



MNPEF Mestr.
Profis
Ensin

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA –
POLO 04

RAIMUNDO WAGNER PEREIRA MENDES

PRODUTO EDUCACIONAL

TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA DE EINSTEIN PARA
ALUNOS DO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO FILMES DE FICÇÃO
CIENTÍFICA COMO RECURSO DIDÁTICO

Manaus - Am
2024

RAIMUNDO WAGNER PEREIRA MENDES

**TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA DE EINSTEIN PARA
ALUNOS DO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO FILMES DE FICÇÃO
CIENTÍFICA COMO RECURSO DIDÁTICO**

Este Produto Educacional é parte integrante da dissertação: TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA DE EINSTEIN PAA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO FILMES DE FICÇÃO CIENTÍFICA COMO RECURSO DIDÁTICO, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, polo 4, IFAM-UFAM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva
Orientador

Manaus-Am

2024

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

M538t Mendes, Raimundo Wagner Pereira.

Teoria da relatividade restrita de Einstein para alunos do ensino médio utilizando filmes de ficção científica como recurso didático / Raimundo Wagner Pereira Mendes. – Manaus, 2024. 54 p. : il. color.

Produto educacional proveniente da dissertação - Teoria da relatividade restrita de Einstein para alunos do ensino médio utilizando filmes de ficção científica como recurso didático (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva.
ISBN 978-65-85652-74-2

1. Teoria da relatividade. 2. Sequência didática. 3. Aprendizagem significativa. I. Silva, Márcio Gomes da. (Orient.). I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. II. Universidade Federal do Amazonas. III. Título.

CDD 530.11

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha amada esposa Paula Mendes, minha sogra Maria do Carmo, meu sogro Paulo de Jesus, meus pais Nazareno e Marly Mendes, minha filha Deborah Mendes, meu filho Guilherme Mendes, e todos os meus alunos. Sem o apoio de vocês eu não teria vencido esta batalha.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado uma nova oportunidade de concluir esse mestrado. Quando minha fé já estava abalada, Ele mostrou-me que é Fiel o tempo todo.

Aos meus pais, pelos ensinamentos e exemplos de vida que me dão sempre, minha eterna gratidão pelo amor a mim demonstrado e pelos incentivos na minha trajetória.

À minha esposa amada, pela paciência nos momentos de maiores tribulações, pela força para não me deixar enfraquecer, pela sua dedicação à nossa família e pelo seu amor por mim e pelos nossos filhos.

Aos professores do Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – Polo 4 – IFAM / UFAM, pelos exemplos a mim passados quanto aos seus profissionalismos e dedicação na arte de ensinar, levarei para minha vida.

Ao Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva, por toda a confiança depositada em mim durante todo o processo desta dissertação, a sua orientação foi fundamental para esse trabalho.

À FAPEAM, pelo importante incentivo financeiro através da bolsa de mestrado concedida.

À Secretaria de Educação do Estado do Amazonas, por ter tornado possível, através de um contrato de professor por Processo Seletivo Simplificado, a minha lotação numa escola pública na cidade de Manaus.

À Direção do Colégio Militar da Polícia Militar I, pela oportunidade a mim concedida de aplicar meu produto educacional nesta instituição.

E aos meus queridos alunos da 2ª Série, turma 5, do ano letivo de 2023 do Colégio Militar da Polícia Militar I, pelo interesse demonstrado na aplicação do meu produto educacional, vocês são a prova viva de que é possível alcançarmos uma educação de excelência.

A todos, minha eterna gratidão!

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 1: Apresentação do Produto Educacional | 7 |
| CAPÍTULO 2: A Teoria da Relatividade Restrita de Einstein | 7 |
| 2.1 BREVE BIOGRAFIA DE ALBERT EINSTEIN..... | 8 |
| 2.2 OS POSTULADOS DA TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA | 10 |
| 2.3 A RELATIVIDADE DE GALILEU..... | 10 |
| 2.4 O FATOR DE LORENTZ..... | 15 |
| 2.5 DILATAÇÃO TEMPORAL..... | 19 |
| 2.6 CONTRAÇÃO ESPACIAL | 21 |
| 2.7 MASSA RELATIVÍSTICA | 23 |
| CAPÍTULO 3: Fundamentação Teórica..... | 26 |
| CAPÍTULO 4: Sequência Didática..... | 27 |
| 4.1 PLANOS PARA APLICAÇÃO DAS ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA | 28 |
| Capítulo 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS | 47 |
| REFERÊNCIAS DOS APÊNDICES | 48 |
| APÊNDICE B: Questionário de Conhecimentos Prévios..... | 49 |
| APÊNDICE C: Questionário Para Avaliação dos Conhecimentos Adquiridos..... | 52 |

CAPÍTULO 1: Apresentação do Produto Educacional

O grande desafio dos professores na educação básica é buscar formas de capturar a atenção dos alunos em sala de aula para abordar temas da física. Quando se trata de temas da física moderna como a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein, essa tarefa se torna ainda mais desafiadora e difícil, pois a complexidade e a matemática envolvida nestes conceitos muitas vezes podem espantar e afastar os alunos, tornando quase impossível a conexão com a matéria. Tendo em vista que há a necessidade de levar o acesso a estes temas para os estudantes, os professores buscam diversas metodologias para que esse objetivo seja alcançado.

É neste contexto que este produto propõe abordar e explorar esses conceitos complexos utilizando cuidadosamente uma seleção de filmes do gênero ficção científica aclamados pela crítica cinematográfica que buscam explorar diretamente ou indiretamente os conceitos da relatividade restrita de Einstein. Este produto educacional propõe uma sequência didática para inserir o estudo da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein usando filmes como uma ferramenta pedagógica para alunos da 2ª Série do Ensino Médio que ajudará a conectar os eventos da trama com os princípios científicos estudados. Dessa forma, não apenas aprenderão sobre a teoria proposta, mas também poderão perceber como ela se manifesta na narrativa cinematográfica, estimulando ainda a curiosidade e a imaginação.

Para tornar essa proposta viável, a sequência didática foi planejada fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, tendo em vista que tal teoria considera essencial o conhecimento prévio do indivíduo para adquirir novos conhecimentos (MOREIRA e MASSINE, 1982).

Seguindo essa proposta, este produto educacional foi elaborado para que outros professores pudessem aplicá-los com os mesmos objetivos e que alcançassem também os mesmos êxitos para que os alunos do Ensino Médio tenham acesso à inclusão da física moderna, através da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein.

CAPÍTULO 2: A Teoria da Relatividade Restrita de

Einstein

A Teoria da Relatividade Restrita de Einstein é um marco para a Física Moderna. Tornou-se uma das mais importantes teorias desenvolvidas no século XX, pois provocou uma verdadeira revolução na maneira de como pensávamos sobre espaço, o tempo e a gravidade. Seu estudo é muito importante para o desenvolvimento de tecnologias utilizadas hoje, como o GPS por exemplo, também é fundamental para aplicação na área da Energia Nuclear e até mesmo na área da Medicina, dentre outras áreas.

O produto educacional apresentado neste trabalho está todo baseado na Teoria da Relatividade Restrita de Einstein. Os princípios básicos da física clássica inerentes a este conteúdo foram abordados de uma maneira bastante simples, porém significativa, para que se estabelecesse uma conexão com os conceitos apresentados aos alunos. Sendo assim, a turma escolhida para fazer parte deste projeto, foi uma turma de 2ª Série, ou seja, alunos com conhecimento de tópicos da cinemática, da relatividade de Galileu e da mecânica newtoniana.

2.1 BREVE BIOGRAFIA DE ALBERT EINSTEIN

O físico e matemático alemão Albert Einstein entrou para o rol dos maiores gênios da humanidade ao desenvolver a sua teoria da Relatividade Restrita. Com essa teoria ele estabeleceu a mais famosa equação da física moderna, a relação entre massa e energia $E = mc^2$. No entanto, recebeu o Prêmio Nobel de Física por suas descobertas sobre o estudo dos efeitos fotoelétricos.

Albert Einstein, filho de um pequeno industrial judeu, nasceu na Alemanha, na cidade de Ulm, no dia 14 de março de 1879 e mudou-se juntamente com a família para a cidade de Munique em 1880. Sua paixão pela música através do violino começou aos seis anos de idade quando foi incentivado pela mãe. Logo cedo se destacou no estudo da física, matemática e filosofia. Depois do ensino secundário em Ulm, ingressou no Instituto Politécnico de Zurique, na Suíça, onde concluiu a graduação em Física, no ano de 1900. Já em 1901 escreveu seu primeiro artigo científico, "A investigação do Estado do Éter em Campo Magnético". Neste mesmo ano recebeu a cidadania suíça e aceitou um cargo no departamento e patente em Berna. Casou-se com Mileva Maric em 6 de janeiro de 1903, com que teve três filhos.

Em 1905, ano em que concluiu o doutorado, Einstein publicou quatro ensaios científicos com grandes descobertas no campo da física:

No primeiro, fez uma análise teórica no movimento browniano, produzido pelo choque das partículas de um líquido sobre corpos microscópicos nele introduzidos.

No segundo, formulou uma nova teoria da luz com o importante conceito de fóton, baseando-se na teoria quântica proposta em 1900 pelo físico Max Planck.

No terceiro, expôs a formulação inicial da teoria da relatividade.

No quarto trabalho, propôs uma fórmula para a equivalência entre massa e energia, a célebre equação algébrica $E = mc^2$.

Em 25 de novembro de 1915, ele subiu ao palco da Academia de Ciência da Prússia e declarou ter concluído sua exaustiva pesquisa de uma década em busca de um entendimento novo e mais profundo da gravidade. A Teoria da Relatividade.

A nova e radical visão das interações entre o espaço, o tempo, a matéria, a energia e a gravidade foi um feito reconhecido como uma das maiores conquistas intelectuais da humanidade.

Einstein tornou-se mundialmente conhecido depois que sua teoria foi comprovada durante um eclipse solar, no ano de 1919. A premiação com o Nobel em Física aconteceu em 1921, pelo estudo sobre o efeito fotoelétrico.

