebulosas** c) Nuvens interestelares

21. Como é chamada a nuvem de matéria estelar expelida na fase final da evolução de uma estrela de pequena massa? Nebulosa planetária, supernova ou buraco negro?

Nebulosa planetária.

22. Como é denominado o objeto extremamente denso e com gravidade tão intensa que nem a própria luz consegue escapar? Nebulosa planetária, supernova ou buraco negro?

Buraco negro.

23. Uma supernova é uma explosão muito violenta que ocorre nas estrelas de grande massa no final da sua evolução. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

24. Como são chamadas as aglomerações de gases ionizados, hidrogênio, hélio, poeira cósmica e plasma? Gigante vermelha, anã branca ou nebulosa?

Nebulosa.

Faixa Amarela

1. O Sol na fase final da sua vida dará origem a:

a) um buraco negro

b) Uma Anã branca e a uma nebulosa planetária

c) uma supernova

2. Qual é estrela mais próxima da Terra: Sol, próxima Centauri ou Sirius?

Sol

3. Qual é estrela mais próxima da Terra depois do Sol: Rigel, próxima Centauri ou Sirius?

Proxima Centauri

4. Na faixa da região habitável estão inseridos os planetas: Vênus e Terra ou Terra e Marte?

Terra e Marte

5. O que representa Unidade astronômica?

É a distância da Terra para o Sol

6. Qual é o valor aproximado da distância da Terra para o Sol em quilômetros?

150 milhões ou $1,5 \times 10^8$ km

7. Quantos planetas iguais a Terra caberia dentro do Sol?

Um milhão.

8. Quantos planetas iguais a Júpiter caberia dentro do Sol?

1000.

9. Considere o Sol como uma bola de basquete. Nesse caso a Terra seria como uma pequena bola de gude, tênis ou futebol de campo?

Uma pequena bola de gude.

10. Considere o Sol como uma bola de basquete. Nesse caso a Terra seria como uma pequena bola de gude, tênis ou futebol de campo?

Uma bola de tênis.

11. Qual é a distância da Terra para a estrela Próxima Centauri, aproximadamente em anos-luz, menos de 4 anos ou mais de 4 anos?

4,2 anos-luz.

12. Quanto tempo, aproximadamente, a luz solar completa o trajeto Sol -Terra, 8, 10 ou 15 minutos?

8 minutos.

13. Quanto tempo, aproximadamente, a luz solar completa o trajeto Proxima Centauri -Terra?

4,2 anos.

14. Se VY Canis Majoris ocupasse o lugar do nosso Sol no Sistema Solar, esta estrela gigante, tomaria o lugar de todos os planetas juntos com Marte, Júpiter ou Saturno?

Saturno.

15. Qual é temperatura, aproximada, do núcleo solar, 10, 12 ou 15 milhões de Kelvin?

15 milhões de Kelvin.

16. As estrelas produzem a sua energia através de reações químicas, de fissão nuclear ou de fusão nuclear?

Fusão nuclear

17. Qual é a região do Sol onde a energia é produzida, por reações termonucleares.

Núcleo.

18. Qual é a temperatura, aproximada, da fotosfera solar, 4000, 5000 ou 6000 Kelvin

6000 Kelvin.

19. Qual é a camada visível do Sol, Cromosfera, fotosfera ou zona convectiva?

Fotosfera.

20. Em estrelas como o Sol a fusão nuclear ocorre mediante o chamado ciclo pp (próton-próton) ou ciclo CNO (carbono, nitrogênio e oxigênio)?

Ciclo pp (próton-próton)

21. No ciclo próton-próton ocorre a fusão do hidrogênio em hélio ou hélio em carbono?

A fusão do hidrogênio em hélio.

22. Qual é o tempo de vida estimado para o Sol 8, 10 ou 12 bilhões de anos?

12 bilhões de anos

23. A radiação solar é o fluxo de energia emitida pelo Sol, ela é transmitida sob a forma de convecção ou radiação eletromagnética?

Radiação eletromagnética

24. As estrelas mais quentes são de cor azul, amarela ou vermelha?

Azul

Faixa Vermelha

1. O Sol após consumir todo o seu hidrogênio se transformará numa estrela gigante azul, laranja ou vermelha?

Vermelha

2. O Sol na fase final da sua vida dará origem a um buraco negro, verdadeiro ou falso?

Falso.

3. As estrelas de massa superior a oito vezes a massa do Sol morrem em grandes explosões chamadas de: Big Bang, supernovas ou nebulosas?

Supernovas

4. No processo de gigante vermelha a zona habitável sofrerá alguma alteração? Sim ou não.

Sim.

5. A gigante vermelha irá incinerar o planeta Mercúrio. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

6. A sequência principal é etapa mais longa ou mais curta da vida da estrela?

Mais longa.

7. Quanto maior a massa, mais quente, mais azul e mais luminosa será a estrela, e menor será o seu tempo de vida. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

8. Uma estrela vermelha é mais fria que uma estrela azul. Verdadeiro ou Falso?

Verdadeiro.

9. As estrelas são agrupadas em faixas de temperatura (ou tipos espectrais) que vão desde as estrelas quentes e azuis, conhecidas como estrelas O, até estrelas vermelhas e frias, as chamadas estrelas M. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

10. As estrelas gigantes vermelhas são estrelas muito grandes e não muito quentes na sua superfície. Elas resultam da expansão de estrelas quando as reações nucleares começam a ocorrer mais próximo à superfície dessas estrelas. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

11. As estrelas são agrupadas em faixas de temperatura (ou tipos espectrais) que vão desde as estrelas quentes e vermelhas, conhecidas como estrelas O, até estrelas azuis e frias, as chamadas estrelas M. Verdadeiro ou falso?

Falso.

12. Com a expansão das camadas externas do Sol a zona habitável se afastará e ficará próximo a Júpiter até Saturno. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro

13. A temperatura superficial de uma gigante vermelha é relativamente baixa, geralmente não passando dos 5.000 K. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro

14. Quando o Sol se tornar uma gigante vermelha seu raio irá incorporar as orbitas de Mercúrio e Marte. Verdadeiro ou falso?

Falso.

15. A temperatura superficial de uma gigante vermelha é relativamente alta, geralmente passando dos 5.000 K. Verdadeiro ou falso?

Falso.

16. Quando o Sol se tornar uma gigante vermelha seu raio irá incorporar as orbitas de Mercúrio e Vênus. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

17. Durante a primeira fase de estrela gigante vermelha, o Sol vai ter esgotado no seu núcleo hidrogênio ou hélio?

Hidrogênio

18. O Sol passará cerca de 10 bilhões de anos consumindo seu hidrogênio é o que chamamos supernova ou sequência principal?

Sequência principal.

19. O Sol passará cerca de 10 bilhões de anos na sequência principal através da fusão termonuclear transformando hidrogênio em hélio. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

20. À medida que consome o hidrogênio, o Sol nesse estágio cresce em luminosidade. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

21. Uma estrela que tem uma massa maior e tem maior quantidade de hidrogênio vive mais tempo. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

22. Uma estrela que tem uma luminosidade maior, perde mais energia e vive menos tempo. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

23. Em relação ao Sol o que é que aparece primeiro: gigante vermelha, anã branca ou supernova?

Gigante vermelha

24. O Sol poderá se transformar numa supernova. Verdadeiro ou falso?

Falso.

Faixa Branca

1. Quando o Sol se transformará numa estrela gigante vermelha após esgotar a fusão do hidrogênio em hélio. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

2. O Sol está mais ou menos a metade de sua sequência principal (período em que a fusão nuclear transforma hidrogênio em hélio). Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

3. O Sol se tornará uma gigante vermelha, crescendo absurdamente e queimando os planetas mercúrio, Vênus e a Terra. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

4. O tempo gasto por uma estrela como uma gigante vermelha deve ser mais curto ou mais longo do que o período que ela gasta na sequência principal?

Mais curto.

5. As estrelas de massa oito vezes maior do que a do Sol encerram seus ciclos com espetaculares explosões? Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

6. Após a fase de gigante vermelha o Sol se transformará em uma nebulosa planetária e uma anã branca ou em uma nebulosa planetária e uma estrela de nêutrons?

Nebulosa planetária e uma anã branca

7. Uma imensa nuvem difusa e fria é chamada de supernova, nebulosa planetária ou anã branca?

Nebulosa planetária.

8. um pequeno corpo celeste composto por um núcleo de carbono e ainda algum hélio e hidrogênio em fusão na crosta é a chamada de estrela de Nêutrons, anã branca ou buraco negro?

Anã branca.

9. As estrelas de massa inicial menor do que 8 massas do Sol produzem nebulosas planetárias. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

10. Estelas com massa de massa inicial maior do que 8 Massas do Sol produzem supernovas. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

11. Nas nebulosas planetárias e supernovas, os elementos químicos gerados nas estrelas são expulsos para o espaço; “enriquecem” a próxima geração de estrelas. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

12. O produto de uma estrela depende de sua massa inicial, assim com massa inicial inferior a 8 massas solares se transformará numa anã branca. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

13. O produto final de uma estrela depende de sua massa inicial, assim com massa entre 8 e 20 massas solares se transformará numa estrela de nêutrons. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

14. O produto de uma estrela depende de sua massa inicial, assim com massa inicial inferior a 20 massas solares se transformará num buraco negro. Verdadeiro ou falso?

Falso.

15. Uma estrela gigante vermelha é de baixa temperatura e alta luminosidade. Verdadeiro ou Falso?

Verdadeiro.

16. Uma estrela gigante vermelha é de baixa temperatura e baixa luminosidade. Verdadeiro ou Falso?

Falso.

17. Dependendo da quantidade de matéria, uma estrela na fase de supernova, originada de uma gigante vermelha, transforma-se em uma estrela de nêutrons ou em um buraco negro. Verdadeiro ou Falso?

Verdadeiro.

18. A estrela de nêutrons e o buraco negro são sobra após a explosão de uma supernova. Verdadeiro ou Falso?

Verdadeiro.

19. Se a massa que sobra após a explosão de supernova for maior do que 3 massas solares, o que pode acontecer se a estrela inicialmente tinha uma maior do que 25

massas solares, então ela dará origem a um buraco negro, anã branca ou a uma estrela de nêutrons?

Buraco negro.

20. Quanto menor a frequência do espectro visível maior é o comprimento de onda. Verdadeiro ou Falso?

Verdadeiro.

21. A densidade de uma anã branca é muito elevada, uma anã branca de uma massa solar tem um raio de aproximadamente a da Terra. Verdadeiro ou Falso?

Verdadeiro.

22. Massa de uma anã branca jamais ultrapassa 1,4 massas solares. Verdadeiro ou Falso?

Verdadeiro.

23. Uma gigante vermelha é uma estrela que se encontra numa fase inicial da evolução estelar. Verdadeiro ou Falso?

Falso.

24. Uma anã branca é uma estrela que se encontra numa fase inicial da evolução estelar. Verdadeiro ou Falso?

Falso.

Pré-teste

O pré-teste foi utilizado com a finalidade de analisar as dificuldades e os conhecimentos dos estudantes, para que assim fosse possível uma posterior interação entre os conhecimentos prévios dos aprendizes e os conhecimentos novos abordados sobre o conteúdo, favorecendo assim, a aprendizagem significativa. Esta atividade abordará também a importância e a necessidade de o pré-teste ser usado como estratégia de ensino, a fim de avaliar os conhecimentos dos aprendizes.

Elaboração do pré-teste

Nome:

Série:

Leia com atenção e responda cada questão indicando a alternativa correta

1. Como é chamado popularmente berçário de estrelas?

- a) buraco negro
- b) galáxia
- c) nebulosa
- d) quasar

2. Os astrônomos utilizam a unidade ano-luz nas suas atividades de pesquisa. Essa unidade é utilizada para medir:

- a) velocidade
- b) distância
- c) tempo
- d) massa

3. Qual é o elemento com aproximadamente com 90% de abundância cósmica?

- a) oxigênio
- b) hidrogênio
- c) hélio
- d) carbono

4. Uma estrela de nêutrons é originada pela morte de uma estrela com massa:

- a) superior a 8 massas solares, mas menos que 25 massas solares.
- b) inferior a 8 massas solares
- c) superior a 10 massas solares, mas inferior que 20 massas solares
- d) inferior a 10 massas solares

5. As estrelas passam a maior parte da sua vida na:

- a) sequência principal
- b) gigante vermelha
- c) supernova
- d) anã branca

6. Como é chamada a explosão muito violenta que ocorre na fase final da evolução estelar de estrelas de grande massa?

- a) gigante vermelha
- b) anã branca
- c) supernova
- d) buraco negro

7. Como é chamada a nuvem de matéria estelar expelida na fase final da evolução de uma estrela de pequena massa?

- a) nebulosa planetária
- b) supernova
- c) buraco negro
- d) estrela de nêutrons

8. O Sol na fase final da sua vida dará origem a:

- a) um buraco negro
- b) Uma Anã branca e a uma nebulosa planetária
- c) uma supernova
- d) supernova

9. Como é denominado o objeto extremamente denso e com gravidade tão intensa que nem a própria luz consegue escapar?

- a) nebulosa planetária
- b) supernova
- c) buraco negro
- d) estrela de nêutrons

10. Qual é estrela mais próxima da Terra?

- a) Sol
- b) Próxima Centauri
- c) Rigel
- d) Sirius

11. O que representa Unidade astronômica?

- a) é a distância da Terra para o Sol
- b) é a distância da Terra para a Lua
- c) é a distância da Terra para a Marte
- d) é a distância da Terra para Júpiter

12. Considere o Sol como uma bola de basquete. Nesse caso a Terra seria:

- a) como uma pequena bola de gude
- b) uma bola de tênis
- c) uma bola futebol de campo
- d) uma bola de sinuca

13. Quanto tempo, aproximadamente, a luz solar completa o trajeto Sol -Terra?

- a) 15 minutos
- b) 10 minutos
- c) 9 minutos
- d) 8 minutos

14. Qual é temperatura, aproximada, do núcleo solar

- a) 10 milhões de Kelvin
- b) 12 milhões de Kelvin
- c) 15 milhões de Kelvin
- d) 20 milhões de Kelvin

15. As estrelas produzem a sua energia através de reações químicas:

- a) fissão nuclear
- b) fusão nuclear
- c) combustão

d) irradiação

16. Qual é o tempo de vida estimado para o Sol em bilhões de anos?

- a) 8
- b) 10
- c) 12
- d) 15

17. Dependendo da quantidade de matéria, uma estrela na fase de supernova, originada de uma gigante vermelha, transforma-se em uma estrela de nêutrons ou em um buraco negro.

