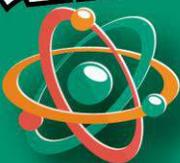


O ESPAÇO E O TEMPO
DE EINSTEIN

APOSTILA DE
FÍSICA



1ª SÉRIE

WOW!

PROF. AMÂNCIO



Olá! Me chamo Amanco e vou ser o auxiliar do seu super, hiper, mega, ultra, master legal, professor de Física nessa viagem que faremos pela surpreendente Relatividade Restrita.



WHAT?

Oi! Sou eu! Seu querido professor de Física. Nesse bimestre vamos estudar umas coisas muito interessantes sobre o espaço e o tempo. Seus conceitos nunca mais serão os mesmos depois das descobertas que você fará nessa apostila!!

Eu sei que você deve estar muito ansioso para aprender as maravilhas da Física, mas antes vamos esclarecer umas coisas para que tudo ocorra bem durante seus estudos. Vai ser rapidinho, não se preocupe.



PARABENS!

Nesse material você vai encontrar muitos links com conteúdos externos. Para melhor compreensão da matéria, você deve acessar todos esses conteúdos e realizar todas as atividades BLZ!!!!!!

REALLY?



WHAT?

A avaliação do bimestre será feita através da participação nas aulas e nas atividades propostas. Todas as atividades serão realizadas através do aplicativo Socrative e Google formulário. As atividades do Google formulário serão acessadas através de links na própria apostila. Para o Socrative é necessário o download do programa, que pode ser feito através dos links abaixo.

Faça o download do SOCRATIVE STUDENT através dos links abaixo:



O que nós vamos descobrir no decorrer dessas aulas representou uma grande mudança na compreensão de alguns conceitos Físicos, mas para termos noção da importância dessa mudança vamos primeiro ver como era antes.



Esse professor é uma GRACINHA!!!

HELLO!



Opá!!! Eu sou a **Super Clássica** e sei tudo sobre a Física Clássica, que veio antes dessas mudanças. Por isso estou aqui. Vou ajudar você mostrando tudo que eu sei sobre essa Física desenvolvida entre os séculos XIV e XVI.

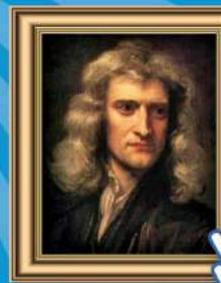


VEREMOS!!!



Para saber um pouco mais sobre Newton e Galileu Click nos links abaixo

Dois cientistas se destacaram nos estudos da mecânica clássica: Galileu e Newton. Vamos estudar as ideias de Galileu com relação ao espaço, o tempo e o movimento. Vamos lá Super Clássica!!!



Isaac Newton



Galileu Galilei

Fonte: wikimedia

Fonte: wikimedia

Vamos falar um pouco sobre Galileu, um nobre cientista que realizou muitos estudos sobre o movimento. Galileu, nos seus estudos sobre o movimento, percebeu que para descrevermos o movimento dos corpos quantitativamente é preciso adotar um referencial e, além disso, é preciso que o observador disponha de um relógio para medir o tempo. É importante lembrar que Galileu tratou dos movimentos em relação a um referencial inercial.



Nas aulas anteriores já aprendemos como o referencial é importante para se determinar o movimento de um corpo. Tem um exemplo muito simples que mostra a sua importância. Preste atenção!!

Imagine que você esteja parado no acostamento de uma estrada e veja passar um carro a 100 Km/h. Você veria o carro passando muito rápido, mas se você estivesse em um carro a 90 Km/h quando fosse ultrapassado pelo mesmo carro a 100 Km/h você o veria passar bem de vagar do seu lado. Se a velocidade do carro é a mesma nos dois casos, porque no segundo caso ele pareceria mais devagar?

Alguém está entendendo alguma coisa?!?!?!?



OH YEAH!

Deixa eu dar uma ajudinha! As velocidades são diferentes por que, quando você está parado na estrada o referencial adotado (você) estava parado e veria o carro passando muito rápido. Dentro de seu carro o referencial continua sendo você, mas dessa vez você também está em movimento e por isso observa o outro carro passando bem devagarzinho. Este exemplo mostra como a velocidade, para Galileu, depende de qual referencial o movimento está sendo observado.

Tá meio confuso ainda? O pessoal do canal **Física é...** no youtube tem um vídeo bem legal que vai ajudar a você entender melhor. Dá uma olhadinha lá, é só clicar na TV logo abaixo!





Para Galileu, o tempo e o espaço são absolutos. Por isso o tempo é o mesmo nos dois referenciais ($t = t'$), o que está de acordo com o que observamos no nosso dia a dia e com o nosso senso comum. Temos então que:

$$\Delta X = \Delta X' + Vt$$
$$\Delta t = \Delta t'$$

A partir destas expressões, podemos obter outra que relaciona as velocidades nos dois referenciais para isso vamos dividir todos os termos da primeira expressão por Δt . Acompanhe...



$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta x'}{\Delta t} + \frac{V \cdot \Delta t}{\Delta t}$$

Como $\Delta t = \Delta t'$, podemos escrever

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta x'}{\Delta t'} + \frac{V \cdot \Delta t}{\Delta t}$$

Como $V = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ temos que:

$$V_S = V_{S'} + V$$

Podemos então calcular a velocidade relativa entre dois referenciais inerciais S e S' de forma bem simples, basta usarmos:

$$V_S = V_{S'} + V$$

Onde:

V - Velocidade do referencial S' medida em S ;

V_S - Velocidade do referencial S ;

$V_{S'}$ - Velocidade no referencial S' ;

Só precisamos lembrar que a velocidade é uma grandeza vetorial, por isso seu sinal pode ser positivo ou negativo dependendo de sua direção.

Essa matemática que vamos usar para conectar dois referenciais inerciais ficou conhecida como as **Transformações de Galileu**, que é uma forma de estudarmos o mesmo movimento a partir de referenciais distintos.



Voltando ao caso da Ananda com o "Boyzinho". Vamos analisar o caso com as transformações de Galileu e ver como fica?!

Imagine que o ônibus passe pela Amanda, Ops! ANANDA, com velocidade de **20 m/s** enquanto ela está parada, velocidade **0 m/s**. Dentro do ônibus, o "Boyzinho" anda para trás com velocidade de **2 m/s**, em relação ao ônibus, na intenção de ver sua bela por mais tempo.
Com que velocidade Ananda veria seu Boy passar?

Nesse caso, **V_s'** seria a velocidade do Boy medida no **S'** , dentro ônibus.

V é a velocidade do ônibus medida em **S** , parado fora do ônibus.

V_s a velocidade com que Ananda veria seu Boy passar.

Teríamos então:



$$\begin{array}{l|l} V = 20 \text{ m/s} & V_s = V_s' + V \\ V_s' = 2 \text{ m/s} & V_s = -2 + 20 \\ V_s = ? & V_s = 18 \text{ m/s} \end{array}$$

Acabamos de relacionar dois referenciais inerciais descobrindo a velocidade do Boy em **S** ,
 $V_s = 18 \text{ m/s}$.

Estas relações estabelecidas por Galileu Galilei são um ponto de partida para o surgimento e estabelecimento da Física Clássica décadas depois. Foi a partir dele que se estabeleceu a validade das leis da mecânica em referenciais inerciais.



Wow!

Cool!



Vamos ver se você entendeu tudo que eu disse!!

Imagine agora que você esteja parado em uma estação e veja um trem passando com velocidade de **30 Km/h**. Dentro do trem um passageiro andando pelo corredor com velocidade **5 Km/h**. Com qual velocidade você veria o passageiro andando, nas seguintes condições:

O passageiro andando no mesmo sentido que o trem viaja.

O passageiro andando no sentido contrário com que o trem viaja.

Dê a resposta em seu caderno.



São comuns situações cotidianas onde podemos aplicar as transformações de Galileu. Uma esteira de academia é um exemplo. Veja o vídeo do árabe na esteira vamos analisar.

Isso mesmo! Não quero ninguém perguntando por que precisamos saber isso!!

kkkkkkkkkkkkk Explique no seu caderno por que, mesmo o árabe correndo, não sai do lugar.

Vamos ver mais um vídeo!?!?!? Essas senhoras estão fazendo alguma coisa errada kkkkkkkkkkk. Assista o vídeo e nos ajude a descobrir.

que essas senhoras estão fazendo não é nada esperto rrsrrsrrs. Coitadinhas, ninguém se ofereceu para ajudar e dizer o que deviam fazer!!!

Chega de conversa fiada e videozinho engraçado. Vamos para a próxima página fazer a atividade.

Esse Professor.... Vamos lá então.

Você percebeu que aquelas senhoras dificilmente conseguiriam subir a escada, porque estavam andando no sentido contrário ao da escada. Uma escada rolante, possui velocidade constante em relação ao Shopping, podendo ser considerada um referencial inercial. Então vamos aplicar as transformações. Irei ajudar identificando os referenciais.

S é o referencial em repouso, nesse caso o Shopping.

S' é o referencial em movimento, a escada rolante.

V_s é a velocidade das senhoras medida por quem está em repouso fora da escada.

V_{s'} é a velocidade com que as senhoras andam na escada.

V é a velocidade da escada medida do Shopping.

Tranquilo!!!

Agora vamos fazer alguns cálculos.



Vamos imaginar que a escada tenha velocidade de 2 m/s. Diga se as senhoras estariam subindo, descendo ou paradas e suas velocidades se elas estivessem:
Subindo com velocidade de 2 m/s;
Subindo com velocidade de 1 m/s;
Subindo com velocidade de 3 m/s.
Apresente seus cálculos!



Agora vamos ver o que você aprendeu sobre tudo que falamos aqui. Faça sua atividade com atenção. Seu professor está de olho!!!

ouem!

E como estou!!!!



ATIVIDADE AVALIATIVA

Faça a atividade proposta Clicando na prancheta abaixo.
A atividade vai ser feita através do Formulário do Google. Para começar a atividade será preciso informar seu e-mail. Só é possível responder a atividade uma única vez.

Wow!



