

## ATIVIDADE 11 INTERPRETAÇÕES DO DESVIO ESPECTRAL PARA O VERMELHO

### OBJETIVO:

As atividades 11 e 12 fazem parte da sistematização dos eventos mais importantes do período de 1932 a 1939 na terceira fase do jogo didático. Como objetivo geral destas duas atividades, esperamos que os alunos possam perceber que os mesmos dados experimentais, no caso os desvios espectrais para o vermelho das galáxias (redshift), podem ter diversas interpretações diferentes. Como objetivos específicos, eles devem compreender a teoria da “luz cansada”, a interpretação ortodoxa do redshift como causado pela expansão do universo e como ela *não* é causada pelo Efeito Doppler. Portanto, será problematizada a tese de que a expansão do universo foi “provada” experimentalmente.

### CONTEÚDOS:

Desvio espectral para o vermelho

Efeito Doppler

Expansão do universo

### RECURSOS DE ENSINO:

- Slides; Roteiro para alunos.
- Animação sobre a teoria da luz cansada.

### DINÂMICA DA AULA:

A aula pode começar com o professor retomando a questão inicial da atividade 8: a problematização da afirmação “Hubble descobriu a expansão do universo”, presente em inúmeras obras atuais sobre cosmologia. Propor a questão aos alunos e problematizar suas respostas, lembrando-os que segundo os cartões do período de 1932 a 1939 Hubble teve dúvidas sobre a expansão do universo.

Com slides contendo cartões do período de 1932 a 1939, o professor pode mostrar que Hubble permaneceu cauteloso em relação a interpretações cosmológicas dos redshift. Ele até se mostrou simpático a interpretações alternativas, como as teorias de “luz cansada” estudadas por Fritz Zwicky.

Em seguida, utilizando slides, e uma animação de computador, o professor pode apresentar com maior detalhe a teoria da luz cansada de Zwicky.

Vale ressaltar ao professor que a maioria da comunidade científica considera essa teoria errada e superada (ver argumentos em <http://www.astro.ucla.edu/~wright/tiredlit.htm>). Por outro lado, há um número menor de autores que defendem que se deve dar mais atenção a teorias alternativas, incluindo outras formas diferentes de luz cansada, ou outras interpretações alternativas para os redshift das galáxias (ver <http://www.fisica.ufmg.br/~dsoares/ensino/luzcans/luzcans.htm>)

Já na década de 1930, a maioria dos estudiosos de cosmologia (como Lemaître, Einstein, De Sitter, Roberston, Tolman e Gamow) aceitaram a interpretação ortodoxa para o redshift das galáxias e buscaram desenvolver os modelos de universo em expansão.

Nesse momento, ao invés de detalhar os estudos de todos estes autores, aconselhamos uma explicação mais detalhada do conceito de redshift. Isso pode ser feito com a analogia do universo bidimensional, na superfície de uma bexiga. Outra alternativa é o Universo da Gominha esticada: <http://www.fisica.ufmg.br/~dsoares/cosmos/14/cosmos5.htm>

Em seguida, vale apresentar brevemente sobre como George Gamow, um físico nuclear Russo que emigrou para os EUA, buscou desenvolver o modelo de universo em expansão. Ele investigou como explicar a origem dos elementos químicos num universo quente e denso.

O professor pode sugerir a leitura do conto "O Sr. Tompkins no país das maravilhas: Primeiro sonho - O universo em miniatura", para ser debatido na aula seguinte. Nesse conto, escrito por Gamow em 1938, ele descreve um universo que esfria com a expansão, mas depois esquentando com a contração. Trata-se de um

universo cíclico, que também era o modelo preferido de A. Friedmann, com quem Gamow aprendeu relatividade na URSS.

## SÍNTESE DOS MOMENTOS

<b>Momento 1</b>	<p>Sugestão de Organização do Tempo: 5 min</p> <p>Hubble descobriu a expansão do universo? Retomar debates da segunda fase do jogo, lembrando que ele não “descobriu” isso isoladamente, e que manteve-se cauteloso sobre interpretações cosmológicas na década de 1920. Ele mostrou-se simpático a interpretações alternativas, como a teoria da luz cansada de Zwicky.</p>
<b>Momento 2</b>	<p>Sugestão de Organização do Tempo: 15 min</p> <p>Detalhamento da teoria da luz cansada. Perda de energia conforme os fótons atravessam o meio interestelar. Uso de applet: Tired Light.</p>
<b>Momento 3</b>	<p>Sugestão de Organização do Tempo: 15 min</p> <p>Explicação mais detalhada do conceito de redshift, segundo sua interpretação ortodoxa, adotada por Lemaître, Gamow, Eddington, Einstein, De Sitter e outros interessados em cosmologia, na década de 1930.</p>
<b>Momento 4</b>	<p>Sugestão de Organização do Tempo: 5 min</p> <p>Introdução a origem da teoria do Big Bang: como Gamow buscou desenvolver a teoria do átomo primordial de Lemaître investigando a origem dos elementos químicos num universo quente e denso.</p> <p>Sugestão da leitura do conto “O Sr. Tompkins no país das maravilhas: Primeiro sonho - O universo em miniatura”, apresentado-o aos alunos</p>