Quando Einstein começou a ser perseguido pelos nazistas, renunciou a todos os seus cargos na Alemanha e buscou exílio no Estados Unidos, em 1933. Logo já estava lecionando no Instituto de Estudos Avançados da Universidade de Princeton, onde mais tarde se tornaria diretor.

No ano de 1939, Einstein escreveu uma carta para o presidente Franklin Roosevelt preocupado com o avanço da descoberta da energia nuclear pelos alemães, e logo depois o presidente Roosevelt criou o projeto Manhattan. Einstein tornou-se cidadão americano em 1940.

Albert Einstein, o mais conceituado cientista daquela época, faleceu no dia 18 de abril de 1955, em Princeton, Estados Unidos, se tornando uns dos maiores cientistas de todos os tempos.

2.2 OS POSTULADOS DA TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA

Em 1905, Einstein publicou sua teoria da relatividade especial revolucionando a nossa compreensão dos conceitos de espaço, tempo e da relação entre matéria e energia. Ele elaborou essas ideias através de um processo de pensamento inovador, combinando sua quase infalível intuição com raciocínio lógico e um profundo entendimento da física e da matemática.

Os postulados da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein são os princípios fundamentais que nos levaram a mudar nossas concepções tradicionais de espaço e tempo, substituindo-as por uma compreensão mais profunda da natureza do universo, abrindo um leque de perspectivas sobre a estrutura do espaço-tempo. São os postulados:

1º) O princípio da relatividade especial - afirma que as leis da física são as mesmas para todos os observadores em movimento uniforme, independentes de suas velocidades relativas, ou seja, em todos os referenciais inerciais.

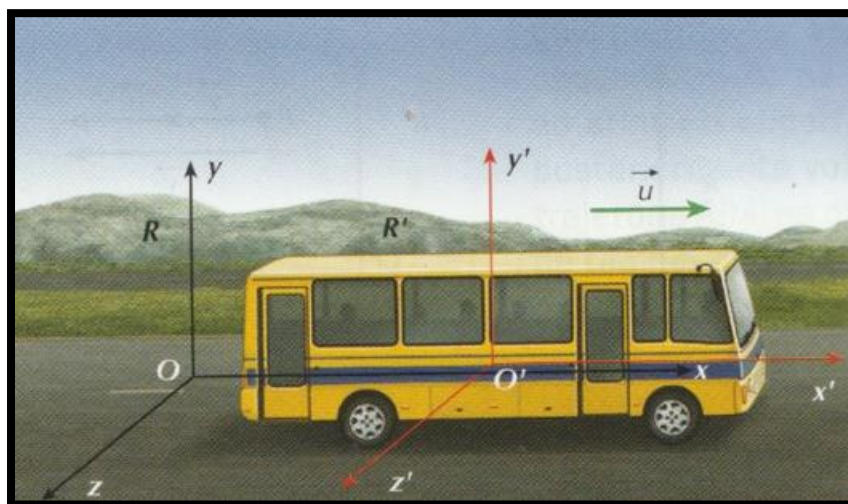
2º) O princípio da invariância da velocidade da luz – a velocidade de propagação da luz é constante e independente da velocidade da fonte emissora ou do observador, dada por $c = 299.792.458 \text{ m/s}$.

2.3 A RELATIVIDADE DE GALILEU

Galileu Galilei (1564-1642) foi um físico, matemático, astrônomo e filósofo italiano. Foi um dos primeiros cientistas as leis do movimento. Ele desenvolveu através de observações e experimentos cuidadosos estudos que levaram a estabelecer os conceitos de transformações de Galileu. Ao realizar esse estudo, Galileu procurou mostrar a relação entre os diferentes pontos de vista de observadores do mesmo corpo em movimento.

As transformações de Galileu aplicam-se a velocidade muito inferiores à velocidade da luz, tornando-as relativamente simples. As transformações relacionam as coordenadas de espaço e tempo em um referencial inercial R com outro referencial em movimento relativo uniforme R'. Este estudo foi muito importante para o desenvolvimento da física clássica e essencial para a compreensão de conceitos da física moderna.

Figura 1 - Representação de dois sistemas inerciais de referência R e R'.



Fonte: Ramalho, Nicolau e Toledo (2009)

Através da Figura 1 podemos verificar como as leis fundamentais da mecânica clássica podem ser deduzidas com uma relação bem definida entre as coordenadas espaciais e temporais (x, y, z, t) e (x', y', z', t') de uma partícula relacionada com dois sistemas de coordenadas cartesianas, que vamos definir com R e R', e relacionados com dois referenciais inerciais diferentes, com eixos paralelos.

A Figura 3 mostra um relógio A fixo no sistema de referência R e outro relógio idêntico B fixo no sistema de referência. Considerando que o relógio A marca o tempo t e o relógio B o tempo t' , de acordo com Galileu, temos:

$$t = t'$$

Ou seja, R' considerando um certo evento, os instantes lidos pelos relógios A e B são iguais, esse é o princípio da simultaneidade. Assim, as coordenadas espaciais (x, y, z) e (x', y', z') e das coordenadas temporais t e t' , podem ser dadas pelas equações representadas da seguinte forma:

$$\begin{cases} x' = x - u \cdot t \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases} \quad \begin{cases} x = x' + u \cdot t \\ y = y' \\ z = z' \\ t = t' \end{cases}$$

Outro conceito importante das transformações galileanas afirma que as leis da mecânica são iguais para qualquer referencial inercial.

Vamos considerar uma pessoa dentro de um vagão de um trem joga uma bola para o alto. Esse observador vai perceber uma trajetória vertical da bola, como mostra a Figura 2, ou seja, a pessoa vê a bola subir e descer até sua mão.

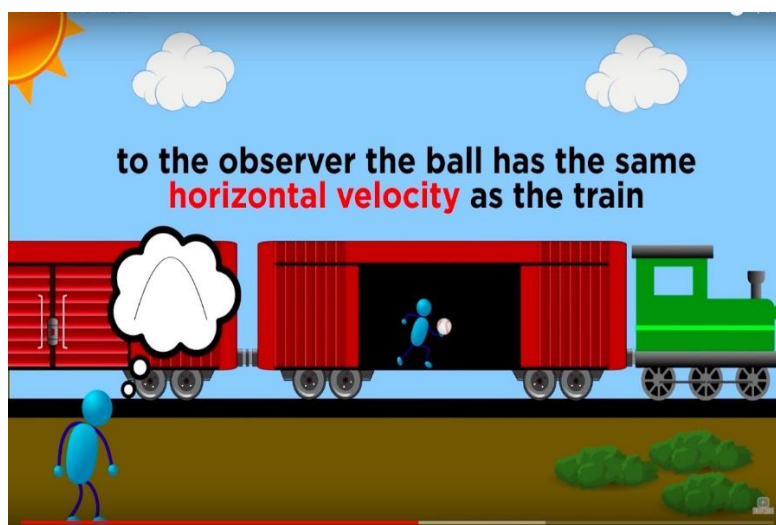
Figura 2: Pessoa observando uma bola lançada para cima



Fonte: relatividade-restrita.propg.ufabc.edu.br

Agora vamos considerar uma segunda pessoa na superfície da Terra vendo o trem passar por ela, vê a bola realizar uma trajetória parabólica, como mostra a Figura 3.

Figura 3: Uma pessoa fora do trem observando a trajetória da bola



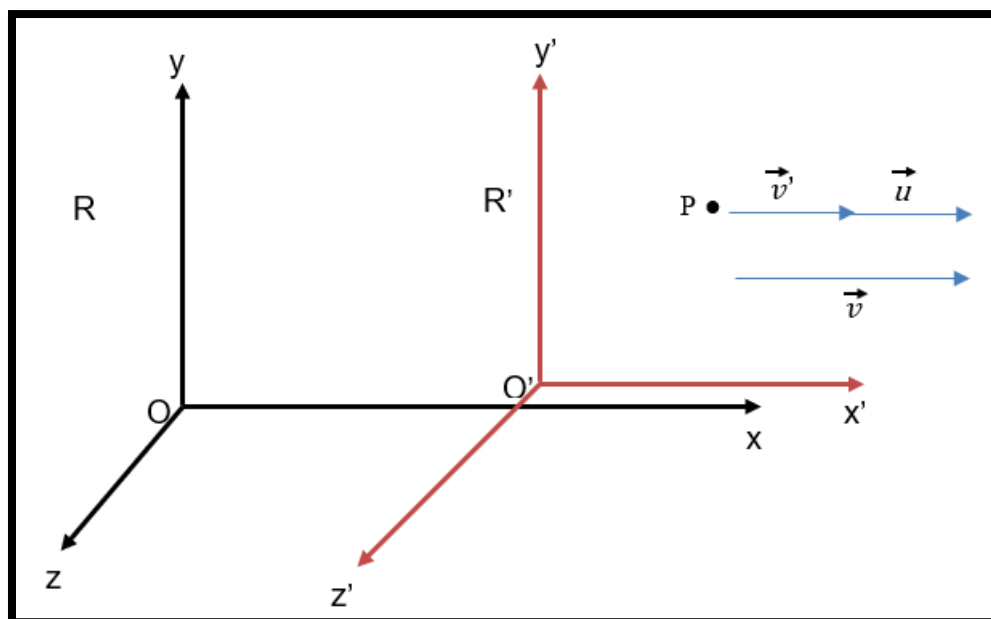
Fonte: relatividade-restrita.propg.ufabc.edu.br

As duas pessoas observaram trajetórias diferentes para as bolas, no entanto, alguns aspectos dos movimentos são iguais para os dois observadores, dentre eles,

o tempo em que a bola permanece no ar é o mesmo marcado pelos relógios de ambos, ou seja, o tempo de queda da bola não depende do referencial. Neste caso, o ponto de vista de cada observador é válido para o fenômeno observado. Se o processo fosse inverso, ou seja, se a bola fosse arremessada verticalmente para fora do trem, uma pessoa de dentro do trem observaria uma trajetória parabólica da bola. Novamente, os pontos de vistas para ambos estariam corretos. Assim, Galileu postulou que se dois observadores estiverem se movendo um em relação ao outro com velocidade constante, obterão os resultados físicos para todos os experimentos realizados.

Esse conceito pode ser comprovado através da análise da composição de velocidades. Vamos recordar a composição de velocidades.

