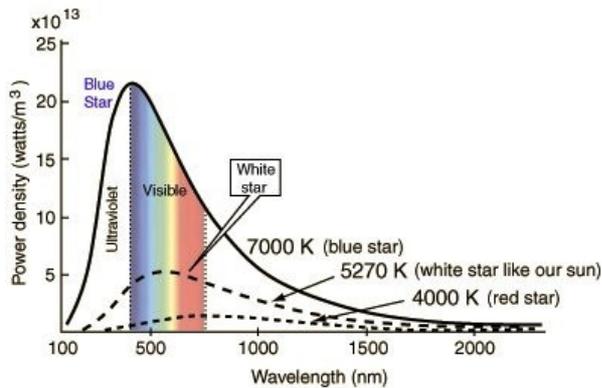


Lista 02 – Radiação Eletromagnética e Telescópios

Questão 01- Calcule a luminosidade do Sol (L), a potencia (P – energia total emitida por área e por segundo), sabendo que o comportamento do espectro contínuo observado do Sol se encontra na figura abaixo e que o raio do Sol $R=7 \times 10^5$ km.



Solução

-- Pede-se : L ou P = ?

-- Dados: $R_{\text{sol}} = 7 \times 10^5$ Km; $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ (w / m² K⁴)

-- Teoria: $F = L / 4\pi d^2$ (eq.1) ou $F = \sigma T^4$ (eq.2)

Substituindo (2) em (1) $\rightarrow L = (\sigma T^4) \times (4\pi d^2)$ eq.(3)

Do gráfico acima temos que estrelas do tipo do Sol tem $T = 5270$ K

Substituindo os valores dados em eq.3, temos: $L = 8.34 \times 10^{26}$ W

Questão 02 - Duas estrelas A e B tem luminosidades 6,4 e 0,4 L_{solar} , respectivamente. Se ambas tem a mesma magnitude aparente, qual é a relação entre suas distancias?

$L_A = 6,4$; $L_B = 0,4$

Como $m = -2,5 \log L$, e temos que $m_A = m_B \rightarrow$ deduz-se que $L_A / d_A^2 = L_B / d_B^2 \rightarrow L_A / L_B = (d_A / d_B)^2$

Então, $6,4 / 0,4 = (d_A / d_B)^2 \rightarrow 4d_B = d_A$

Lista 02 – Radiação Eletromagnética e Telescópios

Questão 03: Sabendo que uma estrela possui módulo de distância igual a -31.57, responda:

a) Qual é a distância até ela em pc?

Módulo de Distância: $m-M = 5 \log d \text{ (pc)} - 5$

$$\frac{-31,57 + 5}{5} = \log d \text{ (pc)} \rightarrow \log d \text{ (pc)} = -5,314 \rightarrow d \text{ (pc)} = 10^{-5,314} \sim 4,8 \times 10^{-6}$$

b) Qual é a distância até ela em U.A?

Lembrando que $1 \text{ pc} = 206265,806 \text{ UA}$ e que do resultado acima

$$d \text{ (pc)} = 4,8 \times 10^{-6} \rightarrow x$$

Temos que $x = d = 1 \text{ UA}$

c) Que estrela seria essa? ...o Sol

Questão 04: Uma estrela de magnitude 2 é 3 magnitudes mais brilhante que uma estrela de magnitude 5. Quantas vezes ela é mais brilhante do que uma estrela de 5a magnitude.

Solução:

Dados: Temos que $m_2 = 3 \times m_5$ e sabemos que 1 magnitude corresponde a uma razão de brilho de 2,5. Então,

$$m_2 = 2,5 m_3$$

$$m_3 = 2,5 m_4 \text{ e}$$

$$m_4 = 2,5 m_5$$

Substituindo m_4 em m_3 e m_3 em m_2 , teremos:

$$m_2 = (2,5) \times 2,5 m_4 \text{ ou seja,}$$

$$m_2 = 2,5 \times 2,5 \times 2,5 m_5 = (2,5)^3 m_5 = 16,25 .$$

A estrela m_2 é 16,25 vezes mais brilhante que uma de 5a magnitude (m_5)

Questão 05: O objeto mais fraco que podemos observar atualmente tem magnitude $m = 31$. Este objeto é 25 magnitudes mais fraco que a estrela mais fraca observada a olho nú. Qual o fator de brilho em relação a esta estrela mais fraca visível a olho nú?

Solução:

Dados: Objeto mais fraco observado – $m_f = 31$

Objeto mais fraco observado a olho nú – $m_o = 6 = \text{Diferença } m_f - m_o = 25$

Então, $m_f = (2,5)^{25} = 8,8 \times 10^9$ ou seja, da ordem de 9 bilhões de vezes mais fraco que o objeto observado a olho nú.