- a) Verdadeiro
- b) Falso

18. A estrela de nêutrons e o buraco negro são sobra após a explosão de uma supernova.

- a) Verdadeiro
- b) Falso

19. A radiação solar é o fluxo de energia emitida pelo Sol, ela é transmitida sob a forma de:

- a) convecção
- b) radiação eletromagnética
- c) fusão
- d) combustão

20. Dependendo da quantidade de matéria, uma estrela na fase de supernova, originada de uma gigante vermelha, transforma-se em uma estrela de nêutrons ou em um buraco negro.

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Experimento sobre Radiação de Corpo Negro

A radiação de corpo negro, ou radiação térmica, é a radiação emitida por qualquer corpo a partir de sua energia interna. As características desta radiação dependem apenas da temperatura absoluta do corpo. Um corpo negro ideal absorve toda a radiação incidente. (por isso é negro na temperatura ambiente). Sua refletividade é nula e a emissividade, portanto é $\epsilon = 1$. Segundo a Lei de Kirchhoff “num corpo negro ideal, em equilíbrio termodinâmico a temperatura T , a radiação total emitida deve ser igual à radiação total absorvida”. Este experimento tem, por objetivo, ilustrar a radiação de “corpo negro”, no caso, de duas latas de alumínio pintadas, uma de preto, outra de branco, absorvendo radiação de uma lâmpada de 100W de potência, ligada próxima às latas.

Para o experimento foram utilizadas duas latas de alumínio (de cerveja), pintadas, uma de preto e outra de branco, com tinta têmpera. As latas foram pintadas tanto pelo lado de dentro como de fora. O aparato experimental foi montado da seguinte maneira: uma lâmpada de 100W ligada num suporte em cima de um porta-canetas. A mais ou menos 10 cm de distância da lâmpada, ficava uma caixa com as duas latas em cima, localizadas simetricamente distantes da lâmpada. Um suporte para os termômetros foi feito de forma a localizar o termômetro na mesma posição em relação a lata da seguinte maneira: uma régua com furos onde era possível apoiar o termômetro igualmente dentro de cada uma das latas. Com o cronômetro do celular, foram anotados os valores da temperatura marcada nos termômetros a cada minuto com a lâmpada ligada, conforme tabela 1, a seguir. Após verificar algumas repetições de temperatura, a lâmpada foi desligada, anotando também, os valores de temperatura minuto a minuto, para cada uma das latas. As imagens a seguir mostram a montagem do experimento:



Figura 1: montagem geral do experimento



Figura 2: suporte do termômetro

Resultados

As mediadas de tempo resultaram na tabela abaixo, cujos valores de temperatura são dados em graus celsius.

Com a lâmpada ligada

Tempo (segundos)	Temperatura (°C)	
	Lata branca	Lata preta
0		
30		
60		
90		
120		

Com a lâmpada ligada

Tempo (segundos)	Temperatura (°C)	
	Lata branca	Lata preta
0		
30		
60		
90		
120		

Conclusões

Apesar de os valores obtidos não serem excelentes devido a imprecisões na medida e principalmente pelo fato de ter sido utilizado um termômetro de mercúrio¹, ao final do experimento foi possível responder, qualitativamente, as questões solicitadas na tarefa:

1. Qual das latas se aquece mais rapidamente?

- a) a lata branca
- b) a lata preta

Claramente que pelos valores medidos que a lata preta aqueceu mais rapidamente.

2. A que aquece mais depressa é também a que esfria mais depressa.

Verdadeiro ou falso?

- a) verdadeiro
- b) falso

Sim, a lata preta também apresentou um resfriamento mais rápido que a lata branca.

3. Qual das afirmações é verdadeira?

- a) a lata branca reflete mais luz, porque por absorver menos energia é absorvida fazendo com que sua temperatura interna aumente menos que a da lata preta.
- b) a lata preta reflete mais luz, porque por absorver menos energia é absorvida fazendo com que sua temperatura interna aumente menos que a da lata branca.

Concluimos que a lata branca reflete mais luz, porque por absorver menos (e refletir mais), menos energia é absorvida fazendo com que sua temperatura interna aumente menos que a da lata preta.

4. Qual delas irradia mais luz?

- a) a lata branca
- b) a lata preta
- c) nenhuma das duas latas

Nenhuma das duas irradia luz. A quantidade de energia que absorvem, é suficiente apenas para elevar a temperatura da lata, e após, irradiar em forma de calor.

5. Qual delas transforma mais luz em calor?

- a) a lata branca
- b) a lata preta

Como concluimos que, para um mesmo intervalo de tempo, a lata preta absorveu mais energia, logo, ao desligar a lâmpada ela irá equilibrar a sua temperatura interna com a externa emitindo radiação em forma de calor.

6. O que você acha que ocorre com a luz que incide na lata preta?

- a) a luz é absorvida mais eficientemente que na lata branca, provoca um aumento de temperatura no interior da lata e é emitida em forma de radiação infravermelha após ser desligada a lâmpada.
- b) a luz é absorvida menos eficientemente que na lata branca, provoca uma diminuição de temperatura no interior da lata e é emitida em forma de radiação infravermelha após ser desligada a lâmpada.

Ela é absorvida mais eficientemente que na lata branca, provoca um aumento de temperatura no interior da lata e é emitida em forma de radiação infravermelha após ser desligada a lâmpada.

7. O que você acha que acontece com a grande parte da energia que a Terra recebe do Sol em forma de luz visível?

- a) deve acontecer semelhante ao que acontece nas latas, uma boa parte da luz é refletida pelo planeta, enquanto a outra parte é absorvida e utilizada para aumentar e manter a temperatura da Terra agradável.

b) deve acontecer diferentemente ao que acontece nas latas, uma boa parte da luz é refletida pelo planeta, enquanto a outra parte é absorvida e utilizada para aumentar e manter a temperatura da Terra agradável.

Deve acontecer semelhante ao que acontece nas latas, uma boa parte da luz é refletida pelo planeta, enquanto a outra parte é absorvida e utilizada para aumentar e manter a temperatura da Terra agradável.

2 – Metodologia

Inicialmente foi apresentado um panorama geral sobre a física solar e propôs aos alunos a realização de seminários em grupos sobre alguns temas relativos a física solar. Os seminários apresentados cobriram grande parte dos temas da física solar e astronomia. Durante e após as apresentações, visando socializar o conhecimento, a interação do professor mediando o processo de ensino aprendizagem objetivando aprofundar os conceitos apresentados e estimular os estudantes a socializar, interagir e compartilhar informações.

Em geral os temas relacionados à astronomia tendem a despertar o interesse dos estudantes, assim muitas vezes os debates extrapolaram os conceitos previamente apresentados, gerando um ambiente muito agradável e enriquecedor para a construção do conhecimento. Por exemplo, a fotografia do buraco negro gerou debates sobre a sua natureza. Na evolução do Sol e seus estágios de gigante vermelha e anã branca, utilizamos documentários científicos com modelos computacionais apresentados com recursos gráficos explorados nos vídeos. Esses vídeos têm depoimentos de diversos físicos renomados sobre física solar, fusão, nebulosa, gigante vermelha, nova, supernova, buraco negro, anã branca e outros temas do estudo das estrelas. Além de propor a construção de maquetes para comparar o Sol com outras estrelas dando a ideia do seu tamanho. Comparando com os planetas do sistema solar mostrará que a evolução do Sol queimará vários planetas.

Outra atividade prática foi à construção de um espectroscópio de baixo custo e depois o uso do equipamento para estimar a temperatura da superfície do Sol (fotosfera solar). Na sala de aula essas atividades práticas intermediaram uma aproximação entre o conhecimento científico e o mundo cotidiano do aluno. Para a construção do espectroscópio foi apresentado que o Sol, assim com as demais estrelas, possui uma assinatura química, como se fosse uma impressão digital, e que para enxergar esta assinatura é necessário dispor de dispositivos que decompõem a luz emitida pelo Sol (espectro solar), ou seja, o espectroscópio. A construção do espectroscópio foi realizada com materiais de baixo custo. A construção artesanal do espectroscópio possibilitou aos estudantes um contato, mesmo que de forma amadora, com uma das ferramentas mais poderosas que os astrônomos dispõem atualmente para estudar o céu, a espectroscopia. A partir da espectroscopia é que astrônomos obtêm grande número de informações a respeito de astro distante. Para a montagem do espectroscópio foram utilizados: fita isolante, fita adesiva, CD, cola, régua, estilete, tesoura, um tubo de PVC de 15 cm pintado com tinta preta ou tubo de papelão (tubo de papel toalha) revestido com papel color set preto. De posse dos materiais os alunos em grupo, orientados pelo professor, seguiram algumas etapas para a construção do espectroscópio. A primeira etapa foi fazer duas tampas para o cilindro (tubo de PVC), sendo uma com uma fenda central (2 cm x 1 mm) e outra com um orifício no centro (1 cm²). Em seguida os alunos retiraram a película refletora do CD e recortaram (utilizando as bordas do CD, local onde as linhas de gravação são mais paralelas) um quadrado de 2 cm² colando-o sobre a tampa com o orifício quadrado (Figura 8c). Finalmente foram coladas as tampas sobre o tubo de PVC, tomando o cuidado de deixar a fenda de uma tampa alinhada com o orifício quadrado da outra tampa, e isolando bem para evitar frestas que possibilitassem a entrada de luz por outro caminho senão a fenda da tampa.

3 – Considerações Finais

O Sol exerce é essencial para a existência e manutenção da vida em nosso planeta. Assim, estudar este tema em sala de aula permitiu explorar outros conceitos em várias áreas do conhecimento como astronomia, física moderna, química e matemática e desta forma promover conexões, dúvidas e questionamentos. Permitiu ainda debater com os estudantes diversos conceitos científicos sobre o Sol, buraco

negro, devido a famosa fotografia amplamente divulgada na imprensa, e o estágio final da nossa estrela.

Articular os diversos saberes e promover esse debate na sala de aula favorece o desenvolvimento do processo de ensino aprendizagem. Assim, a física que é ensinada na escola deve ser pensada como um elemento básico para a compreensão e a ação no mundo contemporâneo e para a satisfação cultural do cidadão de hoje. Neste contexto, trabalhar a física moderna a partir da física solar (com uma abordagem teórica e prática), foi muito gratificante, visto a grande aceitação e motivação dos alunos no desenvolvimento das atividades e os resultados obtidos com os experimentos.

Enfim, acreditamos que a busca por temas que propiciem um ensino contextualizado, no qual o aluno possa vivenciar, aprender e discutir com a integração de diferentes disciplinas possibilita a compreensão do tema trabalhado em seus diferentes aspectos, sejam eles de cunho humanístico ou científicos, não limitando o conhecimento a fronteiras disciplinares e a uma visão fragmentada das ciências.

4. Estudo da física solar e estimando a temperatura da fotosfera do Sol

Esse estudo relata o estudo da física Solar e o cálculo estimado da temperatura da fotosfera solar. foi necessário inicialmente apresentar para os estudantes alguns conceitos físicos relacionados a termodinâmica e física moderna. Esta atividade tem o objetivo de estimar a temperatura da superfície solar a partir de uma montagem simples utilizando materiais de baixo custo entre eles, uma lata de alumínio, tinta preta, termômetro, proveta 100 ml e um smartphone. A lata foi pintada com uma tinta preta, e colocando água na lata para expor ao Sol, considerando a lata um corpo negro, assim como, o próprio Sol. Foi possível os estudantes estimar a temperatura da fotosfera solar. Foi considerando que a fração de radiação que atinge a lata é proporcional à radiação emitida pelo Sol na distância Terra-Sol.

Assim foram tomados vários procedimentos para a realização do experimento, como por exemplo, o tempo de exposição da lata preta a luz solar, as medidas de

temperatura da água (no início e no fim do experimento) e a massa da água. Considerando outros detalhes como, por exemplo, a área de uma esfera com o raio igual à distância Terra-Sol ($r = 1,5 \times 10^{13}$ cm), a área da lata e a área da esfera.

A próxima etapa foi calcular a energia total irradiada pelo Sol por unidade de tempo ou potência total solar irradiada. Para tanto a energia absorvida pela lata foi dividida pelo tempo que a mesma foi exposta ao Sol, de modo a obter a potência. Utilizando os conceitos de corpo negro, particularmente a lei de Stefan-Boltzmann para o cálculo desta estimativa. Após os cálculos foram realizadas uma comparação com a média dos valores encontrados pelos grupos para a temperatura da fotosfera e o resultado do valor de referência para a temperatura da fotosfera solar.

O resultado deste experimento depende muito do local onde a experiência é realizada, uma vez que as condições atmosféricas podem interferir. A partir dessa atividade foram discutidos diversos aspectos de nossa estrela com os estudantes dando uma visão mais ampla e desfragmentada do estudo da física solar e da termodinâmica. Esta atividade em sala de aula permitiu explorar e articular outras áreas do conhecimento, e desta forma promover o processo de ensino-aprendizagem interdisciplinar e questionador. Permitiu ainda discutir com os estudantes diversos conceitos científicos sobre o Sol, fusão nuclear, corpo negro penetrando em tópicos da ciência muito vivenciados, porém, pouco discutidos em sala de aula. Foi possível trabalhar a física moderna a partir da física solar em sala de aula.