Figura 4: Representação da velocidade de P em relação a R'; da velocidade de R em relação a R' e da velocidade de P em relação a R.



Fonte: Ramalho, Nicolau e Toledo (2009) com adaptações feitas pelo autor.
Ilustração: do autor.

A Figura 4 mostra um ponto P movendo-se com velocidade v' na direção e no sentido do eixo x , em relação a um referencial R. Sua velocidade v' , em relação a um referencial R', que se move com velocidade u , é obtida da seguinte maneira:

$$v = v' + u$$

Assim, temos que

$$v' = v - u$$

Onde:

$v =$ *velocidade resultante*

$v' =$ *velocidade relativa*

$u =$ *velocidade de arrastamento*

Sabendo da definição da aceleração média, temos:

$$a' = \frac{\Delta v'}{\Delta t} \Rightarrow a' = \frac{v'_2 - v'_1}{\Delta t}$$

Onde v'_2 e v'_1 são as velocidades nos instantes t_2 e t_1 em relação ao sistema de referência R' , que está em movimento retilíneo uniforme em relação a R , sendo que estamos considerando R como um referencial inercial.

Assim sendo, partindo da equação $v' = v - u$, temos que:

$$\text{no instante } t_1, \text{ temos } v'_1 = v_1 - u$$

$$\text{no instante } t_2, \text{ temos } v'_2 = v_2 - u$$

no intervalo Δt , temos:

$$v'_2 - v'_1 = (v_2 - u) - (v_1 - u)$$

$$v'_2 - v'_1 = v_2 - v_1$$

$$\Delta v' = \Delta v$$

Ou seja,

$$\frac{\Delta v'}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a' = a$$

Desta forma, a aceleração é uma invariante segundo uma transformação de Galileu.

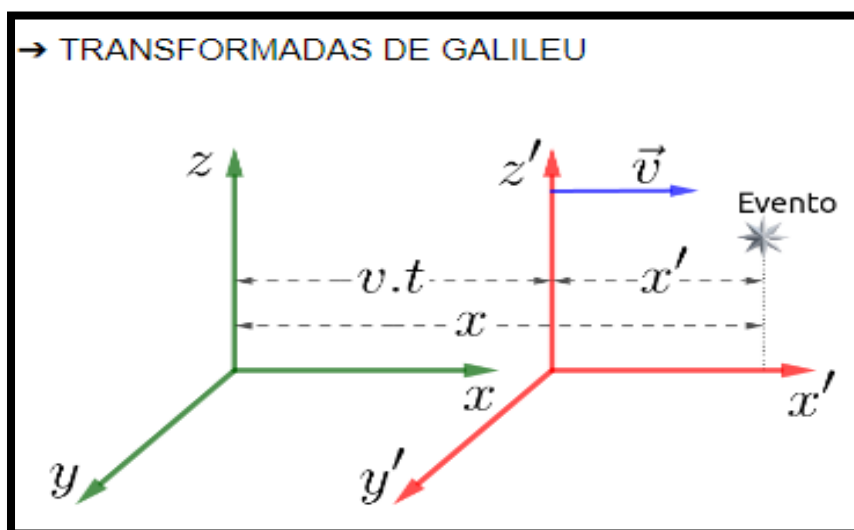
Vale ressaltar que se as acelerações médias são iguais, então as acelerações instantâneas também são iguais. Considerando que as interações entre as partículas

são regidas pela 2ª Lei de Newton, ou seja, $F = m \cdot a$, considerando ainda que a massa da partícula é constante, então as forças observadas nos referenciais R e R' são iguais, já que as acelerações também são iguais. Assim podemos concluir que as leis da Mecânica não se modificam quando são verificadas em relação a sistemas de referência inerciais.

2.4 O FATOR DE LORENTZ

Tão logo que surgiu as equações de Maxwell, os cientistas perceberam que a aplicação das transformadas de Galileu para descrever o comportamento de ondas eletromagnéticas em outros referenciais apresentava graves problemas do ponto de vista físico. Na intenção de romper com as contradições da física de seu tempo, o cientista holandês Hendrik Lorentz, tentou curar as transformadas de Galileu sugerindo haver um fator de correção que representou por γ , capaz de corrigi-las.

Figura 5 - Representação das Transformas de Galileu



Fonte:

Considerando as transformações de Galileu representadas na Figura 5, vamos definir um evento físico que aconteceu num ponto P qualquer, temos as coordenadas (x, y, z, t) no referencial R e (x', y', z', t') no referencial R', da seguinte forma:

$$\begin{cases} x' = x - u \cdot t \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = x' + u \cdot t \\ y = y' \\ z = z' \\ t = t' \end{cases}$$

É importante ressaltar que estamos diferenciando as notações dos tempos marcados em diferentes referenciais, pois nada garante que o tempo passe igualmente para ambos.

Lembrando que para velocidades muito menores que a velocidade da luz ($v \ll c$), as transformações de Galileu são suficientes. Porém, para velocidades menores que a velocidade da luz, é necessária uma correção.

Assim temos, na tentativa de correção, o seguinte:

$$x' = \gamma(x - u \cdot t) \quad (01)$$

Da mesma forma, temos que a transformação inversa é:

$$x = \gamma(x' + u \cdot t') \quad (02)$$

Onde γ representa o fator de Lorentz.

Como estamos considerando os tempos diferentes nos dois referenciais, vamos deduzir o tempo no referencial R' levando em conta que a velocidade da luz é a mesma em qualquer referencial inercial. Para isso, vamos analisar a emissão de um raio de luz através de uma fonte localizada na origem, ou seja:

$$x = x' = 0 \quad (03)$$

$$t = t' = 0 \quad (04)$$

Considerando que a velocidade da luz, representada por c , é mesma nos dois referenciais R e R', assim temos que:

$$c = \frac{x}{t} \quad (05)$$

Ou seja, para o referencial R, temos:

$$x = ct \quad (06)$$

Da mesma maneira temos para o referencial R':

$$x' = ct' \quad (07)$$

Substituindo as equações (6) e (7) nas equações (1) e (2), temos:

$$ct' = \gamma(ct - ut) \quad (08)$$

$$ct' = \gamma(c - u)t \quad (09)$$

Da mesma maneira, temos:

$$ct = \gamma(c + u)t' \quad (10)$$

Isolando o termo t' da equação (10), obtemos:

$$t' = \frac{\gamma(c - u)t}{c} \quad (11)$$

Substituindo a equação (11) na equação (10), obtemos:

$$ct = \frac{\gamma(c + u) \cdot \gamma(c - u)t}{c} \quad (12)$$

$$c^2 = \frac{\gamma(c + u) \cdot \gamma(c - u)t}{t} \quad (13)$$

$$c^2 = \gamma^2(c^2 - u^2) \quad (14)$$

Isolando o γ , temos que:

$$\gamma = \sqrt{\frac{c^2}{c^2 - u^2}} \quad (15)$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{c^2}{c^2 \left(\frac{c^2}{c^2} - \frac{u^2}{c^2} \right)}} \quad (16)$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{1}{\left(1 - \frac{u^2}{c^2} \right)}} \quad (17)$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2}} \quad (18)$$

A expressão $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2}} \geq 1$ é o denominado fator de Lorentz.

Considerando $\beta = \frac{u}{c}$, temos que quando $u \ll c$ ($\beta \approx 0$) o fator de Lorentz $\gamma \rightarrow 1$, ou seja, voltamos para as transformadas de Galileu.

Isolando t da equação (6), temos $t = \frac{x}{c}$, substituindo na equação (11), teremos:

$$t' = \frac{\gamma(c - u)}{c} \cdot \frac{x}{c} \quad (19)$$

$$t' = \frac{\gamma(cx - ux)}{c^2} \quad (20)$$

$$t' = \gamma \left(\frac{cx}{c^2} - \frac{ux}{c^2} \right) \quad (21)$$

$$t' = \gamma \left(\frac{x}{c} - \frac{ux}{c^2} \right) \quad (22)$$

Como $t = \frac{x}{c}$, teremos então

$$t' = \gamma \left(t - \frac{ux}{c^2} \right) \quad (23)$$

Agora temos novas equações, chamadas de transformações de Lorentz.

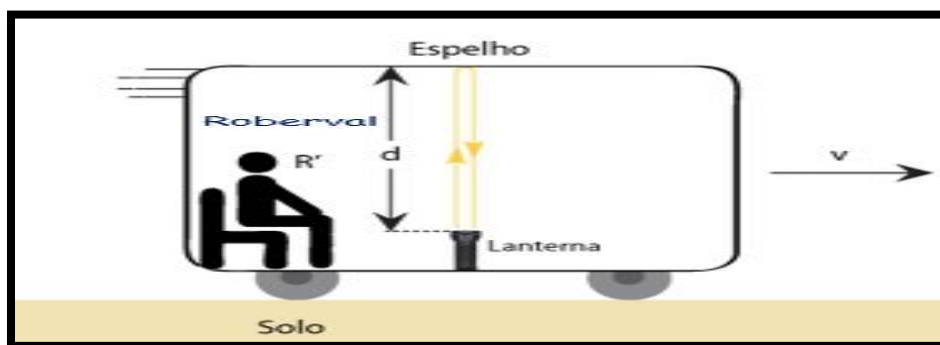
$$\begin{cases} x' = \gamma(x - u \cdot t) \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \gamma \left(t - \frac{ux}{c^2} \right) \end{cases} \quad \begin{cases} x = \gamma(x' + u \cdot t') \\ y' = y \\ z' = z \\ t = \gamma \left(t' + \frac{ux'}{c^2} \right) \end{cases}$$

A expressão $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{u}{c}\right)^2}} \geq 1$ é o denominado fator de Lorentz.

2.5 DILATAÇÃO TEMPORAL

Como consequência do segundo postulando de Einstein, temos a dilatação do tempo que nada mais é do que a diferença da medida do tempo por dois relógios idênticos e perfeitamente sincronizados que surge quando um desses relógios está se movendo em uma velocidade próxima a velocidade da luz ou ainda quando está sujeito a um campo gravitacional diferente do que se encontra o outro relógio.

Figura 6 - Esquema da reflexão de um sinal luminoso no teto de um vagão de um trem que se descola com velocidade v , visto por um observador no seu interior.



