

Deslocamento para o Vermelho da Luz das Estrelas e a Radiação do Corpo Negro (Redshift of Starlight and the Black Body Radiation)

Valdir Monteiro dos Santos Godoi

valdir.msgodoi@gmail.com

An understandable explanation of dark matter.

Em continuação ao nosso artigo anterior sobre a causa da matéria escura^[1], uma das grandes questões em aberto da Astrofísica atual, outro fenômeno a favor da absorção gravitacional é o deslocamento para o vermelho da luz das estrelas.

O efeito que se obtém com o deslocamento para o vermelho é a diminuição da frequência da luz que passa por uma massa M , em especial uma estrela. Este deslocamento pode ser calculado tanto pela Física Clássica quanto pela Relatividade Geral^[2], e obtém comprovação experimental^{[2],[3]}.

O que se concluiria da seguinte experiência fictícia: 100 fótons por segundo são emitidos por uma fonte luminosa em direção a uma caixa preta, e recebidos integralmente por esta através de um pequeno orifício construído para o fim específico de receber fótons, mas apenas 90 fótons por segundo são ejetados desta mesma caixa através de um outro pequeno orifício construído diametralmente oposto ao primeiro e construído para o fim específico de emitir os fótons de dentro da caixa? Se todos os fótons emitidos pela fonte foram recebidos pela caixa e não houve mais nenhuma outra fonte de luz, nem nenhum vazamento imprevisto de fótons, mas após atingido o regime estacionário de recepção/emissão apenas 90% da quantidade de fótons recebidos são emitidos por segundo, então concluímos que 10% dos fótons emitidos permaneceram dentro da caixa, não foram emitidos como os demais, e podem estar, por exemplo, em um movimento aleatório dentro dos vazios da caixa, colidindo com outros fótons, ou então foram absorvidos pela sua estrutura molecular. Em ambas as situações podemos concluir genericamente que houve absorção destes fótons pela caixa, absorção parcial, a uma taxa de 10%.

Tal como no exemplo anterior, a diminuição de frequência da luz que passa por um corpo de massa M , dada conforme a equação^[4] (ver nota (A) ao final)

$$\nu = \nu_0 \left(1 + \frac{\Delta U}{c^2} \right), \quad (1)$$

onde c é a velocidade da luz e ΔU significa a diferença de potencial gravitacional (negativa) entre o corpo emissor da luz (na frequência ν_0) e o que mede a frequência (ν), implica que houve absorção de fótons na passagem por este corpo, uma forma de “perda” de fótons em relação ao espaço exterior. Se a absorção fosse completa ($\nu =$

0) estaríamos diante de um caso de corpo negro, que tecnicamente tem este nome pelo fato de absorver toda a luz que incide sobre ele, sem refletir nenhuma radiação, e assim, teoricamente, se tornaria invisível^[2]. Objetos reais nunca se comportam como corpos negros ideais^[5]. A Terra, por exemplo, absorve 61% da luz incidente, refletindo os outros 39%^[2]. A energia absorvida aquece a Terra, que irradia (hipoteticamente) como um corpo negro (corpos negros também são emissores perfeitos de energia^[2]) a uma taxa (de potência) de σT^4 por unidade de área, onde $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ é a constante de Stefan-Boltzmann e T é a temperatura do corpo emissor (em graus Kelvin), no caso a Terra. Devemos entender aqui que energia refletida não tem o mesmo significado de energia emitida, a fim de não criarmos confusão com o conceito de corpo negro.

Assim como não há absorção perfeita da luz, também não devemos esperar que a emissão de energia das estrelas e dos planetas, tal como no exemplo da Terra descrito acima, seja perfeita. Portanto, o equilíbrio térmico de um planeta ou estrela deve ser considerado apenas uma situação teórica ideal, não real (e bem pode ser que o aquecimento global que sentimos na atualidade realmente tenha uma boa dose de participação da natureza, da energia que recebemos do espaço, não apenas da industrialização dos tempos modernos).

Isto faz com que exista, em geral, uma diferença não nula entre a radiação recebida e a emitida, equivalente à diminuição da frequência da radiação. Exceção talvez aos buracos negros, que são os corpos que resultam em $\nu = 0$ na equação (1), conforme o raio de Schwarzschild. Menciono o “talvez” devido aos estudos de Stephen Hawking sobre os buracos negros e a mecânica quântica. Se mesmo os buracos negros irradiarem, conforme Stephen Hawking, então nunca haverá uma absorção completa, perfeita, sem emissão alguma.