Estimando a temperatura da fotosfera solar

Para a determinação da temperatura da fotosfera solar, foi necessário o professor inicialmente trabalhar com os alunos alguns conceitos relacionados à calorimetria e o conceito de corpo negro, assim trabalhou com os alunos conceitos físicos de termodinâmica básica e física moderna. Esta atividade tem o objetivo que é estimar a temperatura da superfície solar a partir de uma montagem simples utilizando materiais de baixo custo (uma lata de alumínio pintada de preto, termômetro, proveta 100 ml, cronômetro e calculadora).

Nesta montagem, a lata cilíndrica preta com água, exposta ao Sol, pode ser considerada um corpo negro. E a fração de radiação que atinge a lata pode ser considerada proporcional à radiação emitida pelo Sol na distância Terra-Sol. Entendendo o Sol como um corpo negro e realizando alguns cálculos envolvendo conceitos de calorimetria e corpo negro, foi possível aos alunos estimarem a temperatura da fotosfera solar.

No que se referem aos procedimentos experimentais, os alunos orientados pelo professor, não apresentaram grandes dificuldades. Inicialmente os alunos determinaram a massa de água (m) colocada na lata e sua temperatura inicial (T_i). A lata ficou exposta ao Sol por aproximadamente 5 minutos (Δt), então foi medida a temperatura final da água (T_f).

Conhecida a massa de água e a variação de temperatura, determinou-se a quantidade de calor recebida pela água $E_{\text{água}} = mc(T_f - T_i)$, em J/s. Destacamos que não foi considerado o calor recebido pela lata, uma vez que a massa da lata é ínfima em relação à massa de água utilizada e o calor específico da lata também é pequeno em relação o da água. Considerando que a fração de radiação que atinge a lata é proporcional à radiação emitida pelo Sol na distância Terra-Sol, tem-se que a energia total irradiada pelo Sol pode ser $A E = E$, onde A corresponde à área de uma esfera com o raio igual à distância Terra-Sol e A lata é a área longitudinal da lata, ou seja, o diâmetro multiplicado pela altura (dxh). Sabendo-se que a energia irradiada pelo Sol se propaga igualmente em todas as direções e sabendo o valor da distância Sol -Terra ($r = 1,5 \times 10^{13}$ cm), os alunos calcularam a área da esfera que a energia irradiada solar atravessa $A = 4\pi r^2$. O passo seguinte foi calcular a energia total irradiada pelo Sol por unidade de tempo ou potência total solar irradiada. Para tanto a energia absorvida pela lata foi dividida pelo tempo que ela foi exposta ao Sol, de modo a obter a potência.

Como resultados, percebemos que a média dos valores encontrados para a potência irradiada pelo Sol foi de aproximadamente $P \times W_{\text{total}} = 3,5 \times 10^{26}$ W, ficando na mesma ordem de grandeza do valor de referência. Estima-se hoje que a energia responsável pela luminosidade do Sol é da ordem de $P = 3,8 \times 10^{26}$ W.

A partir do cálculo da potência irradiada pelo Sol, e considerando o Sol como um corpo negro, os alunos estimaram a temperatura da fotosfera solar usando alguns conceitos de corpo negro, particularmente a “lei de Stephan-Boltzmann” $P = \sigma T^4$ onde $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W / m}^2 \text{ K}^4$. Para o cálculo desta estimativa, inicialmente os alunos dividiram a potência irradiada pela área do Sol (/) P / A total (raio do Sol é de aprox. $6,96 \times 10^8 \text{ m}$), assim, consideraram o Sol como sendo uma esférica que irradia igualmente em todas as direções. Por fim calcularam a temperatura da fotosfera solar a partir da equação:

$$T = \sqrt[4]{\frac{P/A}{\sigma}}$$

A média dos valores encontrados pelos grupos para a temperatura da fotosfera solar foi de aproximadamente $T = 5645 \text{ K}$. Resultado considerado satisfatório, visto que ficou bem próximo do valor de referência para a temperatura da fotosfera solar, $T = 5780 \text{ K}$ (Silva, 2006), ou seja, um erro de aproximadamente 2,3 %. Como bem sinaliza Aroca (2009), o resultado deste experimento depende muito do local onde a experiência é realizada, uma vez que as condições atmosféricas podem interferir. A maior dificuldade apresentada pelos alunos na realização deste experimento foi a tomada de medidas e a “manipulação” matemática dos dados experimentais. Tais dificuldades evidenciaram as dificuldades que muitos alunos apresentam em disciplinas básicas, como a matemática. Esta constatação levou o professor de matemática a desenvolver com os alunos algumas ações específicas, englobando tópicos disciplinares como potenciação, fatoração, Algarismos significativos e geometria, e relacionando-as com a proposta de trabalho interdisciplinar. Algumas indagações serviram de guia para este trabalho, como: Quão longe de nós está o Sol? E as outras Estrelas? Que conclusões podem ser extraídas da relação entre a potência total solar (experimento de física) e potência gerada pelas usinas de energia elétrica? No entanto, adiantamos que uma análise superficial dos textos nos mostra que os mesmos articulam e englobam com bastante riqueza de detalhes todos os blocos de ensino trabalhados, o que evidencia o empenho e a motivação dos alunos para com as atividades trabalhadas e o caráter interdisciplinar desta abordagem. Enfim, tendo em vista o objetivo enunciado pelos PCN no qual a interdisciplinaridade tem a pretensão de utilizar os conhecimentos de várias

disciplinas para compreender um determinado fenômeno sob diferentes pontos de vista, acreditamos que esta proposta alcançou êxito, uma vez que foi possível, a partir de um trabalho conjunto entre professores e disciplinas, discutir diversos aspectos de nossa estrela com os alunos, o que, de modo geral, culminou em uma visão mais ampla e desfragmentada das ciências.

Comentários finais

O estudo do Sol embora importante do ponto de vista científico, raramente é ensinado nas escolas brasileiras, seja na Educação Básica ou em cursos de formação de professores, neste sentido esperamos com este texto contribuir para mudar este quadro. Explorar este tema em sala de aula permitiu penetrar em várias áreas do conhecimento, e desta forma promover um ensino interdisciplinar e questionador. Permitiu ainda discutir com os alunos diversos conceitos científicos sobre o Sol, penetrando em tópicos da ciência muito vivenciados, porém, pouco discutidos em sala de aula. Este panorama foi fundamental para um novo olhar do estudante para as ciências, ou seja, para uma visão não fragmentada da ciência. Em relação aos professores participantes, estes foram unânimes em relatar que trabalhar o tema Sol de modo interdisciplinar foi gratificante e desafiador, uma vez que propiciou estudá-lo sob vários olhares, científico, tecnológico e também social. Fato que raramente é realizado pelas escolas brasileiras, seja na Educação Básica (devido a não flexibilidade dos currículos) ou em cursos de formação de professores. No que tange ao bloco de ensino de física, o qual nós elegemos para uma análise e discussão mais intensa, concluímos que é possível trabalhar a física moderna a partir da solar em sala de aula, o que ficou evidente a partir da grande aceitação e motivação dos alunos no desenvolvimento das atividades, o que refletiu diretamente nos resultados obtidos com os experimentos. Compartilhamos com Pietrocola (2005) que a física como conhecimento só poderá ser integrada ao patrimônio intelectual dos alunos caso possa ser percebida em relação ao mundo que nos cerca, neste sentido, acreditamos que a busca por temas que propiciem um ensino contextualizado, no qual o aluno possa vivenciar, aprender e discutir com a integração de diferentes disciplinas possibilita ao compreensão do tema trabalhado em seus diferentes aspectos, sejam eles de cunho humanístico ou científicos. Enfim, é importante enfatizar que outras disciplinas curriculares poderiam fazer parte desta

proposta de trabalho, por exemplo: Artes (construções artísticas relacionadas ao Sol), Inglês (textos extraídos de periódico, como *Solar Physics*), Português (Filme “2012” como base para redações), História (o Sol em diferentes sociedades), etc., porém problemas de ordem técnica (disponibilidades dos professores, currículos...) acabaram viabilizando alguns trabalhos. Agradecemos o apoio e a participação de todos os colegas professores que prontamente acolheram a proposta de trabalhar com seus alunos este tema tão fascinante e presente no cotidiano de todos nós: o Sol.

A construção do conhecimento científico no processo de aprendizagem

A necessidade de analisar e compreender o mundo a sua volta sempre esteve presente na história do homem. Através de concepções animistas, míticas, religiosas ou por intermédio do método científico, a humanidade tem interpretado os fenômenos físicos ao seu redor. Enquanto as outras cosmovisões são incorporadas e transmitidas a partir da crença nas tradições culturais e nas experiências sensoriais, os conhecimentos filosóficos e científicos se baseiam na lógica racional e na experimentação dialógica.

Não se pode mensurar ou valorar os tipos de conhecimentos obtidos a partir destas diferentes vertentes ideológicas, o que se pode estabelecer é um diagnóstico de como tal componente cognitivo é construído, e de que maneira este dialoga com outras fontes de produção de saberes, sejam eles científicos ou não.

O Conhecimento humano tem origem na atividade empírica em todas as fases de seu desenvolvimento, no entanto, a maneira como processa e interpreta estas experiências obedece a uma construção racional baseada em valores e ideias pré-concebidas de caráter abstrato e especulativo. Um dos principais expoentes fundadores da filosofia do conhecimento, Kant (2007) diagnóstica que:

Podemos afirmar que todos os nossos conhecimentos têm origem em nossa experiência. Se fosse ao contrário por meio do que a faculdade de conhecimento deveria ser exercida senão por objetos que tocam nossos

sentidos e em parte produzem por si mesmos representações, em parte colocam em movimento a atividade do nosso entendimento para compará-las, reuni-las ou separá-las e, dessa maneira, proceder à elaboração da matéria informe das impressões sensíveis até um conhecimento das coisas, o que se denomina experiência? Portanto, no tempo nenhum conhecimento antecede a experiência; todos começam por ela. (KANT,2007, p.05).

Nesta perspectiva, compreender os mecanismos, as etapas e as interações no processo de construção do conhecimento, é o primeiro passo para a promoção de uma estratégia pedagógica eficiente e que resulte numa maior autonomia discente.

As teorias da aprendizagem e a busca pela compreensão da construção do conhecimento.

Influenciados fortemente pela filosofia do conhecimento, e pelo desenvolvimento e autonomia da psicologia da aprendizagem, muitos estudiosos se debruçaram em investigar e estabelecer os fundamentos da construção cognitiva. A Esse trabalho investiga como se desenvolve o processo de formação de uma aprendizagem realmente significativa.

A aprendizagem significativa de David Ausubel

Despertar o interesse dos discentes e verificar se estes estão em fase de construção de um conhecimento científico sólido sobre determinadas temáticas propostas, é o desafio de todo professor na atualidade. É a partir deste prisma que se propagam as ideias de Ausubel. A aprendizagem significativa na perspectiva de Ausubel é aquela que leva em consideração as concepções prévias e sua interação com novos saberes, de modo a proporcionar uma, compreensão significativa para o sujeito. De acordo com Moreira (2011):

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-litera, não ao pé da letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. (MOREIRA,2011, p.08).

Verificar e considerar os conhecimentos prévios e como estes se relacionam na estrutura cognitiva do estudante, constitui, o primeiro passo para a promoção da construção de uma aprendizagem significativa. Outro termo utilizado para designar estas concepções iniciais dos estudantes é o vocábulo *subsunçor*, que nas palavras de Moreira (2011):

Em termos simples, *subsunçor* é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles. O *subsunçor* pode ter maior ou menor estabilidade cognitiva, pode estar mais ou menos diferenciado, ou seja, mais ou menos elaborado em termos de significados. Contudo, como o processo é interativo, quando serve de ideia-âncora para um novo conhecimento, ele próprio se modifica adquirindo novos significados, corroborando significados já existentes. (op cit, p.14).

A aprendizagem significativa com construída, conforme preceitua Ausubel, quando um novo conceito adquire significado para o aprendente, através de uma espécie de amarração em aspectos relevantes da estrutura cognitiva pré-existente do indivíduo, de maneira clara e objetiva.

As análises sobre os processos de formação do conhecimento não podem, portanto, passar despercebidos no momento do planejamento de atividades no Ensino de Física. Refletir sobre e selecionar a mais eficiente estratégia didática a ser adotada, a partir desta contribuição teórica, passa pelo cumprimento de algumas etapas.

O primeiro passo consiste em verificar na estrutura conceitual da temática a ser abordada, quais os *subsunçores* necessários para a sua compreensão, selecionando e relacionando-os aos conceitos e princípios teóricos do conteúdo proposto. O segundo passo é identificar se estes *subsunçores* estão presentes na estrutura cognitiva do discente. E, entre outras ações, construir, testar e utilizar recursos pedagógicos que auxiliem e promovam a assimilação dos conhecimentos científicos por parte do estudante, através da organização da sua estrutura cognitiva interna, resultando numa exteriorização e argumentação coerente e consolidada

pelo uso da linguagem e aplicações destes saberes.

REFERÊNCIAS

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

BAUER, W.; WESTFALL, G. D. e DIAS, H. **Física para universitários: Óptica e Física Moderna**, Volume 4. Porto Alegre: AMGH editora, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_e_mbaixa_site_110518.pdf. Acesso em: 12 ago. de 2019.

_____. Lei nº 9.394/96. **Lei de diretrizes e Bases da educação**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm. Acesso em: 12 ago. de 2019.