Fonte: DILATAÇÃO do tempo. Só Física, Porto Alegre, 2019
Ilustração: adaptada pelo autor

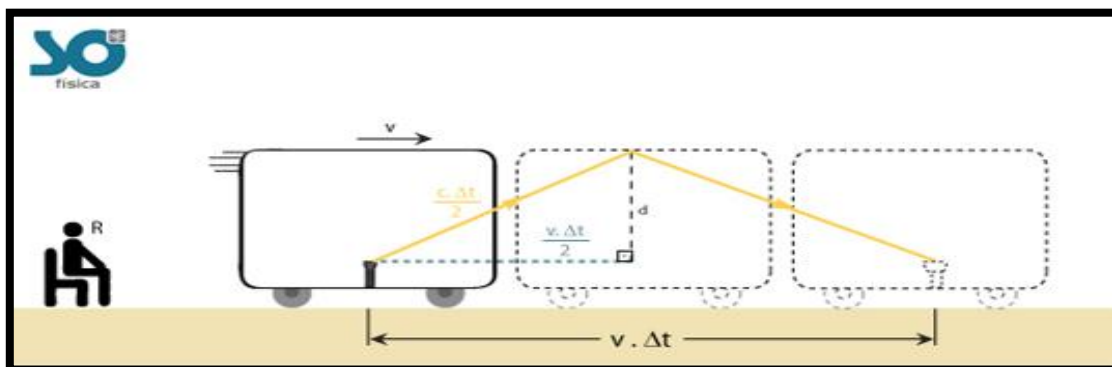
Vamos considerar um observador em R' dentro do vagão de um trem em movimento retilíneo uniforme com velocidade v em relação aos trilhos, observando um sinal luminoso emitido de uma lanterna localizada a uma distância d do teto do vagão, como mostra a Figura 6. Assim, para o observador em R' temos que:

$$\Delta t' = \frac{\Delta S}{v} \quad (24)$$

Considerando que $\Delta S = 2d$ e $v = c$, onde c é a velocidade da luz, passamos a ter:

$$\Delta t' = \frac{2d}{c} \quad (25)$$

Figura 7: Esquema da reflexão de um sinal luminoso no

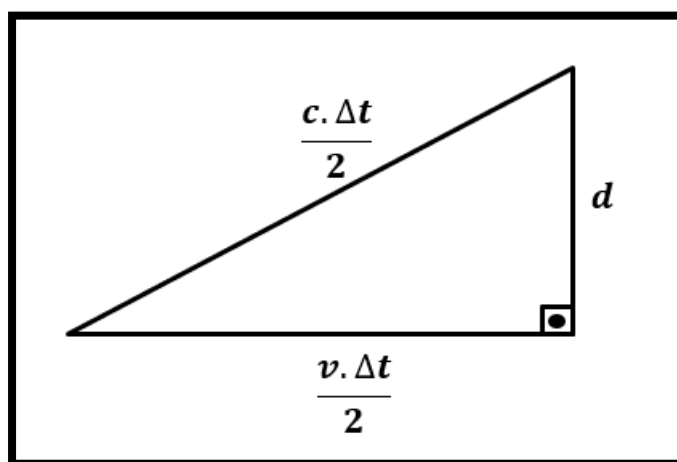


teto de um vagão de um trem que se desloca com velocidade v , visto por um observador exterior.

Fonte: DILATAÇÃO do tempo. Só Física, Porto Alegre, 2019

Agora vamos considerar uma pessoa fora do vagão fixa no sistema de referência R , devido ao movimento do vagão, os eventos não ocorrem em um mesmo ponto e o intervalo de tempo entre as ocorrências, como mostra a Figura 7.

Figura 8 - Representação do triângulo retângulo extraído da Figura 7



Fonte: Próprio autor

Extraindo um triângulo retângulo da Figura 7, a aplicação do Teorema de Pitágoras na Figura 8, é dada por:

$$\left(\frac{c \cdot \Delta t}{2}\right)^2 = d^2 + \left(\frac{v \cdot \Delta t}{2}\right)^2 \Rightarrow \frac{c^2 \cdot \Delta t^2}{4} = d^2 + \frac{v^2 \cdot \Delta t^2}{4}$$

$$c^2 \cdot \Delta t^2 = 4d^2 + v^2 \cdot \Delta t^2 \Rightarrow \Delta t^2(c^2 - v^2) = 4d^2$$

$$\Delta t^2 = \frac{4d^2}{(c^2 - v^2)} \Delta t'^2 \quad \Rightarrow \quad \Delta t^2 = \frac{4d^2}{c^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}$$

Aplicando raiz quadrada nos dois termos, obtém-se

$$\Delta t = \sqrt{\frac{4d^2}{c^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}} \quad (26)$$

$$\Delta t = \frac{2d}{c} \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}} \quad (27)$$

Considerando $\Delta t' = \frac{2d}{c}$, temos

$$\Delta t = \Delta t' \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}} \quad (28)$$

$$\Delta t = \gamma(v)\Delta t' \Rightarrow \Delta t \geq \Delta t'$$

Onde $\gamma(v) = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}}$ é o fator de Lorentz.

Assim, temos que, a medida de intervalo de tempo não-própria é maior que a medida de intervalo de tempo própria. Essa é a chamada dilatação temporal, que tem a ver com percepções distintas de um mesmo fenômeno, conforme o estado de movimento do observador. Não é possível um dado observador perceber qualquer dilatação temporal sem que haja alteração de seu estado de movimento relativo (CARUSO, 2006).

$$\Delta t = \gamma(v)\Delta t' \Rightarrow \Delta t \geq \Delta t'$$

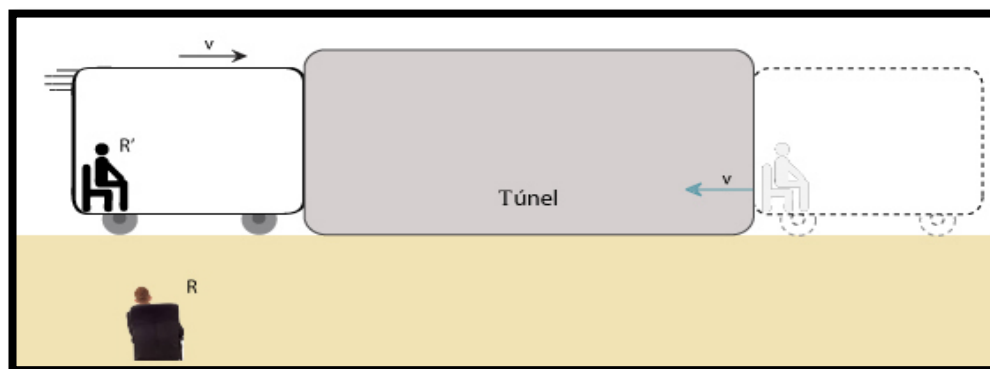
Onde $\gamma(v) = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}}$ é o fator de Lorentz.

2.6 CONTRAÇÃO ESPACIAL

A contração espacial é um conceito da Teoria da Relatividade de Einstein que

descreve como os comprimentos dos objetos que estão em um movimento relativo são percebidos por observadores em diferentes estados de movimento.

Figura 9: Representação de um vagão em movimento com velocidade v



Fonte: Contração Espacial. Só Física, Porto Alegre, 2019

Vamos imaginar o mesmo vagão e os mesmos sistemas de referências do item anterior. Neste caso, o vagão irá atravessar um túnel, como está representado na Figura 9. No entanto, para a pessoa que se encontra no interior do vagão no referencial R' , em movimento em relação ao túnel, o comprimento do túnel é l' e para a pessoa que está no referencial R , fora do trem, em repouso em relação ao túnel, o comprimento a ser medido é l .

No referencial R o comprimento do túnel é l , assim a pessoa que está neste referencial vê o vagão percorrer uma distância l durante um intervalo de tempo Δt enquanto o vagão passa completamente pelo túnel. Assim, em relação ao referencial R , temos:

$$v = \frac{l}{\Delta t} \quad (29)$$

Ou seja,

$$l = v \cdot \Delta t \quad (30)$$

Para a pessoa que se encontra no referencial R' , o túnel tem comprimento l' e desloca-se para a esquerda com velocidade v , como mostra a Figura 9. Desse modo, essa pessoa vê o túnel passar completamente por ela percorrendo uma distância l' , durante um intervalo de tempo $\Delta t'$. Assim, temos:

$$v = \frac{l'}{\Delta t'} \quad (31)$$

Ou seja:

$$l' = v \cdot \Delta t' \quad (32)$$

Isolando o $\Delta t'$ na Equação 27, temos:

$$\Delta t' = \Delta t \sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} \quad (33)$$

Substituindo a Equação 33 na Equação 32, passamos a ter:

$$l' = v \Delta t \sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} \quad (34)$$

Como $l = v \cdot \Delta t$, podemos reescrever a Equação 34:

$$l' = l \sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} \quad (35)$$

Considerando que $\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}$ o resultado é menor que 1, concluímos que para um sistema de referência R que se encontra em repouso em relação a um corpo, esse corpo tem comprimento l . Enquanto para outro sistema de referência R' em relação ao mesmo corpo, o comprimento agora é l' , sendo $l' < l$. Vale ressaltar que essa contração espacial só ocorre na direção do movimento do corpo.

