

ESCOLA: _____

DATA: ____/____/____

PROFESSOR(A): _____

TURMA: _____

ESTUDANTE: _____

■ Aula 07: Superman e o Tecido do Universo - Curvatura e Buracos de Minhoca

ATIVIDADE DE FÍSICA MODERNA - RELATIVIDADE GERAL

■ I. APLIQUE SEUS CONHECIMENTOS (FÁCEIS)

1. Diferente de Isaac Newton, que via o espaço como um "palco vazio", como Albert Einstein descreveu o universo na Relatividade Geral?

- a) Como um vácuo absoluto sem propriedades físicas.
- b) Como um tecido elástico e quadridimensional chamado espaço-tempo.
- c) Como uma nuvem de fumaça impulsionada pelo calor das estrelas.
- d) Como um conjunto de engrenagens mecânicas fixas.
- e) Como uma sucessão de imagens estáticas sem conexão entre si.

2. Na famosa "analogia do colchão" citada no guia, o que acontece quando colocamos um corpo muito pesado (como o Sol) sobre o tecido do espaço-tempo?

- a) O tecido permanece reto, pois a massa não afeta o espaço.
- b) O tecido se rompe e a massa cai para fora do universo.
- c) O corpo cria uma deformidade ou curvatura no tecido ao seu redor.
- d) O tecido se expande para longe do corpo pesado.
- e) O tecido desaparece, criando um vácuo perfeito.

3. Segundo a Relatividade Geral, o que nós percebemos como a "força da gravidade"?

- a) Um puxão invisível e instantâneo entre dois objetos.
- b) Uma onda sonora emitida pelo núcleo dos planetas.
- c) O resultado de corpos seguindo a trajetória em um espaço que está curvado.
- d) Uma pressão exercida pelo ar sobre os corpos.
- e) Uma forma de magnetismo exclusivo de planetas rochosos.

4. O Superman viajou de Krypton até a Terra atravessando uma distância de 27 anos-luz quase instantaneamente. Qual estrutura teórica permitiu esse "atalho"?

- a) Um motor a combustão de alto desempenho.
- b) Uma Ponte de Einstein-Rosen, também conhecida como Buraco de Minhoca.
- c) Uma corrente de ar galáctica muito forte.
- d) A simples força de vontade do herói.
- e) Uma explosão nuclear controlada atrás da nave.

5. Como se define, de forma simplificada, um Buraco de Minhoca?

- a) Um túnel escavado por meteoritos no espaço.
- b) Um local onde o tempo corre para trás naturalmente.
- c) Dois pontos distantes do espaço-tempo que se tocam devido a uma curvatura extrema.
- d) Uma estrela que parou de brilhar, mas continua quente.
- e) Um planeta gasoso sem núcleo sólido.

6. Qual é o nome do processo trágico que ocorre com um objeto ao se aproximar demais de um buraco negro, onde ele é "esticado" pela gravidade?

- a) Liquefação.
- b) Espaguetificação.
- c) Solidificação instantânea.
- d) Teletransporte quântico.
- e) Expansão de Lorentz.

7. O "Horizonte de Eventos" de um buraco negro pode ser descrito como:

- a) Uma luz brilhante que atrai navegantes espaciais.
- b) O ponto de onde nada, nem mesmo a luz, consegue escapar após cruzar.
- c) O centro exato onde a massa se transforma em ouro.
- d) Uma zona de segurança onde a gravidade é zero.
- e) A atmosfera respirável de um buraco negro.

8. Para a ciência atual, os Buracos Negros são considerados:

- a) Apenas mitos de histórias em quadrinhos.
- b) Objetos reais e densos cuja existência é confirmada por observações astronômicas.
- c) Estrelas feitas inteiramente de gelo seco.
- d) Portais mágicos que levam a mundos de fantasia.
- e) Buracos físicos no chão dos planetas.

9. Na analogia do lençol esticado com uma bola de boliche, o que representa a curvatura gerada pela bola?

- a) A luz das estrelas.
- b) A gravidade do corpo massivo.
- c) A temperatura do objeto.
- d) O som emitido pelo movimento.
- e) A cor do uniforme do Superman.