Lista 02 – Radiação Eletromagnética e Telescópios

Questão 06: Uma estrela tem magnitude aparente $m=12$ e está a uma distância $d=1000$ pc. Qual sua magnitude absoluta?

Solução:

dados: $m=12$ e $d=1.000$ (pc)

Pela equação do Módulo de Distância $\rightarrow m - M = 5 \times \log d(\text{pc}) - 5$

então $M = m - 5 \log d(\text{pc}) + 5 = -15 + 17 \rightarrow M = 2$

Questão 07: Explique, como podemos determinar a temperatura superficial de uma estrela?

Medindo-se a intensidade da luz em 2 filtros (B e V, por ex.) e então ajustar uma curva de corpo negro.

Questão 08: Uma estrela com magnitude absoluta $M=9$ é 4 magnitudes menos luminosa do que uma estrela com magnitude 5. Qual a luminosidade desta estrela?

4 magnitudes menos que $M=9 \rightarrow$ é $M=5$

então $(2,5)^4 \sim 38$ vezes menos luminosa que uma estrela de $M=5$

Uma estrela com $M=5$ tem luminosidade igual a do Sol, ou seja, $L_{\text{sol}} = 25 \times 10^{26}$ W.

Portanto, $L(M=5) = 4 \times 10^{26}$ W / 38 = **$1,52 \times 10^{28}$ W**

Questão 09: Quanto tempo levaria para uma nave espacial alcançar a estrela “Proxima Centauri” assumindo que a velocidade da nave espacial é de 1000Km/s e que a distância até a estrela é de 4,2 anos-luz?

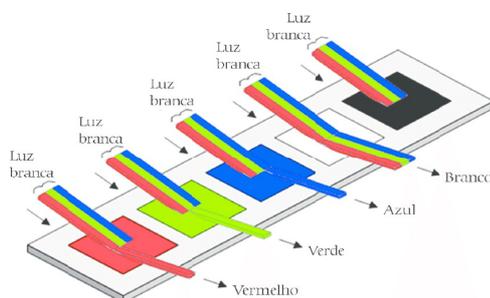
Sabemos que: velocidade $V=d/t$; $1 \text{ ly} = 9.46 \times 10^{12}$ Km

então a distancia, $d = 4.2 \text{ ly} = 4.2 \times 9.46 \times 10^{12}$ km \rightarrow sendo a velocity = 1000 km/s, teremos

$$\begin{aligned} &= \frac{4.2 \times 9.46 \times 10^{12}}{1000} = 39.732 \times 10^9 \text{ s} \\ &= \frac{39.732 \times 10^9}{60 \times 60 \times 24 \times 365.25} = 1.2590 \times 10^3 \text{ y} \end{aligned}$$

Lista 02 – Radiação Eletromagnética e Telescópios

Questão 10: O que é um Corpo Negro?



R: O conceito de corpo negro está associado a um **emissor ideal, que seria um objeto que absorveria toda a luz incidente sobre ele e re-irradiaria toda esta energia em todos os comprimentos de onda. Como um emissor ideal não REFLETE luz ele aparece aos nossos olhos como sendo negro, sem luz. (Ver Aula 10 – slides 25 ao 32)**

Conceitualmente, qualquer objeto com temperatura acima do zero absoluto, estando isolado do meio ambiente e nas condições onde emite radiação na mesma proporção em que a absorve devido aos estados vibracionais dos átomos, estará em equilíbrio termodinâmico. Um corpo nestas condições de equilíbrio termodinâmico vai emitir radiação em todos os comprimentos de onda, gerando, portanto, uma radiação contínua, ou radiação de corpo negro ou ainda radiação térmica, cuja intensidade e o comprimento de onda máximos vão depender somente da temperatura do corpo.

Questão 11: O que é um Espectro Eletromagnético? (e o Visível?)

R: Espectro, ou Espectro Eletromagnético, é a faixa completa de radiação eletromagnética produzida pela oscilação dos campos elétrico e magnético, e que gera radiação desde os comprimentos de onda mais curtos, como os raios gama (10^{-11} a 10^{-14} m), raios-x (10^{-9} a 10^{-11} m) ou ultra-violeta (10^{-7} a 10^{-9} m), até os mais longos como os de rádio (10^5 a 10^3 m), infra-vermelho (10^{-3} a 10^{-6} m) e da luz visível ($4 - 7 \times 10^{-7}$ m). A região visível do espectro eletromagnético, detectada pelo olho humano pode ser identificada por cores, desde o vermelho (comprimentos de onda mais longos) até o azul (comprimentos de onda mais curtos).