2.7 MASSA RELATIVÍSTICA

O conceito de massa relativística concerne de como a massa de um objeto varia com sua velocidade. Esta observação é fundamental para a compreensão da relação entre a massa e a energia de um objeto quando se move com velocidade próxima a velocidade da luz. Einstein reformulou os conceitos de massa e energia para que a conservação da quantidade de movimento continuasse válida para nas colisões entre partículas subatômicas, ou seja, partículas com velocidades

comparáveis com a velocidade da luz. (NICOLAU, RAMALHO E TOLEDO, 2009)

Considerando a massa de um corpo que está em repouso em relação a um referencial como m_0 e a massa do mesmo corpo, agora em movimento com velocidade u em relação ao mesmo referencial, temos:

$$m = \gamma \cdot m_0 \quad (36)$$

Sendo

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \quad (37)$$

Substituindo a Equação 37 na Equação 36, passamos a ter:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \quad (38)$$

Analisando a Equação 38, é importante salientar que quando $u = 0$ (massa do corpo em repouso), temos que $\gamma = 1$, ou seja, a massa do corpo em movimento sempre será maior que sua massa quando estiver em repouso. Nicolau, Ramalho e Toledo (2009) afirmam ainda que:

O aumento da massa não significa que aumenta o número de partículas (átomos, moléculas etc.) do corpo, e sim a inércia deste. Se o corpo atingisse a velocidade da luz, nenhuma força seria capaz de acelerá-lo, pois foi atingida a velocidade limite. Neste caso, a inércia do corpo seria infinita. (NICOLAU, RAMALHO E TOLEDO, 2009, p. 440)

A teoria da relatividade especial trouxe uma consequência importantíssima para a Física Moderna, de acordo com Einstein, podemos considerar a massa como uma forma de energia, ou seja, a energia apresenta uma inércia que é medida pelo quociente do valor da energia pelo quadrado da velocidade da luz. Assim, pode-se atribuir a toda massa, além da energia potencial do corpo num campo de forças, sua própria energia igual a mc^2 , concluindo que massa e energia são propriedades distintas do mesmo corpo, como descreve a Equação 39.

$$E = mc^2 \quad (39)$$

O sol é uma fonte de energia que podemos exemplificar essa conversão de matéria em energia de forma contínua. Porém, essa conversão acontece em todos os processos nos quais a energia é liberada, como por exemplo, nas bombas atômicas (NICOLAU, RAMALHO E TOLEDO, 2009).

CAPÍTULO 3: Fundamentação Teórica

O referencial teórico adotado para nortear este Produto Educacional é a teoria de aprendizagem de David Paul Ausubel, que consiste na importância do conhecimento prévio do aluno como fator mais base principal o que o ele já sabe. Ausubel nasceu em 1918 na cidade de relevante para sua aprendizagem subsequente, ou seja, a aprendizagem do aluno terá como Nova York, graduado em psicologia, seus estudos foram voltados para o campo de psicologia do desenvolvimento e psicologia educacional. (AUSUBEL, 2023)

Segundo Ausubel (1980), a aprendizagem significativa depende da relação entre o conhecimento prévio do aluno com o novo conhecimento, ou seja, as novas informações que o aluno recebe são integradas num processo de conhecimento já existente e não aprendidas de uma forma isolada. A importância desse conhecimento prévio do aluno para a aprendizagem deve ser levada em consideração pelos professores que devem montar um esquema de forma que a integração dos novos conhecimentos com os anteriores seja facilitada.

Segundo Moreira e Masini (1982), na teoria de Ausubel, é necessário fazer uma distinção entre tipos gerais de aprendizagem: a cognitiva, que é aquela em que o estudante organiza na mente de forma organizada tudo o que aprende, e esse complexo organizado é chamado de estrutura cognitiva. Já a aprendizagem afetiva é processada pelo estudante através de sinais internos que podem ser identificadas como prazer e dor, satisfação e descontentamento, alegria e ansiedade, assim a aprendizagem afetiva pode vir junto com a cognitiva. Por isso essa teoria será bastante explorada neste produto educacional, tendo em vista que buscaremos passar os conhecimentos do tema proposto levando em conta esses dois tipos de aprendizagem, ou seja, vamos aproveitar o interesse pelo cinema, o prazer e a satisfação em assistir a filmes de ficção científica, buscando conciliar esses sentimentos com a aprendizagem apresentada.

CAPÍTULO 4: Sequência Didática

A seguir serão apresentadas as etapas para aplicação da sequência didática para a apresentação da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein através da exibição de filmes do gênero ficção científica.

Vale ressaltar que essa proposta não consiste em apenas exibir filmes em sala de aula. O objetivo é exatamente levar ao conhecimento dos alunos os conceitos complexos da teoria de uma forma mais acessível.

Seguindo essa metodologia, a proposta da sequência está apresentada no Quadro 1.

Quadro 1: Apresentação da proposta da sequência didática

| Etapas | Tempo de aula | Atividade | Dia da semana | |
|---------|---------------|--|---------------|--------|
| | | | Terça | Quinta |
| 1ª Aula | 60 minutos | <ul style="list-style-type: none"> • Aplicação do questionário para identificação dos conhecimentos prévios; • Apresentação de uma breve biografia de Albert Einstein; • Apresentação das Transformadas de Galileu. | | |
| 2ª Aula | 45 minutos | <ul style="list-style-type: none"> • Apresentação dos postulados da Teoria da Relatividade Restrita; • Fator de Lorentz. | | |
| 3ª Aula | 45 minutos | <ul style="list-style-type: none"> • Início da exibição do filme <i>Interstellar</i> (2014); • Dilatação do tempo. | | |
| 4ª Aula | 45 minutos | <ul style="list-style-type: none"> • Continuação da exibição do filme <i>Interstellar</i> (2014); • Dilatação do comprimento. | | |
| 5ª Aula | 45 minutos | <ul style="list-style-type: none"> • Continuação da exibição do filme <i>Interstellar</i> (2014); • Massa relativística. | | |
| 6ª Aula | 45 minutos | <ul style="list-style-type: none"> • Encerramento da exibição do filme <i>Interstellar</i> (2014); • Rodas de discussões. | | |

| | | | | |
|------------|---------------|--|--|--|
| | | | | |
| 7ª Aula | 45 minutos | <ul style="list-style-type: none"> • Exibição de cenas do filme <i>Planeta dos Macacos (1968)</i>; • Conceito de tempo próprio e tempo relativo. • Organização de equipes para debates sobre os conceitos da relatividade apresentadas nos filmes <i>Interstellar (2014)</i> e <i>Planeta dos Macacos (1968)</i>. | | |
| 8ª Aula | 45 minutos | <ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de um questionário de avaliação sobre os conceitos de relatividade explorados. | | |

Fonte: do autor.

4.1 PLANOS PARA APLICAÇÃO DAS ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Primeira etapa: 1ª Aula

Carga Horária: 60 minutos

Objetivo:

A 1ª aula terá como objetivo identificar o conhecimento prévio dos alunos em relação aos conceitos de movimento, a biografia de Einstein, aos conceitos da Teoria da Relatividade Restrita e sobre aceitação de filmes cinematográficos como entretenimento recorrente, através de um questionário. Esta aula terá como objetivo também, a apresentação de uma breve biografia de Albert Einstein e a explanação sobre as Transformações de Galileu.

Recursos Didáticos:

Questionário de conhecimento prévio (apêndice B); notebook, datashow, quadro branco e pinceis.

Metodologia

No primeiro momento, o professor apresentará a proposta do projeto, enfatizando que se trata de produto educacional para introduzir a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein para alunos do Ensino Médio utilizando filmes de ficção científica como instrumento pedagógico. Nesse momento será mencionado a importância do ensino de física, em especial, a Física Moderna na educação básica.

A seguir, o docente aplicará o questionário de conhecimento prévio (Apêndice B) para que uma análise qualitativa seja realizada a fim de planejar as aulas subsequentes. Após a aplicação do questionário inicia-se a aula com uma breve biografia de Einstein e logo após, usando uma linguagem simples juntamente com conceitos básicos de matemática será apresentada as transformadas de Galileu.

Figura 10: Slides da 1ª Aula

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA

UFAM

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

1ª AULA

TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA DE EINSTEIN PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO
UTILIZANDO FILMES DE FIGÇÃO CIENTÍFICA COMO RECURSO DIDÁTICO

MESTRANDO: Raimundo Wagner Pereira Mendes
Orientador: Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva

MNPEF Sequência Didática Física Moderna Relatividade

TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA DE EINSTEIN

A partir desse momento vamos iniciar uma viagem em direção as mais importantes teorias à serem realizadas pelo homem. Vamos compreender a mecânica desde então para o progresso da ciência e da tecnologia. Começar como tudo inicia, tudo os pontos de partida responsáveis pelo início desta jornada. Como um dos mais importantes cientistas da Física, Alonzo Einstein, nos ajuda a formular as duas postulações que mudaram a visão de universo.

$E = mc^2$

$F_{ij} = \frac{\partial L}{\partial x^j} - \frac{\partial L}{\partial x^i}$

$\vec{h} = \frac{\partial L}{\partial \vec{v}}$

Assistir Mais informações

MNPEF Sequência Didática Física Moderna Relatividade

Albert Einstein (1879-1955) foi um físico e matemático alemão. Entrou para o rol dos maiores gênios da humanidade ao desenvolver a Teoria da Relatividade.

Breve Biografia de Albert Einstein

Fonte: Arquivo próprio

Figura 11: Slides da 1ª Aula

Estabeleceu a relação entre massa e energia e formulou a equação que se tornou a mais famosa do mundo: $E = mc^2$. Recebeu o Prêmio Nobel de Física por suas descobertas sobre a lei dos efeitos fotoelétricos.

Infância
Albert Einstein nasceu em Ulm, na Alemanha, no dia 14 de março de 1879. Filho de um pequeno industrial judeu, em 1880 mudou-se com a família para a cidade de Munique. Com seis anos de idade, incentivado pela mãe, começou a estudar violino. Logo cedo se destacou no estudo da física, matemática e filosofia.

Formação
Depois do ensino secundário em Ulm, ingressou no Instituto Politécnico de Zurique, na Suíça, onde em 1900 concluiu a graduação em Física. Em 1901 escreveu seu primeiro artigo científico, "A Investigação do Estado do Éter em Campo Magnético". Em fevereiro deste mesmo ano recebeu a cidadania suíça. Aceitou um lugar no departamento de patentes em Berna. Em 6 de janeiro de 1903 casou-se com Mileva Marić, com quem teve três filhos.

Ensaio Científicos
Em 1905, ano em que concluiu o doutorado, Einstein publicou quatro ensaios científicos, cada um deles com uma grande descoberta no campo da física:
 • No primeiro, fez uma análise teórica do movimento browniano, produzido pelo choque das partículas de um líquido sobre corpos microscópicos nele introduzidos.
 • No segundo, formulou uma nova teoria da luz com o importante conceito de fóton, baseando-se na teoria quântica proposta em 1900 pelo físico Max Planck.