OK

EXERCÍCIOS

QUESTÃO 01

Um barco, com motor a toda potência, sobe o rio a 16 km/h e desce a 30 km/h, velocidades essas, medidas em relação às margens do rio. Sabe-se que tanto subindo como descendo, o barco tinha velocidade relativa de mesmo módulo, e as águas do rio tinham velocidade constante V . Nesse caso, V , em km/h é igual a:



QUESTÃO 03

Um barco, com motor a toda potência, sobe o rio a 16 km/h e desce a 30 km/h, velocidades essas, medidas em relação às margens do rio. Sabe-se que tanto subindo como descendo, o barco tinha velocidade relativa de mesmo módulo, e as águas do rio tinham velocidade constante V . Nesse caso, V , em km/h é igual a:

QUESTÃO 02

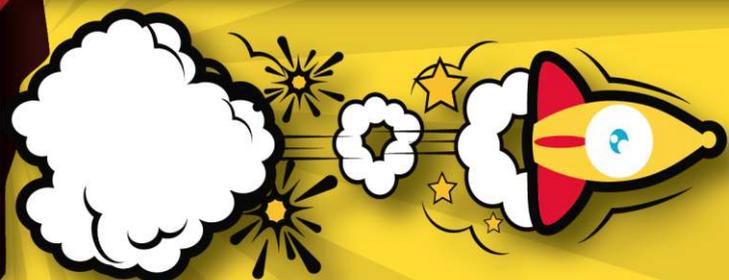
(FEI) Um vagão está animado de velocidade cujo módulo é V , relativa ao solo. Um passageiro, situado no interior do vagão move-se com a mesma velocidade, em módulo, com relação ao vagão. Podemos afirmar que o módulo da velocidade do passageiro, relativa ao solo, é:



QUESTÃO 05

Um trem se desloca com velocidade constante de 60 km/h em trilhos retílineos. Dentro de um vagão, uma pessoa anda com uma velocidade de 10 km/h em sentido a frente do trem, medida em um referencial inercial fixo no trem. Use as transformadas de Galileu para a velocidade e posição para estimar:

- Qual é a velocidade da pessoa em relação a um ponto fixo nos trilhos atrás do trem?
- Qual é a distância que a pessoa se desloca em 11s em relação a um referencial fixo no trem?
- Qual é a distância que a pessoa se desloca em 11s em relação a um ponto fixo nos trilhos?



QUESTÃO 04

Um homem rema um barco com velocidade de 5,00 km/h na ausência de correnteza. Quanto tempo ele gasta para remar 3,00 km rio abaixo e voltar ao ponto de partida num dia em que a velocidade da correnteza é de 1,0 km/h?



EINSTEIN: O
INVESTIGADO

TRABALHO DE
FÍSICA



1ª SÉRIE

WOW!

PROF. AMÂNCIO



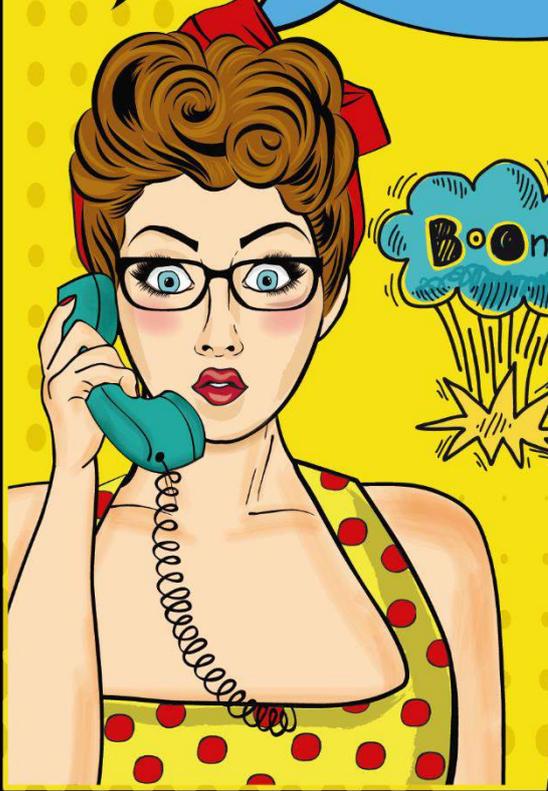
você viu que fizeram um meme do Professor Amâncio!!!!

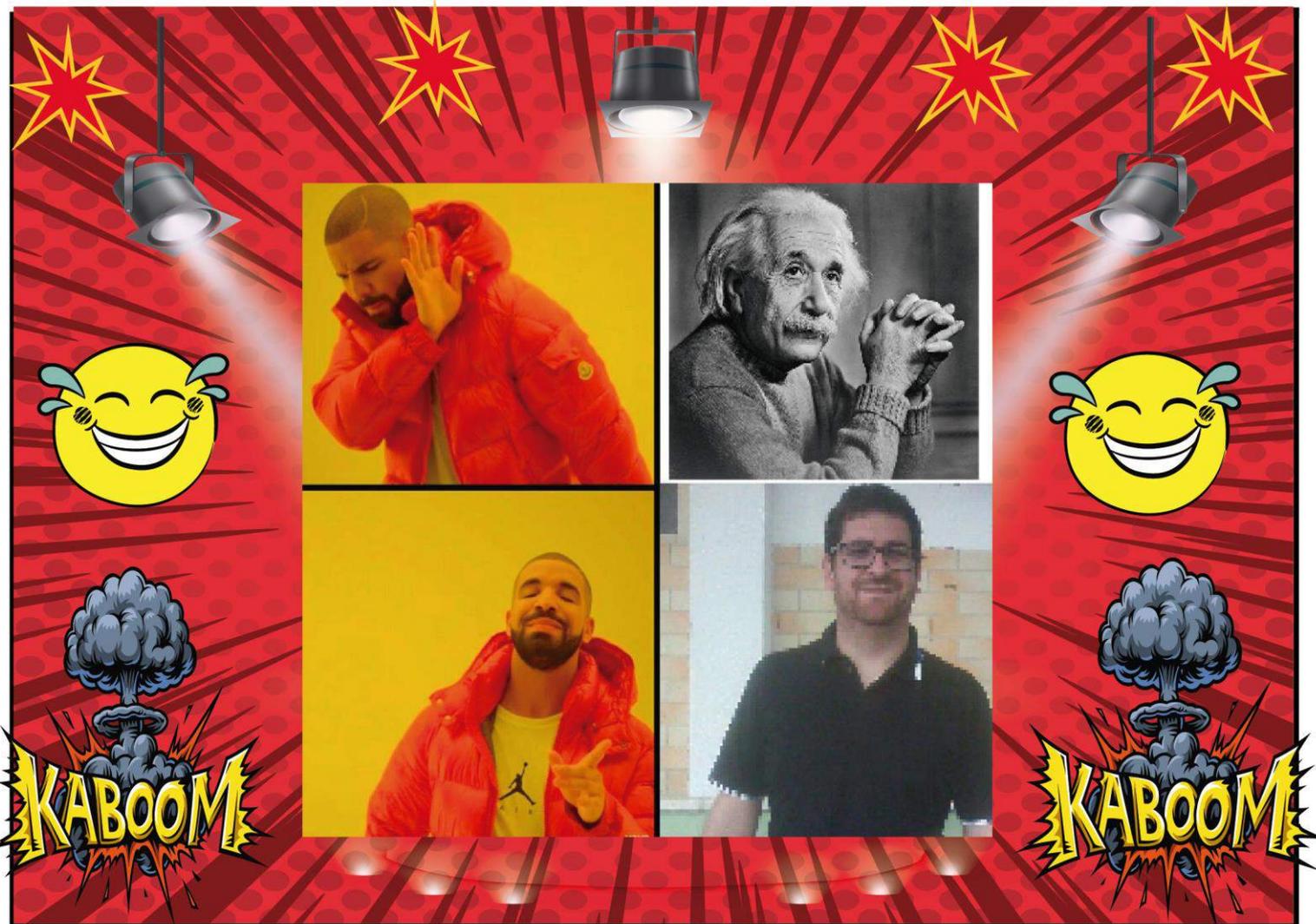
Fizeram um meme do Prof. Amâncio!



WHAT?
Fizeram um meme daquele professor de Física!!! Falam que ele é o melhor professor do Benta Pereira!!!!!!

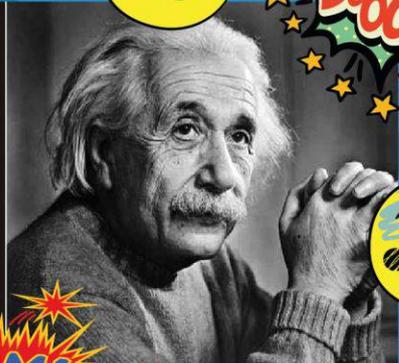
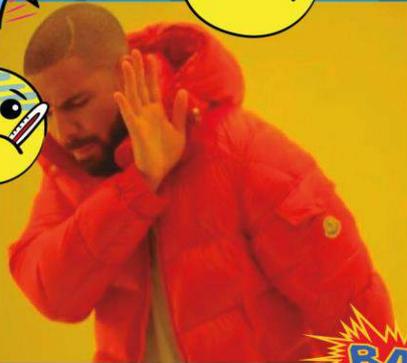
Ele é uma GRACINHA!!!
Parece até Modelo!







Apesar do meme ter ficado muito legal, a foto não valorizou minha inigualável e estonteante beleza, por isso gostaria de propor uma atualização no meme.



Pois é!! O meme do Professor ficou muito bom mesmo!!! Mas algumas pessoas não entenderam o meme, porque não conhecem esse Senhor de cabelos brancos que está na foto rsrsrsrs.

