

ESCOLA: _____

DATA: ____/____/____

PROFESSOR(A): _____

TURMA: _____

ESTUDANTE: _____

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

ATIVIDADE DE FÍSICA MODERNA - RELATIVIDADE RESTRITA

■ I. 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 distância percorrida pela luz.
- c) A velocidade da luz no vácuo (c).
- 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) Exatamente a velocidade da luz (c).
- c) Apenas 10% da velocidade da luz.
- d) Zero, pois a luz ficaria "parada" em relação ao Flash.
- e) Proporcional à massa do herói.

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 passou mais devagar para ele devido à sua alta velocidade.
- c) Porque o tempo em Krypton corre em sentido inverso ao da Terra.
- d) Porque a gravidade da Terra acelerou seu crescimento.
- 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 Próprio.
- d) Tempo Dilatado.
- e) Tempo de Newton.

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) Um tecido elástico que se dobra.
- b) Uma flecha imutável e igual para todos.
- 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 trajetória da luz se torna diagonal e mais longa para o observador externo.
- b) Porque a luz perde energia e fica mais lenta.
- c) Porque o atrito com o ar atrasa os batimentos do relógio.
- 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) 150.000 km/s.
- b) 300.000 km/s.
- c) 600.000 km/s.
- d) 100.000 km/s.
- e) 299.999 km/s.

■ II. 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) 0,5
- b) 1,0
- c) 2,0
- 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) O tempo é relativo e depende do referencial do observador.
- c) Relógios mecânicos não funcionam em altas velocidades.
- d) O Flash viajou para o passado.
- e) O espaço se contraiu de tal forma que o tempo parou.

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) 3 minutos.
- b) 4 minutos.
- c) 5 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 tende ao infinito.
- c) O intervalo permanece igual ao tempo próprio.
- d) O intervalo torna-se negativo.
- 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) Em câmera lenta, devido à dilatação temporal.
- c) Instantâneo, devido ao aumento da energia.
- d) Inalterado, pois a temperatura anula a relatividade.
- 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) João sofreu acelerações e mudou de referencial inercial.
- b) A Terra tem muito mais massa que a nave de João.
- 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) Os eventos também serão simultâneos para o Homem-Formiga.
- b) A simultaneidade é relativa e o Homem-Formiga pode ver um evento antes do outro.
- 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) 10 anos.
- d) 12 anos.
- e) 16 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 a gravidade é mais fraca no topo, e o tempo passa mais rápido onde a gravidade é menor.
- c) Porque ele estaria mais perto do Sol.
- d) Porque o topo da montanha gira mais devagar que a base da Terra.
- e) Na verdade, ele envelheceria mais devagar devido ao frio.

■ III. DESAFIE SEUS CONHECIMENTOS (DIFÍCEIS - ENEM)

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) É uma alteração na própria estrutura do tempo-espaço percebida entre referenciais distintos.
- c) Ela só afeta relógios mecânicos e eletrônicos, não afetando o envelhecimento biológico dos heróis.
- 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) 20 anos.
- c) 15 anos.
- d) 12 anos.
- e) 10 anos.

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

- a) Uma linha reta crescente começando na origem (0,0).
- b) Uma parábola com concavidade voltada para baixo.
- c) Uma curva que se aproxima de uma assíntota vertical quando v se aproxima de c .
- 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) $0,4c$.
- c) c .
- 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) Menor que o relógio da Batcaverna, por isso o tempo passa rápido.
- b) Igual ao relógio da Batcaverna, pois a luz é constante.
- c) Maior, descrevendo uma trajetória em zigue-zague (diagonal), exigindo mais tempo para completar o ciclo.
- 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) O tempo para o muão, no referencial da Terra, sofre uma dilatação, permitindo que ele "viva" tempo suficiente para chegar ao solo.
- c) A gravidade da Terra empurra os muões para baixo com força extrema.
- d) Os muões não possuem massa, logo o tempo não passa para eles.
- e) A atmosfera da Terra comprime o muão, tornando-o imortal.

27. Se o Flash pudesse correr a uma velocidade de $v = c \cdot \sqrt{3/2}$ (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) 25 anos.
- d) 10 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) À medida que $v \rightarrow c$, o esforço para aumentar a velocidade resulta em menos ganho de velocidade e mais dilatação/inércia.
- b) O tempo para existir a 90% da velocidade da luz.
- 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 referencial da Terra e o do herói em alta velocidade não são equivalentes para a medida de intervalos de tempo.
- c) O herói descobriu a fonte da juventude no espaço.
- d) A velocidade da luz diminui no centro da galáxia.
- e) O anel do Lanterna Verde protegeu seu corpo contra a passagem do 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) Intervalos de tempo medidos em referenciais em movimento relativo são maiores quando comparados ao tempo próprio do evento.
- c) O tempo para quem se move é absoluto, enquanto para quem está parado é relativo.
- d) Não há diferença de tempo, apenas de percepção visual.
- e) A luz viaja mais devagar para quem está se movendo rápido.

■ Gabarito Comentado — Aula 01 (Professor)

Física Moderna • Dilatação Temporal

1. C — Constância de c é o 2º postulado.
2. B — Velocidade da luz é invariável para qualquer observador.
3. B — Dilatação temporal: altas velocidades esticam o tempo para quem viaja.
4. C — Efeito de câmera lenta percebido pelo observador externo.
5. C — 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. B — Para Newton, tempo era absoluto e imutável.
8. C — Nada supera velocidade da luz (limite cósmico).
9. A — Luz percorre distância maior (diagonal) para manter c constante, tempo deve aumentar.
10. A — Cálculo simples: $0,5 \times 300.000 = 150.000$ km/s.
11. C — $\Delta t = \gamma \cdot \Delta t_0 \rightarrow 20 = \gamma \cdot 10 \rightarrow \gamma = 2$.
12. B — Demonstração prática da relatividade do tempo.
13. B — Reforço do postulado da invariância da luz.
14. C — $\Delta t = 1,25 \cdot 4 = 5$ min.
15. B — À medida que denominador $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ chega perto de zero, resultado tende ao infinito.
16. B — Aplicação do conceito de tempo em processos físicos (átomos como relógios).
17. A — Quebra da simetria ocorre porque viajante muda de referencial inercial ao acelerar/desacelerar.
18. B — Simultaneidade depende do referencial na relatividade restrita.
19. C — $\Delta t = 1,25 \cdot 8 = 10$ anos.
20. B — Menor gravidade = tempo passa mais rápido (Relatividade Geral).
21. B — Explicação teórica profunda: dilatação é física e real, não mecânica ou ilusória.
22. D — Tempo na Terra: $d/v = 20/0,8 = 25$ anos. Tempo Superman: $\Delta t/\gamma = 25/1,66 \approx 15$ anos.
23. C — Comportamento assintótico: γ explode quando v se aproxima de c .
24. C — Velocidade da luz não se soma a outras velocidades; é sempre c .
25. C — Explicação geométrica clássica da dilatação temporal (relógio de luz).
26. B — Exemplo clássico ENEM sobre aplicação real da dilatação do tempo em partículas.
27. C — Se $\gamma = 2$, então $\Delta t = 2 \cdot \Delta t_0$. Se $\Delta t = 50$ (Terra), $\Delta t_0 = 25$ anos (Flash).
28. A — Conexão entre dilatação e impossibilidade de atingir c devido à inércia infinita.
29. B — Resumo do Paradoxo dos Gêmeos: intervalos de tempo não são universais.
30. B — Definição técnica precisa: dilatação é comparação entre medidas de diferentes referenciais.