CARUSO, Francisco.; OGURI, Vitor. **Física moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006

CARVALHO, Anna (org.). **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula**. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. et al. **Coleção Ideias em Ação: Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

EISBERG. R.; RESNICK, R. **Física Quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1979.

GASPAR, A. **Compreendendo a física, vol. 3**. 2. ed. São Paulo: Ática, 2013

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, vol. 4**. 10ª ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 1016.

HAWKING, Stephen; MLODINOW, Leonard. **Uma nova história do tempo**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 12ª ed. Porto Alegre :Bookman, 2015.

Kepler, S. O. & Saraiva, M. F. O. (2004). **Fusão Termo-Nuclear**. In: *Astronomia e Astrofísica*. São Paulo: Editora Livraria da Física. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node10.htm>. Acesso: em 28 mai. 2019.

MARTINI, G.; SPINELLI, W.; REIS, H. C.; SANT'ANNA, B. **Conexões com a Física, vol. 1**. São Paulo: Moderna, 2013.

MOREIRA M. A.; MASINI, E. A. F. S. **A teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel**. São Paulo: Centauro Editora, 2016.

_____. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

_____. **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo: Pedagogia e Universitária L.T.D.A., 1999.

MORTIMER, Eduardo. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica: ótica, relatividade e física quântica**. 1a ed. São Paulo: E. Blücher, 1998.

SERWAY, R. A. e JEWETT, J. W. J. **Princípios de Física: Óptica e Física Moderna, Volume 4**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

SOUZA, Célia Maria Soares Gomes; MOREIRA, Marco Antônio. **Pseudoorganizadores prévios como elementos facilitadores da aprendizagem em Física**. Revista Brasileira de Física, v. 11, n. 1, 1981.

SPARROW, G. **50 ideias de astronomia**. São Paulo: Editora Planeta, 2018.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene, **Física para Cientistas e Engenheiros - Vol. 3**, 6a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

_____.; LLEWELLYN, Ralph A. **Física Moderna**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

THORNTON, S; REX, A. MODERN. **Physics for Scientists and Engineers**. 4 ed. Boston (USA): Cengage Learning, 2013.

TREFIL, J. e HAZEN, R. M. **Física Viva: Uma introdução à Física Conceitual**, volume 3. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física IV: Ótica e física Moderna**. 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

TREFIL, J. e HAZEN, R. M. **Física Viva: Uma introdução à Física Conceitual**, volume 3. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

FIGURAS:

Figura 1. HEWITT, P. G. Física Conceitual. 12a ed. Porto Alegre :Bookman 2015, p.550.

Figura 2. Disponível em : <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/354301.pdf>. Acesso em: 16 de nov. de 2018

Figura 3. HEWITT, P. G. Física Conceitual. 12a ed. Porto Alegre :Bookman 2015, p.586.

Figura 4. AT ATKINS, P. & JONES, L. Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2012, p.11.

Figura 5. Disponível em: http://www.sparkmuseum.com/BOOK_HERTZ.HTM . Acesso em: 16 nov. de 2018

Figura 6. YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física IV: Ótica e física Moderna. 12 ed. São Paulo: AddisonWesley, 2009, p.210.

Figura 7. HEWITT, P. G. Física Conceitual. 12a ed. Porto Alegre :Bookman 2015, p.607.

Figura 8. HEWITT, P. G. Física Conceitual. 12a ed. Porto Alegre :Bookman 2015, p.609.

Figura 9. AT ATKINS, P. & JONES, L. Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2012, p.26.

Figura 10. <http://www.economist.com/blogs/graphicdetail/2012/07/daily-chart-1>. Acesso em 18 de nov. de 2018.

Figura 11. <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-45335690>. Acesso em: 04 de jan. de 2019.

Figura 12. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v35n2/06.pdf>: Acesso em: 16 de nov. de 2018.

Figura 13. <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/charme.pdf>. Acesso em: 16 de nov. de 2018

Figura 14. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v28n4/a01v28n4.pdf> Acesso em :18 de nov. de 2018.

Figura 15. OKUNO, E; YOSHIMURA, E. Física das Radiações .1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos. 2010, p.162.

Figura 16. <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol5/Num2/v5n1a03.pdf>. Acesso em :21 de abr. de 2017

Figura 17. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v41n2/1806-9126-RBEF-41-2-e20180124.pdf>. Acesso em: 16 de nov. de 2018.

Figura 18. História em quadrinhos. Os vingadores: Adaptóides em fúria. n° 020. Barueri :Panini Comics, 2015.

Figura 19. História em quadrinhos. Capitão átomo: Evolução das espécies. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/55ccx>. Acesso em: 12 de jan. de 2019.

Figura 20. Arquivo pessoal do autor.

Figura 21. Arquivo pessoal do autor.

Figura 22. Arquivo pessoal do autor.

APÊNDICE A

Produto educacional

Elaborando um jogo de tabuleiro envolvendo os conceitos estudados no ciclo de uma estrela. A construção da trilha terá perguntas sobre nebulosas, o sistema solar, o Sol, a evolução de uma estrela como o Sol e outras maiores que ele, e ciclo final da estrela. Além disso será abordado outros tópicos, como por exemplo, supernova, buraco negro, estrela anã branca.

JOGO – TRILHA SOLAR

Número de jogadores:

2 a 4 jogadores.

Material:

Um tabuleiro (modelo anexo);

Um dado;

1 peça de cor diferente para cada jogador (botão, tampinhas, entre outros);

24 cartões com perguntas sobre nebulosas, sistema solar, sol e ciclo de uma estrela.

Dos 24 cartões temos:

6 cartões azuis

6 amarelos

6 vermelhos

6 brancos.

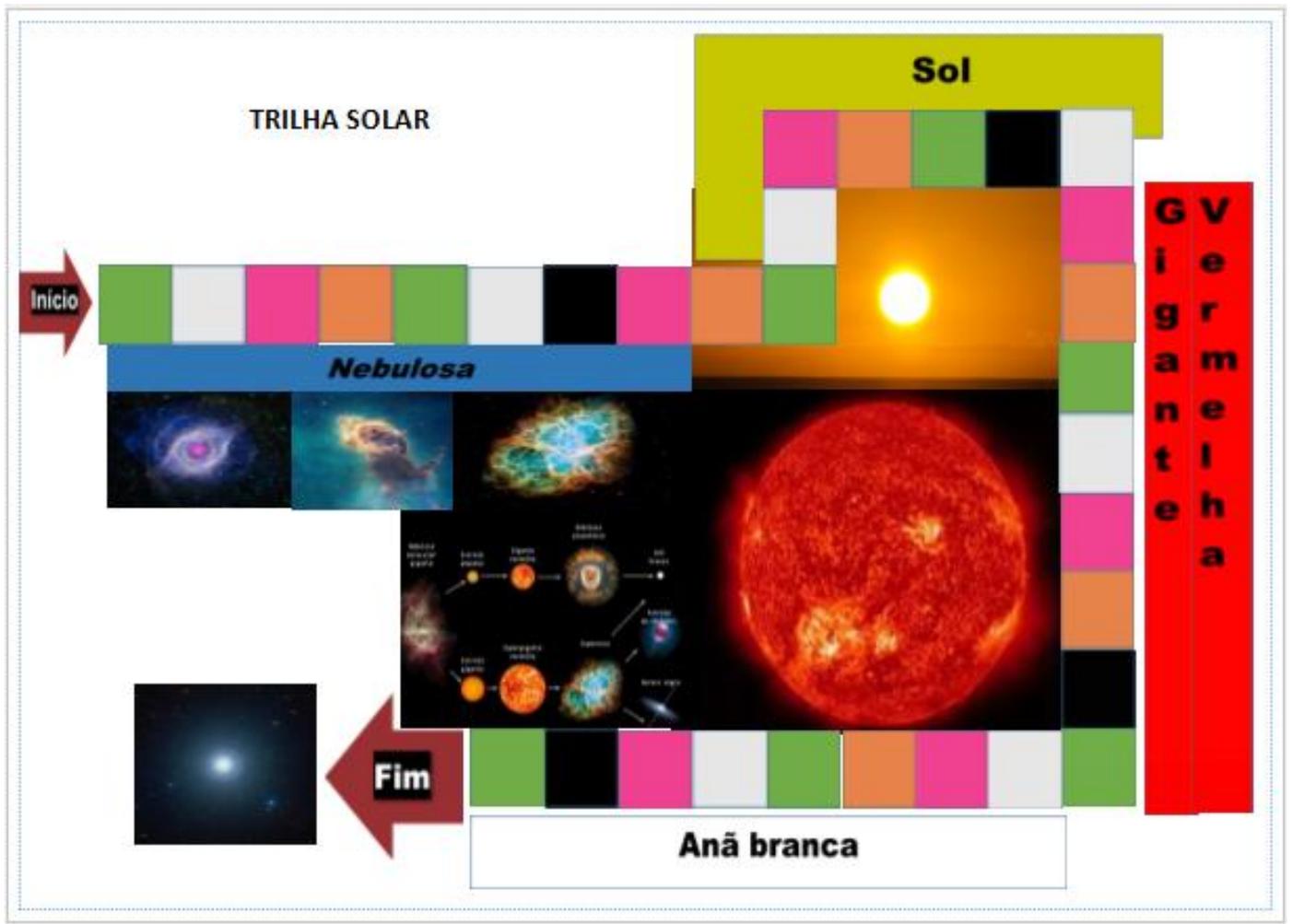
A trilha tem quatro trechos de cores: azul, amarela, vermelha e branca. Ao longo do percurso da trilha é composto por quadrados de cores verde, cinza, laranja e rosa, nessa ordem. Cada trecho ainda tem um quadrado preto.

O trecho azul foi dedicado ao ciclo inicial da estrela, está relacionado as nebulosas.

O trecho amarelo foi direcionado ao Sol, está relacionado ao estudo do Sol, sistema solar.

O trecho vermelho foi preparado ao processo de gigante vermelha que o Sol passará no seu ciclo evolutivo, podemos relacionar ainda sobre nebulosas, tamanho da estrela, supernova etc.

O trecho branco é a reta final do jogo e está relacionado no ciclo final da estrela, está relacionado a anã branca, estrela de nêutrons, buraco negro e nebulosa planetária.



Tabuleiro do jogo – Trilha solar

Modo de jogar:

Os cartões ficam na mesa com a face para cima (em 4 pilhas de cartões de acordo com a cor azul, amarela, vermelha e branca);

Os jogadores lançam o dado (um de cada vez). Começa o jogador que tirou a maior quantidade;

Se acerta permanece na posição, caso contrário, retorna a posição anterior. Se a peça do participante cair no quadrado preto, não tem pergunta e retorna a posição que ocupava.

Ganha o jogador que chegar ao fim da trilha. Caso se determina uma quantidade de rodada de dado, o ganhador será o participante que estiver mais próximo do fim da trilha.

O primeiro jogador lança o dado e anda as casas, de acordo com o número indicado no dado. Faz a pergunta de acordo com trecho (azul, amarela, vermelha ou branca) e a cor do quadrado onde está a sua peça.

Para elaborar os cartões foram necessários selecionar algumas perguntas sobre o tema estudado e sua respectiva resposta para imprimir um cartão com perguntas e no verso as respectivas respostas.

Os cartões do trecho azul ficaram dessa forma:

PERGUNTAS	RESPOSTAS
 Como é chamado popularmente berçário de estrelas, buraco negro, galáxia ou nebulosa?	 Nebulosa.
 As nuvens moleculares de hidrogênio, poeira, plasma e outros gases ionizado são chamadas de supernova, nebulosa ou buraco negro?	 Nebulosa.
 A nebulosa de Helix lembra que figura, um cavalo, um olho ou carangueijo?	 Olho.
 As estrelas se formam nas nebulosas. Verdadeiro ou Falso?	 Verdadeiro.

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>Quantos planetas constituem o Sistema Solar, 7, 8 ou 9?</p>	Oito.
<p>Qual o quinto planeta do Sistema Solar a contar a partir do Sol? Marte, Júpiter ou Saturno?</p>	Júpiter.
<p>Qual é oitavo planeta do Sistema Solar a contar a partir do Sol? Saturno, Urano ou Netuno?</p>	Netuno.
<p>A Via Láctea é uma galáxia em forma de disco em espiral onde o Sol se encontra no centro. Verdadeiro ou falso?</p>	Falso.

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>Os astrônomos utilizam a unidade ano-luz nas suas atividades de pesquisa. Essa unidade é utilizada para medir velocidade, distância ou tempo?</p>	Distância
<p>Qual é o elemento com aproximadamente com 90% de abundância cósmica? Oxigênio, hidrogênio ou Hélio?</p>	Hidrogênio
<p>Qual o nome da Galáxia onde podemos encontrar o Sistema Solar? Andrômeda, Via Láctea ou Nuvem de Magalhães?</p>	Via Láctea
<p>Qual o sistema planetário a que pertence o planeta Terra é Via Láctea, Sistema Solar ou Andrômeda?</p>	Sistema Solar

PERGUNTAS

- Qual é o chamado o objeto originado após a morte de uma estrela de dimensões gigantescas? Gigante vermelha, anã branca ou buraco negro?
- O que o Sol na fase final da sua vida dará origem? Nebulosa planetária ou supernova?
- Uma estrela de nêutrons é originada pela morte de uma estrela com massa superior a 8 massas solares, mas menos que 25 massas solares. Verdadeiro ou falso?
- As estrelas passam a maior parte da sua vida na Sequência principal, Gigante vermelha ou Supernova?

RESPOSTAS

- Buraco negro.
- Nebulosa planetária
- Verdadeiro.
- Sequência principal.

