

UMA PROPOSTA DE ENSINO SOBRE A MATÉRIA ESCURA NO ENSINO MÉDIO

A TEACHING PROPOSAL ABOUT DARK MATTER IN SECONDARY SCHOOL

Samuel Jorge Carvalho Ximenes¹

¹ Instituto Federal do Paraná, Campus Capanema, samuel.ximenes@ifpr.edu.br

Resumo: *Apresentamos uma abordagem do conceito de matéria escura, desenvolvida visando o ensino médio. Uma das evidências que indicam a existência da matéria escura é obtida a partir das curvas de rotação de galáxias. É possível tratar desse assunto com estudantes de ensino médio usando apenas elementos já presentes em suas grades curriculares, como a mecânica do movimento circular, conceitos básicos da gravitação newtoniana e as leis de Kepler.*

Palavras-chave: ensino de física; gravitação; matéria escura.

Abstract: *We introduce an approach of the concept of dark matter, developed for secondary schools. One of the evidences that indicate the existence of dark matter is obtained from the rotation curves of galaxies. It is possible to talk about this issue with secondary school students using only elements already present in their curriculum, such as the mechanics of circular motion, basic concepts of Newtonian gravitation and Kepler's laws.*

Keywords: physics education; gravitation; dark matter.



INTRODUÇÃO

Toda a matéria que observamos ao nosso redor é feita por átomos e estes são compostos por prótons, elétrons e nêutrons. Por muito tempo eles foram conhecidos como partículas fundamentais, até que se descobriu que estes eram formados por partículas ainda mais elementais, como quarks e glúons. Ainda assim, uma boa parcela da matéria que existe no universo não é formada por nenhuma dessas partículas citadas, ou por qualquer outra conhecida. Sua presença é evidenciada, entre outras formas, pela interação gravitacional exercida em galáxias e aglomerados de galáxias (BENNET, 2010). Como não é possível a sua observação direta, visto que esta matéria incomum não interage com a radiação eletromagnética, denominamos esta matéria “invisível” de matéria escura.

Um bom indicativo da existência da matéria escura é a análise da curva de rotação de galáxias espirais. Segundo a gravitação newtoniana, a velocidade orbital deveria diminuir para corpos que se afastam da região central, semelhante ao que ocorre com os planetas do sistema solar à medida que se distanciam do Sol. Todavia, isso não é observado. A discussão das curvas de rotação de galáxias e sua relação com a matéria escura pode ser feita com o uso de conceitos básicos da dinâmica e gravitação newtonianas, que são temas comuns dos currículos de ensino médio.

A prática proposta nesse artigo, embora simples, é valiosa pois aproxima o estudante de um assunto atual, trazendo-o quase como uma extensão natural de uma aula de gravitação. Após a execução da aula proposta nesse texto, os estudantes têm um bom exemplo de como se dá a construção do conhecimento científico, ao se explorar os limites das teorias vigentes. Em caso de uma falha, como a que ocorre com a previsão da velocidade orbital de galáxias, somos forçados a desenvolver teorias que possam responder os questionamentos em relação ao que observamos. Vale ressaltar a quantidade de informação disponível para os estudantes acerca de temas relacionados com a física contemporânea, seja em filmes, desenhos ou jogos. Cabe a nós, professores, transformar essa onda enorme de dados em conhecimento, aproveitando o interesse e a curiosidade dos alunos.

JUSTIFICATIVA PARA A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

Falar de matéria escura é certamente abordar física moderna e contemporânea. Um assunto tão atual, repleto de pesquisas que buscam entender melhor o que é e de que é formada essa matéria exótica, encontra um grande distanciamento com o que é transmitido em sala de aula. A inclusão de tópicos de física moderna e contemporânea nos livros-texto de ensino médio ocorre de forma ainda muito tímida, ocupando um espaço muito pequeno e que, muitas das vezes, na tentativa de se manter um ordenamento cronológico, acabam preenchendo somente seus capítulos finais.

Durante a III Conferência Interamericana sobre Educação em Física (BAROJAS, 1988), um grupo de trabalho foi formado para reunir motivos para se introduzir o ensino de física moderna no nível médio. Dentre as razões, podemos destacar:



- Os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em física, pois não veem nenhuma física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente.
- Física moderna é considerada conceitualmente difícil e abstrata; mas, resultados de pesquisa em ensino de física têm mostrado que, além da física clássica ser também abstrata, os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la.

