

ESCOLA: _____	DATA: ____/____/____
PROFESSOR(A): _____	TURMA: _____
ESTUDANTE: _____	

Aula 01: Superman, Flash e o Tempo Elástico - Dilatação Temporal

ATIVIDADE DE FÍSICA MODERNA - RELATIVIDADE RESTRITA

■ APLIQUE SEUS CONHECIMENTOS (FÁCEIS)

1. Ao contrário de Isaac Newton, que via o tempo como algo absoluto, Albert Einstein propôs que o tempo é "elástico". De acordo com os Postulados da Relatividade Restrita, o que deve permanecer invariável para todos os observadores, independentemente de sua velocidade?

- A) O intervalo de tempo entre dois eventos.
- B) A velocidade da luz no vácuo (c).
- C) A distância percorrida pela luz.
- D) A massa dos objetos em movimento.
- E) A percepção subjetiva de passagem do tempo.

2. Imagine que o Flash corra a 90% da velocidade da luz segurando uma lanterna acesa para frente. Para um vilão parado na calçada, a velocidade do feixe de luz da lanterna será:

- A) 1,9 vezes a velocidade da luz.
- B) Apenas 10% da velocidade da luz.
- C) Zero, pois a luz ficaria "parada" em relação ao Flash.
- D) Proporcional à massa do herói.
- E) Exatamente a velocidade da luz (c).

3. No "Paradoxo dos Gêmeos", aplicado à história do Superman (Kal-El), por que ele chega à Terra ainda bebê após viajar anos-luz saindo de Krypton?

- A) Porque ele entrou em estado de hibernação criogênica.
- B) Porque o tempo em Krypton corre em sentido inverso ao da Terra.
- C) Porque a gravidade da Terra acelerou seu crescimento.
- D) Porque o tempo passou mais devagar para ele devido à sua alta velocidade.
- E) Porque ele viajou através de um buraco de minhoca instantâneo.

4. Um observador na Terra observa o Flash correndo a uma velocidade próxima à da luz. O observador percebe que o relógio no pulso do Flash parece estar:

- A) Marcando o tempo mais rápido.
- B) Marcando o tempo exatamente como o seu.
- C) Marcando o tempo mais devagar (em "câmera lenta").
- D) Parado completamente, independentemente da velocidade.
- E) Andando de trás para frente.

5. Se o Superman viaja de um ponto A para um ponto B a $0,8c$, ele mede um intervalo de tempo para sua própria viagem. Esse tempo medido pelo próprio herói no seu referencial é chamado de:

- A) Tempo Relativístico.
- B) Tempo Absoluto.
- C) Tempo Dilatado.
- D) Tempo de Newton.
- E) Tempo Próprio.

6. De acordo com o Guia de Atividades, o que o Flash sente em relação à passagem do seu próprio tempo enquanto corre a 99% da velocidade da luz?

- A) Ele sente que tudo ao seu redor está em câmera lenta.
- B) Ele sente que seu próprio coração bate mais devagar.
- C) Ele não sente nada diferente; para ele, o tempo passa normalmente.
- D) Ele sente tontura devido à dilatação temporal biológica.
- E) Ele percebe que seu relógio de pulso está atrasado.

7. A teoria da Relatividade de Einstein mudou o conceito de Newton sobre o tempo. Para Newton, o tempo era como:

- A) Uma flecha imutável e igual para todos.
- B) Um tecido elástico que se dobra.
- C) Uma ilusão causada pelos sentidos humanos.
- D) Algo que depende da velocidade do observador.
- E) Uma variável que depende da massa da luz.

8. Qual destas afirmações sobre a velocidade da luz (c) é verdadeira segundo os postulados de Einstein?

- A) Ela aumenta se a fonte de luz estiver se aproximando de você.
- B) Ela diminui se você estiver fugindo do feixe de luz.
- C) Ela é o limite máximo de velocidade para qualquer sinal de informação.
- D) Ela depende do meio material, mas é absoluta no vácuo e no ar.
- E) Ela é infinita para super-heróis com superforça.

9. No experimento mental do "Relógio de Luz Humano", por que o tempo "dilata" para quem está em movimento?

- A) Porque a luz perde energia e fica mais lenta.
- B) Porque o atrito com o ar atrasa os batimentos do relógio.
- C) Porque a trajetória da luz se torna diagonal e mais longa para o observador externo.
- D) Porque o espaço se expande na frente do herói.
- E) Porque a gravidade da Terra puxa o tempo para baixo.

10. Se a velocidade da luz é de 300.000 km/s e uma nave viaja a $0,5c$, qual sua velocidade em km/s?

- A) 300.000 km/s.
- B) 600.000 km/s.
- C) 100.000 km/s.
- D) 150.000 km/s.
- E) 299.999 km/s.