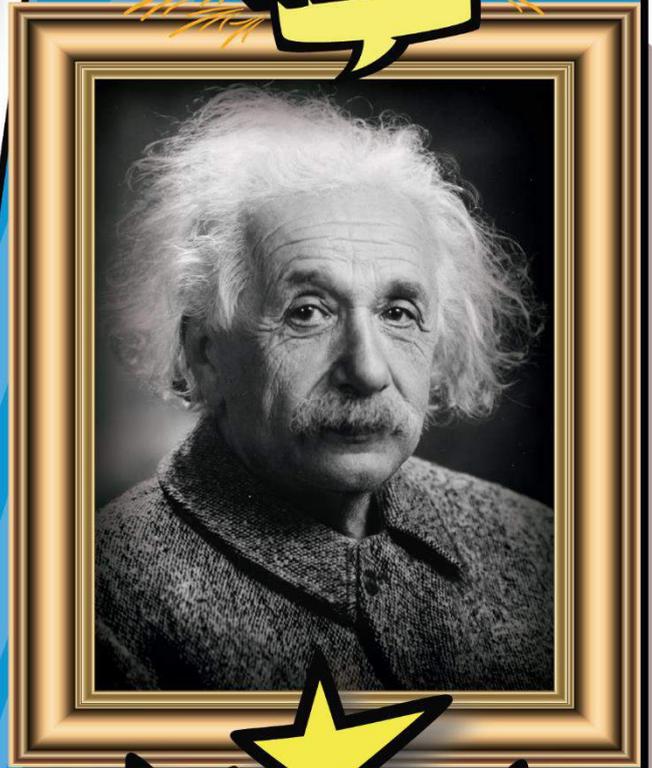
Esse Senhor de cabelos brancos é o grande Albert Einstein.

Mas quem é ele????? Você sabe???



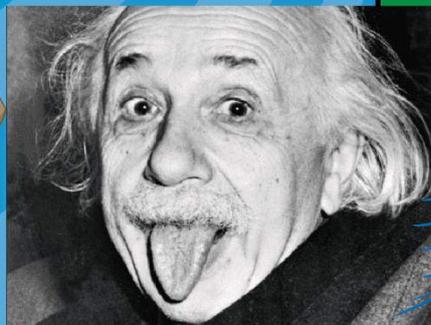
Ele será muito importante para nós nesse bimestre, e pelo que o Professor Amâncio me disse poucos alunos sabem quem foi Einstein. Mas não se preocupe vamos descobrir!!

HELLO!



BL-A-A-AM!

Essa pessoa é muito suspeita! Vamos descobrir quem ela é. Mas preciso de ajuda!!



Einstein é muito importante para nossas aulas, pois só ele pode nos dizer se é possível viajar no tempo ou não!

Ajude nosso detetive a saber tudo sobre a vida de Einstein e seu professor ficará muito feliz e provavelmente vai dar uns pontos para quem ajudar nessa busca!!!



PARTIU!!!

É só fazer uma busca rápida na internet que logo descobrimos que Einstein foi um Homem muito importante para Ciência e para o Mundo. Precisamos saber agora porque ele foi tão importante assim. O que será que ele fez de tão grandioso??



Ele pode até ser importante, mas nada que se compare a mim!!!

A crise não está fácil para ninguém. Por falta de verba não recebi meu pagamento completo, e por isso, não vou continuar o trabalho!! Mas vou deixar uma lista com as informações que encontrei para que vocês façam o resto. Obs. Desculpa. Estou sempre olhando para baixo porque seu Professor não conseguiu levantar a minha cabeça

Ninguém precisava saber disso, seu detetive de quinta. Não preciso mesmo de você, meus alunos são capazes de terminar a investigação sozinhos!!!!!!



Vamos nos acalmar e continuar nossa investigação. Na próxima página você irá encontrar tudo que precisa.



ARGGGH!



INVESTIGADO

NOME: Albert Einstein

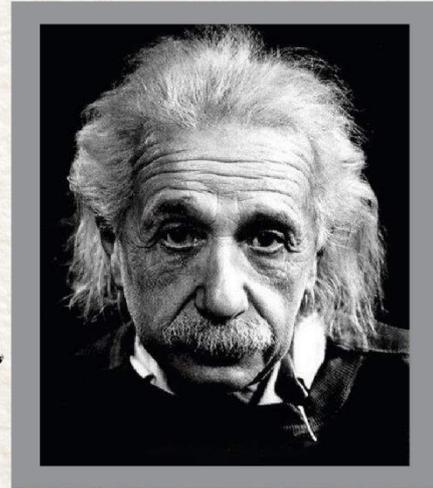
IDADE: Falecido

PROFISSÃO: Físico

ESTADO CIVIL: ?????

LOCAL NASCIMENTO: ?????

REALIZAÇÕES: ?????



INFORMAÇÕES:

Seguem abaixo links com as informações relevantes sobre o ives_
tigado Albert Einstein.

Leia com atenção todas as informações contidas nas páginas desses
documentos e depois, na próxima página responda o questionário
informando o que você descobriu sobre Einstein.

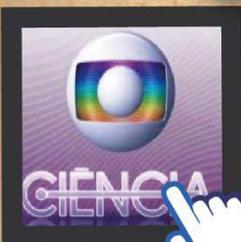
Espero que as informações sejam suficientes... Att!!



NOME: CIÊNCIA HOJE
INFORMAÇÃO: Site
com informações so
bre o Ano Miraculoso



NOME: HISTORY CHANNEL
INFORMAÇÃO: Site com a
biografia resumida de
Einstein.



NOME: GLOBO CIÊNCIA
INFORMAÇÃO: Site com
informações sobre a
vida de Einstein.



NOME: HISTORY CHANNEL
INFORMAÇÃO: Vídeo com
informações sobre a teo
ria da Relatividade e a
Viagem no tempo.



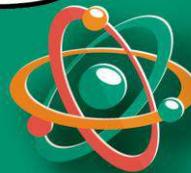
Gostei dessa letra!! sublinhado é mais
maneiro ainda.

Depois que você ler todas as
informações nos sites acima é
hora de nos contar o que você descobriu.
Acesse o link ao lado para fazer sua
tarefa. Att!!!!



**RELATIVIDADE
RESTRITA**

**APOSTILA DE
FÍSICA**



1ª SÉRIE

WOW!

PROF. AMÂNCIO





Olá!! Estou de volta! Vamos continuar nossos estudos sobre a Relatividade Restrita?

Você se lembra daquela história das gêmeas que você leu no questionário que seu professor aplicou?

Opa!! Olha o querido Professor aqui!!!!



Ha Ha



Eu me lembro! Deixa eu falar, deixa eu falar!!

Na história, o querido professor de Física (eu) conseguiu uma viagem interestrelar para um de seus alunos e ele escolheu a Bibiane, irmã gêmea da Bibiam. Depois que Bibiane voltou da viagem, anos depois, percebeu que sua irmã Bibiam estava mais velha que ela. Doideira pura!!



BRRR

Foi exatamente isso, Professor. Bibiane Viajou no tempo!!!!

O mais legal nisso tudo é que já descobrimos na pesquisa sobre Einstein que é mesmo possível viajar no tempo!!! Mas como seria possível?? Vamos descobrir!?!?



Vamos relembrar algumas coisas que vimos nas aulas anteriores!!
Vimos que Galileu desenvolveu um conjunto de expressões que permitia relacionar o movimento entre dois referenciais inerciais. Com essas expressões se estabeleceu a validade da mecânica para qualquer referencial inercial.

$$x+y=?$$

Nos séculos seguintes, os físicos buscaram estabelecer a validade de todas as leis da física em referenciais inerciais.

YES!

Boom!

Exatamente Super Clássica! Porém, o desenvolvimento do Eletromagnetismo no final do século XIX, indicava que isto não seria possível.
Alguns fenômenos eletromagnéticos estudados neste período apresentavam explicações diferentes quando se passava de um referencial inercial para outro.

Estou adorando essa aula!!!!



Esta aparente assimetria incomodava vários físicos, motivando-os a procurar uma forma de compatibilizar os fenômenos eletromagnéticos com a física clássica.

Passando mal!!!!!!

WHAT?

Não se preocupem com isso, pois eu, **Speed Light**, Tenho todas as informações para resolvermos esse mistério que assombrou a Física durante um tempo!!

Nossa!!!
Ele é rápido como a luz!!





Agora que já sabemos o que é um postulado, podemos partir para a parte mais interessante que são os postulados de Einstein. Speed Light irá apresentar os postulados e explicá-los para você.

Olha eu aqui ocupando o espaço vazio mais uma vez!!!!

É isso mesmo! Se preparem pois seus conceitos sobre o espaço e o tempo não serão os mesmos depois que acabarmos nossa jornada através do mundo incrível que o grande Einstein nos mostrou com sua teoria da Relatividade Restrita!! Vamos nessa!!! Para começar vamos ver quais são os dois postulados

Essa não!!! Onde está minha fumacinha!?!?!?

POW BAM!!!!

Com licença!!!! Os postulados são meus e por isso quem vai apresentá-los sou eu!!!!

Primeiro Postulado

As leis da Física são iguais em qualquer referencial inercial, ou seja, não existe referencial inercial preferencial

Segundo Postulado

"A luz sempre se propaga em um meio com a mesma velocidade, independente do referencial inercial adotado"



Já sabemos quais são os postulados de Einstein. Mas que diferença eles fazem???

No contrato eu apareço em todas as páginas!!!



Olha a fumacinha de volta!!!!

É pra já Amanco!!!
Vamos entender o que os postulados mudaram na Física.



Vamos lembrar que o eletromagnetismo criou um probleminha sobre a validade das leis da Física em qualquer referencial inercial!!!

Isso é realmente importante, pois o que Einstein quis dizer com o primeiro postulado é que as Leis da Física são válidas para qualquer referencial inercial sim!!!

Mas o problema com o eletromagnetismo não mostrava o contrário???