Questão 12: O que medimos quando observamos o Efeito Doppler de um astro?

R: O Efeito Doppler é uma mudança no comprimento de onda da radiação eletromagnética que resulta do movimento relativo entre a fonte e o observador. Se a fonte está se aproximando do observador, o comprimento de onda se torna mais curto e as linhas espectrais (absorção ou emissão) são desviadas para o lado azul do espectro (blueshift) observado. Se a fonte se afasta do observador, o comprimento de onda se torna mais longo e as linhas espectrais se deslocam para a região vermelha do espectro (redshift) observado. Esta variação no comprimento de onda se relaciona com a velocidade radial pela relação

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{v_r}{c}$$

Lista 02 – Radiação Eletromagnética e Telescópios

Assim, podemos obter a velocidade com que um objeto se afasta ou se aproxima do observador, ou seja, ele fornece sua velocidade radial (v_r).

Questão 13: O que é o efeito fotoelétrico? Cite uma aplicação dele.

R: O efeito fotoelétrico ocorre quando há a emissão de elétrons por um material, quando este é iluminado por radiação com frequência suficiente para ionizá-lo. Através deste efeito, hoje podemos usar os CCDs para fotografar o céu nas observações astronômicas e também nas nossas câmeras digitais e celulares.

Questão 14: Ordene crescentemente os seguintes tipos de luz, de acordo com sua frequência: microondas, rádio, Luz Visível, raios gama, raios-X, ultra violeta, infravermelho,

R: rádio > microondas > infravermelho > luz visível > ultra violeta > raios-X > raios gama

Questão 15: Por que as estrelas possuem cores diferentes?

R: Porque as estrelas possuem temperaturas diferentes em suas superfícies (fotosfera). Estrelas mais frias são vermelhas enquanto as estrelas mais quentes são azuis.

Questão 16: Forneça uma evidência do comportamento da luz como onda e uma evidência do seu comportamento como partícula.

R: A luz se comporta como onda e isso pode ser verificado através de sua difração e refração quando atravessa um prisma. Ela também carrega momento e, portanto, um radiômetro pode mostrar sua natureza como partícula, pois suas hélices são impulsionadas pela radiação.

Questão 17: Newton descreveu a gravidade como uma força atrativa entre dois corpos no espaço. Qual foi a nova visão da Gravidade proposta pela relatividade?

R: A nova visão da relatividade interpreta a gravidade como deformações no espaço-tempo devido à ação da massa contida nos corpos.

Questão 18: Cite um tipo de radiação que é barrada pela atmosfera da Terra e só pode ser observada do espaço.

R: Raios gama e raios-X.

Questão 19: Cite quais são as três leis fundamentais da espectroscopia (também conhecidas como leis de *Kirchhoff*). Dê um exemplo de onde podemos observar cada uma delas.

R: As três leis são:

1) Um corpo opaco quente, sólido, líquido ou gasoso (muito denso), emite um espectro de luz contínuo.

Lista 02 – Radiação Eletromagnética e Telescópios

Exemplo: lâmpada de incandescente (ou lâmpada de filamento de Tungstênio)

2) Um gás pouco denso produz um espectro de linhas de emissão. O número e a posição destas linhas depende dos elementos químicos presentes no gás. Cada elemento químico (e substância) possui uma única assinatura espectral.

Exemplo: lâmpadas fluorescentes.

3) Se uma fonte de luz contínua estiver atrás de um gás à temperatura mais baixa, o gás frio causa a presença de linhas escuras (linhas de absorção). Assim como no espectro em emissão, o número e a posição destas linhas depende dos elementos químicos presentes no gás.

Exemplo: Estrelas.

Questão 20: Quando falamos em luminosidade, brilho e magnitude das estrelas, estamos falando da mesma coisa? Se não, qual a diferença conceitual entre estas grandezas físicas?

Luminosidade (L) ou Potência (P) é a quantidade total de **energia emitida** por um corpo por unidade de tempo, expressos em unidades de Watts ou Joule/segundo (J/s); **Não depende da distância.**

Brilho é o **Fluxo recebido (F)** de uma estrela, e portanto, uma grandeza **observada e medida**. É a quantidade total de energia (luz), em todos os comprimentos de onda, por unidade de tempo e por unidade de superfície (área) da fonte, expressa em unidades de $\text{ergs s}^{-1}\text{cm}^2$. **É uma grandeza que depende da distância.**

Magnitude é número que quantifica o brilho. Expresso em escala logarítmica. **Ela diminui a medida que o brilho aumenta.**

Questão 21: Quanto varia o fluxo de luz que recebemos de uma estrela se sua distância fosse duas vezes maior? E quanto seria esse fluxo se a distância fosse cinco vezes maior?