Nossos estudantes estão constantemente sendo expostos a informações sobre as mais recentes tecnologias e teorias, seja em filmes de ficção ou canais de divulgação científica. Tudo isso traz uma excitação e desperta o interesse, os quais devem ser correspondidos em sala de aula. Fixarmos os currículos de física apenas nos temas clássicos é um desprezo a esse entusiasmo. Também é possível afirmar que a dificuldade dos conteúdos não pode ser uma barreira, pois, como citado anteriormente, uma série de assuntos tradicionais também possui um grau de dificuldade e abstração muito grande para serem compreendidos. Deve se levar em conta que, por se tratar de toda uma física ainda nova, não podemos imaginar que qualquer assunto será de fácil abordagem. No entanto, é um bom desafio buscar uma boa metodologia para aproximar dos nossos alunos o que há de mais moderno na ciência.

METODOLOGIA

De acordo com uma revisão bibliográfica de Ostermann e Moreira (OSTERMANN, 2000), existem três vertentes metodológicas principais que podem ser exploradas ao se tentar inserir a física moderna no nível médio de ensino. São elas:

- a exploração dos limites dos modelos clássicos;
- a não utilização de referências aos modelos clássicos;
- a escolha de tópicos essenciais.

Neste texto vamos propor a exploração dos limites do modelo clássico. Entendemos que, com essa abordagem, é possível uma boa compreensão de um conceito antigo, verificar até onde ele é validado e onde surgirá a necessidade de uma nova teoria que seja capaz de preencher as lacunas deixadas pelo modelo inicial. Partiremos da premissa de que toda a matéria é composta de átomos, os quais interagem gravitacionalmente e com radiação eletromagnética. Assumiremos a partir daqui que os alunos já foram apresentados aos conceitos de gravitação, leis de Kepler e a mecânica do movimento circular. A comparação entre o resultado obtido para a velocidade orbital em galáxias e a do sistema solar induzirá a necessidade de se definir uma nova explicação para as discrepâncias encontradas.

A MECÂNICA DO MOVIMENTO CIRCULAR E O SISTEMA SOLAR

Uma abordagem muito comum ao se tratar da dinâmica de objetos que orbitam ao redor de um corpo massivo central é adotar uma órbita circular (embora façamos a ressalva de que as órbitas são elípticas, na realidade). Ao usarmos essa aproximação, a dinâmica do movimento circular aparece como uma boa opção de método de resolução de problemas.

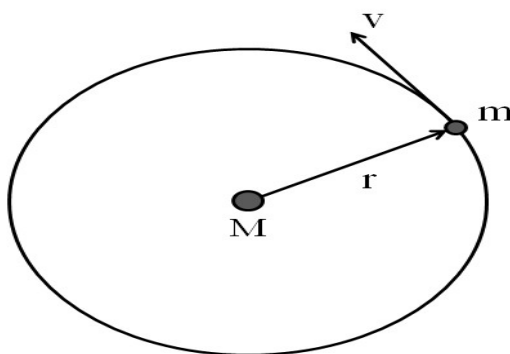


Figura 01: Órbita circular. Fonte: Autoral

Para o caso onde $M \gg m$, ao aplicarmos a dinâmica newtoniana, temos:

$$F = m \cdot a$$

$$\frac{G \cdot M \cdot m}{r^2} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$$

sendo G a constante universal da gravitação ($G = 6,674287 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg} \cdot \text{s}^2$), M e m são as massas dos corpos envolvidos e r a distância entre estes. Esta relação é utilizada para determinar a velocidade orbital de corpos. Agora, devemos aplicar esta relação para o sistema solar e observar os resultados. Com dados obtidos a partir do site da NASA (2022), foi possível montar as seguintes tabela e imagem, relacionando a velocidade orbital com o raio da órbita:

Tabela 01: Raio da órbita e velocidade orbital

Planeta	R (10^6 km)	v (km/s)
Mercúrio	57,9	47,86
Vênus	108,2	35,02
Terra	149,6	29,79
Marte	227,9	24,12
Júpiter	778,3	13,06
Saturno	1427	9,65
Urano	2870	6,8