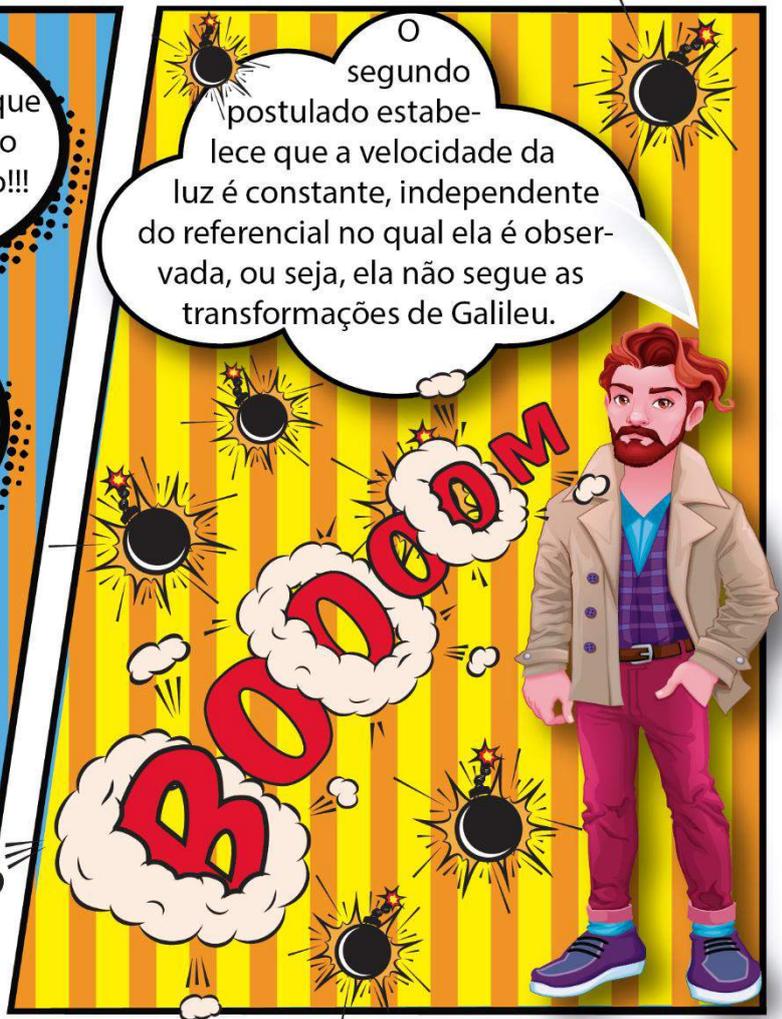
Nada disso, Super Clássica. Vamos apenas mostrar que a Mecânica Clássica possui um limite de validade.



Calma!! Vamos ver daqui a pouco que Einstein conseguiu mostrar que na verdade o Eletromagnetismo estava correto e que a mecânica clássica precisava ser revista.



Só falta agora vir dizer que estou errada!!!!



Por favor, senhoritas, acalmem-se estou aqui para ajudar. Vou mostrar no que esse postulado influencia nossa compreensão de espaço, tempo e velocidade.

Clique nos links abaixo e você verá mais informações sobre o que já vimos!

Vídeo aula do canal Física Fabrís



Site da Universidade Federal do Rio Grande do Sul



O que você acha de usarmos aquele exemplo da nave espacial para demonstrar os efeitos da invariância da velocidade da luz? Depois podemos fazer os cálculos para o caso das gêmeas.

BAZINGA!

BRRR

HEY

Vamos imaginar que você esteja com seu traje espacial vagando pelo universo quando de repente passa uma nave com velocidade próxima a da luz. Dentro da nave está nosso auxiliar Amanco.

S**Referencial em Repouso**

Velocidade da nave

 \vec{v} Velocidade laser = c Tempo = Δt Deslocamento = ΔS

Vamos imaginar agora que no momento em que a nave passa, você veja um laser sendo disparado do chão em direção ao teto da nave. Como a nave viaja com alta velocidade para frente você veria o laser caminhar para frente e para cima, descrevendo uma trajetória, como mostra a figura.

S'**Referencial em Movimento**Tempo = $\Delta t'$ Deslocamento = $\Delta S'$ Velocidade laser = c'

Para quem está dentro da nave, nesse caso o ajudante Amanco, ele está em repouso em relação a nave e ao laser. Por isso ele não veria o laser se deslocar para frente. Veria apenas o movimento do laser para cima, como mostra a figura.

Nos dois casos que vimos, podemos calcular a velocidade do laser de forma bem simples usando a equação de velocidade. Teríamos o seguinte:

$$c = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad c' = \frac{\Delta S'}{\Delta t'}$$

Como vimos pelo desenho, quem está vendo o laser parado de fora da nave (referencial S) vê o laser percorrer um espaço maior do que quem está dentro da nave (referencial S').

Pela mecânica clássica, as velocidades do laser teriam que ser diferentes, pois para percorrer um espaço maior no mesmo tempo, a velocidade deveria ser maior.

Mas como já sabemos, a luz se propaga sempre com a mesma velocidade. Por isso não seria possível que as velocidades fossem diferentes.

Mas, se $\Delta S > \Delta S'$ podemos concluir que Δt terá que ser maior que $\Delta t'$ para manter a igualdade $c = c'$.



Correto, Amanco!!

Se analisarmos matematicamente as expressões ao lado, aumentando o numerador (ΔS) para que c continue tendo o mesmo valor o denominador (Δt) também precisa aumentar.

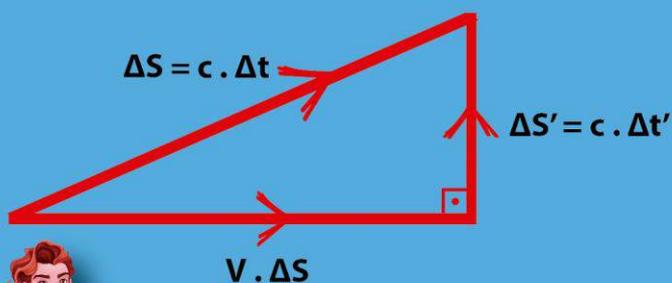
O tempo decorrido dentro da nave ser menor do que o de fora significa que dentro da nave o tempo passa mais devagar. É como se 1s dentro da nave demorasse mais para passar do que fora da nave. Por esse motivo chamamos esse efeito de

DILATAÇÃO DO TEMPO.

Agora vamos relacionar Δt com $\Delta t'$ para sabermos quanto um é maior que o outro!!!



Para relacionarmos o tempo dentro e fora da nave, vamos formar um triângulo retângulo com a trajetória seguida pelo laser, nos dois casos, e a trajetória da nave, como mostra a figura abaixo:



Perceba que o tamanho dos catetos e da hipotenusa são calculados como sendo o espaço percorrido em cada caso. Agora vamos substituir os valores no teorema de pitágoras e ver qual o resultado.



$$\begin{aligned} c^2 \cdot \Delta t^2 &= c^2 \cdot \Delta t'^2 + V^2 \cdot \Delta t^2 \\ c^2 \cdot \Delta t^2 - V^2 \cdot \Delta t^2 &= c^2 \cdot \Delta t'^2 \\ \Delta t^2 (c^2 - V^2) &= c^2 \cdot \Delta t'^2 \\ \frac{\Delta t^2 (c^2 - V^2)}{c^2} &= \Delta t'^2 \\ \Delta t^2 &= \frac{\Delta t'^2}{\left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right)} \\ \Delta t &= \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \end{aligned}$$

Para simplificar nossa expressão, vamos chamar de gama (γ) o termo a seguir:

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

Substituindo na equação anterior, teremos que:

$\Delta t = \gamma \cdot \Delta t'$

Onde:
 Δt = Tempo dilatado;
 $\Delta t'$ = Tempo próprio;
 γ = Fator de Lorentz.

Einstein conseguiu mudar completamente nossa forma de ver o espaço e o tempo. Antes eram absolutos e agora são relativos.

Agora que já temos a ferramenta matemática, vamos fazer os cálculos para a viagem da Bibiane!!

Bibiam

Velocidade da nave $240\,000 \text{ km/s} = 0,8c$

Bibiane

Alpha Centauri

Terra

Distância aprox. 4 anos luz - 5 a.c.

Lembra da história?
 Bibiane, irmã gêmea de Bibiam, foi escolhida para uma viagem de ida e volta até Alpha Centauri, a estrela mais próxima do nosso sistema solar. Bibiane viajou em uma nave muito rápida. Alcançava velocidade de 80% da velocidade da luz!!
 Vamos imaginar que quando Bibiane partiu, as irmãs tinham 16 anos. Quantos anos elas teriam quando Bibiane retornou a Terra?

Essa é moleza, eu consigo resolver. vamos calcular quanto tempo durou a viagem. No caso de Bibiam, que ficou na Terra esperando, vamos usar a fórmula da velocidade para descobrir, lembrando que na viagem de ida e volta a distância é o dobro. vamos calcular então!!!



$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$0,8 c = \frac{8 ac}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{8 ac}{0,8 c}$$

$$\Delta t = 10 \text{ anos}$$

Isso mesmo, Super Clássica!! Quando Bibiane voltasse de Alpha Centauri, teriam se passado 10 anos, e Bibiam estaria com 26 anos. Mas e para Bibiane, seria o mesmo tempo????

Claro que não!!! Acabamos de aprender que no referencial em movimento o tempo se dilata. Me deixaram de castigo, mas estou de volta!!



É isso mesmo, professor! Segundo a teoria de Einstein, para Bibiane o tempo se dilataria. Para descobrir o tempo decorrido para Bibiane, vamos usar o fator de Lorentz.



Quero deixar claro que, apesar desse enxerido aparecer no meu quadro, fui eu quem fiz os cálculos!!!



Primeiro vamos calcular o valor de gama.

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0,8C)^2}{c^2}}}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{0,64C^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,64}}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{0,36}} \rightarrow \gamma = \frac{1}{0,6}$$

Agora fazemos a relação com o tempo dilatado.

$$\Delta t = \gamma \cdot \Delta t' \rightarrow 10 = \frac{1}{0,6} \cdot \Delta t'$$

$$\Delta t' = 0,6 \cdot 10 \rightarrow \Delta t' = 6 \text{ anos}$$



Que incrível!!!
Quer dizer que se eu viajasse até Alpha Centauri com velocidade $0,8 c$ quando voltasse estaria com 22 anos?!?! 4 anos mais nova que minha irmã gêmea!!!

Na Próxima, quem vai sou eu!!!

Nossa!!!!
Elas são iguais!!



Você está certa, Bibiane. Caso você fizesse essa viagem, viajaria 4 anos para o futuro e estaria 4 anos mais nova que sua irmã. Isso porque o tempo passaria mais devagar para você dentro da nave.

Vamos fazer mais alguns cálculos?!?!?
Tenho uma coisa muito importante para mostrar a vocês, mas vamos precisar de uma ajudinha da matemática.

ZAP!