PERGUNTAS

- Como é chamada a nuvem de matéria estelar expelida na fase final da evolução de uma estrela de pequena massa? Nebulosa planetária ou supernova?
- Como é denominado o objeto extremamente denso e com gravidade tão intensa que nem a própria luz consegue escapar, supernova ou buraco negro?
- Uma supernova é uma explosão muito violenta que ocorre nas estrelas de grande massa no final da sua evolução. Verdadeiro ou falso?
- Como são chamadas as aglomerações de gases ionizados, hidrogênio, hélio, poeira cósmica e plasma nebulosa ou anã branca?

RESPOSTAS

- Nebulosa planetária.
- Buraco negro.
- Verdadeiro.
- Nebulosa.

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> As estrelas até oito massas solares na fase final da sua vida serão supernovas ou gigantes vermelhas?</p>	<p> Gigantes vermelhas</p>
<p> Qual é a cor das estrelas de maior massa do que o Sol na fase de sequência principal vermelha, azul ou branca?</p>	<p> Azul.</p>
<p> Como é chamada a explosão muito violenta que ocorre na fase final da evolução estelar de estrelas de grande massa? Gigante vermelha, anã branca ou supernova?</p>	<p> Supernova.</p>
<p> As estrelas formam-se a partir da contração dos gases e poeiras existentes nas gigantes vermelhas ou nebulosas?</p>	<p> Nebulosas.</p>

Os cartões do trecho amarelo ficaram dessa forma:

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> O Sol na fase final da sua vida dará origem a: a) um buraco negro b) Uma Anã branca e a uma nebulosa planetária c) uma supernova</p>	<p> b) Uma Anã branca e a uma nebulosa planetária.</p>
<p> Qual é estrela mais próxima da Terra: Sol, próxima Centauri ou Sirius?</p>	<p> Sol.</p>
<p> Qual é estrela mais próxima da Terra depois do Sol: Rigel, próxima Centauri ou Sirius?</p>	<p> Proxima Centauri</p>
<p> Na faixa da região habitável estão inseridos os planetas: Vênus e Terra ou Terra e Marte?</p>	<p> Terra e Marte;</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>O que representa Unidade Astronômica? É a distância da Terra para o Sol ou a distância da Terra a Lua?</p>	<p>É a distância da Terra para o Sol.</p>
<p>Qual é o valor aproximado da distância da Terra para o Sol em quilômetros? 150 mil ou 150 milhões?</p>	<p>150 milhões.</p>
<p>Quantos planetas igual a Terra caberiam dentro do Sol? 100 mil ou um milhão?</p>	<p>Um milhão.</p>
<p>Quantos planetas igual a Júpiter caberiam dentro do Sol? 10, 100 ou 1000?</p>	<p>1000.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>Considere o Sol como uma bola de basquete. Nesse caso a Terra seria como uma pequena bola de gude, tênis ou futebol de campo?</p>	<p>Uma pequena bola de gude.</p>
<p>Considere o Sol como uma bola de basquete. Nesse caso a Terra seria como uma pequena bola de gude, tênis ou futebol de campo?</p>	<p>Uma bola de tênis.</p>
<p>Qual é a distância da Terra para a estrela Próxima Centauri, aproximadamente em anos-luz, menos de 4 anos ou mais de 4 anos?</p>	<p>Mais de 4 anos-luz. (4,2 anos-luz).</p>
<p>Aproximadamente, Quanto tempo a luz solar completa o trajeto Sol -Terra, 8, 10 ou 15 minutos?</p>	<p>8 minutos.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>Quanto tempo, a luz da estrela Proxima Centauri completa o trajeto Proxima Centauri Terra? 3,4 ou 4,2 anos?</p>	4,2 anos.
<p>Se VY Canis Majoris ocupasse o lugar do nosso Sol no Sistema Solar, esta estrela gigante, tomaria o lugar de todos os planetas juntos com Marte, Júpiter ou Saturno?</p>	Saturno.
<p>Qual é a temperatura, aproximada, do núcleo solar, 10, 12 ou 15 milhões de Kelvin?</p>	15 milhões de Kelvin.
<p>As estrelas produzem a sua energia através de reações químicas, de fissão nuclear ou de fusão nuclear?</p>	Fusão nuclear

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>Qual é a região do Sol onde a energia é produzida, por reações termonucleares, núcleo ou fotosfera?</p>	Núcleo.
<p>Qual é a temperatura, aproximada, da fotosfera solar, 4000, 5000 ou 6000 Kelvin?</p>	6000 Kelvin.
<p>Qual é a camada visível do Sol, Cromosfera, fotosfera ou zona convectiva?</p>	Fotosfera.
<p>Em estrelas como o Sol a fusão nuclear ocorre mediante o chamado ciclo pp (próton-próton) ou ciclo CNO (carbono, nitrogênio e oxigênio)?</p>	Ciclo pp (próton-próton)

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> No ciclo próton-próton ocorre a fusão do hidrogênio em hélio ou hélio em carbono?</p>	<p> A fusão do hidrogênio em hélio.</p>
<p> Qual é o tempo de vida estimado para o Sol 8, 10 ou 12 bilhões de anos?</p>	<p> 12 bilhões de anos.</p>
<p> A radiação solar é o fluxo de energia emitida pelo Sol, ela é transmitida sob a forma de convecção ou radiação eletromagnética?</p>	<p> Radiação eletromagnética.</p>
<p> As estrelas mais quentes são de cor azul, amarela ou vermelha?</p>	<p> Azul.</p>

Os cartões do trecho vermelho ficaram dessa forma:

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> O Sol após consumir todo o seu hidrogênio se transformará numa estrela gigante azul, laranja ou vermelha?</p>	<p> Vermelha.</p>
<p> O Sol na fase final da sua vida dará origem a um buraco negro, verdadeiro ou falso?</p>	<p> Falso.</p>
<p> As estrelas de massa superior a oito vezes a massa do Sol morrem em grandes explosões chamadas de: Big Bang, supernovas ou nebulosas?</p>	<p> Supernovas.</p>
<p> No processo de gigante vermelha a zona habitável sofrerá alguma alteração? Sim ou não?</p>	<p> Sim.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> A gigante vermelha irá incinerar o planeta Mercúrio. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> A sequência principal é etapa mais longa ou mais curta da vida da estrela?</p>	<p> Mais longa.</p>
<p> Quanto maior a massa, mais quente, mais azul e mais luminosa será a estrela, e menor será o seu tempo de vida. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma estrela vermelha é mais fria que uma estrela azul. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> As estrelas são agrupadas em faixas de temperatura que vão desde as estrelas quentes e azuis até estrelas vermelhas e frias. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Quando o Sol se tornar uma gigante vermelha seu raio irá incorporar as orbitas de Mercúrio e Marte. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Falso.</p>
<p> As estrelas são agrupadas em faixas de temperatura que vão desde as estrelas quentes e vermelhas até estrelas azuis e frias. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Falso.</p>
<p> Com a expansão das camadas externas do Sol a zona habitável se afastará e ficará próximo a Júpiter até Saturno. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>A temperatura superficial de uma gigante vermelha é relativamente baixa, geralmente não passando dos 5.000 K. Verdadeiro ou falso?</p>	Verdadeiro.
<p>Uma estrela que tem uma massa maior e tem maior quantidade de hidrogênio vive mais tempo. Verdadeiro ou falso?</p>	Verdadeiro.
<p>A temperatura superficial de uma gigante vermelha é relativamente alta, geralmente passando dos 5.000 K. Verdadeiro ou falso?</p>	Falso.
<p>Quando o Sol se tornar uma gigante vermelha seu raio irá incorporar as orbitas de Mercúrio e Vênus.</p>	Verdadeiro.

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>Durante a primeira fase de estrela gigante vermelha, o Sol vai ter esgotado no seu núcleo hidrogênio ou hélio?</p>	Hidrogênio.
<p>O Sol passará cerca de 10 bilhões de anos consumindo seu hidrogênio é o que chamamos supernova ou sequência principal?</p>	Sequência principal.
<p>O Sol passará cerca de 10 bilhões de anos na sequência principal através da fusão termonuclear transformando hidrogênio em hélio. Verdadeiro ou falso?</p>	Verdadeiro.
<p>A medida que consome o hidrogênio, o Sol nesse estágio cresce em luminosidade. Verdadeiro ou falso?</p>	Verdadeiro.

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> As estrelas gigante vermelhas são estrelas muito grandes e não muito quentes na sua superfície. Elas resultam da expansão de estrelas quando as reações nucleares começam a ocorrer mais próximo à superfície dessas estrelas. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma estrela que tem uma luminosidade maior, perde mais energia e vive menos tempo. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Em relação ao Sol o que é que aparece primeiro: gigante vermelha, anã branca ou supernova?</p>	<p> Gigante vermelha</p>
<p> O Sol poderá se transformar numa supernova. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Falso.</p>

Os cartões do trecho branco ficaram dessa forma:

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> Quando o Sol se transformará numa estrela gigante vermelha após esgotar a fusão do hidrogênio em hélio. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O Sol está mais ou menos a metade de sua sequência principal. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O Sol se tornará uma gigante vermelha, crescendo absurdamente e queimando os planetas mercúrio, Vênus e a Terra. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O tempo gasto por uma estrela como uma gigante vermelha deve ser mais curto ou mais longo do que o período que ela gasta na sequência principal?</p>	<p> Mais curto.</p>

PERGUNTAS

-  As estrelas com mais de 8 massas do Sol encerram seus ciclos com espetaculares explosões. Verdadeiro ou falso?
-  O Sol, após a fase de gigante vermelha se transformará em uma nebulosa planetária e uma anã branca. Verdadeiro ou falso?
-  Uma imensa nuvem difusa e fria é chamada de supernova, nebulosa planetária ou anã branca?
-  um pequeno corpo celeste composto por um núcleo de carbono e ainda algum hélio e hidrogênio em fusão na crosta é a chamada de estrela de Nêutrons, anã branca ou buraco negro?

RESPOSTAS

-  Verdadeiro.
-  Verdadeiro.
-  Nebulosa planetária.
-  Anã branca.

PERGUNTAS

-  As estrelas de massa inicial menor do que 8 massas solares produzem nebulosas planetárias. Verdadeiro ou falso?
-  Estrelas com massa de massa inicial maior do que 8 massas solares produzem supernovas. Verdadeiro ou falso?
-  Nas nebulosas planetárias e supernovas, os elementos químicos gerados nas estrelas são expulsos para o espaço; enriquecem a próxima geração de estrelas. Verdadeiro ou falso?
-  O produto final de uma estrela depende de sua massa inicial, assim com massa inicial inferior a 8 massas do Sol se transformará numa anã branca. Verdadeiro ou falso?

RESPOSTAS

-  Verdadeiro.
-  Verdadeiro.
-  Verdadeiro.
-  Verdadeiro.

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> O produto final de uma estrela depende de sua massa inicial, assim com massa entre 8 e 20 massas solares se transformará numa estrela de nêutrons. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O produto final de uma estrela depende de sua massa inicial, assim com massa inicial inferior a 20 massas solares se transformará num buraco negro. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Falso.</p>
<p> Uma estrela gigante vermelha é de baixa temperatura e alta luminosidade. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma estrela gigante vermelha é de baixa temperatura e baixa luminosidade. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Falso.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> Dependendo da quantidade de matéria, uma estrela na fase de supernova, originada de uma gigante vermelha, transforma-se em uma estrela de nêutrons ou em um buraco negro. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> A estrela de nêutrons e o buraco negro são sobra após a explosão de uma supernova. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma anã branca é uma estrela que se encontra numa fase inicial da evolução estelar. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Falso.</p>
<p> Quanto menor a frequência do espectro visível maior é o comprimento de onda. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
 A densidade de uma anã branca é muito elevada, uma anã branca de uma massa solar tem um raio de aproximadamente a da Terra. Verdadeiro ou Falso?	 Verdadeiro.
 Massa de uma anã branca jamais ultrapassa 1,4 massas solares. Verdadeiro ou Falso?	 Verdadeiro.
 Uma gigante vermelha é uma estrela que se encontra numa fase inicial da evolução estelar. Verdadeiro ou Falso?	 Falso.
 Se a massa que sobra após a explosão de supernova for maior do que 3 massas solares, o que pode acontecer se a estrela inicialmente tinha uma maior do que 25 massas solares, então ela dará origem a um buraco negro, anã branca ou a uma estrela de nêutrons?	 Buraco negro.

Para construir os cartões é necessário um banco de dados, ou seja, com perguntas e respostas sobre os temas abordados. Para isso fiz para cada trecho da trilha um conjunto de 24 perguntas com as respectivas respostas, totalizando em 96 perguntas. O percurso da trilha é por cores verde, cinza, laranja e rosa. Todo trecho tem no percurso da trilha um quadrado preto, esse não tem pergunta, o participante do jogo retorna para casa que ocupava antes de jogar o dado.

Faixa Azul

25. Como é chamado popularmente berçário de estrelas, buraco negro, galáxia ou nebulosa?

Nebulosa.

26. As nuvens moleculares de hidrogênio, poeira, plasma e outros gases ionizado são chamadas de supernova, nebulosa ou buraco negro?

Nebulosa.

27. A nebulosa de Helix lembra que figura, um cavalo, um olho ou caranguejo?

Um olho.

28. As estrelas se formam nas nebulosas. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

29. Os astrônomos utilizam a unidade ano-luz nas suas atividades de pesquisa. Essa unidade é utilizada para medir velocidade, distância ou tempo?

Distância

30. Qual é o elemento com aproximadamente com 90% de abundância cósmica? Oxigênio, hidrogênio ou Hélio?

Hidrogênio

31. Qual o nome da Galáxia onde podemos encontrar o Sistema Solar? Andrômeda, Via Láctea ou Nuvem de Magalhães?

Via Láctea

32. Qual o sistema planetário a que pertence o planeta Terra?

Sistema Solar

33. Quantos planetas constituem o Sistema Solar, 7, 8 ou 9?

Oito. Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.