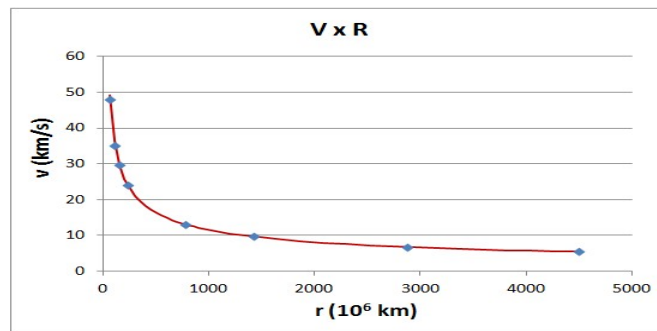


Figura 02: Curva de rotacão para o sistema solar. Autoral

CURVAS DE ROTAÇÃO EM GALÁXIAS ESPIRAIS

Embora existam outros formatos de galáxias, as galáxias espirais trazem uma estrutura que se assemelha muito com o que encontramos no nosso sistema solar. Existe uma região central que possui boa parte da massa luminosa e demais estrelas, gases e corpos celestes orbitam ao seu redor em um grande disco. Nossa proposta é mostrar em sala de aula as semelhanças entre os dois modelos, o que nos induzirá a ideia de que devemos encontrar resultados parecidos. Observando a curva de rotacão de duas galáxias, tal como feito por Begeman (BEGEMAN,2006), analisadas a partir da velocidade do gás que se distribui ao longo de seus discos, encontramos as seguintes curvas:

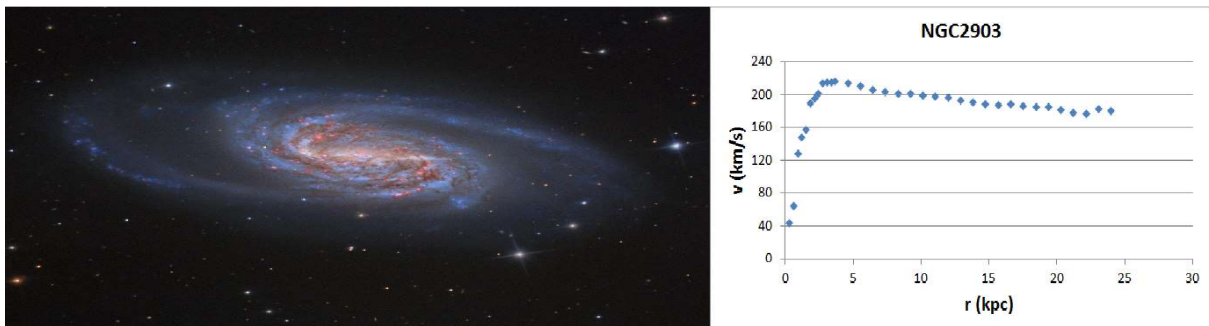


Figura 03: Galáxia NGC2903 (Fonte: NASA) e sua curva de rotacão (Fonte: Autoral)

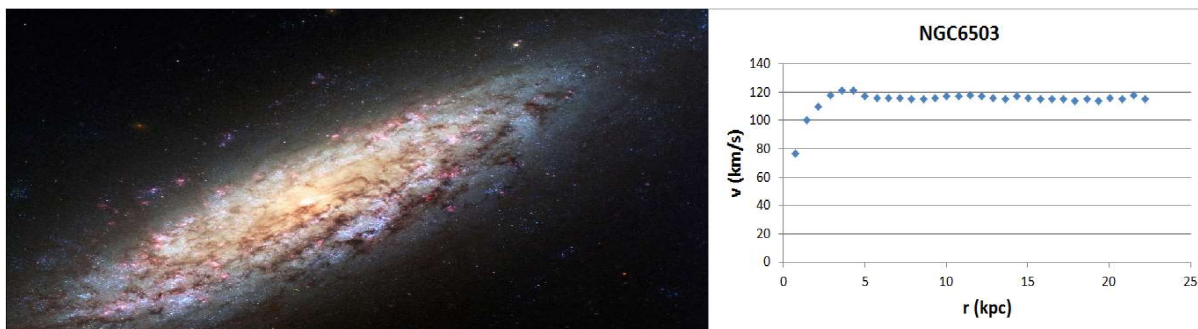


Figura 04: Galáxia NGC6503 (Fonte: NASA) e sua curva de rotação (Fonte: Autoral)

Devemos ter cautela nesse momento pois existem dois resultados possíveis de extrair a partir desses gráficos. O primeiro é o crescimento quase linear da velocidade orbital. Esse se dá ainda dentro do bojo central, repleto de estrelas e, devido a distribuição de massa nessa região, a velocidade orbital acaba sendo proporcional a r . Esse crescimento não é perceptível no sistema solar, pois seria o caso de observar a velocidade orbital ainda dentro do Sol. Essa discussão será evitada aqui, porém uma melhor abordagem pode ser obtida na dissertação do autor deste texto (XIMENES, 2016). No entanto, após esse crescimento, era de se esperar uma queda na velocidade orbital ao passo que se analisa a rapidez do gás, que já está muito afastado do centro massivo. As altas velocidades observadas entram em desacordo com o esperado pela aplicação da dinâmica do movimento circular. Isso nos leva a questão: o que está errado?