OK



Antes de continuarmos, vou deixar aqui umas indicações de sites e vídeos bem legais, que trazem mais informações sobre o assunto. Não deixe de ver!!

Vídeo aula do Canal Sadao Mori

Vídeo aula do canal Scientia TV

Vídeo aula do canal Física Fabrís

Beleza!!!
Agora vamos fazer o seguinte... Calcular o valor de $\Delta t'$ em duas situações distintas.
Uma para velocidade igual a da luz, ou seja, $300\,000\,000\text{ m/s}$ e outra para velocidade bem menor que c , de 360 Km/h ou 100 m/s .
Note que 360 Km/h apesar de ser muito menor que a velocidade da luz, já é considerada, para nós aqui na Terra, como sendo uma velocidade alta.
Acompanhe os cálculos na próxima página.



LIKE!

POOOOW!

DADOS:

$C = 300\ 000\ 000\ \text{m/s}$ ou $3 \cdot 10^8\ \text{m/s}$

$V = 300\ 000\ 000\ \text{m/s}$ ou $3 \cdot 10^8\ \text{m/s}$

Substituindo \rightarrow

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(3 \cdot 10^8)^2}{(3 \cdot 10^8)^2}}}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - 1}}$$

$$\gamma = \frac{1}{0} \rightarrow \gamma = \infty$$

$$\Delta t = \gamma \cdot \Delta t' \rightarrow \Delta t' = \frac{\Delta t}{\gamma}$$

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\infty} \rightarrow \Delta t' \cong 0$$

Observe que, para $V = C$, encontramos gama igual a infinito e consequentemente $\Delta t' = 0$.

Isso significa que a dilatação do tempo do referencial em movimento seria infinita. O tempo não passaria!!!!

Não é incrível!!!!

Obs.: Só lembrando que a velocidade da luz, segundo Einstein, é a velocidade limite do Universo e nenhum corpo que possui massa pode atingir essa velocidade.



DADOS:

$C = 300\ 000\ 000\ \text{m/s}$ ou $3 \cdot 10^8\ \text{m/s}$

$V = 360\ \text{Km/h}$ ou $10^2\ \text{m/s}$

Substituir \rightarrow

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(10^2)^2}{(3 \cdot 10^8)^2}}}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{10^4}{9,0^{16}}}}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,0000000000000001}}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{0,9999999999999999}}$$

$$\gamma \cong \frac{1}{\sqrt{1}} \rightarrow \gamma \cong \frac{1}{1} \rightarrow \gamma \cong 1$$

$$\Delta t' \cong \frac{\Delta t}{1} \rightarrow \Delta t' \cong \Delta t$$

Nesse caso, com velocidade bem abaixo da velocidade da luz, temos como resultado que $\Delta t' \sim \Delta t$. Ou seja, nesse caso a dilatação do tempo no referencial em movimento seria tão pequena, que poderíamos considerá-la inexistente. Sem dilatação, o tempo em S' seria igual ao tempo em S .





Percebeu alguma coisa interessante nesses cálculos??
Eu reparei que para velocidades, com as quais estamos acostumados, a dilatação do tempo é desprezível com precisão de muitas casas decimais, isso significa que a Física de Newton e Galileu continua funcionando perfeitamente para movimentos em baixa velocidade.

Por isso não dizemos que a Mecânica Clássica está errada. Ela apenas possui um limite de validade. Em casos de baixa velocidade ela está valendo, já em velocidades próximas a da luz precisamos da ajudinha de Einstein com sua Teoria da Relatividade Restrita para dar conta dos problemas.



Ufa! Que alívio!!
Achei que estavam querendo dizer que tudo que aprendi até agora estava errado e não valia pra nada. Mas achei muito interessante essa história de viajar no tempo.



Tudo muito bonito e interessante, mas cadê as provas?
Quero saber se existem experimentos que comprovem essa teoria toda que acabamos de ver aqui!!



Esses alunos não estão fazendo nada!!!!
Deixa por conta deles encontrarem as provas e nos mostrarem. Faça a tarefa proposta na página seguinte.



OMG!!!

Faça uma pesquisa na internet e apresente pelo menos três aplicações da Relatividade Geral de Einstein no nosso cotidiano que comprovem sua validade. Para ajudar seguem abaixo dois links referentes a uma aplicação, as outras duas são por sua conta!!!!

Vídeo: GPS e a Relatividade

Site: Saber atualizado

Depois de sua pesquisa, informe aqui o que você descobriu!

Bom galera, acho que é só isso!! Espero que tenham gostado da aula!!!

Houston, we have a problem!!!

O que está acontecendo, Astronauta???

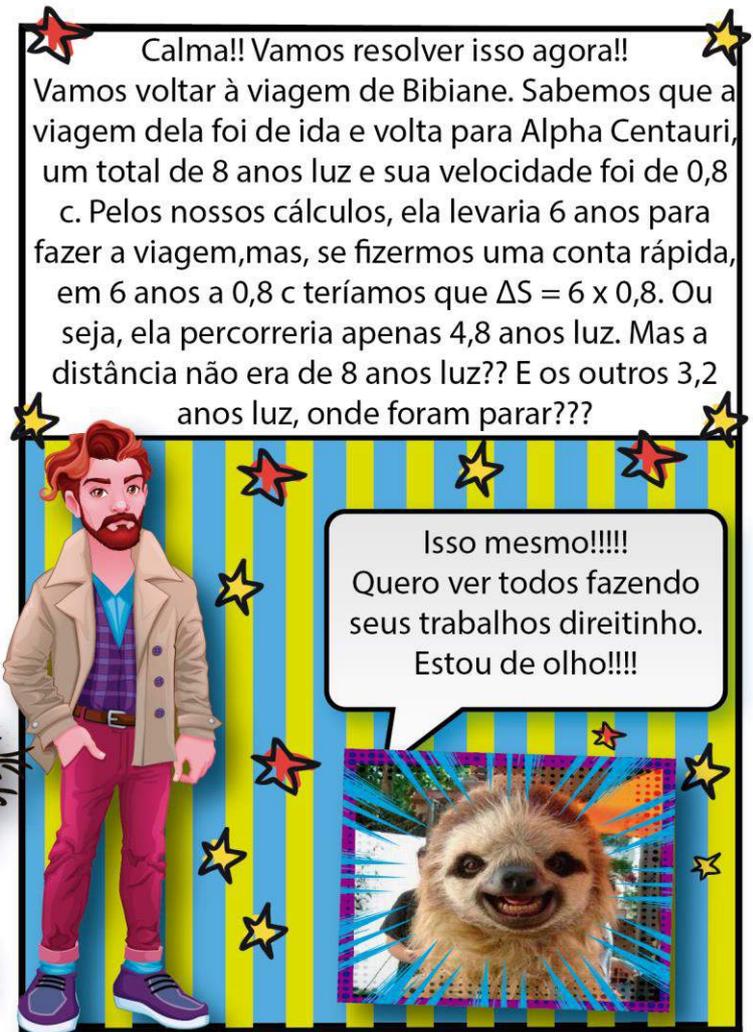
OMG!

No!

HEY

Sou eu que estou vendo demais ou essa nave esta encolhendo!!!!

BAZINGA!



Sabemos que para o observador em S

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Já para o observador em S'

$$V = \frac{\Delta S'}{\Delta t'}$$

Como as velocidades são iguais

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\Delta S'}{\Delta t'}$$

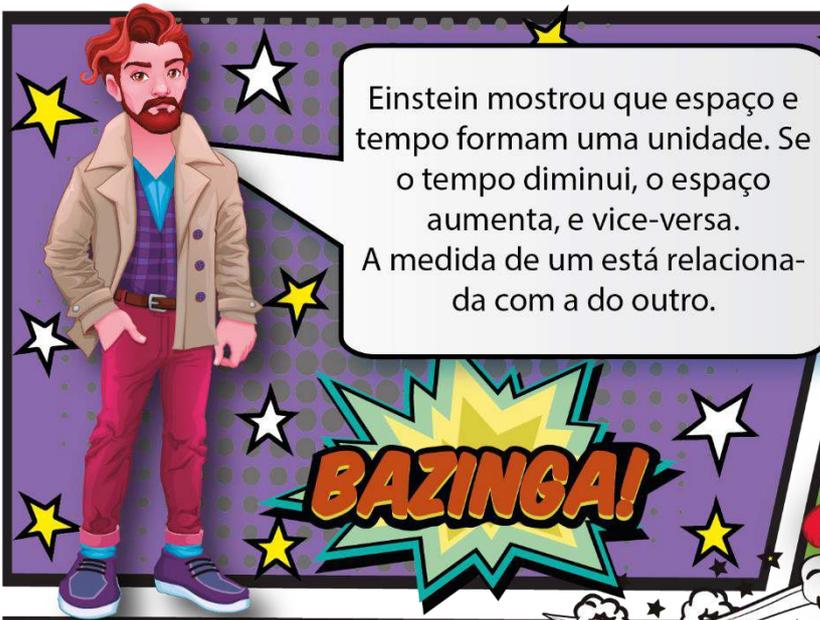
Lembrando que $\Delta t = \gamma \cdot \Delta t'$, temos:

$$\frac{\Delta S}{\gamma \Delta t'} = \frac{\Delta S'}{\Delta t'}$$

Logo:

$$\Delta S = \gamma \cdot \Delta S'$$

LIKE!



Einstein mostrou que espaço e tempo formam uma unidade. Se o tempo diminui, o espaço aumenta, e vice-versa. A medida de um está relacionada com a do outro.

BAZINGA!



Quer ver como o espaço e o tempo estão sempre juntos? Imagina que você marque de encontrar alguém, mas fale apenas o local ou a hora. Vai ficar difícil esse encontro, não vai?

BAM!!!



Impossível marcar um encontro assim... Ou sei onde ir mas não sei que horas chegar. Ou sei que horas chegar mas não sei onde ir.

POW

Pois é!! Prova que os dois são inseparáveis e, como dois formam um, podemos chamá-los de **Espaço-tempo**. Unidos para sempre! Que lindo!!!

Adoro finais felizes. Acho que vou chorar!!



Isso se seu professor conseguisse essa proeza gráfica.