10. Qual a principal diferença entre os Buracos Negros e os Buracos de Minhoca mencionada no guia?

- a) Buracos negros são frios e buracos de minhoca são quentes.
- b) Buracos negros são confirmados pela observação, enquanto buracos de minhoca são soluções teóricas.
- c) Buracos de minhoca são maiores que as galáxias.
- d) Somente o Flash pode entrar em um buraco negro.
- e) Não há diferença; são nomes diferentes para a mesma coisa.

■ II. TESTE SEUS CONHECIMENTOS (MÉDIAS)

11. Analisando a equação do campo gravitacional ($g = G \cdot M / R^2$), o que acontece com a gravidade se comprimirmos a massa (M) de um planeta em um raio (R) cada vez menor?

- a) A gravidade diminui até sumir.
- b) A gravidade permanece constante, pois a massa não mudou.
- c) A gravidade aumenta drasticamente, tendendo ao infinito conforme o raio diminui.
- d) O planeta explode devido à pressão interna positiva.
- e) A velocidade da luz ao redor do planeta diminui.

12. Por que a analogia do colchão ou do lençol é considerada limitada para explicar o espaço-tempo real?

- a) Porque o lençol é feito de tecido e o espaço é feito de vácuo.
- b) Porque o lençol é bidimensional, enquanto o espaço-tempo é quadridimensional.
- c) Porque o lençol não consegue segurar bolas de gude.
- d) Porque no espaço não existe cor branca como no lençol.
- e) Porque o Superman não conseguiria voar sobre um lençol.

13. De acordo com o guia, o que seria necessário para manter um "Buraco de Minhoca" aberto para que o Superman pudesse atravessá-lo com segurança?

- a) Uma grande quantidade de oxigênio líquido.
- b) Matéria exótica com energia negativa.
- c) Luz solar amarela vinda da Terra.
- d) Uma liga metálica de Krypton.
- e) O uso constante da visão de calor do herói.

14. Se a Terra fosse comprimida até se tornar um buraco negro, seu raio teria que ser reduzido a aproximadamente:

- a) 100 quilômetros.
- b) 1 quilômetro.
- c) Poucos centímetros (menos de 1 cm).
- d) O tamanho de um estádio de futebol.
- e) O tamanho da Lua.

15. O fenômeno da "Espaguetificação" ocorre devido a:

- a) Diferença extrema de força gravitacional entre as partes de um corpo próximas e distantes do buraco negro.
- b) Reação química entre o uniforme do herói e o vácuo.
- c) Alta temperatura encontrada no horizonte de eventos.
- d) Falta de gravidade que faz os átomos se soltarem.
- e) Pressão do ar que esmaga o objeto horizontalmente.

16. No simulador "Gravidade e Órbitas" (PhET), ao aumentarmos a massa da estrela, o que acontece com a órbita do planeta parceiro?

- a) Ele se afasta da estrela.
- b) Ele é "puxado" para uma curvatura mais profunda e acelera sua órbita.
- c) Ele para de girar instantaneamente.
- d) Ele muda de cor para azul.
- e) Ele encolhe devido à contração de Lorentz.

17. O que a Relatividade Geral diz sobre o caminho que a luz percorre ao passar perto de um objeto muito massivo?

- a) A luz ignora a massa e segue em linha reta absoluta.
- b) A luz faz uma curva, seguindo a geometria do espaço-tempo deformado.
- c) A luz para completamente e vira massa sólida.
- d) A luz acelera para além de 300.000 km/s.
- e) A luz reflete de volta para a fonte.

18. O conceito de "Ponte de Einstein-Rosen" sugere que o universo pode ter atalhos geométricos. Para a jornada do Superman, isso significa que:

- a) Ele viajou mais rápido que a luz no vácuo.
- b) Ele percorreu uma distância física menor através de uma dobra espacial.
- c) Ele viajou para o passado e voltou.
- d) Ele usou a força centrífuga da galáxia.
- e) Ele apenas imaginou que chegou rápido.