A MATÉRIA ESCURA

O resultado da análise dos dados obtidos através das curvas de rotação de galáxias nos obrigará a retornar as premissas iniciais e tentar entender o motivo de tal discrepância. Espera-se que o aluno tenha se convencido de que os conceitos físicos aplicados no caso do sistema solar são confiáveis e trazem um resultado coerente. Sendo assim, só nos resta revisitar a relação matemática da velocidade orbital. A única explicação (excluindo a possibilidade de toda a base teórica newtoniana estar errada) para uma velocidade que insiste em não diminuir como o esperado, é a existência de uma massa que cresce junto ao raio. Entretanto, essa massa deveria estar presente em uma região onde já quase não há matéria visível, como ilustra a figura abaixo.

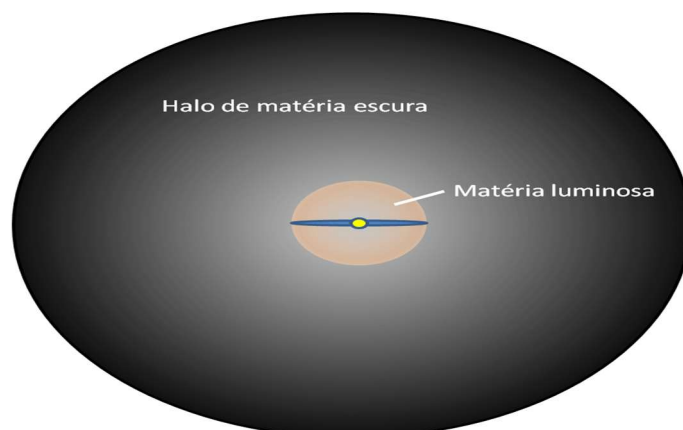


Figura 05. Ilustração da distribuição de matéria escura nas proximidades de uma galáxia.
(Fonte: Autoral)

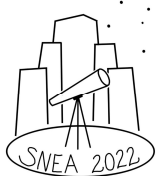
Neste ponto devemos concluir com nossos alunos que a matéria escura deve existir nessas galáxias, pois somente ela explica o que estamos observando. É também o momento que devemos deixar claro para o estudante que não se sabe ainda do que é formada essa matéria, a qual não interage com radiação alguma, mas que sua presença é essencial para explicarmos o fenômeno da manutenção da velocidade de rotação, que se mantém praticamente constante.

CONCLUSÃO

A proposta apresentada nesse texto traz uma forma simples e interessante de como encurtar a distância entre assuntos atuais e a sala de aula. A análise das imagens das curvas de rotação de galáxias pode ser incluída como uma simples aplicação, tanto da dinâmica do movimento circular, quanto das leis de Newton, para a gravitação e de Kepler, para o movimento planetário. É também uma boa forma de exemplificar a construção do conhecimento científico e como novas perguntas levam a novos modelos. Vale ressaltar que outras evidências ou discussões podem ser incluídas, com o objetivo de enriquecer a aula, como as lentes gravitacionais. Fica evidenciado que a execução de uma aula com essa temática não requer conhecimentos avançados de física e se mostra como uma boa possibilidade de discussão sobre a imensidão do universo e o quanto ainda precisamos aprender sobre ele.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAROJAS, J. (ed), **Cooperative networks in physics education**, AIP Conference Proceedings, v. 173, American Institute of Physics (1988)
- BEGEMAN, K., **HI rotation curves of spiral galaxies**; University of Groningen, Tese de Doutorado (2006)
- BENNETT J. O.; DONAHUE, M.; SCHNEIDER, N. O., VOIT, M., **The Essential Cosmic Perspective**, 6ª edição, Benjamin Cummings (2010)



NASA; **Planilha de dados planetários;**
<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/>; (Visitado em 15/09/2022)

OSTERMANN, F., MOREIRA, M. A., Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa 'Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio', **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23 (2000)

XIMENES, S. J. C.; **Matéria escura no ensino médio**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de mestrado (2016)