

**Vento Solar: Aprimorando uma hipótese
sobre a precessão do periélio de Mercúrio
(Solar Wind: Refining a hypothesis
about the precession of the perihelion of Mercury)**

Valdir Monteiro dos Santos Godoi
valdir.msgodoi@gmail.com

RESUMO – Com a hipótese do vento solar para explicar a precessão do periélio de Mercúrio, verificamos que isto implica numa diminuição da massa do Sol, e conseqüente aumento na razão da massa dos planetas do sistema solar em relação à massa do Sol. Isto tenderia a aumentar o valor da precessão calculado pela mecânica de Newton e poderia então ser uma razoável explicação do avanço do periélio dos planetas.

ABSTRACT – With the hypothesis of the solar wind to explain the precession of the perihelion of Mercury, we find that this implies a decrease in mass of the Sun, and the consequent increase in the ratio of the mass of the planets of the solar system relative to the mass of the Sun. This would tend to increase the value of precession calculated by Newtonian mechanics and then could be a reasonable explanation of the advance of the perihelion of the planets.

Palavras-chave: vento solar, precessão, periélio, Mercúrio, Relatividade Geral.

Keywords: solar wind, precession, perihelion, Mercury, General Relativity.

1 – Introdução

Conforme sabemos, o planeta Mercúrio apresenta uma anomalia no movimento de seu periélio em sua órbita ao redor do Sol, quando comparamos valores observados e teóricos, baseados na mecânica de Newton.

Algumas tentativas para explicar essa anomalia foram formuladas, uma delas seria também uma hipótese unificadora entre gravitação e eletromagnetismo, criada por H. A. Lorentz: se a força de repulsão entre as cargas elétricas de mesmo sinal for ligeiramente mais fraca que a força de atração entre as cargas elétricas de sinais opostos, tal diferença seria responsável pela atração gravitacional, e um teste experimental desse modelo seria a precessão do periélio de Mercúrio^{[1],[2]}.

Le Verrier, que foi quem descobriu esta anomalia de Mercúrio, em 1843, calculando em 38" de arco por século esta precessão^{[1],[3]}, viu como causa mais provável a existência de um planeta entre Mercúrio e o Sol, com um diâmetro de $1,6 \times 10^6$ km e a 30×10^6 km do Sol, trabalho apresentado em 12 de setembro de 1859 à Academia de Ciências de Paris.^[1]

Outra teoria consistia em admitir uma pequena variação na lei de Newton da gravitação universal, fazendo o expoente de r em $1/r^2$ ser ligeiramente diferente de 2, ou acrescentando mais termos, por exemplo, proporcionais a $1/r^3$ ou $1/r^4$, ou incluindo ainda um termo adicional dependente da velocidade, como a força de Weber da eletrodinâmica.^{[4],[5]} Também houve a hipótese da luz zodiacal^{[5],[6]}.

Nenhuma destas hipóteses, entretanto, foi bem sucedida, até que surgiu a Relatividade Geral de Einstein^[7], como uma nova teoria da gravitação, e supostamente explicando esta precessão.

O trabalho [8], entretanto, mostrou que a Relatividade de Einstein não deu uma boa explicação para o movimento do periélio de Mercúrio, e [9] concluiu que a Relatividade Geral realmente não o explica.

Surge assim a necessidade de se entender novamente a causa desta precessão, de maneira clássica, e por isso em [10] foram formuladas 3 hipóteses, que creio serem originais.

A primeira destas hipóteses já foi descartada em [11]: os satélites do sistema solar contribuem apenas com cerca de 1'' para o valor desta precessão, sendo a maior responsável a Lua. Vale comentar que pela lei da ação e reação anomalias no movimento da Lua também devem ser influenciadas por Mercúrio, e semelhantemente por Vênus, Marte, etc.

A hipótese que queremos aprimorar neste momento é a que chamamos de 3ª hipótese: o vento solar.

2 – O vento solar

De acordo com [12], a existência do vento solar foi prevista teoricamente por Eugene Parker em 1958.^[13] Este vento, a rigor, é um processo de perda de massa, mas tão diminuto que não acarreta influência marcante na evolução do Sol.