O ESPAÇO E O TEMPO

A história do espaço e o tempo é muito antiga, teve sua origem bem no começo do Universo. Logo que surgiram já sabiam que foram feitos um para o outro e que juntos formavam uma coisa só...

Porém, depois que o homem começou a pensar e tentar compreender o Universo, o espaço e o tempo foram separados. Eles estavam sempre por perto, mas não formavam uma unidade, e isso durou por um bom tempo, ainda mais depois que Newton e Galileo, homens respeitados, não aceitaram de forma alguma essa união.

Para sorte dos dois, um homem chamado Einstein veio para pôr fim nessa separação e unir o que o homem jamais deveria ter separado...

Vamos ver como termina essa história!?



Como toda boa história, espero que essa tenha um final feliz.

Você vai ajudar a construir o final dessa história. Faça uma pesquisa, clicando nos links, e depois responda umas perguntas e dê um final para essa linda história de união!

Assista esse vídeo até os 13min15s.



Depois de sua pesquisa,
Clique aqui
para responder
algumas perguntas.

PRODUTO EDUCACIONAL

ESTRATÉGIAS VIRTUAIS PARA A INSERÇÃO DO
ESPAÇO-TEMPO RELATIVÍSTICO NO ENSINO DE
FÍSICA

MATERIAL DO PROFESSOR

Amâncio Gabriel Bendia Filho
sufylho@gmail.com

Considerações Iniciais

Este material é fruto do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física que possui como objetivo final a elaboração de um produto educacional.

O material aborda os conteúdos de Relatividade Restrita e foi elaborada seguindo os conceitos da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980) com uma visão Humanista defendida por Joseph Novak (MOREIRA, 2013). Foram também observadas as características socioculturais que segundo Vygotsky, são essenciais para que a aprendizagem ocorra de forma efetiva (MOREIRA, 1997).

Originalmente o material foi aplicado para os alunos da 1ª Série do Ensino Médio em uma escola da rede Estadual de Ensino no município de Campos dos Goytacazes no estado do Rio de Janeiro.

O material foi elaborado no formato de quadrinhos para ser distribuída e utilizada pelos alunos no formato PDF através de seus aparelhos *smartphones*.

A apostila possui inúmeros links para que os alunos possam ter acesso a conteúdos externos disponíveis na internet. Com isso foi possível tornar o material mais dinâmico e resumido.

Para as avaliações, além das observações da sala de aula, foram utilizados os aplicativos Socrative e a ferramenta Google Formulário para aplicação de questionários *online* para os alunos.

Sumário

DESCRIÇÃO DAS FERRAMENTAS UTILIZADAS	3
ROTEIRO DO PRODUTO	11
DESCRIÇÃO DA ELABORAÇÃO DO PRODUTO	13
1º Momento	13
2º Momento	17
3º Momento	23
4º Momento	25
5º Momento	26
6º Momento	30
7º Momento	34
8º Momento	39
9º Momento	40
REFERÊNCIAS	41

DESCRIÇÃO DAS FERRAMENTAS UTILIZADAS

Para a elaboração das apostilas e das atividades que formarão a sequência didática proposta nesse trabalho serão priorizados o uso de algumas ferramentas digitais. Abaixo segue a apresentação e descrição de cada uma.

Sites na Web

Os sites da web têm se tornado uma das principais fontes na busca de conhecimentos. Neles os conteúdos são apresentados de forma resumida, dinâmica e interativa, características que agradam muito os alunos, além de existirem inúmeros sites voltados para a educação com matérias e foco específicos, facilitando muito o trabalho de buscar conhecimento.

Outra vantagem muito importante dos sites é trazer a informação de maneira rápida em qualquer lugar a qualquer momento com o uso dos Smartphones.

No material proposto, os sites serão utilizados como complementação do material didático oferecido pelo professor. Será fonte de pesquisas e busca de informações.

Google Formulários

O Google Formulário é uma ferramenta gratuita, oferecida pela Google que pode ser utilizada tanto para pesquisas como para elaboração de provas ou trabalhos, disponível para qualquer usuário que possua uma conta do Google.

Abaixo segue uma imagem ilustrativa com a primeira seção de um questionário elaborado pelo Google Formulários.

Figura 1 - Exemplo de questões no Google Formulário

A Escada Rolante

*Obrigatório

IDENTIFICAÇÃO

ESCREVA SEU NOME *

Sua resposta

SELECIONE SUA TURMA

*

1001

1002

1003

1004

PRÓXIMA

Página 1 de 5

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. Denunciar abuso - Termos de Serviço - Termos Adicionais

Google Formulários

Fonte: *Print* da aplicação Google Formulário

Google Formulários permite a inserção de vídeos e imagens nas descrições das questões, que podem ser usadas como ilustração, fonte de pesquisa ou até mesmo como base para as questões. Abaixo segue um exemplo de uma questão em que o vídeo foi utilizado como base para a pergunta.

Figura 2 - Exemplo de uma questão com vídeo no Google Formulário

A Escada Rolante

*Obrigatório

QUESTÃO 01

Veja o vídeo e responda a pergunta.

Mulher anda do lado opo...

No vídeo podemos observar que a senhora não esta fazendo uma coisa muito inteligente rrsrrsrrs. Anda, anda e não sai do lugar. Caso a intenção dela seja chegar na outra ponta da esteira, ela só irá conseguir se... *

1 ponto

Andar com velocidade igual da esteira

Andar com velocidade maior que a da esteira

Ficar parada

Andar rápido

VOLTAR PRÓXIMA

Página 2 de 5

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. Denunciar abuso - Termos de Serviço - Termos Adicionais

Fonte: *Print* da aplicação Google Formulário

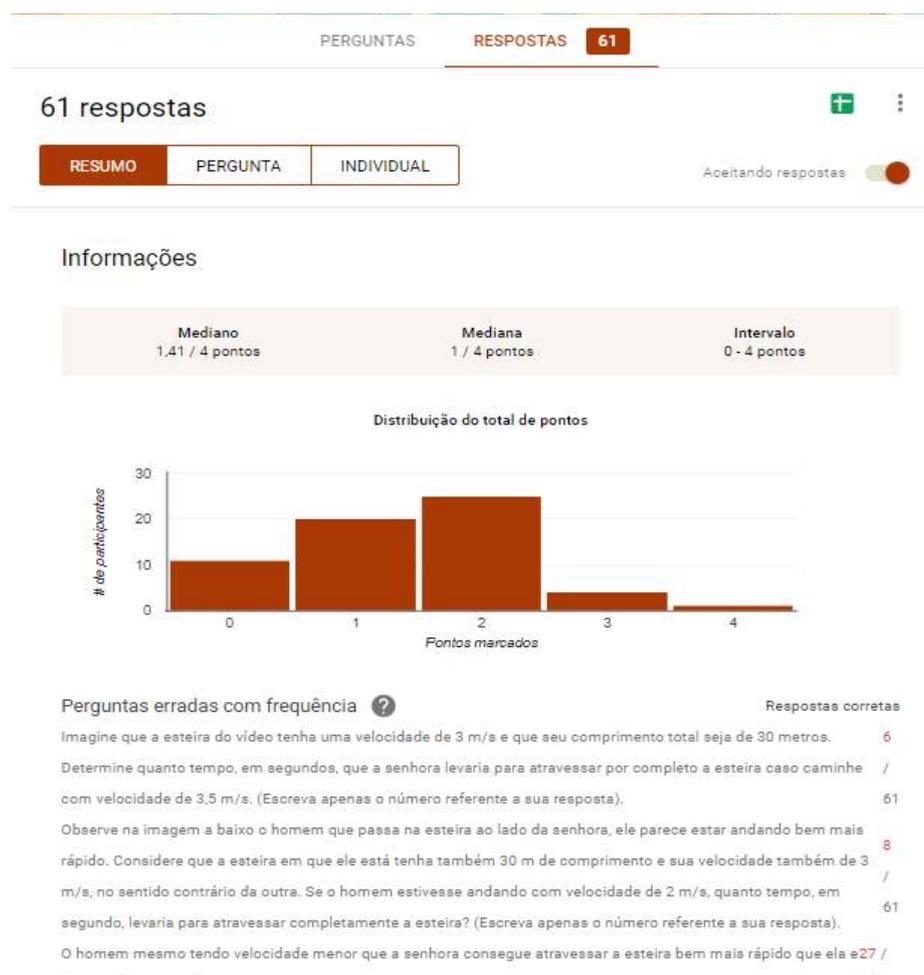
As questões podem ser apresentadas de várias maneiras. As utilizadas para elaboração do material foram múltipla escolha, texto curto, parágrafo e caixa de seleção. Além dessas possibilidades há ainda a opções de caixa suspensa e escala linear.

É possível também alterar a cor do plano de fundo da página dentre as cores oferecidas pela ferramenta. O tema do cabeçalho também pode ser alterado entre vários modelos oferecidos no site ou enviando o próprio cabeçalho em arquivo de imagem.

Em algumas modalidades, é possível adicionar a resposta correta. Dessa maneira, assim que os alunos responderem o questionário, o professor já terá a quantidade de acertos de cada um pronto sem nenhum trabalho.

As respostas podem ser visualizadas no próprio site do Google Drive ou exportadas em um arquivo compatível com Excel. No site, é possível ver um Resumo com uma análise estatística das questões. Além da estatística de cada questão ele também apresenta a frequência de erro, a média e a distribuição dos pontos por número de alunos. Esses dados apresentam uma ferramenta importantíssima para a avaliação aprendizado da turma no geral, e está disponível apenas com um click, sem nenhum trabalho adicional. É possível também visualizar as respostas por questões ou individual por aluno.

Figura 3 - Análise das respostas do Google Formulários



Fonte: *Print* da aplicação Google Formulário

Os formulários elaborados através da ferramenta do Google foram utilizados para as atividades extraclasse, pois ele oferece a possibilidade de exigir um e-mail para ter acesso ao formulário e limitar o usuário a enviar apenas uma resposta, facilitando a identificação do aluno e limitando a quantidade de vezes que ele terá acesso ao formulário para respondê-lo.