■ **TESTE SEUS CONHECIMENTOS (MÉDIAS)**

11. O Homem de Ferro está em uma estação espacial (referencial em repouso) e observa o Thor passar em sua carruagem a uma velocidade v . O Homem de Ferro mede que se passaram 10 segundos no relógio de Thor, mas em seu próprio relógio na estação passaram-se 20 segundos. Qual o fator de Lorentz (γ) nesta situação?

- A) 2,0
- B) 0,5
- C) 1,0
- D) 4,0
- E) 10,0

12. O Flash corre por 1 hora (no seu relógio) a uma velocidade de 299.999,99 km/s. Ao parar, ele descobre que no mundo exterior se passaram 131 dias. Esse fenômeno exemplifica que:

- A) A velocidade da luz foi superada pelo herói.
- B) Relógios mecânicos não funcionam em altas velocidades.
- C) O Flash viajou para o passado.
- D) O espaço se contraiu de tal forma que o tempo parou.
- E) O tempo é relativo e depende do referencial do observador.

13. Considere dois heróis: Mercúrio (em repouso na Terra) e Capitã Marvel (viajando a $0,95c$). Se ambos observam o mesmo evento estelar, a afirmação correta é:

- A) A Capitã Marvel verá a luz do evento chegar mais rápido que Mercúrio.
- B) Ambos medirão a mesma velocidade para a luz do evento.
- C) Mercúrio verá o tempo da Capitã Marvel passar mais rápido que o seu.
- D) O tempo próprio é aquele medido por Mercúrio.
- E) A relatividade não se aplica, pois ambos são super-heróis.

14. Uma nave kryptoniana viaja a uma velocidade tal que o fator de Lorentz é $\gamma = 1,25$. Se um alarme na nave toca por 4 minutos (tempo medido pelos tripulantes), quanto tempo um radar na Terra medirá para a duração desse alarme?

- A) 5 minutos.
- B) 3 minutos.
- C) 4 minutos.
- D) 8 minutos.
- E) 10 minutos.

15. Analisando a fórmula da dilatação do tempo $\Delta t = \gamma \Delta t_0$, onde $\gamma = 1 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$, o que acontece com o intervalo de tempo observado (Δt) quando a velocidade v do herói se aproxima de c ?

- A) O intervalo tende a zero.
- B) O intervalo permanece igual ao tempo próprio.
- C) O intervalo torna-se negativo.
- D) O intervalo tende ao infinito.
- E) O intervalo diminui linearmente.

16. Em um simulador de física moderna, o professor aumenta a temperatura de um gás de Argônio para que os átomos vibrem mais rápido. Se pudéssemos acelerar esse recipiente a velocidades relativísticas, o "tique-taque" desses átomos (colisões) seria visto por nós como:

- A) Mais frequente e rápido.
- B) Instantâneo, devido ao aumento da energia.
- C) Inalterado, pois a temperatura anula a relatividade.
- D) Em câmera lenta, devido à dilatação temporal.
- E) Caótico e impossível de medir.

17. No "Paradoxo dos Gêmeos", João viaja pelo espaço e seu irmão fica na Terra. Ao retornar, João está mais jovem que o irmão. A explicação física para que não haja simetria total reside no fato de que:

- A) A Terra tem muito mais massa que a nave de João.
- B) João sofreu acelerações e mudou de referencial inercial.
- C) O tempo na Terra é o único tempo verdadeiro do universo.
- D) A luz viaja mais devagar no espaço profundo.
- E) João usou uma fonte de energia externa (combustível).

18. O Doutor Estranho observa dois eventos simultâneos em Nova York. O Homem-Formiga, passando por lá a $0,9c$, observa os mesmos eventos. Segundo a relatividade:

- A) A simultaneidade é relativa e o Homem-Formiga pode ver um evento antes do outro.
- B) Os eventos também serão simultâneos para o Homem-Formiga.
- C) O tempo para o Homem-Formiga para, logo ele não vê os eventos.
- D) A velocidade da luz mudará para garantir a simultaneidade.
- E) O Homem-Formiga verá os eventos acontecerem antes mesmo de ocorrerem.

19. Um astronauta herói viaja a $0,6c$ por 8 anos (medidos por ele). Sabendo que para $v = 0,6c$ o fator γ é 1,25, quantos anos se passaram na Terra?

- A) 6,4 anos.
- B) 8 anos.
- C) 12 anos.
- D) 16 anos.
- E) 10 anos.

20. Por que um herói que vivesse apenas no topo de montanhas altíssimas envelheceria ligeiramente mais rápido que alguém ao nível do mar (considerando a relatividade geral citada no guia)?