O Fluxo é uma grandeza inversamente proporcional ao quadrado da distância ($F \sim 1/d^2$), logo, no primeiro caso, $F_1 \sim 1/2^2$ o fluxo seria 4x menor e no segundo $F_2 \sim 1/5^2$, caso 25x menor.

Questão 22: Qual é o limite de magnitude de um astro para ser observado a olho nu?

O limite de magnitude para que um astro seja visto no céu é da ordem de 6 magnitudes.

Questão 23: Uma estrela A tem magnitude aparente de 1.8, enquanto a estrela B tem magnitude a aparente de 2.1. Qual delas é mais brilhante no céu?

A escala de magnitude é invertida (e logarítmica!), portanto, quanto maior o valor da magnitude, menor será o brilho observado. Então a estrela de magnitude = 1.8 é mais brilhante.

Questão 24: Os telescópios podem ser construídos com lentes ou com espelhos, como se chamam estes telescópios? Qual deles é mais usado na astronomia moderna? Por que?

Os telescópios que usam lentes são chamados de refratores, já os telescópios que possuem espelhos são chamados de refletores. Na astronomia moderna, quase todos os telescópios são refletores,

Lista 02 – Radiação Eletromagnética e Telescópios

porque custa mais barato construir grandes espelhos do que grandes lentes. Além disso, o espelho é melhor que as lentes pois não produz aberração cromática da luz.

Questão 25: Qual é o aumento de um telescópio cuja lente objetiva tenha 3000 mm de distância focal e a lente ocular tenha 5 mm de distância focal?

O aumento pode ser calculado fazendo a divisão da distância focal da objetiva 3000 mm pela distância focal da ocular 5 mm: $3000/5$, resultando em 600x de aumento.

Questão 26: Por que usamos telescópios com ótica ativa e ótica adaptativa?

Vimos em aula que quanto maior o telescópio maior a captação de radiação. Assim, espelhos maiores, portanto mais pesados, acabam deformando o seu próprio formato, gerando também problemas de estabilidade que afetam a qualidade da imagem. A forma de garantir a precisão óptica usamos uma técnica conhecida como ótica ativa, que ao associar espelhos primários flexíveis com os chamados atuadores mecânicos (pistões) ajustam a forma do espelho preservando a qualidade da imagem durante as observações.

Um detalhe relevante nestas correções é que esta técnica não corrige os efeitos da turbulência da atmosfera, correção essa que é feita separadamente por um outro sistema, o de óptica adaptativa.

Neste caso, usando um laser de sódio muito potente podemos criar uma estrela artificial no céu, e assim medir os efeitos da turbulência atmosférica de modo que o espelho deformável o possa corrigir. A ótica adaptativa é geralmente aplicada no espelho secundário do telescópio, onde os atuadores mecânicos simulam a turbulência da atmosfera vibrando o espelho para acompanhar a turbulência vista na estrela artificial, garantindo assim a qualidade da imagem.

Questão 27: Mesmo que a próxima geração de telescópios tenha uma qualidade melhor que a do telescópio espacial Hubble, por que ainda temos interesse e necessidade de mandar telescópios ao espaço? Cite ao menos um telescópio espacial (além do Hubble) e descreva ao menos uma de suas finalidades de estudo.

Porque existem muitos tipos de luz que são barrados pela atmosfera da Terra e só são vistos do espaço. Um exemplo de um telescópio espacial além do Hubble é o Observatório de Raios-X Chandra, desenvolvido para buscar informações de regiões muito quentes do Universo, tais como: supernovas, aglomerados de galáxias e matéria ao redor de buracos negros.

Questão 28: Qual(is) estudo(s) são feitos com os radiotelescópios?

Radiotelescópios são comumente usados para observar emissões de luz em moléculas de gás interestelar, como Hidrogênio por exemplo. A linha de 21cm do H é útil na avaliação da distribuição de gás. No caso da Via-láctea, é esta linha de 21 cm que é utilizada para traçar os braços da Galáxia. Em objetos extragalácticos pode-se estudar a emissão rádio de radiogaláxias, na região central, e na região extensa (lobos), além dos jatos.

Questão 29: Por que temos o interesse de construir telescópios cada vez maiores?

Lista 02 – Radiação Eletromagnética e Telescópios

Porque quanto maior o telescópio, maior será sua área coletora de luz de objetos mais fracos, ganhando nitidez e resolução, permitindo estudar fenômenos astrofísicos de difícil acesso como o caso de núcleo de galáxias, além de melhorar a qualidade das observações já feitas.