Fonte: Arquivo próprio

Figura 12: Slides da 1ª Aula

Teoria da Relatividade
Em 25 de novembro de 1915, ele subiu ao palco da Academia de Ciências da Prússia e declarou ter concluído sua exaustiva pesquisa de uma década em busca de um entendimento novo e mais profundo da gravidade. A Teoria da Relatividade Geral, afirmou Einstein, estava pronta. A nova e radical visão das interações entre o espaço, o tempo, a matéria, a energia e a gravidade foi um feito reconhecido como uma das maiores conquistas intelectuais da humanidade.

Prêmio Nobel
Em 1919, Einstein tornou-se conhecido em todo o mundo depois que sua teoria foi comprovada em experiência realizada durante um eclipse solar. Em 1921, Albert Einstein foi agraciado com o "Prêmio Nobel de Física" por suas contribuições à física teórica, especialmente, por sua descoberta da lei do efeito fotoelétrico.

Mudança para os EUA
Em 1933, Albert Einstein renunciou a seus cargos na Alemanha, onde os nazistas já estavam no poder, e exilou-se nos Estados Unidos. Passou a lecionar no Instituto de Estudos Avançados da Universidade de Princeton, do qual se tornaria o reitor.

Últimos anos e o pacifismo
Em 1939 preocupado com o desenvolvimento de armas nucleares, o cientista escreveu uma carta para o presidente Franklin Roosevelt sobre o perigo de a Alemanha ter se adiantado na descoberta das possibilidades da energia nuclear. Logo depois, o chefe de estado americano começou o projeto Manhattan. Em 1940, Einstein recebeu cidadania americana.

Fonte: Arquivo próprio

Figura 13: Slides da 1ª Aula



Fonte: Arquivo próprio

Figura 14: Slides da 1ª Aula



Fonte: Arquivo próprio

Figura 15: Slides da 1ª Aula



Fonte: Arquivo próprio

Segunda etapa: 2ª Aula**Carga Horária:** 45 minutos**Objetivo:**

A 2ª aula terá como objetivo apresentar os postulados de Einstein; enfatizar a importância que o estudo da teoria da relatividade tem para o desenvolvimento tecnológico atual e demonstrar passo a passo as Transformadas de Lorentz.

Recursos Didáticos:

Nesta aula serão utilizados: notebook, datashow, quadro branco e pinceis.

Metodologia

Na segunda aula o professor apresentará os postulados de Einstein utilizando uma linguagem bem simples, buscando explorar o conhecimento prévio dos alunos através de intervenções e perguntas durante a explanação. Logo após, serão relacionadas e discutidas várias consequências dos postulados de Einstein. Aproveitando a linha de informação, para que os alunos tivessem uma visão mais ampla do projeto, serão relacionados alguns exemplos da presença do estudo da relatividade restrita no cotidiano, principalmente no caso do GPS que é uma tecnologia que é muito usada por pessoas que não tem acesso a esses estudos. E por fim, serão apresentadas de uma forma simples, porém sem tirar a beleza do desenvolvimento matemático envolvido, as Transformadas de Lorentz.

Figura 16: slides da 2ª Aula

WAGNER MENDES **2ª AULA**

MNPEF Sequência Didática Física Moderna Relatividade

TEORIA DA RELATIVIDADE

TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA

"A teoria da relatividade restrita, também chamada de teoria da relatividade especial, é uma teoria, publicada em 1905 pelo cientista Albert Einstein, que postula a respeito da invariabilidade da velocidade da luz no vácuo e da inexistência de um referencial inercial absoluto. Veja mais sobre "Teoria da relatividade restrita".

Teoria da Relatividade Restrita de Einstein

Fonte: Arquivo próprio

Figura 17: Slides da 2ª Aula

MNPEF Sequência Didática Física Moderna Relatividade

TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA

Os Postulados de Einstein

1º) As leis da Física são idênticas em relação a qualquer referencial inercial.

2º) A velocidade da luz no vácuo é uma constante universal. É a mesma em todos os sistemas inerciais de referência. Não depende do movimento da fonte de luz e tem igual valor em todas as direções.

TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA

Consequências mais relevantes:

- A inexistência do éter;
- A velocidade da luz no vácuo é a velocidade limite;
- A reformulação do conceito de simultaneidade de eventos, que passa a ser relativa à observação de dois observadores que estão em referenciais distintos, passando a ser chamado de princípio da simultaneidade.

Teoria da Relatividade Restrita de Einstein

MNPEF Sequência Didática Física Moderna Relatividade

TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA

Teoria da relatividade restrita no cotidiano

- Calibração do GPS;
- Investigação dos elétrons e partículas que viajam a velocidades próximas a da luz;
- Desenvolvimento da energia nuclear, bomba e reatores nucleares;

TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA

A origem Teoria da Relatividade Restrita

- Experimento de Michelson-Morley (1887) – Comprovar a existência do éter na velocidade da luz;
- Entre 1899 a 1904 o cientista Henri Poincaré considerando os resultados das experiências de Michelson-Morley, propôs o princípio da relatividade.

Teoria da Relatividade Restrita de Einstein

Fonte: Arquivo próprio

Figura 20: Slides da 2ª Aula

The figure shows four slides from a presentation on Special Relativity, illustrating the derivation of the Lorentz factor γ .

Slide 1 (Top Left): Shows the Lorentz transformation for position $x = ct \left[\frac{\gamma + \frac{v\gamma}{c}}{\left(\gamma - \frac{(1-\gamma^2)c}{\gamma v} \right)} \right]$. It notes $x = ct$ and suggests considering the ratio $\left[\frac{\gamma + \frac{v\gamma}{c}}{\left(\gamma - \frac{(1-\gamma^2)c}{\gamma v} \right)} \right] = 1$.

Slide 2 (Top Right): Shows the equation $\frac{\gamma + \frac{v}{c} \cdot \gamma}{\gamma - \frac{(1-\gamma^2)c}{\gamma v}} = 1$. It derives $v\gamma = -\frac{(1-\gamma^2)c^2}{\gamma v}$ and $\gamma^2 = \frac{(-1+\gamma^2)c^2}{v^2}$. It also shows $v^2\gamma^2 = -c^2 + \gamma^2c^2$ and $v^2\gamma^2 - \gamma^2c^2 = -c^2$.

Slide 3 (Bottom Left): Shows $v^2\gamma^2 - \gamma^2c^2 = -c^2$. It suggests multiplying by -1 to get $\gamma^2c^2 - v^2\gamma^2 = c^2$. It then shows $\gamma^2 = \frac{c^2}{c^2 - v^2}$ and $\gamma^2 = \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.

Slide 4 (Bottom Right): Shows $\gamma^2 = \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$. It notes that since $\sqrt{\gamma^2} = 1$, we have $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, which is identified as the Lorentz factor.

Fonte: Arquivo próprio

Figura 21: Último slide da 2ª Aula

The final slide of the presentation shows the Lorentz transformation equations, organized into two columns: **TRANSFORMAÇÃO de S em S'** and **TRANSFORMAÇÃO de S' em S**.

TRANSFORMAÇÃO de S em S'

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma(x - vt)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \frac{t - \frac{v \cdot x}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma \cdot \left(t - \frac{v \cdot x}{c^2} \right)$$

TRANSFORMAÇÃO de S' em S

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma(x' + vt')$$

$$y = y'$$

$$z = z'$$

$$t = \frac{t' + \frac{v \cdot x'}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma \cdot \left(t' + \frac{v \cdot x'}{c^2} \right)$$

Fonte: Arquivo próprio

Terceira etapa: 3ª Aula**Carga Horária:** 45 minutos**Objetivo:**

A 3ª aula terá como objetivo iniciar a exibição do filme escolhido para explorar os conceitos da Relatividade Restrita de Einstein e a apresentação do conceito da Dilatação do Tempo.

Recursos Didáticos:

Nesta aula serão utilizados: notebook, datashow, uma caixa amplificadora, um microfone sem fio, quadro branco e pinceis.

Metodologia

Na 3ª aula, a utilização de uma caixa de som amplificadora, o notebook e um datashow, será imprescindível para tornar a sala de aula com as luzes apagadas, mais próxima possível de um ambiente de uma sala de cinema. Será apresentado um ambiente onde os alunos possam se sentir à vontade para aproveitar o entretenimento e prestar mais atenção aos conceitos físicos existentes na trama do filme. Assim, o professor deverá iniciar a exibição do filme *Interestelar (2014)* nos trinta minutos iniciais da aula. Nos 15 minutos restantes o professor fará a apresentação do conceito da dilatação do tempo na Teoria da Relatividade Restrita. Vale ressaltar que a explanação desse assunto tão complexo e envolvente deverá ser feita de uma forma bastante simples pelo docente, explorando o uso de figuras para facilitar o entendimento do conteúdo, explorando conceitos matemáticos já estudados pelos alunos, neste caso, o Teorema de Pitágoras, porém fazendo uma abordagem mais voltada para o objeto de estudo. É importante que o professor faça observações de como o conceito da dilatação do tempo foi explorado no enredo do filme, procurando fazer uma conexão da ciência com a ficção científica.

Figura 22: Slides da 3ª Aula

3ª AULA

DILATAÇÃO DO TEMPO

Como consequência do segundo postulado de Einstein temo a dilatação do tempo que é a diferença na medida do tempo por dois relógios idênticos e perfeitamente sincronizados que surgem quando um desses relógios está se movendo em uma velocidade comparável à velocidade da luz em relação ao outro relógio.

Assistir Mais informações

Objetivo do Roberval: medir o tempo que a luz gasta para refletir no espelho e voltar, lembrando que ele está dentro do trem com uma velocidade v .

Vamos medir esse tempo também a partir de um referencial fora do trem!

Assim o Roberval calcula o tempo!

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \rightarrow \quad \Delta t = \frac{\Delta s}{v}$$

Como estamos calculando do referencial R' , temos

$$\Delta t' = \frac{\Delta s}{v} \quad \rightarrow \quad \Delta t' = \frac{2d}{c}$$

Onde

$$\Delta s = 2 \cdot d$$

Guarde esta equação!

$$c = (\text{velocidade da luz})$$

$c = 300.000 \text{ km/s}$

Fonte: Arquivo próprio

Figura 23: Slides da 3ª Aula

Então... Roberval calcula o tempo através da equação

$$\Delta t' = \frac{2d}{c}$$

No referencial R , Raimundo não vê a luz fazendo uma trajetória na vertical como Roberval, Raimundo vê a luz fazer essa trajetória!