- A) Porque o ar é mais rarefeito e há menos oxigênio.
- B) Porque ele estaria mais perto do Sol.
- C) Porque o topo da montanha gira mais devagar que a base da Terra.
- D) Porque a gravidade é mais fraca no topo, e o tempo passa mais rápido onde a gravidade é menor.
- E) Na verdade, ele envelheceria mais devagar devido ao frio.

■ DESAFIE SEUS CONHECIMENTOS (DIFÍCEIS)

21. Em 1971, os físicos Hafele e Keating realizaram um experimento histórico: levaram relógios atômicos de césio a bordo de aviões. Se o Flash fizesse o mesmo, mas a $0,99c$, a discrepância seria brutal. Sobre a dilatação temporal relativística, é correto afirmar que:

- A) Ela ocorre porque os mecanismos físicos dos relógios sofrem desgaste pelo atrito em altas velocidades.
- B) Ela só afeta relógios mecânicos e eletrônicos, não afetando o envelhecimento biológico dos heróis.
- C) É uma alteração na própria estrutura do tempo-espaço percebida entre referenciais distintos.
- D) Ocorre apenas se o herói se mover em trajetórias circulares devido à força centrípeta.
- E) É uma ilusão óptica causada pelo efeito Doppler da luz que chega aos nossos olhos.

22. O Superman viaja de Krypton para a Terra a uma velocidade constante de $0,8c$. A distância entre os planetas é de 20 anos-luz (medida por astrônomos na Terra). Para o Superman, o tempo de viagem decorrido em seu relógio de pulso será de:

- A) 25 anos.
- B) 12 anos.
- C) 20 anos.
- D) 15 anos.
- E) 10 anos.

23. Considere a função do fator de Lorentz $\gamma = 1/(\sqrt{1-b^2})$, onde $b=v/c$. Se um gráfico fosse construído representando γ no eixo vertical e v no eixo horizontal, o comportamento da curva seria:

- A) Uma curva que se aproxima de uma assíntota vertical quando v se aproxima de c .
- B) Uma linha reta crescente começando na origem $(0,0)$.
- C) Uma parábola com concavidade voltada para baixo.
- D) Uma linha horizontal constante, já que a luz é constante.
- E) Uma curva decrescente que tende a zero quando v aumenta.

24. A Capitã Marvel viaja em direção a uma estrela a $0,9c$. Ela emite um pulso de luz laser em direção à estrela. Um vilão em uma nave vindo em sentido contrário a $0,5c$ observa o pulso de luz. Qual a velocidade da luz medida pelo vilão?

- A) $1,4c$.
- B) c .
- C) $0,4c$.
- D) $0,9c$.
- E) $1,5c$.

25. Dois relógios de luz idênticos são construídos: um fica com o Batman na Batcaverna e outro vai com o Superman em sua nave a $0,6c$. O "tique" do relógio ocorre quando um pulso de luz reflete entre dois espelhos. Para o Batman observando o relógio do Superman, o pulso de luz percorre uma distância:

- A) Maior, descrevendo uma trajetória em zigue-zague (diagonal), exigindo mais tempo para completar o ciclo.
- B) Menor que o relógio da Batcaverna, por isso o tempo passa rápido.
- C) Igual ao relógio da Batcaverna, pois a luz é constante.
- D) Infinita, pois a luz não consegue alcançar o espelho em movimento.
- E) Nula, pois para o Batman o relógio do Superman parece sumir.

26. Um muão é uma partícula subatômica que "vive" apenas $2,2 \times 10^{-6}$ s antes de decair. No entanto, muões criados no topo da atmosfera por raios cósmicos conseguem chegar ao solo terrestre viajando quase à velocidade da luz. Isso ocorre porque:

- A) Eles viajam mais rápido que a luz, violando a relatividade.
- B) A gravidade da Terra empurra os muões para baixo com força extrema.
- C) Os muões não possuem massa, logo o tempo não passa para eles.
- D) A atmosfera da Terra comprime o muão, tornando-o imortal.
- E) O tempo para o muão, no referencial da Terra, sofre uma dilatação, permitindo que ele "viva" tempo suficiente para chegar ao solo.

27. Se o Flash pudesse correr a uma velocidade de $v = c \cdot (\sqrt{214})^{3/2}$ (aproximadamente $0,866c$), o fator de Lorentz seria exatamente $\gamma=2$. Se o Flash corre por 50 anos (medidos pelos cidadãos de Central City), quanto tempo ele sentiu passar em sua biologia?

- A) 100 anos.
- B) 50 anos.
- C) 10 anos.
- D) 25 anos.
- E) 5 anos.