Questão 30: Cite três condições necessárias que um local deve possuir para que nele sejam colocados telescópios de pesquisa modernos. Cite também um local que satisfaça essas condições no Hemisfério Sul e no Hemisfério Norte.

O local deve ser seco, alto e afastado de grandes centros urbanos. Deve ser seco para evitar que a umidade condense e afete o desempenho do telescópio, deve ser alto para evitar a camada de inversão térmica, que provoca turbulência e afeta a qualidade da imagem, e deve estar afastado de centros urbanos para evitar a poluição luminosa que afeta também a qualidade das observações. Os melhores sítios no mundo para instalar telescópios no Hemisfério Sul são os Andes Chilenos e no Hemisfério Norte se localizam no Havaí.

Questão 31: Determine a resolução do olho humano cuja pupila mede 0,1 cm e compare com a resolução do telescópio Keck, cujo diâmetro é de 10 metros.

Adotando o comprimento de onda no visível $\lambda = 5.5 \times 10^{-5}$ cm, a resolução é dada por:
 Θ (rad) = $1,22 \lambda/D$ (em radianos) ou em segundos de arco ("): Θ (") = $250.000 \lambda/D$, onde D é o diâmetro do telescópio ou pupila.

Para o olho humano \rightarrow resolução, Θ (") = $250.000 \lambda/D_{pupila}$
 $= 250.000 (5.5 \times 10^{-5} \text{ (cm)}) / 0,1 \text{ (cm)} =$
 $= 138 \text{ " (segundos de arco) ou } 2,3' \text{ (minutos de arco)}$

Para o telescópio Keck \rightarrow resolução, Θ (") = $250.000 \lambda/D_{telescópio} =$
 $= 250.000 (5.5 \times 10^{-5} \text{ (cm)}) / 1000 \text{ (cm)} =$
 $= 250 (5.5 \times 10^{-5}) \sim 0,01"$

Portanto, a resolução do Keck é $\sim 13.800x$ melhor que a do olho humano.

Questão 32: Quais as vantagens em se utilizar um telescópio refletor ao invés de um refrator?

Refletores são mais baratos para construir, não necessitam de enormes contrapesos para sustentá-los e não produzem aberração cromática da luz, ou seja, que diferentes cores tenham focos em diferentes posições ao longo do eixo óptico, provocando a aberração.

Questão 33: Qual o “poder de ganho – G”, ou sensibilidade, de um telescópio com objetiva de 15 cm comparado com um telescópio de 23 cm?

Segundo as notas de aula, o poder de ganho $G \sim D^2$, assim $G_1 = 23^2 = 529$ e $G_2 = 15^2 = 225$.

Lista 02 – Radiação Eletromagnética e Telescópios

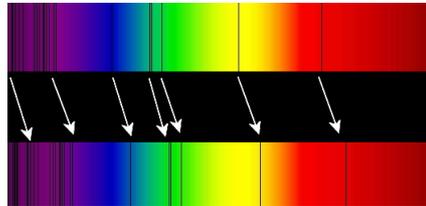
Portanto, o ganho do telescópio cuja objetiva é 23 cm é $529/225 \sim 2.3$ x maior que o ganho do telescópio de 15 cm.

Questão 34: Quando um astro está em movimento o espectro obtido desta fonte gera um padrão de linhas que pode ser comparado ao padrão de linhas do espectro em repouso, de biblioteca ou laboratório (λ_0 ou λ_{rest}). Esta comparação (Fig.) permite observar desvios do padrão de linhas da fonte e em repouso. É possível calcular a velocidade de afastamento (redshift) ou aproximação da fonte (blueshift) a partir da fórmula abaixo. Calcule a velocidade radial (V_r) da estrela em questão usando a linha espectral de repouso $\lambda_0 = 6.563 \times 10^{-7}$ m.

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{rest}} = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{rest}}{\lambda_{rest}} = \frac{v}{c} \quad \text{Onde } v \text{ é a velocidade radial } V_r$$

Espectro de Laboratório $\lambda_0 = 6.563 \times 10^{-7}$ m →

Espectro Observado $\lambda = 6.565 \times 10^{-7}$ m →



Solução:

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{rest}} = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{rest}}{\lambda_{rest}} = \frac{v}{c}$$

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{rest}} = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{rest}}{\lambda_{rest}} = \frac{v}{c} = \frac{(6.565 \times 10^{-7} \text{ m} - 6.563 \times 10^{-7} \text{ m})}{6.563 \times 10^{-7} \text{ m}} = 91 \text{ Km/s}$$

Lista 02 – Radiação Eletromagnética e Telescópios