Mas vamos então supor a seguinte situação: um único corpo não é capaz de absorver toda a radiação (luz) recebida de uma estrela (ou fonte de radiação), já que não existem corpos negros perfeitos, mas esta mesma radiação ao passar por diversas outras estrelas (e corpos celestes) tenderia a ter sua nova frequência bastante diminuída em relação à original, ou mesmo completamente zerada, isto porque seus fótons originais foram sendo sucessivamente absorvidos por outros corpos pelo caminho. Quanto mais estrelas e grandes massas na trajetória dos fótons, mais a frequência original da luz iria diminuir, até, eventualmente, se extinguir completamente. Para um observador distante, seria como se esta fonte de luz original não existisse, que nunca tivesse existido, nenhum instrumento seria capaz de detectá-la de maneira imediata, embora esta mesma fonte “invisível” possa influenciar gravitacionalmente nas estrelas mais próximas deste observador, ainda visíveis. É justamente o que acontece com o fenômeno conhecido como “matéria escura”.

Um cálculo matemático: emitida uma frequência ν_0 de luz, ao passar por um corpo de massa M_1 e raio r_1 este raio de luz terá sua frequência reduzida para

$$v_1 = v_0 \left(1 - \frac{GM_1}{c^2 r_1}\right) < v_0. \quad (2)$$

Este raio de luz, ao passar por um segundo corpo de massa M_2 e raio r_2 terá sua frequência reduzida para

$$v_2 = v_1 \left(1 - \frac{GM_2}{c^2 r_2}\right) = v_0 \left(1 - \frac{GM_1}{c^2 r_1}\right) \left(1 - \frac{GM_2}{c^2 r_2}\right) < v_1 < v_0. \quad (3)$$

Por indução vemos que

$$v_n = v_{n-1} \left(1 - \frac{GM_n}{c^2 r_n}\right) = v_0 \prod_{i=1}^n \left(1 - \frac{GM_i}{c^2 r_i}\right) < v_{n-1} < v_0 \quad (4)$$

e

$$\lim_{n \rightarrow \infty} v_n = 0, \quad (5)$$

que são as relações entre as sucessivas frequências resultantes na matéria escura.

Então para um grande valor de n ou mesmo grandes valores de algumas massas M_i é possível concluir que a frequência v_n final ou seria zero, ou muito próxima de zero, ou pelo menos na faixa do invisível: a matéria escura.

Como existe uma infinidade de massas e raios distintos no universo, não parece ser possível haver nenhum coeficiente único relativo à matéria escura. Supondo que todas as massas (M) e raios (r) fossem iguais, entretanto, chegaríamos à seguinte expressão:

$$v_n = v_0 \left(1 - \frac{GM}{c^2 r}\right)^n. \quad (6)$$

Conforme já mencionamos em [1], não existe necessariamente uma “absoluta” matéria escura, ou seja, que tenha a propriedade de ser escura independentemente da sua distância ao observador e da trajetória dos seus raios de luz, exceção talvez aos buracos negros. Uma matéria pode se comportar como escura em um sentido mas em outro sentido ser normalmente visível, bastando que neste outro sentido seus raios de luz (ainda) estejam na faixa do visível. O mais importante a concluir é que não se trata de nenhuma matéria especial, com propriedades diferentes da matéria comum conhecida.

(A) A equação (1) admite que o potencial gravitacional em toda a superfície de uma massa M_i é o mesmo, assim o potencial gravitacional ao receber um raio de luz e ao emití-lo são iguais. A variação de frequência dada em (1), em princípio, vale mesmo quando a luz não atravessa nenhuma massa. Neste nosso modelo inicial simplificado, após esta emissão a frequência da radiação não se altera até se atingir o próximo corpo M_{i+1} , onde se usa (1) novamente, assumindo-se que a superfície do corpo anterior M_i corresponde ao potencial zero do infinito. É possível fazer, portanto, uma dedução mais rigorosa de (4). Corpos mais próximos, regiões mais densas de estrelas, cujos potenciais devidos aos corpos vizinhos não podem ser considerados iguais a zero, resultariam em uma expressão mais complicada para (4), embora nossa ideia principal permaneça. Além disso, coeficientes α não nulos para uma absorção gravitacional (equivalente também a uma absorção eletromagnética, dada a unificação prevista de ambas as forças) tenderiam, provavelmente, a reduzir ainda mais a frequência emitida por uma fonte luminosa, um aprimoramento da radiação Cherenkov. Em próximo artigo um resultado mais exato sobre este assunto.

Referências

1. Godoi, V.M.S., *Strong Hypothesis for Dark Matter and the Controlled Nuclear Fusion*, <http://vixra.org/abs/1503.0205> (2015).
2. de Oliveira, K. e Saraiva, M. F., *Astronomia & Astrofísica*. São Paulo: editora Livraria da Física (2014).
3. Nussenzveig, H. M., *Curso de Física Básica*, vol. 4. São Paulo: editora Edgard Blücher (1998).
4. Einstein, A., *Sobre a Influência da Gravidade na Propagação da Luz*, em *Textos Fundamentais da Física Moderna*, vol. I, *O Princípio da Relatividade*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian (1983).
5. http://pt.wikipedia.org/wiki/Corpo_negro