Mas vejam que bizarro!

A distância que Raimundo vê a luz percorrer é diferente da distância que Roberval vê!

Ou seja...

a distância que Raimundo vê a luz percorrer é MAIOR do que a distância que Roberval vê!

Mas, de acordo com o segundo postulado, a velocidade da luz é a mesma para qualquer referência!

Fonte: Arquivo próprio

Figura 24: Slides da 3ª Aula

Slide 1: Diagram of a train moving to the right. A light pulse is emitted from the center. The distance to the back of the train is labeled 'd'. Text: "E é aí que começa a mágica! Raimundo mede a distância que a luz percorre diferente de Roberval!, porém a velocidade da luz é a mesma! Então...o tempo que a Luz percorre para Raimundo é diferente do tempo que passa para Roberval!!!!"

Slide 2: Diagram showing the light pulse hitting the back of the train. Text: "Sendo assim, vamos relacionar esses dois tempos...". Equation: $v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \rightarrow \Delta S = v \cdot \Delta t$. Note: "Notem que estamos usando o Δt !!".

Slide 3: Diagram showing the light pulse hitting the front of the train. Text: "E como a distância na diagonal é a distância percorrida pela luz, temos que...".

Slide 4: Diagram showing a right-angled triangle with hypotenuse $\frac{c \cdot \Delta t}{2}$ and base $\frac{v \cdot \Delta t}{2}$. Text: "Como trata-se de um triângulo retângulo, poderemos usar o Teorema de Pitágoras." Equations: $\left(\frac{c \cdot \Delta t}{2}\right)^2 = \left(\frac{v \cdot \Delta t}{2}\right)^2 + d^2$, $\frac{c^2 \cdot \Delta t^2}{4} = \frac{v^2 \cdot \Delta t^2}{4} + d^2$, $\frac{c^2 \cdot \Delta t^2}{4} = \frac{4d^2 + v^2 \cdot \Delta t^2}{4}$, $c^2 \cdot \Delta t^2 - v^2 \cdot \Delta t^2 = 4d^2$. Note: "Isolando o Δt^2 , temos...".

Fonte: Arquivo próprio

Figura 25: Slides da 3ª Aula

Slide 1: Diagram showing a right-angled triangle with hypotenuse $\frac{c \cdot \Delta t}{2}$ and base $\frac{v \cdot \Delta t}{2}$. Text: "Elevando o outro lado a raiz...". Equations: $\Delta t^2 = \frac{4d^2}{c^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}$, $\Delta t = \frac{2d}{c \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

Slide 2: Diagram showing a right-angled triangle with hypotenuse $\frac{c \cdot \Delta t}{2}$ and base $\frac{v \cdot \Delta t}{2}$. Text: "Arrumando, temos...". Equation: $\Delta t = \frac{2d}{c} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

Slide 3: Diagram showing a train moving to the right. Text: "Lembrando da equação do tempo medido por Roberval!". Equation: $\Delta t' = \frac{2d}{c}$. Text: "E a equação do tempo medido por Raimundo!". Equation: $\Delta t = \frac{2d}{c} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

Slide 4: Diagram showing a train moving to the right. Text: "Substituindo, temos...". Equations: $\Delta t = \frac{2d}{c} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, $\Delta t = \Delta t' \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

Fonte: Arquivo próprio

Figura 26: Slides da 3ª Aula

ANALISANDO A EQUAÇÃO, TEMOS...

Δt é o tempo medido por quem está fora do trem!

$\Delta t'$ é o tempo medido por quem está dentro do trem!

v é a velocidade do trem e c é a velocidade da luz

$$\Delta t = \Delta t' \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Se a velocidade do trem for pequena, temos...

Então... $\Delta t = \Delta t'$

Cu seja, voltamos para as transformações de Galileu!!!

VAMOS ANALISAR COM VALORES...

Considere que a velocidade do trem seja $0,36c$.

$$\Delta t = \Delta t' \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0,36c)^2}{c^2}}}$$

$$\Delta t = \Delta t' \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - 0,1296}}$$

$$\Delta t = \Delta t' \cdot \frac{1}{\sqrt{0,8704}}$$

$$\Delta t = \Delta t' \cdot \frac{1}{0,9324}$$

$$\Delta t = \Delta t' \cdot 1,0725$$

Dilatação do tempo

Fonte: Arquivo próprio

Figura 27: Slide da 3ª Aula

Supondo que para Roberval a luz percorreu a distância em 1 segundo, temos...

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{0,8}$$

$$\Delta t = \frac{1}{0,8}$$

$$\Delta t = 1,25 \text{ s}$$

Isso significa que, o tempo para quem está dentro do trem, passa mais devagar!

Dilatação do tempo

Fonte: Arquivo próprio

Quarta etapa: 4ª Aula**Carga Horária:** 45 minutos**Objetivo:**

A 4ª aula terá como objetivo a continuação da exibição do filme *Interestelar* (2014) e a apresentação do conceito da contração do espaço na Teoria da Relatividade Restrita de Einstein.

Recursos Didáticos:

Nesta aula serão utilizados: notebook, datashow, uma caixa amplificada, um microfone sem fio, quadro branco e pinças.

Metodologia

Na 4ª Aula, o professor deverá dar continuidade da exibição do filme exatamente do ponto de onde parou na aula anterior. Para que não haja prejuízo da exibição, o docente deverá ter um controle rígido dos pontos de onde a exibição foi interrompida. Espera-se que com a apresentação do conceito da dilatação do tempo na Teoria da Relatividade na aula anterior, os alunos deverão ter mais facilidades para identificar tais fenômenos na trama do filme, assim, o entretenimento será conectado com o processo de aprendizagem. Nos 15 minutos restantes o professor deverá fazer a explanação sobre o conceito de contração do espaço, seguindo a mesma metodologia das aulas anteriores, ou seja, o professor deverá utilizar uma linguagem simples com o uso de ilustrações além de usar exemplos do cotidiano para facilitar o entendimento dos alunos, buscando sempre explorar o conhecimento prévio analisados no questionário aplicado na primeira aula.

Figura 28: Slides da 4ª Aula

4ª AULA

CONTRAÇÃO DO COMPRIMENTO

Ainda como consequência direta do segundo postulado de Einstein, a medição de distâncias será afetada a partir de diferentes referenciais inerciais.

Assistir Mais informações

Vamos usar a mesma ideia anterior.

Rainaldo, usando a velocidade do trem, pode determinar o comprimento do "1" do túnel medindo o tempo que o vagão do trem leva para entrar e sair do túnel.

No referencial R, temos... No referencial R', temos...

$$v = \frac{l}{\Delta t} \rightarrow l = v \cdot \Delta t \quad v = \frac{l'}{\Delta t'} \rightarrow l' = v \cdot \Delta t'$$

Contração do comprimento

Fonte: Arquivo próprio

Figura 29: Slides da 4ª Aula

Sabemos que

$$\Delta t = \Delta t' \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \rightarrow \Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$l' = v \cdot \Delta t'$$

$$l' = v \cdot \Delta t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Continuando... Onde Assim temos que...

$$l' = v \cdot \Delta t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad l = v \cdot \Delta t \quad l' = l \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Agora vamos interpretar essa equação:

$$l' = l \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

l' = o comprimento do vagão medido por alguém que está dentro do trem.
 l = o comprimento do vagão medido por alguém que está fora do trem.

Vamos interpretar usando valores! Supondo que velocidade do trem seja 60% da velocidade da luz.

$$l' = l \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad l' = l \sqrt{1 - \frac{(0,6c)^2}{c^2}}$$

Contração do comprimento

Fonte: Arquivo próprio

Figura 30: Slides da 4ª Aula

The figure consists of two side-by-side slides from a presentation. Both slides have a header with 'MNPEF', 'Sequência Didática', 'Física Moderna', and 'Relatividade'. The left slide shows a train moving to the right with velocity v . A person named Raimundo is at the front of the train, and another person is at the back. A tunnel of length L is on the ground. The right slide shows the same setup but with the tunnel contracted to length L' due to its motion relative to the ground. It includes the Lorentz contraction formula and numerical calculations for $v = 0.6c$.

Slide 1 (Left):

$$l' = L \sqrt{1 - \frac{(0,6c)^2}{c^2}} \quad l' = L \sqrt{1 - \frac{0,36c^2}{c^2}}$$

$$l' = L \sqrt{1 - 0,36}$$

Slide 2 (Right):

Supondo que Raimundo meça o comprimento do túnel em 100 m, temos...

Ou seja, para quem está dentro do trem, o comprimento do túnel é menor!

$$l' = L \sqrt{1 - 0,36} \quad l' = 100,8$$

$$l' = L \cdot 0,8 \quad l' = 80 \text{ m}$$

Fonte: Arquivo próprio

Quinta etapa: 5ª Aula**Carga Horária:** 45 minutos**Objetivo:**

A 5ª aula terá como objetivo continuar com a exibição do filme *Interestelar 2014* e apresentar o conceito da massa relativística.

Recursos Didáticos:

Nesta aula serão utilizados: notebook, datashow, uma caixa amplificadora, um microfone sem fio, quadro branco e pinceis.

Metodologia

Na 5ª Aula, o professor dará continuidade da exibição do filme nos primeiros 30 minutos. Da mesma forma que nas aulas anteriores, o professor ministrará a aula sobre o conceito de massa relativística usando analogias com fenômenos do dia a dia e simplificando a matemática envolvida para um melhor entendimento dos alunos.