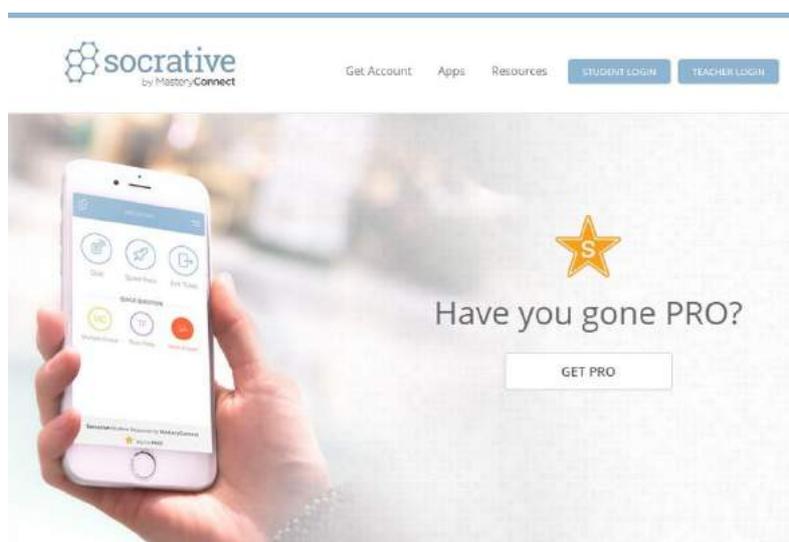
O questionário depois de pronto poderá ser compartilhado através de uma lista de e-mail ou através de um link. No material aqui proposto os alunos tiveram acesso aos formulários através de um link contido nas apostilas em PDF e através de links enviados por e-mail ou *WhatsApp*.

Socrative

Socrative é uma ferramenta online que oferece versão gratuita e paga. A diferença entre as duas versões fica por conta de algumas limitações que a versão gratuita possui, mas que não impede a sua utilização. Nesse trabalho, por exemplo, foi utilizado apenas a versão gratuita. A versão paga pode ser adquirida pagando-se uma taxa de \$ 59,99 dólares ao ano.

Qualquer pessoa pode criar uma conta gratuita no Socrative. Para isto, basta acessar o site <https://www.socrative.com>.

Figura 4 - Página Inicial Socrative



Fonte: *Print* do site Socrative.com

Apesar de a página inicial estar em inglês, após o *login*, a página seguinte estará em português.

Também voltada para elaboração de questionários, o Socrative se diferencia do Google Formulário, pois além de ser acessado através do navegador da web, os questionários e podem ser respondidos pelo aluno ou monitorado pelo professor através

do aplicativo móvel disponível para todos sistemas operacionais de smartphones. Outra diferença entre o Google Formulário é que o *Socrative* foi desenvolvido exclusivamente para a área educacional.

Com o *Socrative*, é possível criar seus questionários, que ficam armazenados no site. Estes questionários podem inclusive, ser compartilhados com outros professores que também estejam cadastrados no *Socrative*.

As questões podem ser de múltiplas escolhas, verdadeiro ou falso e resposta curta. Na descrição das questões, é possível inserir apenas imagens, e a resposta certa pode ser selecionada para que o próprio sistema faça as correções das questões. Abaixo segue um exemplo de uma questão de múltipla escolha elaborada no *Socrative*.

Figura 5 - Questão elaborada através do site Socrative

#5

Formato: SALVAR

(UFRJ 2008 - Adaptada) Heloísa, sentada na poltrona de um ônibus, afirma que o passageiro sentado à sua frente não se move, ou seja, está em repouso. Ao mesmo tempo, Abelardo, sentado à margem da rodovia, vê o ônibus passar e afirma que o passageiro a frente de Heloísa está em movimento. Com relação as afirmações de Heloísa e Abelardo podemos afirmar que:|

ESCOLHA DE RESPOSTAS	CORRETA?
A Estão corretas pois a velocidade é relativa e pode variar dependendo do referencial adotado;	<input checked="" type="checkbox"/>
B Estão erradas pois uma mesma pessoa não pode ser vista com velocidades diferentes;	<input type="checkbox"/>
C Só Heloísa está correta pois ela está em movimento e sua observação que é válida;	<input type="checkbox"/>
D Só Abelardo está correto pois ele está em repouso e sua observação que é válida.	<input type="checkbox"/>

+ ADICIONAR RESPOSTA

Explicação:

Fonte: *Print* do site Socrative.com

A versão gratuita oferece uma “sala” que é onde o professor lança sua atividade e para o aluno ter acesso a esta atividade basta entrar no site ou fazer *download* do aplicativo *Socrative Student* e inserir o nome da sala. Abaixo seguem duas imagens, uma da página inicial do *Socrative Student* e uma questão de resposta curta como é apresentada na tela do *smartphone*.

Figura 6 - Página inicial do Socrative Student

Acesso de Estudante

Nome da Sala

JUNTAR

 Português (Brasil) ▾

Socrative Student Response by MasteryConnect

Fonte: *Print* do aplicativo Socrative Student

Com o Socrative, é possível que os alunos respondam questões individualmente ou em grupos. Os avanços individuais ou dos grupos podem ser acompanhados em tempo real. Os resultados com as estatísticas também são construídos e disponibilizados em tempo real e no final podem ser exportados para uma planilha do Excel. As questões respondidas também podem ser exportadas em PDF com as respostas por questões ou por aluno.

Para este material, todos os questionários respondidos pelos alunos em sala de aula foram aplicados através do Socrative. Essa escolha foi feita devido à facilidade que o aplicativo oferece para os alunos acessarem os questionários e sua apresentação mais bem adaptada para smartphones.

Documentos digitais

Os documentos digitais oferecem muitas possibilidades para tornar o material mais atrativo e dinâmico sem muita complicação, conseguindo reunir em um único arquivo uma enorme variedade de possibilidades ainda pouco exploradas pelos professores.

Os documentos digitais não possuem a limitação das cores que um material impresso oferece devido ao elevado custo de impressão, possibilitando a elaboração de um material visualmente mais bonito e atrativo para os alunos, além de poderem ser acessado em qualquer lugar através de um smartphone.

A apostila utilizada na aula levou em consideração uma característica muito presente no cotidiano dos alunos quem têm acesso as novas tecnologias que é a alta definição e a riqueza de cores. Tanto as TV's como os smartphones apresentam imagens cada vez mais nítidas e definidas, com cores vivas e vibrantes.

Outra característica levada em consideração foi a dificuldade apresentado pelos alunos para lerem textos longos. A grande maioria prefere uma apostila mais direta e resumida que não apresente muitos textos para ler.

Para atender as necessidades apresentadas acima, a apostila foi elaborada na forma de quadrinho, pois permite a utilização e inúmeros elementos gráficos com variações de cores, deixando a apostila visualmente mais bonita e descontraída. Além da possibilidade da utilização de um enredo apresentados em textos curtos e com a participação de personagens.

Para a confecção da apostila, foram usados basicamente desenhos vetoriais¹ disponíveis gratuitamente no site <https://br.freepik.com/>. Nesse site, é possível achar um bom acervo de desenhos vetoriais com licença livre e gratuita tanto para a utilização em formato digital tanto para a impressão do material desde que dados os devidos créditos. Para baixar esses desenhos, é necessário apenas um cadastro rápido no site.

¹ **Desenho vetorial** é o uso de primitivas geométricas como pontos, linhas, curvas e formas ou polígonos, todos os quais são baseados em expressões matemáticas, para representar imagens em computação gráfica. Os desenhos vetoriais são baseados em vetores (também chamados de caminhos), que conduzem através de locais chamados pontos de controle ou nós. Cada um desses pontos possui uma posição definida nos eixos x e y do plano de trabalho e determinam a direção do caminho. Além disso, a cada caminho pode ser atribuído uma cor de traço, forma, espessura e preenchimento. Estas propriedades não aumentam o tamanho dos arquivos de desenho vetorial de maneira substancial, uma vez que todas as informações residem na estrutura do documento, que apenas descreve como o vetor deve ser desenhado.

Foram usados desenhos vetoriais pois os mesmos podem ser redimensionados sem que percam a qualidade da imagem e possuem uma alta capacidade de edição, podendo facilmente ser editadas e refeitas. Para isso é necessário um *software* específico para criação e edição de vetores. Nesse caso a apostila foi elaborada com o aplicativo *Adobe Illustrator*, utilizado para a criação e edição de desenhos vetoriais desenvolvido e comercializado pela *Adobe Systems*.

O *Adobe Illustrator* é um programa profissional e requer um certo nível de conhecimento para ser utilizado além de não existir versão gratuita, apenas a avaliação de trinta dias ou a versão paga a partir de R\$ 71,00 por mês. Existem outros aplicativos gratuitos para a edição de desenhos vetoriais. Nesse trabalho *Adobe Illustrator*, foi utilizado pelo fato de o autor já possuir um certo domínio na utilização do programa, facilitando a confecção do material.

Vídeos

Existem vários filmes e documentários que apresentam de forma direta ou utilizam as teorias da Relatividade de Einstein. Eles podem ser usados como motivação inicial, reforço para os conteúdos dados ou ainda uma forma de contextualizar os conteúdos apresentando filmes que utilizam os conceitos Físicos, criando situações que podem se encaixar no cotidiano. Com conceitos abstratos como a Relatividade, os vídeos podem ser uma maneira de tornar o conteúdo mais palpável para os alunos.

ROTEIRO DO PRODUTO

O produto foi dividido em nove momentos. Ao todo, foram necessárias 14 aulas de 50 minutos, mais duas atividades extraclasse. Abaixo segue um quadro com o roteiro das atividades, o número de aulas necessárias para cada atividade e seu objetivo.