34. Qual o quinto planeta do Sistema Solar a contar a partir do Sol? Marte, Júpiter ou Saturno?

Júpiter.

35. Qual é oitavo planeta do Sistema Solar a contar a partir do Sol? Saturno, Urano ou Netuno?

Netuno.

36. A Via Láctea é uma galáxia em forma de disco em espiral onde o Sol se encontra no centro. Verdadeiro ou falso?

Falso.

37. Qual é o chamado o objeto originado após a morte de uma estrela de dimensões gigantescas? Gigante vermelha, anã branca ou buraco negro?

Buraco negro.

38. O que o Sol na fase final da sua vida dará origem?

Uma Anã branca e a uma nebulosa planetária

39. Uma estrela de nêutrons é originada pela morte de uma estrela com massa superior a 8 massas solares, mas menos que 25 massas solares. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

40. As estrelas passam a maior parte da sua vida na Sequência principal, Gigante vermelha ou Supernova?

Sequência principal

41. As estrelas até oito massas solares na fase final da sua vida serão: Supergigantes vermelhas, Gigantes vermelhas ou Supernovas?

Gigantes vermelhas

42. Qual é a cor das estrelas de maior massa do que o Sol na fase de sequência principal vermelha, azul ou branca?

Azul.

43. Como é chamada a explosão muito violenta que ocorre na fase final da evolução estelar de estrelas de grande massa? Gigante vermelha, anã branca ou supernova?

Supernova

44. As estrelas formam-se a partir da contração dos gases e poeiras existentes nas: a) Gigantes vermelhas **b) Nebulosas** c) Nuvens interestelares

45. Como é chamada a nuvem de matéria estelar expelida na fase final da evolução de uma estrela de pequena massa? Nebulosa planetária, supernova ou buraco negro?

Nebulosa planetária.

46. Como é denominado o objeto extremamente denso e com gravidade tão intensa que nem a própria luz consegue escapar? Nebulosa planetária, supernova ou buraco negro?

Buraco negro.

47. Uma supernova é uma explosão muito violenta que ocorre nas estrelas de grande massa no final da sua evolução. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

48. Como são chamadas as aglomerações de gases ionizados, hidrogênio, hélio, poeira cósmica e plasma? Gigante vermelha, anã branca ou nebulosa?

Nebulosa.

Faixa Amarela

1. O Sol na fase final da sua vida dará origem a:

a) um buraco negro

b) Uma Anã branca e a uma nebulosa planetária

c) uma supernova

2. Qual é estrela mais próxima da Terra: Sol, próxima Centauri ou Sirius?

Sol

3. Qual é estrela mais próxima da Terra depois do Sol: Rigel, próxima Centauri ou Sirius?

Proxima Centauri

4. Na faixa da região habitável estão inseridos os planetas: Vênus e Terra ou Terra e Marte?

Terra e Marte

5. O que representa Unidade astronômica?

É a distância da Terra para o Sol

6. Qual é o valor aproximado da distância da Terra para o Sol em quilômetros?

150 milhões ou $1,5 \times 10^8$ km

7. Quantos planetas iguais a Terra caberia dentro do Sol?

Um milhão.

8. Quantos planetas iguais a Júpiter caberia dentro do Sol?

1000.

9. Considere o Sol como uma bola de basquete. Nesse caso a Terra seria como uma pequena bola de gude, tênis ou futebol de campo?

Uma pequena bola de gude.

10. Considere o Sol como uma bola de basquete. Nesse caso a Terra seria como uma pequena bola de gude, tênis ou futebol de campo?

Uma bola de tênis.

11. Qual é a distância da Terra para a estrela Próxima Centauri, aproximadamente em anos-luz, menos de 4 anos ou mais de 4 anos?

4,2 anos-luz.

12. Quanto tempo, aproximadamente, a luz solar completa o trajeto Sol -Terra, 8, 10 ou 15 minutos?

8 minutos.

13. Quanto tempo, aproximadamente, a luz solar completa o trajeto Proxima Centauri -Terra?

4,2 anos.

14. Se VY Canis Majoris ocupasse o lugar do nosso Sol no Sistema Solar, esta estrela gigante, tomaria o lugar de todos os planetas juntos com Marte, Júpiter ou Saturno?

Saturno.

15. Qual é temperatura, aproximada, do núcleo solar, 10, 12 ou 15 milhões de Kelvin?

15 milhões de Kelvin.

16. As estrelas produzem a sua energia através de reações químicas, de fissão nuclear ou de fusão nuclear?

Fusão nuclear

17. Qual é a região do Sol onde a energia é produzida, por reações termonucleares.

Núcleo.

18. Qual é a temperatura, aproximada, da fotosfera solar, 4000, 5000 ou 6000 Kelvin

6000 Kelvin.

19. Qual é a camada visível do Sol, Cromosfera, fotosfera ou zona convectiva?

Fotosfera.

20. Em estrelas como o Sol a fusão nuclear ocorre mediante o chamado ciclo pp (próton-próton) ou ciclo CNO (carbono, nitrogênio e oxigênio)?

Ciclo pp (próton-próton)

21. No ciclo próton-próton ocorre a fusão do hidrogênio em hélio ou hélio em carbono?

A fusão do hidrogênio em hélio.

22. Qual é o tempo de vida estimado para o Sol 8, 10 ou 12 bilhões de anos?

12 bilhões de anos

23. A radiação solar é o fluxo de energia emitida pelo Sol, ela é transmitida sob a forma de convecção ou radiação eletromagnética?

Radiação eletromagnética

24. As estrelas mais quentes são de cor azul, amarela ou vermelha?

Azul

Faixa Vermelha

1. O Sol após consumir todo o seu hidrogênio se transformará numa estrela gigante azul, laranja ou vermelha?

Vermelha

2. O Sol na fase final da sua vida dará origem a um buraco negro, verdadeiro ou falso?

Falso.

3. As estrelas de massa superior a oito vezes a massa do Sol morrem em grandes explosões chamadas de: Big Bang, supernovas ou nebulosas?

Supernovas

4. No processo de gigante vermelha a zona habitável sofrerá alguma alteração? Sim ou não.

Sim.

5. A gigante vermelha irá incinerar o planeta Mercúrio. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

6. A sequência principal é etapa mais longa ou mais curta da vida da estrela?

Mais longa.

7. Quanto maior a massa, mais quente, mais azul e mais luminosa será a estrela, e menor será o seu tempo de vida. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

8. Uma estrela vermelha é mais fria que uma estrela azul. Verdadeiro ou Falso?

Verdadeiro.

9. As estrelas são agrupadas em faixas de temperatura (ou tipos espectrais) que vão desde as estrelas quentes e azuis, conhecidas como estrelas O, até estrelas vermelhas e frias, as chamadas estrelas M. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

10. As estrelas gigantes vermelhas são estrelas muito grandes e não muito quentes na sua superfície. Elas resultam da expansão de estrelas quando as reações nucleares começam a ocorrer mais próximo à superfície dessas estrelas. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

11. As estrelas são agrupadas em faixas de temperatura (ou tipos espectrais) que vão desde as estrelas quentes e vermelhas, conhecidas como estrelas O, até estrelas azuis e frias, as chamadas estrelas M. Verdadeiro ou falso?

Falso.

12. Com a expansão das camadas externas do Sol a zona habitável se afastará e ficará próximo a Júpiter até Saturno. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro

13. A temperatura superficial de uma gigante vermelha é relativamente baixa, geralmente não passando dos 5.000 K. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro

14. Quando o Sol se tornar uma gigante vermelha seu raio irá incorporar as orbitas de Mercúrio e Marte. Verdadeiro ou falso?

Falso.

15. A temperatura superficial de uma gigante vermelha é relativamente alta, geralmente passando dos 5.000 K. Verdadeiro ou falso?

Falso.

16. Quando o Sol se tornar uma gigante vermelha seu raio irá incorporar as orbitas de Mercúrio e Vênus. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

17. Durante a primeira fase de estrela gigante vermelha, o Sol vai ter esgotado no seu núcleo hidrogênio ou hélio?

Hidrogênio

18. O Sol passará cerca de 10 bilhões de anos consumindo seu hidrogênio é o que chamamos supernova ou sequência principal?

Sequência principal.

19. O Sol passará cerca de 10 bilhões de anos na sequência principal através da fusão termonuclear transformando hidrogênio em hélio. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

20. À medida que consome o hidrogênio, o Sol nesse estágio cresce em luminosidade. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

21. Uma estrela que tem uma massa maior e tem maior quantidade de hidrogênio vive mais tempo. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

22. Uma estrela que tem uma luminosidade maior, perde mais energia e vive menos tempo. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

23. Em relação ao Sol o que é que aparece primeiro: gigante vermelha, anã branca ou supernova?

Gigante vermelha

24. O Sol poderá se transformar numa supernova. Verdadeiro ou falso?

Falso.

Faixa Branca

1. Quando o Sol se transformará numa estrela gigante vermelha após esgotar a fusão do hidrogênio em hélio. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

2. O Sol está mais ou menos a metade de sua sequência principal (período em que a fusão nuclear transforma hidrogênio em hélio). Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

3. O Sol se tornará uma gigante vermelha, crescendo absurdamente e queimando os planetas mercúrio, Vênus e a Terra. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

4. O tempo gasto por uma estrela como uma gigante vermelha deve ser mais curto ou mais longo do que o período que ela gasta na sequência principal?

Mais curto.

5. As estrelas de massa oito vezes maior do que a do Sol encerram seus ciclos com espetaculares explosões? Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

6. Após a fase de gigante vermelha o Sol se transformará em uma nebulosa planetária e uma anã branca ou em uma nebulosa planetária e uma estrela de nêutrons?

Nebulosa planetária e uma anã branca

7. Uma imensa nuvem difusa e fria é chamada de supernova, nebulosa planetária ou anã branca?

Nebulosa planetária.

8. um pequeno corpo celeste composto por um núcleo de carbono e ainda algum hélio e hidrogênio em fusão na crosta é a chamada de estrela de Nêutrons, anã branca ou buraco negro?

Anã branca.

9. As estrelas de massa inicial menor do que 8 massas do Sol produzem nebulosas planetárias. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

10. Estelas com massa de massa inicial maior do que 8 Massas do Sol produzem supernovas. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

11. Nas nebulosas planetárias e supernovas, os elementos químicos gerados nas estrelas são expulsos para o espaço; “enriquecem” a próxima geração de estrelas. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

12. O produto de uma estrela depende de sua massa inicial, assim com massa inicial inferior a 8 massas solares se transformará numa anã branca. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

13. O produto final de uma estrela depende de sua massa inicial, assim com massa entre 8 e 20 massas solares se transformará numa estrela de nêutrons. Verdadeiro ou falso?

Verdadeiro.

14. O produto de uma estrela depende de sua massa inicial, assim com massa inicial inferior a 20 massas solares se transformará num buraco negro. Verdadeiro ou falso?

Falso.

15. Uma estrela gigante vermelha é de baixa temperatura e alta luminosidade. Verdadeiro ou Falso?

Verdadeiro.

16. Uma estrela gigante vermelha é de baixa temperatura e baixa luminosidade. Verdadeiro ou Falso?

Falso.

17. Dependendo da quantidade de matéria, uma estrela na fase de supernova, originada de uma gigante vermelha, transforma-se em uma estrela de nêutrons ou em um buraco negro. Verdadeiro ou Falso?

Verdadeiro.

18. A estrela de nêutrons e o buraco negro são sobra após a explosão de uma supernova. Verdadeiro ou Falso?

Verdadeiro.

19. Se a massa que sobra após a explosão de supernova for maior do que 3 massas solares, o que pode acontecer se a estrela inicialmente tinha uma maior do que 25 massas solares, então ela dará origem a um buraco negro, anã branca ou a uma estrela de nêutrons?

Buraco negro.

20. Quanto menor a frequência do espectro visível maior é o comprimento de onda. Verdadeiro ou Falso?

Verdadeiro.

21. A densidade de uma anã branca é muito elevada, uma anã branca de uma massa solar tem um raio de aproximadamente a da Terra. Verdadeiro ou Falso?

Verdadeiro.

22. Massa de uma anã branca jamais ultrapassa 1,4 massas solares. Verdadeiro ou Falso?

Verdadeiro.

23. Uma gigante vermelha é uma estrela que se encontra numa fase inicial da evolução estelar. Verdadeiro ou Falso?

Falso.

24. Uma anã branca é uma estrela que se encontra numa fase inicial da evolução estelar. Verdadeiro ou Falso?

Falso.

Experimento sobre Radiação de Corpo Negro

A radiação de corpo negro, ou radiação térmica, é a radiação emitida por qualquer corpo a partir de sua energia interna. As características desta radiação dependem apenas da temperatura absoluta do corpo. Um corpo negro ideal absorve toda a radiação incidente. (por isso é negro na temperatura ambiente). Sua refletividade é nula e a emissividade, portanto é $\epsilon = 1$. Segundo a Lei de Kirchhoff “num corpo negro ideal, em equilíbrio termodinâmico a temperatura T , a radiação total emitida deve ser igual à radiação total absorvida”. Este experimento tem, por objetivo, ilustrar a radiação de “corpo negro”, no caso, de duas latas de alumínio pintadas, uma de preto, outra de branco, absorvendo radiação de uma lâmpada de 100W de potência, ligada próxima às latas.