19. Na visão de Newton, a gravidade era uma força agindo à distância. Para Einstein, se o Sol desaparecesse agora, a Terra só sentiria o efeito após alguns minutos porque:

- a) A notícia demoraria a chegar pelo rádio.
- b) A deformação no tecido do espaço-tempo se propaga à velocidade da luz.
- c) O Sol ainda deixaria um rastro de calor.
- d) A gravidade é preguiçosa.
- e) A Terra tem muita inércia para parar de girar.

20. Buracos Negros de massa estelar originam-se de:

- a) Colisões entre cometas de gelo.
- b) O colapso gravitacional de estrelas massivas ao final de suas vidas.
- c) Acúmulo de poeira cósmica em planetas como Júpiter.
- d) Explosões causadas por super-heróis em batalha.
- e) Buracos de minhoca que deram errado.

■ III. DESAFIE SEUS CONHECIMENTOS (DIFÍCEIS - ENEM)

21. A Teoria da Relatividade Geral substituiu a visão mecânica de Newton por uma visão geométrica da gravidade. Enquanto Newton explicava o movimento planetário através de forças de atração, Einstein o explicou como o movimento de corpos em superfícies curvas. Uma consequência direta dessa teoria confirmada experimentalmente é:

- a) A constatação de que o tempo é igual em todo o universo.
- b) O desvio da luz de estrelas distantes ao passar perto do Sol durante um eclipse.
- c) A prova de que a Terra é o centro imóvel do sistema solar.
- d) A descoberta de que a gravidade empurra os objetos para longe de massas grandes.
- e) A evidência de que o vácuo espacial é preenchido por um éter sólido.

22. Se comprimirmos uma massa "M" até um raio crítico, chamado Raio de Schwarzschild, a velocidade de escape desse corpo torna-se igual à velocidade da luz (c). Isso implica que:

- a) O corpo se torna invisível, mas ainda emite calor.
- b) Nada que entre nessa região pode sair, pois nada supera a velocidade da luz.
- c) O tempo passa a correr de trás para frente dentro do raio.
- d) A massa do objeto desaparece, sobrando apenas energia pura.
- e) O objeto se transforma em uma estrela de nêutrons instantaneamente.

23. Sobre a existência teórica das Pontes de Einstein-Rosen (Buracos de Minhoca), é correto afirmar, segundo o debate proposto na Aula 07, que:

- a) Elas são portais estáveis que qualquer pessoa pode usar hoje.
- b) São soluções matemáticas válidas, mas exigem energia negativa para não colapsarem imediatamente.
- c) São o destino final de todos os buracos negros conhecidos.
- d) Funcionam apenas para partículas sem massa, como os fótons.
- e) Foram criadas artificialmente por civilizações alienígenas.

24. O processo de "espaguetificação" demonstra um limite físico da Relatividade Geral. Ele ocorre porque:

- a) O vácuo do buraco negro suga o ar de dentro das células.
- b) A variação da aceleração gravitacional entre a cabeça e os pés do herói torna-se maior que as forças atômicas que mantêm seu corpo unido.
- c) A luz dentro do buraco negro queima a matéria.
- d) O tempo para de passar, fazendo o corpo derreter.
- e) A matéria exótica do buraco negro é ácida.

25. Astrônomos observam que galáxias distantes parecem estar atrás de grandes aglomerados de massa, mas sua luz chega até nós "distorcida" e multiplicada, como se estivesse passando por uma lente. Esse fenômeno de "Lente Gravitacional" é uma prova de que:

- a) O espaço é preenchido por vidros gigantes.
- b) A luz se propaga em zigue-zague no vácuo.
- c) Grandes massas curvam o tecido do espaço-tempo, alterando a trajetória da luz.
- d) Os telescópios terrestres estão com as lentes sujas.
- e) O universo está encolhendo rapidamente.

26. Stephen Hawking afirma que, se dominássemos Buracos de Minhoca, poderíamos cruzar a galáxia e estar "de volta a tempo para o jantar". Contudo, a principal barreira científica para isso é:

- a) A falta de combustível de foguete comum.
- b) A necessidade de "matéria exótica" com densidade de energia negativa, que ainda não foi observada na natureza.
- c) O fato de a galáxia ser fria demais para humanos.
- d) A velocidade da luz ser muito rápida para os computadores.
- e) Os heróis não quererem compartilhar a tecnologia.