Pode ser diminuto, tal como também é a precessão secular do periélio de Mercúrio, e pode não acarretar influência marcante na evolução do Sol, mas pode, não obstante, influenciar no movimento dos planetas ao seu redor, a ponto de, conforme nossa hipótese, causar a anomalia da precessão dos periélios. Em [13] se diz que a taxa de perda de massa do Sol em decorrência do vento solar é de 10^{14} - 10^{15} g/s, ou de espantosos 100 milhões de toneladas por segundo a 1 bilhão ton/s: uma taxa certamente não infinitesimal, nada desprezível.

Le Verrier^[14] mostrou que é possível explicar a precessão do periélio de Mercúrio através de uma alteração nas massas de Vênus e da Terra, uma vez que as massas de Júpiter e Saturno eram bem conhecidas e a ação de Marte muito pequena. Ele formula então a relação

$$288'' v' + 87'' v'' = 38'',3 \quad (1)$$

para explicar a precessão residual, calculada em 38,3'' na época.

Newcomb^[4] também concorda que a variação secular do periélio de Mercúrio pode, sem dificuldade, ser explicada por um sutil incremento na massa adotada para Vênus, mas diz que o único argumento contra tal incremento é que as variações de outros elementos não poderiam então ser representadas.

Nossa hipótese reformulada, então, é que não é a massa de Vênus, exclusivamente, que poderia ser incrementada, mas a de todos os planetas do sistema solar, na realidade este incremento sendo devido à razão entre a massa do planeta e a do Sol.

Nos tratados sobre movimentos planetários, por exemplo, [4], [5], [14], [15], as massas dos planetas são representadas como o recíproco de um número (inteiro, na maioria das vezes), uma razão em relação à massa do Sol, que é considerada constante. Por exemplo, em [4]:

$$\begin{aligned} \text{Massa de Mercúrio} &= \frac{1}{7.500.000} \\ \text{Massa do sistema Terra-Lua} &= \frac{1}{327.000} \\ \text{Massa de Marte} &= \frac{1}{3.093.500} \\ \text{Massa de Vênus (Le Verrier)} &= \frac{1}{401.847} \end{aligned}$$

Mas, a rigor, o Sol sofre variação de massa a todo instante, seja liberando energia, em forma de calor e energia eletromagnética, o vento solar, como vimos, seja, mais raramente, ganhando massa, quando algum cometa, meteoro ou asteroide choca-se com ele (este ganho dificilmente compensaria o valor maior da perda).

Se levarmos em consideração apenas a emissão de energia, haverá um contínuo aumento na razão que representa a massa dos planetas nas teorias sobre movimento planetário, o que incrementará o valor calculado para as precessões de periélio, dos diversos planetas.

3 – Conclusão

Entendamos a influência do vento solar não apenas no sentido energético, de um calor que se propaga, um plasma eletromagnético ou raios cósmicos que se chocam na superfície do planeta, mas também entendamos no aspecto gravitacional, de variação negativa da massa do Sol e consequente aumento das razões entre as massas dos vários planetas do sistema solar e o Sol.

Não é desprezível a taxa de perda de massa do Sol. Estudos mais recentes^[16] calculam uma taxa menor que a fornecida no artigo original sobre o assunto^[13], da ordem de $9,5 \times 10^{11}$ g/s, ou próximo de 1 milhão de toneladas por segundo, mas ainda assim não é algo que se possa chamar de um valor nulo ou que tenda a zero.

Este valor menor de taxa proporciona uma perda de massa em um século de cerca de

$$9,5 \times 10^{11} \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 \times 100 \times 10^{-3} = 2,99592 \times 10^{18} \text{ kg}, \quad (2)$$

ou quase 10^{-5} vezes a massa de Mercúrio ($3,3022 \times 10^{23}$ kg). A taxa original fornece um valor de aproximadamente 100 a 1000 vezes maior, $3,1536 \times 10^{20} - 10^{21}$ kg, ou de aproximadamente 1 milésimo a 1 centésimo da massa de Mercúrio.

Parece pouco, mas ainda assim é possível que esta hipótese, agora aprimorada, seja correta. Ela deve proporcionar um valor significativo para a precessão dos planetas, mas calculá-la exatamente não parece ser fácil, nem rápido. Pode resultar, inclusive, em um fenômeno aleatório, caótico, e assim não existiria um valor constante para a precessão do periélio de Mercúrio, ou seja, nem 38'', nem 43'', nem 45'', nenhum valor poderia valer para sempre, nem por muito tempo, pois seria apenas um valor médio, do momento, efeito das condições mais atuais do Sol.