Para o experimento foram utilizadas duas latas de alumínio (de cerveja), pintadas, uma de preto e outra de branco, com tinta têmpera. As latas foram pintadas tanto pelo lado de dentro como de fora. O aparato experimental foi montado da seguinte maneira: uma lâmpada de 100W ligada num suporte em cima de um porta-canetas. A mais ou menos 10 cm de distância da lâmpada, ficava uma caixa com as duas latas em cima, localizadas simetricamente distantes da lâmpada. Um suporte para os termômetros foi feito de forma a localizar o termômetro na mesma posição em relação a lata da seguinte maneira: uma régua com furos onde era possível apoiar o termômetro igualmente dentro de cada uma das latas. Com o cronômetro do celular, foram anotados os valores da temperatura marcada nos termômetros a cada minuto com a lâmpada ligada, conforme tabela 1, a seguir. Após verificar algumas repetições de temperatura, a lâmpada foi desligada, anotando também, os valores de temperatura minuto a minuto, para cada uma das latas. As imagens a seguir mostram a montagem do experimento:



Figura 1: montagem parcial do experimento



Figura 2: suporte do termômetro

Resultados

As mediadas de tempo resultaram na tabela abaixo, cujos valores de temperatura são dados em graus celsius.

Com a lâmpada ligada

Tempo (segundos)	Temperatura (°C)	
	Lata branca	Lata preta
0		
30		
60		
90		
120		

Com a lâmpada ligada

Tempo (segundos)	Temperatura (°C)	
	Lata branca	Lata preta
0		
30		
60		
90		
120		

Conclusões

Apesar de os valores obtidos não serem excelentes devido a imprecisões na medida e principalmente pelo fato de ter sido utilizado um termômetro de mercúrio¹, ao final do experimento foi possível responder, qualitativamente, as questões solicitadas na tarefa:

1. Qual das latas se aquece mais rapidamente?

- a) a lata branca
- b) a lata preta

Claramente que pelos valores medidos que a lata preta aqueceu mais rapidamente.

2. A que aquece mais depressa é também a que esfria mais depressa.

Verdadeiro ou falso?

- a) verdadeiro
- b) falso

Sim, a lata preta também apresentou um resfriamento mais rápido que a lata branca.

3. Qual das afirmações é verdadeira?

- a) a lata branca reflete mais luz, porque por absorver menos energia é absorvida fazendo com que sua temperatura interna aumente menos que a da lata preta.

b) a lata preta reflete mais luz, porque por absorver menos energia é absorvida fazendo com que sua temperatura interna aumente menos que a da lata branca.

Concluimos que a lata branca reflete mais luz, porque por absorver menos (e refletir mais), menos energia é absorvida fazendo com que sua temperatura interna aumente menos que a da lata preta.

4. Qual delas irradia mais luz?

- a) a lata branca
- b) a lata preta
- c) nenhuma das duas latas

Nenhuma das duas irradia luz. A quantidade de energia que absorvem, é suficiente apenas para elevar a temperatura da lata, e após, irradiar em forma de calor.

5. Qual delas transforma mais luz em calor?

- a) a lata branca
- b) a lata preta

Como concluimos que, para um mesmo intervalo de tempo, a lata preta absorveu mais energia, logo, ao desligar a lâmpada ela irá equilibrar a sua temperatura interna com a externa emitindo radiação em forma de calor.

6. O que você acha que ocorre com a luz que incide na lata preta?

- a) a luz é absorvida mais eficientemente que na lata branca, provoca um aumento de temperatura no interior da lata e é emitida em forma de radiação infravermelha após ser desligada a lâmpada.
- b) a luz é absorvida menos eficientemente que na lata branca, provoca uma diminuição de temperatura no interior da lata e é emitida em forma de radiação infravermelha após ser desligada a lâmpada.

Ela é absorvida mais eficientemente que na lata branca, provoca um aumento de temperatura no interior da lata e é emitida em forma de radiação infravermelha após ser desligada a lâmpada.

7. O que você acha que acontece com a grande parte da energia que a Terra recebe do Sol em forma de luz visível?

a) deve acontecer semelhante ao que acontece nas latas, uma boa parte da luz é refletida pelo planeta, enquanto a outra parte é absorvida e utilizada para aumentar e manter a temperatura da Terra agradável.

b) deve acontecer diferentemente ao que acontece nas latas, uma boa parte da luz é refletida pelo planeta, enquanto a outra parte é absorvida e utilizada para aumentar e manter a temperatura da Terra agradável.

Deve acontecer semelhante ao que acontece nas latas, uma boa parte da luz é refletida pelo planeta, enquanto a outra parte é absorvida e utilizada para aumentar e manter a temperatura da Terra agradável.

Corpo Negro

O estudo do corpo negro nos ajuda a entender as estrelas.

Objetivos ao estudar o corpo negro:

Aplicar as propriedades do corpo negro para deduzir temperaturas, raios e luminosidades das estrelas;

Relacionar o fluxo na superfície de um corpo negro com a temperatura do corpo, pela Lei de Stefan-Boltzmann;

Relacionar o comprimento de onda em que o corpo negro tem o pico da radiação com a sua temperatura, segundo a Lei de Wien.

Teoria da Radiação

No final do XIX os físicos encontraram um problema: como descrever matematicamente como um corpo aquecido irradia energia, isto é, quanto ele emite em cada comprimento de onda. Para abordar o problema, começaram por examinar um caso teórico simplificado, **o corpo negro**, definido por Gustav Robert Kirchhoff (1824- 1887), como um objeto que absorve toda a luz que incide sobre ele, sem refletir nada da radiação incidente. Um corpo com essa propriedade, em princípio, não pode ser visto e, portanto, é negro. Para tal corpo estar em equilíbrio termodinâmico, ele deve irradiar energia na mesma taxa em que a absorve, do contrário ele esquentaria ou esfriaria, e sua

temperatura variaria. Portanto, um corpo negro, além de ser um *absorção perfeito*, é também um *emissor perfeito*. Desde então muitos experimentos tentaram medir seu espectro, isto é, como sua intensidade varia com a frequência (ou com o comprimento de onda).

Gustav Robert Kirchhoff, juntamente com Robert Bunsen, é considerado o fundador da análise espectral e influenciou significativamente o desenvolvimento da física teórica na Alemanha.



<https://www3.unicentro.br/petfisica/2016/05/15/gustav-robert-kirchhoff/> acesso em 10 de outubro de 2019

Robert Wilhelm Eberhard von Bunsen (1811 – 1899) foi um químico alemão que é lembrado principalmente por ter aperfeiçoado um queimador que é conhecido atualmente como bico de Bunsen. por volta de 1859 observou que cada elemento emite uma luz. comprimento de onda característico. Tais estudos abriram o campo da análise de espectro, que se tornou de grande importância no estudo do Sol e das estrelas.



<https://www.britannica.com/biography/Robert-Bunsen> acesso em 10 de outubro de 2019

Gustav Robert Kirchhoff (a esquerda) e Robert Wilhelm Eberhard Bunsen.



<https://www.sciencehistory.org/historical-profile/robert-bunsen-and-gustav-kirchhoff> acesso em 10 de outubro de 2019

O físico alemão Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858 – 1947) em 1900 postulou que radiação eletromagnética é emitida de forma descontínua, em pequenos “pacotes” de energia, chamados *quanta* cada um com energia proporcional à sua frequência. Matematicamente descrita assim:

$$E = h \cdot \nu$$

Onde temos:

E é a energia

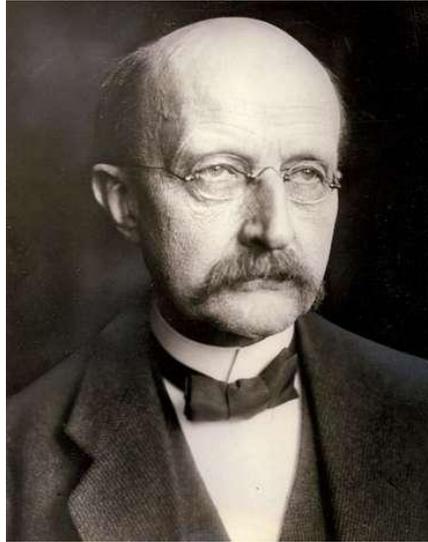
h é a constante de Planck

ν é a frequência

O valor da constante de Planck (h) é $6,626 \times 10^{-27}$ ergs•s = $6,626 \times 10^{-34}$ J•s

Podemos escrever também em relação ao comprimento de onda (λ) e a velocidade da luz (c):

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$



<https://www.britannica.com/biography/Max-Planck> acesso em 10 de outubro de 2019

A lei de Planck

Com a quantização da energia Max Planck deduziu teoricamente a intensidade de um campo de radiação. A intensidade específica monocromática (energia por unidade de comprimento de onda, por segundo, por unidade de área, e por unidade de ângulo sólido) de um corpo que tem uma temperatura uniforme T e está em equilíbrio termodinâmico com seu próprio campo de radiação (o que significa que é opaco), e denominada como lei de Planck.

A Lei de Planck é descrita matematicamente por:

$$B_{\lambda}(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1}$$

Onde temos:

$B_{\lambda}(T)$ é a intensidade específica monocromática do corpo negro de temperatura T

c é a velocidade da luz

h é a constante de Planck

$k = 1,38 \times 10^{-16}$ ergs/K é a constante de Boltzmann.

Essa constante é em homenagem ao físico austríaco Ludwig Eduard Boltzmann (1844-1906).



<https://www3.unicentro.br/petfisica/2016/02/26/ludwing-eduard-boltzmann-1844-1906/> acesso em 10 de outubro de 2019

Para escrever a lei de Planck em termos de frequência, precisamos usar a seguinte relação:

$$\frac{d\nu}{d\lambda} = -\frac{c}{\lambda^2}$$

Obtendo:

$$B_\nu = B_\lambda \frac{\lambda^2}{c}$$

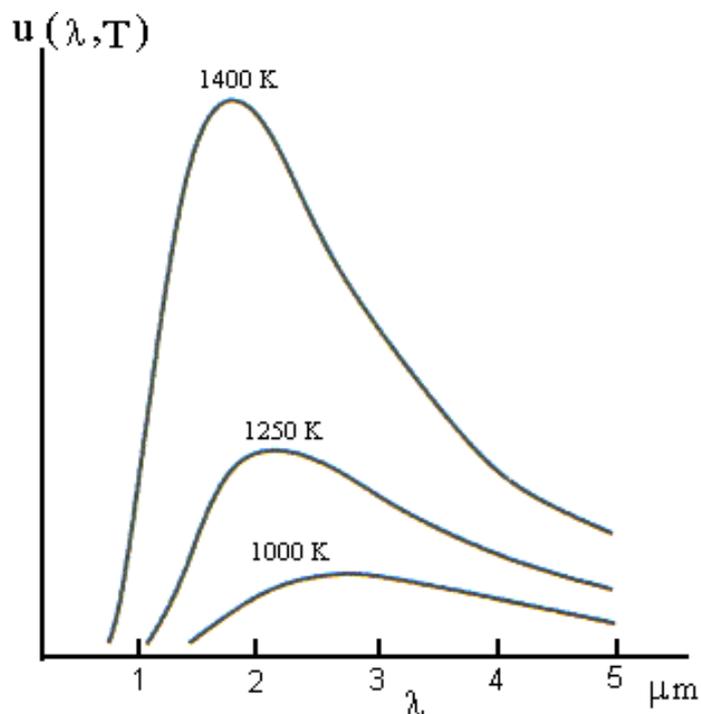
ou

$$B_\nu(T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

Para qualquer corpo em equilíbrio termodinâmico emitirá fótons com uma distribuição de comprimentos de onda dada pela Lei de Planck. Esta

radiação é chamada de *radiação de corpo negro*, ou *radiação térmica*, pois depende unicamente da temperatura do corpo.

Gráfico da radiação do corpo negro

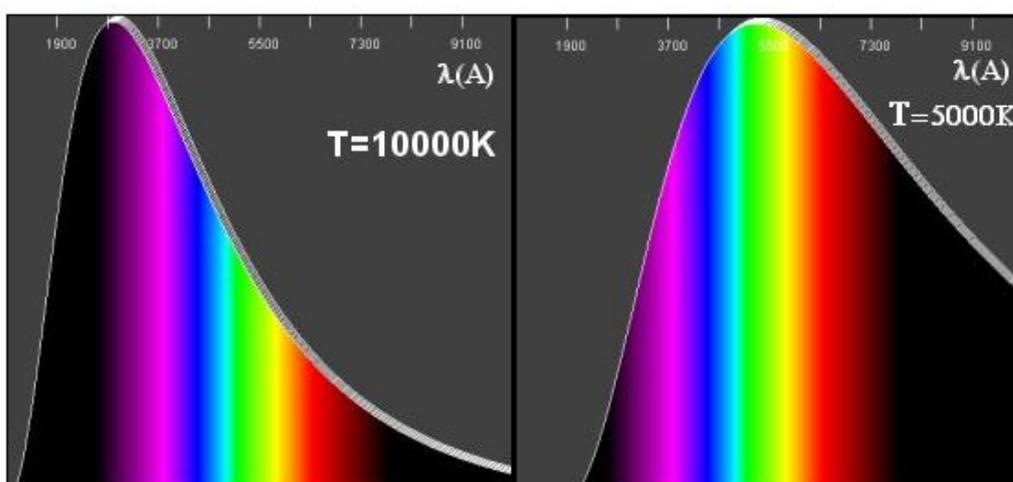


<http://ensinoadistancia.pro.br/ead/fisica-4/aulas/Aula-18/aula-18.html> acesso em 10 de outubro de 2019

Curvas da Lei de Planck (radiação de corpo negro) para corpos com diferentes temperaturas mostra que a intensidade em todos os comprimentos de onda aumenta fortemente com o aumento da temperatura, e o pico de intensidade máxima se desloca para comprimentos de onda menores com o aumento da temperatura. O gráfico mostra que a potência irradiada por um corpo negro em função do comprimento de onda para três temperaturas diferentes. Os resultados experimentais relacionados ao espectro de emissão não foram entendidos na época e conseqüentemente não se tinha modelos teóricos para a sua descrição.