28. Uma das maiores dificuldades de se viajar para estrelas distantes é que, para atingir uma dilatação temporal significativa (onde 1 ano de viagem equivale a 100 anos na Terra), o herói precisaria de uma energia quase infinita. Isso acontece porque, de acordo com o comportamento de γ :

- A) O tempo para de existir a 90% da velocidade da luz.
- B) À medida que v fic, o esforço para aumentar a velocidade resulta em menos ganho de velocidade e mais dilatação/inércia.
- C) A luz começa a empurrar a nave para trás.
- D) O tempo dilata tanto que o herói volta para o passado antes de chegar.
- E) A fórmula da relatividade só funciona para partículas sem massa.

29. O Lanterna Verde viaja a $0,99c$ para o centro da galáxia. Ao retornar, ele percebe que todos os seus amigos na Terra já faleceram há séculos, enquanto ele envelheceu apenas alguns meses.

Esse fenômeno confirma que:

- A) Viagens espaciais causam amnésia temporal.
- B) O herói descobriu a fonte da juventude no espaço.
- C) A velocidade da luz diminui no centro da galáxia.
- D) O anel do Lanterna Verde protegeu seu corpo contra a passagem do tempo.
- E) O referencial da Terra e o do herói em alta velocidade não são equivalentes para a medida de intervalos de tempo.

30. Em um problema de vestibular, afirma-se que "o tempo passa mais devagar para quem se move". Rigorosamente, à luz da física de Einstein, essa frase deveria ser corrigida para:

- A) O tempo passa mais devagar para quem está parado observando o movimento.
- B) O tempo para quem se move é absoluto, enquanto para quem está parado é relativo.
- C) Intervalos de tempo medidos em referenciais em movimento relativo são maiores quando comparados ao tempo próprio do evento.
- D) Não há diferença de tempo, apenas de percepção visual.
- E) A luz viaja mais devagar para quem está se movendo rápido.

1. **B** — Constância de c é o 2º postulado.
2. **E** — Velocidade da luz é invariável para qualquer observador.
3. **D** — Dilatação temporal: altas velocidades esticam o tempo para quem viaja.
4. **C** — Efeito de câmera lenta percebido pelo observador externo.
5. **E** — Tempo medido no referencial onde eventos ocorrem no mesmo local é tempo próprio.
6. **C** — Guia reforça que herói não sente tempo passar devagar em seu referencial.
7. **A** — Para Newton, tempo era absoluto e imutável.
8. **C** — Nada supera velocidade da luz (limite cósmico).
9. **C** — Luz percorre distância maior (diagonal) para manter c constante, tempo deve aumentar.
10. **D** — Cálculo simples: $0,5 \times 300.000 = 150.000$ km/s.
11. **A** — $\Delta t = \gamma \cdot \Delta t_0$ $\gamma = 2$ $\Delta t = 2 \cdot 10 = 20$ s.
12. **E** — Demonstração prática da relatividade do tempo.
13. **B** — Reforço do postulado da invariância da luz.
14. **A** — $\Delta t = 1,25 \cdot 4 = 5$ min.
15. **D** — À medida que denominador $(1 - v^2/c^2)$ chega perto de zero, resultado tende ao infinito.
16. **D** — Aplicação do conceito de tempo em processos físicos (átomos como relógios).
17. **B** — Quebra da simetria ocorre porque viajante muda de referencial inercial ao acelerar/desacelerar.
18. **A** — Simultaneidade depende do referencial na relatividade restrita.
19. **E** — $\Delta t = 1,25 \cdot 8 = 10$ anos.
20. **D** — Menor gravidade = tempo passa mais rápido (Relatividade Geral).
21. **C** — Explicação teórica profunda: dilatação é física e real, não mecânica ou ilusória.
22. **B** — Tempo na Terra: $d/v = 20/0,8 = 25$ anos. Tempo Superman: $\Delta t = 25/1,66 \approx 15$ anos.
23. **A** — Comportamento assintótico: γ explode quando v se aproxima de c .
24. **B** — Velocidade da luz não se soma a outras velocidades; é sempre c .
25. **A** — Explicação geométrica clássica da dilatação temporal (relógio de luz).
26. **E** — Exemplo clássico ENEM sobre aplicação real da dilatação do tempo em partículas.
27. **D** — Se $\gamma = 2$, então $\Delta t = 2 \cdot \Delta t_0$. Se $\Delta t = 50$ (Terra), $\Delta t_0 = 25$ anos (Flash).
28. **B** — Conexão entre dilatação e impossibilidade de atingir c devido à inércia infinita.
29. **E** — Resumo do Paradoxo dos Gêmeos: intervalos de tempo não são universais.
30. **C** — Definição técnica precisa: dilatação é comparação entre medidas de diferentes referenciais.