27. Ao cair em um Buraco Negro, um observador externo veria o Superman "congelar" no horizonte de eventos, enquanto o Superman sentiria que entrou normalmente (antes de ser espaguetificado). Esse paradoxo de percepção deve-se à:

- a) Dilatação temporal gravitacional extrema próxima a massas colossais.
- b) Falta de luz dentro do buraco negro.
- c) Velocidade do Superman ser constante.
- d) Poeira espacial que bloqueia a visão.
- e) Ilusão de óptica causada pelo medo.

28. Se uma "Ponte de Einstein-Rosen" conectasse a Terra a um ponto a 27 anos-luz, o herói percorreria esse caminho quase instantaneamente sem violar o limite de c porque:

- a) No interior do túnel a velocidade da luz é infinita.
- b) O túnel encurta a distância geométrica entre os dois pontos através de uma dobra dimensional.
- c) Ele viaja em uma dimensão onde o tempo não existe.
- d) Ele se transforma em som durante a viagem.
- e) O vácuo dentro do túnel empurra o herói.

29. A curvatura do espaço-tempo não afeta apenas o espaço, mas também o tempo. Em campos gravitacionais muito intensos:

- a) O tempo passa mais rápido.
- b) O tempo passa mais devagar em relação a áreas de gravidade fraca.
- c) O tempo para de existir completamente em todo o universo.
- d) O tempo torna-se uma dimensão espacial sólida.
- e) O tempo depende da cor da luz ao redor.

30. Qual seria o maior impacto para a humanidade se buracos de minhoca fossem estabilizados, conforme o debate final da Aula 07?

- a) O fim da necessidade de exercícios físicos.
- b) A possibilidade de colonização interestelar e exploração imediata de recursos em outros sistemas solares.
- c) A transformação da Terra em um buraco negro.
- d) O controle do clima através da gravidade.
- e) O desaparecimento das fronteiras terrestres devido ao Wi-Fi quântico.

1. B — Conceito central da Relatividade Geral: espaço-tempo elástico.
2. C — Massa gera curvatura na geometria do universo.
3. C — Gravidade não é força, mas efeito de seguir caminhos curvos.
4. B — Nome técnico para atalhos espaciais.
5. C — Definição geométrica básica de buraco de minhoca.
6. B — Nome dado ao alongamento gravitacional extremo.
7. B — Fronteira de não retorno de buraco negro.
8. B — Diferenciação entre hipótese e objeto real comprovado.
9. B — Analogia clássica para influência da massa no espaço.
10. B — Status científico: Buracos Negros (reais) vs Buracos de Minhoca (teóricos).
11. C — Se raio (denominador) cai, força gravitacional explode matematicamente.
12. B — Limitação dimensional da analogia didática.
13. B — Requisito teórico (matéria exótica) para portais estáveis.
14. C — Cálculo teórico do raio de Schwarzschild para massa da Terra.
15. A — Causa física: forças de maré (diferença de atração entre pés e cabeça).
16. B — Aplicação prática da curvatura no movimento orbital.
17. B — Luz viaja em geodésicas (caminhos mais curtos em superfícies curvas).
18. B — Atalho é espacial, não necessariamente de velocidade.
19. B — Informação gravitacional respeita limite de c .
20. B — Origem estelar dos buracos negros densos.
21. B — Deflexão da luz no eclipse de Sobral/1919 confirmou Einstein (ENEM).
22. B — Definição do limite onde velocidade de escape supera c .
23. B — Dificuldade técnica de manter portais abertos (Energia Negativa).
24. B — Explicação mecânica detalhada da ruptura do corpo.
25. C — Aplicação astronômica da curvatura do espaço-tempo (ENEM).
26. B — Grande barreira científica atual para viagens por atalhos.
27. A — Conexão entre dilatação temporal e campos gravitacionais intensos.
28. B — Explicação da viagem instantânea via geometria de dobras.
29. B — Efeito da gravidade no tempo (Dilatação Gravitacional).
30. B — Análise do impacto socio-tecnológico de viagens interestelares (ENEM).