Vale mencionar que por engano havia calculado o resultado (2) 1000 vezes maior do que o correto, sem a conversão de unidades no valor da taxa de perda de massa, de g para kg. Fiquei contente ao perceber que 1% da massa de Mercúrio por século poderia (talvez) significar 1% a mais no valor da precessão calculado pela mecânica de Newton ($\approx 5557''$)^[6], ou seja, seria uma diferença de 55,77'', que já é um ângulo próximo do valor de 43'' que buscamos. Uma diferença de 12'' ou 13'' se resolveria com um cálculo mais exato, ao invés de uma regra de três. Isto ainda pode acontecer, entretanto, se os resultados experimentais atualizados mostrarem que a taxa de perda de massa do Sol é da ordem do limite superior da taxa mencionada em [13], i.e., 10^{15} g/s.

Uma quarta hipótese nem é tão inacreditável: resolver exatamente o problema dos N corpos aplicado a Mercúrio no sistema solar, desconsiderando os resultados perturbativos, por exemplo, de Le Verrier e Newcomb, e levando ainda em consideração a perda de massa do Sol. Seria verdadeiramente um resultado perfeito.

4 – Referências Bibliográficas

1. Bassalo, J.M.F. e Caruso Neto, F., *Einstein*, São Paulo: Editora Livraria da Física (2013).
2. Lorentz, H.A., *Considerations on Gravitation*, versão original em: *Beschouwingen over de zwaartekracht*, Koninklijke Akademie von Wetenschappen te Amsterdam Proceedings **2**, pp. 559-574 (1900).
3. Le Verrier, U.J., "[Lettre de M. Le Verrier à M. Faye sur la théorie de Mercure et sur le mouvement du périhélie de cette planète](#)", *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **49**, pp. 379-383 (1859).
4. Newcomb, S., *Discussion of Observed Transits of Mercury, 1677 to 1881*, *Astronomical Papers of the American Ephemeris and Nautical Almanac* (1882), em www.relativitycalculator.com/pdfs/mercury_perihelion_advance/S.Newcomb.pdf

5. Doolittle, E., *The Secular Variations of the Elements of the Orbits of the Four Inner Planets*, Transactions of the American Philosophical Society, New Series, Vol. 22, No. 2 (1912). Disponível em <http://www.istor.org/stable/1005431>.
6. Weinberg, S., *Gravitation and Cosmology: Principles and Applications of the General Theory of Relativity*, pp. 14-15, 198-199. New York: John Wiley & Sons, Inc. (1972).
7. Einstein, A., *Os Fundamentos da Teoria da Relatividade Geral*. Textos Fundamentais da Física Moderna, vol. I, pp. 141-214. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian (1983). Traduzido de Ann. d. Phys. **49** (1916).
8. Godoi, V.M.S., *O cálculo do movimento do periélio de Mercúrio na Relatividade Geral*, disponível em <http://www.vixra.org/abs/1406.0050> (2014).
9. Godoi, V.M.S., *A solução exata de Schwarzschild*, disponível em <http://www.vixra.org/abs/1407.0005> (2014).
10. Godoi, V.M.S., *Três hipóteses para o avanço do periélio de Mercúrio*, disponível em <http://vixra.org/abs/1407.0034> (2014).
11. Godoi, V.M.S., *Estimando a influência dos satélites na precessão do periélio de Mercúrio*, disponível em <http://www.vixra.org/abs/1407.0097> (2014).
12. Matsumura, O. T., *O Sol*, em *Astronomia e Astrofísica*, cap. 13, W.J.Maciél (editor), São Paulo: IAG/USP (1991).
13. Parker, E. N., ["Dynamics of the Interplanetary Gas and Magnetic Fields"](#), *Astrophysical Journal*, vol. 128, p.664 (1958).
14. Le Verrier, U.J., *Theorie du Mouvement de Mercure*, Annales de L'Observatoire Impérial de Paris, Recherches Astronomiques, tome V, chapitre XV (1859).
15. Stockwell, J.N., *Memoir on the Secular Variations of the Elements of the Orbits of the Eight Principal Planets*, Smithsonian Contributions to Knowledge, 232 (1872). Disponível em <http://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/31715#/summary>.
16. Maciel, W.J., *Ventos Estelares*, palestra apresentada no IAG/USP em abril de 2005, <http://www.astro.iag.usp.br/~maciel/teaching/palestras/ventos/ventos.html>