Figura 31: Slides da 5ª Aula

5ª AULA

MASSA RELATIVÍSTICA
A Teoria da Relatividade Restrita de Einstein determina que a massa de um objeto depende da sua velocidade

Considerando a massa de um corpo que está em repouso em relação a um referencial como m_0 e a massa do mesmo corpo, agora em movimento com velocidade u em relação ao mesmo referencial, temos:

$$m = \gamma \cdot m_0$$

Sendo $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$ Temos $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$

Analisando a Equação abaixo, é importante salientar que quando $u = 0$ (massa do corpo em repouso), temos que $\gamma = 1$, ou seja, a massa do corpo em movimento sempre será maior que sua massa quando estiver em repouso.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

Fonte: Arquivo próprio

Figura 32: Slides da 5ª Aula

Analisando a Equação abaixo, é importante salientar que quando $u = 0$ (massa do corpo em repouso), temos que $\gamma = 1$, ou seja, a massa do corpo em movimento sempre será maior que sua massa quando estiver em repouso.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

A massa como uma forma de energia, ou seja, a energia apresenta uma inércia que é medida pelo quociente do valor da energia pelo quadrado da velocidade da luz.

$$E = mc^2$$

o sol é uma fonte de energia que podemos exemplificar essa conversão de matéria em energia de forma contínua. Porém, essa conversão acontece em todos os processos nos quais a energia é liberada, como por exemplo, nas bombas atômicas

Fonte: Arquivo próprio

Sexta etapa: 6ª Aula**Carga Horária:** 45 minutos**Objetivo:**

A 6ª aula terá como objetivo finalizar a exibição do filme *Interestelar 2014* e o planejamento e condução de uma roda de discussões para análise dos conceitos da Relatividade Restrita apresentados no filme.

Recursos Didáticos:

Nesta aula serão utilizados: notebook, datashow, uma caixa amplificadora, um microfone sem fio, quadro branco e pinceis.

Metodologia

Na 6ª Aula será exibida a última parte do filme. Logo após, o professor deverá organizar a sala de aula para uma roda de discussão entre os alunos para avaliar de como os conceitos estudados durante as aulas foram percebidas no enredo do filme. Os alunos terão o espaço para discutir como o filme ofereceu uma representação visual e uma narrativa capaz de simplificar conceitos teóricos complexos. O professor deverá estimular o debate através de colocações relacionadas com o engajamento da turma com o tema a partir do enredo do filme. Outros conceitos mais voltados para a relatividade geral devem ser abordados para complementar o estudo dos conteúdos propostos na relatividade restrita. Neste momento, os alunos deverão levar em conta, além do aprendizado adquirido, o envolvimento emocional proporcionado pela trama do filme, buscando explicar como os fenômenos físicos influenciaram na história, dando exemplos das cenas que evidenciaram tais fenômenos. As observações mais interessantes serão anotadas pelo docente para uma futura análise e avaliação do aprendizado.

Sétima etapa: 7ª Aula**Carga Horária:** 45 minutos**Objetivo:**

A 7ª aula terá como objetivo exibir cenas do filme *Planeta dos Macacos (1968)* para apresentação dos conceitos de tempo próprio e tempo relativo.

Recursos Didáticos:

Nesta aula serão utilizados: notebook, datashow, uma caixa amplificadora, um microfone sem fio, quadro branco e pinceis.

Metodologia

Na 7ª Aula, o professor fará a exibição de cenas do filme *Planeta dos Macacos* (1968) para a demonstração de como a ficção científica é usada para explorar temas filosóficos e científicos de uma forma profunda e inovadora apesar do ano de lançamento. O professor deverá enfatizar que embora a diferença de 46 anos entre o lançamento deste filme e o filme *Interestelar* (2014), eles compartilham temas e conceitos da física moderna, e que apesar de serem filmes bastante diferentes no estilo e foco narrativo, ambos utilizam a ficção científica para explorar temas profundos sobre o tempo, a exploração espacial e principalmente o futuro da humanidade. Enquanto o filme *Planeta dos Macacos* (2014) mostra a Terra pós-apocalíptica e o filme *Interestelar* (2014) apresenta temas relacionadas com a natureza do tempo, a gravidade e a relação entre a ciência e amor. Após essas explicações, o docente deverá organizar a sala. Após essas explicações, o docente deverá organizar a turma em equipes para um debate sobre os conceitos estudados apresentados nos filmes exibidos.

Oitava etapa: 8ª Aula

Carga Horária: 45 minutos

Objetivo:

O objetivo da 8ª aula será a aplicação de um questionário para verificar a aprendizagem dos alunos além de identificar o grau de conhecimento adquirido sobre os conceitos da Teoria da Relatividade explorados durante as aulas da sequência didática.

Recursos Didáticos:

Nesta aula será utilizado um questionário para avaliação dos conteúdos abordados: Postulados de Einstein; dilatação do tempo; contração espacial.

Metodologia

O professor deverá organizar a turma de forma que seja dividida em equipes de cinco integrantes para discutirem e responderem um questionário (Apêndice C) para avaliação da aprendizagem dos conceitos da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein estudados durante a aplicação da sequência didática. Temas abordados como a dilatação do tempo, a contração espacial e outros conceitos da Teoria da Relatividade Restrita serão explorados nos questionamentos, assim como temas mais relacionados com a ética e a parte emocional do filme *Interestelar* (2014).

Capítulo 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta deste Produto Educacional, utilizando o filme *Interestelar* (2014) como base para ensinar a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein oferece a professores engajados para o ensino de física uma excelente ferramenta pedagógica eficaz na abordagem de uma forma inovadora e envolvente para o ensino de conceitos complexos da física, como a dilatação do tempo, a contração espacial e massa relativística, integrando teoria e prática de maneira dinâmica.

Acredita-se que a disponibilidade deste produto para outros professores pode ajudar na divulgação da Física Moderna, possibilitando o acesso a alunos do Ensino Médio para um mundo ainda desconhecido que dificilmente teriam a chance de conhecer através do sistema de ensino ofertado pelos livros didáticos utilizados. Vale ressaltar que este Produto Educacional abrange além dos aspectos da física, permite discussão sobre a filosofia, ética, e a importância da exploração espacial, promovendo uma abordagem interdisciplinar do conhecimento.

Outro aspecto importante a ser observado neste produto é o fato de que as aulas foram estruturadas de uma maneira que o pensamento crítico fosse estimulado, incentivando os estudantes a questionar e refletir sobre as implicações dos conceitos da física moderna, tanto no contexto da ficção científica quanto na ciência. Assim o professor poderá incentivar a capacidade dos alunos a diferenciar a realidade científica e os contextos apresentados nos filmes.

Portanto, através da ideia proposta neste produto, pretende-se abrir a oportunidade de outros professores a darem continuidade ao projeto expandindo para incluir outros filmes de ficção científica que abordem temas da física, proporcionando uma continuidade no método de ensino e ampliando o repertório de conhecimento dos alunos, pois a integração do cinema e ciência no sistema educacional oferece um caminho promissor para o ensino de conceitos complexos da física de uma maneira acessível e envolvente.

REFERÊNCIAS DOS APÊNDICES

AUSUBEL, D. P. (1980). **Psicologia educacional**. Interamericana.

AUSUBEL, D. P. **Biografia**. Disponível em: <https://davidausubel.org> . Acesso em: 21 fev 2023.

CARUSO, Francisco e OGURI, Vitor. **Física Moderna: Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos**, Ed. Campus, Rio de Janeiro, 2007.

DILATAÇÃO do tempo. Só Física, Porto Alegre, 2019. Disponível em: https://www.sofisica.com.br/conteudos/fisicamoderna/Relatividade/dil_tempo.php . Acesso em: 04 abr. 2024.

INTERESTELAR. Direção: Christopher Nolan. Estados Unidos, 2014.

MELO, Jose Fernando de, TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA E CONCEITUAL DOS MODELOS ATÔMICOS. 2014. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro de Ciência e Tecnologia – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

PLANETA dos macacos. Direção: Franklin J. Schaffner. Estados Unidos, 1968

RAMALHO, NICOLAU e TOLEDO. **Os Fundamentos da Física, Vol.3, 7ª Ed. Editora Moderna**, 2012.

SANTOS, Andrios Benfica dos. **A TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA EM UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA COM USO DE HISTÓRIAS EM QUADRINHOS**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional) – Campus Litoral Norte, Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tramandaí, 2019

APÊNDICE B: Questionário de Conhecimentos Prévios**QUESTIONÁRIO PARA VERIFICAÇÃO DE CONHECIMENTO PRÉVIO
SOBRE RELATIVIDADE.**

1) Você gosta de cinema? Justifique sua resposta.

2) Qual o último filme do gênero ficção científica que assistiu?

3) Na sua opinião, qual foi a maior contribuição científica de Galileu Galilei?

4) Explique com suas palavras a diferença entre um corpo em repouso e em movimento?

5) O planeta Terra está em repouso ou em movimento? Justifique.

6) João está dentro de um carro em movimento em relação a Carlos que está parado na calçada observando o carro passar. João deixa cair uma bola de tênis pela janela. Diante da situação, assinale V para as afirmativas verdadeiras e F para as afirmativas falsas.

() João vê a bola cair na direção vertical.

() Carlos vê a bola cair na direção vertical.

() Carlos vê a bola fazer uma trajetória parabólica durante a queda.

() João vê a bola fazer uma trajetória parabólica durante a queda.

7) O prêmio Nobel de Física de Albert Einstein foi referente a qual obra científica?

8) O que você entende sobre o termo “o tempo é relativo”?

9) Você acha que existe um limite para a velocidade dos corpos? Qual seria?

10) O que acontece com um relógio quando está se movendo com uma velocidade muito alta?

APÊNDICE C: Questionário Para Avaliação dos Conhecimentos Adquiridos**Questionário sobre a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein**

1) O que é a Teoria da Relatividade Restrita e qual foi seu propósito original?

Qual o segundo postulado fundamental da Teoria da Relatividade Restrita?

2) O que é a dilatação do tempo e como ela se manifesta de acordo com a Teoria da Relatividade Restrita? Dê exemplos.

Explique o que é a contração do comprimento.

5) Dê um exemplo de como a Teoria da Relatividade Restrita tem aplicações práticas na tecnologia atual.

6) Como você percebeu a relação da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein na trama do filme Interestelar?

7) Qual é o papel da gravidade em relação a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein no filme?

8) Quais desafios específicos os personagens do filme enfrentam devido os efeitos da relatividade restrita durante a missão?

9) Como o conceito de buracos de minhoca é explorado no filme e como isso se relaciona com a Teoria da Relatividade Restrita, ou seja, qual seria a finalidade desse fenômeno?

10) Qual a principal mensagem passada para todos nós através do enredo do filme Interestelar?