Lei de Wien

O comprimento de onda em que um corpo negro emite com intensidade máxima (λ_{MAX}) é inversamente proporcional à temperatura absoluta (T), ou seja, $\lambda_{MAX} \propto 1/T$.



<http://astro.if.ufrgs.br/rad/rad/rad.htm#wien> acesso em 10 de outubro de 2019

O máximo (e o mínimo) de qualquer função é dado para o ponto em que a derivada é nula. Esta função não tem mínimo, de modo que não precisamos testar se a derivada de segunda ordem é negativa (máximo). Derivando a Lei de Planck $B_\lambda(T)$ e igualando a derivada a zero.

Após a realizações dos cálculos obtemos $\lambda_{max}T = 0,0028978 \text{ K m}$ (T em kelvin, λ em metros) ou $\lambda_{max}T = 2,8978 \times 10^7 \text{ K \AA}$ (T em kelvin, λ em angstroms).

A relação encontrada empiricamente por Wien em 1893, mostra que, à medida que T aumenta, a frequência máxima (ν_{max}) aumenta, ou o comprimento de onda máximo (λ_{max}) diminui. Assim, dessa forma, se explica

porque quando se aquece uma barra de ferro, ela torna-se primeiro vermelha e depois esverdeada e azulada.

Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz Wien (1864 – 1928) foi um físico alemão que, em 1893, usou as teorias sobre o calor e eletromagnetismo para deduzir a lei do deslocamento de Wien, que calcula a emissão de um corpo negro a qualquer temperatura a partir da emissão em qualquer uma temperatura de referência.



<https://www.britannica.com/search?query=Wien> acesso em 10 de outubro de 2019

Lei de Stefan-Boltzmann

Joseph Stefan (1835 – 1893) foi um matemático e físico austríaco, e em 1884, seu ex-aluno Boltzmann usou a teoria cinética e a termodinâmica para derivar da lei de Stefan, e mostrou que a mesma era válida exatamente para emissores ideais, que irradiavam perfeitamente em todos os comprimentos de onda, chamados corpos-negros. Dessa forma, tornou-se conhecida como Lei de Stefan-Boltzmann. Stefan usou a lei para fazer a primeira estimativa satisfatória da temperatura da superfície do Sol (fotosfera), obtendo o valor de 6000 °C.



<http://faculty.randolphcollege.edu/tmichalik/stefan.htm> acesso em 10 de outubro de 2019

Com a realização de experimentos com o corpo negro constatou-se que a radiância da cavidade (u) varia com a quarta potência da temperatura do radiador e que a radiação é tanto maior quanto mais quente for o corpo. Esta relação ficou conhecida como lei de Stefan-Boltzmann, isto é, a energia total que emerge do orifício da cavidade é dada pela integral da curva experimental.

$$F = 2\pi \int_0^{\pi/2} \cos\theta \sin\theta d\theta \int_0^{\infty} B_\nu(T) d\nu = \sigma T^4$$

Onde: $F = \sigma T^4$

$\sigma = 5,67 \times 10^{-5} \text{ ergs cm}^{-2}$

$\text{K}^{-4} \text{ s}^{-1} = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

A letra grega σ é a constante de Stefan-Boltzmann.

Como uma estrela não é um corpo negro, isto é, suas camadas externas de onde provém a radiação não estão exatamente em equilíbrio térmico, escrevemos para o fluxo da estrela:

$$F \equiv \sigma T_{\text{ef}}^4$$

Utilizando um parâmetro chamado temperatura efetiva (T_{ef}). Portanto, para uma estrela esférica de raio R , a luminosidade L (energia total por segundo) é obtida multiplicando-se o fluxo pela área $4 \pi R^2$:

$$L = 4 \pi R^2 \sigma T_{ef}^4$$

A temperatura efetiva de uma estrela é, portanto, a temperatura de um corpo negro que emite a mesma quantidade de energia por unidade de área e por unidade de tempo.

A luminosidade do Sol (L_{\odot}), isto é, a energia total emitida pela a estrela do nosso sistema solar é $L_{\odot} = 3,9 \times 10^{33}$ ergs/s, sendo que 1 Joule (J) é igual a 10^7 ergs. Como o raio do Sol (R_{\odot}) é de $R_{\odot} = 7,0 \times 10^5$ km, segue que a temperatura efetiva do Sol é $T_{ef} = 5400$ K.

Podemos então escrever a equação de Wien aproximadamente:

$$\lambda_{max} T = 2,916 \times 10^7 \text{ KÅ} \quad (T \text{ em kelvin, } \lambda \text{ em angstroms}).$$

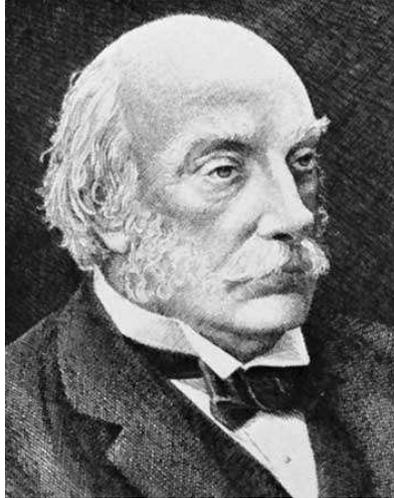
Em 1884, seu ex-aluno Boltzmann usou a teoria cinética e a termodinâmica para derivar essa mesma lei, e mostrou que a mesma era válida exatamente para emissores ideais, que irradiavam perfeitamente em todos os comprimentos de onda, chamados "corpos-negros". Dessa forma, tornou-se conhecida como Lei de Stefan-Boltzmann. Stefan usou a lei para fazer a primeira estimativa satisfatória da temperatura da superfície do Sol (fotosfera), obtendo o valor de 6000 °C.

Lei de Rayleigh-Jeans

Foi observado que a lei de Wien tem concordância com os dados experimentais, mas apenas para os casos de comprimento de onda pequenos, ou seja, para frequência altas. E para a radiação na região de comprimentos de onda elevados, porém para valores pequenos dos comprimentos de onda?

No final do século XIX, o professor de matemática e física experimental em Cambridge, o inglês John William Strutt (1842 – 1919), também conhecido como o 3º Barão de Rayleigh, foi agraciado com o prêmio Nobel de Física de

1904 por pesquisas sobre a densidade dos gases mais importantes e pela descoberta do argônio. Ele deduziu, de modo empírico uma expressão matemática que utilizou para ajustar a curva da densidade de energia espectral da radiação do corpo negro.



<https://www.britannica.com/biography/John-William-Strutt-3rd-Baron-Rayleigh>

acesso em 10 de outubro de 2019

Também no início do século XX, o físico e matemático inglês James Hopwood Jeans (1877 - 1946), baseado na teoria ondulatória clássica, formulou uma teoria que trouxe um significado físico para a expressão empírica de Rayleigh. A partir daí, essa expressão passou a ser chamada de Lei de Rayleigh - Jeans.



<https://alchetron.com/James-Hopwood-Jeans> acesso em 10 de outubro de

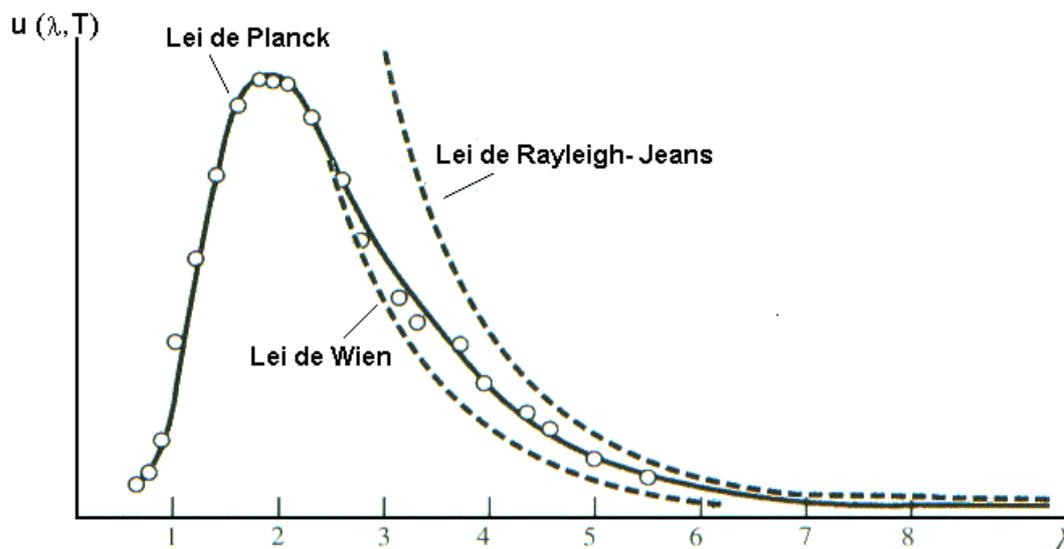
2019

A Lei de Rayleigh - Jeans suscitou uma séria crise conceitual chamada de catástrofe do ultravioleta, pois previa que a radiação aumentava indefinidamente para comprimentos de onda mais curtos. Assim, o corpo negro irradiaria uma quantidade infinita de energia. Esta afirmação é considerada inaceitável. A lei ajustava a curva na faixa dos altos comprimentos de onda, mas divergia na faixa de baixos comprimentos.

A lei de Rayleigh-Jeans é expressa pela seguinte equação:

$$u_{\nu} = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \bar{\varepsilon} = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \frac{1}{\beta} = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} kT$$

Região do espectro de emissão onde as leis de Wien e Rayleigh-Jeans concordam com a lei de Planck.



<http://www.ensinoadistancia.pro.br/EaD/QG/aula-3/aula-3.html> acesso em 10 de outubro de 2019

Quando comparamos os valores para u_{ν} dados pela equação acima com os resultados experimentais, observamos também que eles não concordam para toda região do espectro eletromagnético, conseqüentemente a lei de Rayleigh-Jeans é apenas parcialmente válida.

A lei de Planck é consistente com a lei de Wien em comprimentos de onda pequenos e com a lei de Rayleigh – Jeans para comprimentos de onda longos. Isso favoreceu uma imediata aceitação, mesmo que a lei de Planck era baseada em uma hipótese radical de estados de energia quantizados. E como foi comentado que a hipótese de quantização resolve e evita a catástrofe do ultravioleta clássica: para uma dada frequência (ν), é necessária uma energia ($E = h\nu$) para criar um fóton. Assim, quando a frequência aumenta, torna-se cada vez menos provável que o sistema possa fornecer a energia necessária para a criação de um fóton, o que implica uma frequência de corte em frequências altas e, portanto, em baixos comprimentos de onda, em concordância com os experimentos. Assim, a eliminação da catástrofe do violeta é uma consequência direta do caráter quântico da luz.

Um exemplo mais espetacular de um espectro de corpo negro é obtido ao se observar a radiação cósmica de fundo. Essa radiação é uma relíquia do big Bang e possui uma incrível uniformidade no universo inteiro. Em 2006 George Smoot e John Mather receberam o prêmio Nobel pela liderança de dois experimentos inovadores a bordo do satélite COBE (Cosmic Background Explorer) da NASA, um satélite explorador da radiação cósmica de fundo.

George Fitzgerald Smoot III é um astrofísico e cosmologista estadunidense que nasceu em 1945. É doutor em física pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT - Massachusetts Institute of Technology). Ele trabalha como catedrático na Universidade da Califórnia em Berkeley.

John Cromwell Mather é um astrofísico e cosmólogo estadunidense e nasceu em 1946 na Virgínia (Estados Unidos da América). Ele trabalha como astrofísico na NASA (National Aeronautics and Space Administration) no Goddard Space Flight Center, em Maryland nos Estados Unidos da América.

John Mather (à esquerda) e George Smoot (à direita).



https://wwwmpa.mpa-garching.mpg.de/mpa/institute/news_archives/news0610_nobel/news0610_nobel-en-print.html acesso em 10 de outubro de 2019

Do mesmo modo como a radiação de corpo negro foi utilizado para medir a temperatura do universo, essa radiação pode ser aplicada para medir a temperatura de objetos sem a necessidade de contato físico com eles. Portanto, sem um objeto estiver a uma temperatura suficientemente alta, ele irradiará fótons na faixa do visível.

APÊNDICE B

Questionário (sobre a estrutura da matéria)

1. O Sol na fase final da sua vida dará origem a:
 - a) um buraco negro
 - b) uma supernova
 - c) uma estrela de nêutrons
 - d) Uma Anã branca e a uma nebulosa planetária

2. As estrelas de massa superior a oito vezes a massa do Sol morrem em grandes explosões chamadas de:
 - a) Big Bang
 - b) supernovas
 - c) novas
 - d) nebulosas

3. As estrelas até oito massas solares na fase final da sua vida serão:
 - a) super gigantes vermelhas
 - b) gigantes vermelhas
 - c) supernovas
 - d) buracos negros

4. As estrelas de maior massa do que o Sol na fase de sequência principal são:
 - a) Vermelhas
 - b) azuis
 - c) brancas
 - d) marrons

5. As estrelas formam-se:
 - a) nas nebulosas

- b) nas nebulosas planetárias
- c) nos buracos negros
- d) anã branca

6. As estrelas se formam por ação:

- a) Da força nuclear
- b) Da força gravidade
- c) Da força elétrica
- d) Da força eletromagnética

7. As estrelas produzem a sua energia através:

- a) de reações químicas
- b) da força gravidade
- c) de fissão nuclear
- d) de fusão nuclear

8. O que são nebulosas? De que são feitas?

9. Descreva o ciclo de uma estrela como o nosso Sol.

10. No estágio final do Sol, ele poderá virar um buraco negro? Justifique a sua resposta.