Quadro 1 – Roteiro das atividades

MOMENTO	DURAÇÃO	OBJETIVOS	ATIVIDADES
1º Momento	02 Aulas	Levantamento prévio dos conhecimentos dos alunos a respeito dos conceitos de velocidade e velocidade relativa.	Aplicação do questionário através do Socrative.
2º Momento	02 Aulas	Compreender o espaço e tempo absolutos e as transformações de Galileu.	Aula expositiva com auxílio da apostila, sites e vídeos. Resolução de exercícios.
3º Momento	Atividade extraclasse	Averiguar nível de conhecimento adquirido pelos alunos a respeito do espaço e tempo absolutos e as transformações de Galileu.	Questionário aplicado através do Google Formulários.
4º Momento	02 Aulas	Despertar a curiosidade dos alunos a respeito do tempo relativístico.	Apresentação do filme “A Máquina do Tempo”.
5º Momento	02 Aulas	Levantamento prévio dos conhecimentos dos alunos a respeito de Einstein, velocidade limite, velocidade da luz, espaço e tempo relativístico.	Aplicação do questionário através do Socrative.
6º Momento	Atividade extraclasse	Compreender o conhecimento científico como resultado de uma construção humana, inserido em um processo histórico e social.	Pesquisa sobre Albert Einstein e suas teorias, através de sites e vídeos documentários.
7º Momento	04 Aulas	Compreender que a Teoria da Relatividade constitui um novo modelo explicativo para o Universo e uma nova visão de mundo. Compreender que o tempo e o espaço são	Aula expositiva com auxílio da apostila, sites e vídeos.

		relativos devido à invariância da velocidade da luz.	
8º Momento	Atividade extraclasse	Reconhecer tecido espaço-tempo, sendo o tempo a quarta dimensão.	Pesquisa sobre o espaço-tempo de Einstein, através de sites e vídeos documentários.
9º Momento	02 Aulas	Averiguar nível de conhecimento adquirido pelos alunos a respeito dos conceitos físicos estudados no bimestre.	Questionário aplicado através do Socrative.

DESCRICÃO DA ELABORAÇÃO DO PRODUTO

1º Momento

Nesse primeiro momento, foi preparado um questionário através do aplicativo Socrative com o intuito de averiguar qual o conhecimento prévio dos alunos a respeito dos conceitos de Velocidade, Velocidade Relativa e referencial, ambas pré-requisito para a aula sobre as transformações de Galileu.

Como as Transformações de Galileu fazem uma relação entre velocidades em referenciais inerciais distintos, é de grande importância que os alunos tenham clareza sobre tais conceitos. Com esse questionário, será feita uma investigação sobre quais concepções os alunos possuem sobre tais conceitos e a partir dessas concepções introduzir novos conceitos de forma que possam ser relacionados com o esquema cognitivo dos alunos de forma substantiva e não literal, que segundo Ausubel, favorece a aprendizagem significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 34).

Para prender a atenção dos alunos, foi elaborado pelo autor do trabalho um texto auxiliar para o questionário, que funcionariam com um organizador prévio. Por se tratar de uma mudança muito abstrata nos conceitos que os alunos já possuem, esses textos

servirão como uma ponte, ajudando a ligação entre os novos conceitos com os que possuíam (MOREIRA, 2008, p. 2).

O texto foi elaborado, seguindo a teoria sócio interacionista de Vygotsky que afirma que a aprendizagem não pode ser entendida sem levar em consideração o contexto social, histórico e cultural onde ocorre (MOREIRA; CABALLERO; RODRIGUEZ , 1997, p. 7). Para isso, o texto levou em consideração a realidade social dos alunos, tendo como inspiração situações vivenciadas na sala durante as aulas de Física e elementos presentes em seu cotidiano. Trazer a realidade dos alunos para as atividades de forma descontraída pode promover um sentimento positivo em relação as aulas, que segundo Novak, é um fator determinante para que ocorra a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2013, p. 19).

Por se tratar de um questionário para levantamento do conhecimento prévio dos alunos, o texto não apresenta os conceitos físicos, apenas situações cômicas e inusitadas onde esses conceitos podem ser aplicados, estimulando os alunos a pensarem sobre o assunto sem induzir suas respostas.

Abaixo segue o texto utilizado no questionário.

O Príncipe da CG

Após a aula, Ananda Veiga estava sentada no banquinho em frete ao Benta Pereira focando com suas amigas, quando de repente começou a ouvir um barulho ensurdecedor e logo viu que em sua direção vinha um “boyzinho” numa CG azul com o cano de descarga furado. Aquele barulho... aquela CG azul... deixaram Ananda emocionada. Ela suspirou e pensou... “meu príncipe encantando”. Por um momento, esqueceu de suas amigas (todas "falssianes") e esperou seu príncipe passar com aquele som arrebatador e sua linda CG de cor azul, com um lindo dizer escrito em um belo baú “lanches do Gordinho”. Mas como ele estava muito rápido, ela nem conseguiu ver se o “boyzinho” valia a pena e ficou só na imaginação. (Notem que estranhamente não foi possível ver o rosto do "boyzinho" mas foi possível ler os dizeres no baú! Isso não tem a ver com a Física, é apenas falta de criatividade do professor). Mais tarde, quando estava de carro com seu pai, que dirigia muito rápido, Ananda ouviu novamente aquele lindo e ensurdecedor barulho e ao olhar para trás, lá vinha seu príncipe encantado novamente e apesar do carro de seu pai e seu “boyzinho” estarem muito rápidos ele passou lentamente

pela sua janela. Por um momento, ela conseguiu vê-lo ali, parado bem ao seu lado e pode ver com todos os detalhes como era feio o seu "boyzinho", inclusive, pode contar quantos dentes faltava em sua boca e observar que pela forma tortuosa dos poucos dentes que sobraram, sua boca permanecia sempre entreaberta, naquele momento inclusive, com uma quantidade de saliva que escorria pelo canto de sua boca, mas mesmo assim, Ananda vendo aquela CG com aquele "ronco", ficou com os olhos brilhando ao ver passar por ela seu príncipe da CG.

Nesse texto, a personagem principal “Ananda Veiga”, foi baseada em uma aluna de uma das turmas, que propositalmente possui o nome muito parecido com o da personagem. O enredo também foi elaborado com base em uma brincadeira feita pelos colegas e o professor com essa mesma aluna durante as aulas. Vale ressaltar que a brincadeira não foi maliciosa e nem criou nenhum constrangimento entre a aluna e a turma.

No texto, ainda são usados elementos como um modelo de motocicleta muito comum e popular entre os alunos além dos termos da linguagem como “boyzinho” e “falssianes” comumente usados entre os alunos. O tom de brincadeira e os termos linguísticos utilizados tornam a linguagem mais próxima do aluno. Segundo Moreira, a linguagem é indispensável para a aprendizagem significativa, pois o desenvolvimento e troca de significado entre os indivíduos ocorrem por meio de interações e intercomunicações sociais, nas quais a linguagem é fundamental (MOREIRA, 2003, p. 3

Para ilustrar as questões, foram utilizadas imagens disponíveis na internet.

Figura 7 – texto O Príncipe da CG apresentado pelo Socrative

SUFYLHO Cardápio ▾

1 de 6 FINALIZAR PROVA

● RESPOSTA CURTA



Q aproximar

Ananda Veiga, após a aula estava sentada no banquinho em frete ao Benta Pereira fofocando com suas amigas quando de repente começou a ouvir um barulho ensurdecedor e logo viu que em sua direção vinha um "boyzinho" numa CG azul com o cano de descarga furado. Aquele barulho; aquela CG azul, deixaram Ananda emocionada. Ela suspirou e pensou... "meu príncipe encantando". Por um momento esqueceu de suas amigas, todas "falsianas", e esperou seu príncipe passar com aquele som arrebatador e sua linda CG de cor azul, com um lindo dizer escrito em um belo baú "lanches do Gordinho", mas como ele estava muito rápido ela nem conseguiu ver se o "boyzinho" valia a pena e ficou só na imaginação. (Notem que estranhamente não foi possível ver o rosto do "boyzinho" mas foi possível ler os dizeres no baú, isso não ter haver com a Física é apenas falta de criatividade do professor). Mais tarde quando estava de carro com seu pai, que dirigia muito rápido, Ananda ouviu novamente aquele lindo e ensurdecedor barulho e ao olhar para trás lá vinha seu príncipe encantado novamente e apesar do carro de seu pai e seu "boyzinho" estarem muito rápido ele passou lentamente pela sua janela, por um momento ela conseguiu vê-lo ali parado bem ao seu lado e pode ver com todos os detalhes como era feio o seu "boyzinho", inclusive pode contar quantos dentes faltava em sua boca e observar que pela forma tortuosa dos poucos dentes que sobraram, sua boca permanecia sempre entreaberta, naquele momento inclusive, com uma pequena gota de saliva que escorria pelo canto de sua boca, mas mesmo assim, Ananda vendo aquela CG com aquele "ronco", ficou com os olhos brilhando ao ver passar por ela seu príncipe da CG.

No texto fala que o "boyzinho" e o pai de Mary estavam rápidos. O que você entende como rápido?

Fonte: Print do aplicativo Socrative

As questões foram elaboradas a partir das situações apresentadas no texto auxiliar. Segue a baixo as questões.

Questão I - No texto fala que o "boyzinho" e o pai de Ananda estavam rápidos. O que você entende como rápido?

Questão II - O que diferencia um objeto rápido de um lento?

Questão III - Você lembra que conceito da Física que você estudou explica o "rápido" apresentado no texto?

Questão IV - Como você explicaria o fato de que nas duas situações o "boyzinho" estava rápido, mas Ananda só consegue ver seu príncipe claramente quando ela também estava rápida.

Questão V - Uma pessoa parada na rua também veria o "boyzinho" da CG claramente enquanto ultrapassava o carro de Veiga? Explique sua resposta.

2º Momento

No segundo momento, foram elaborados materiais e atividades para que os alunos aprendessem os conceitos de Velocidade, Velocidade Relativa e as Transformações de Galileu.

Os conceitos de velocidade, velocidade relativa e referencial já são estudados pelos alunos no primeiro bimestre, segundo o currículo mínimo do estado do Rio de Janeiro, mas esses conceitos serão reforçados nesse material devido a sua importância para o entendimento da Relatividade Restrita de Einstein.

O início do conteúdo com as Transformações de Galileu vai de encontro com o currículo mínimo do estado e com a linha de pesquisa de Gil e Solbes que defende que a Física Moderna deve ser apresentada aos alunos explorando os limites da Física Clássica, pois segundo os autores, somente uma apresentação da FMC como uma ruptura da Clássica (a partir da impossibilidade de resolver determinados problemas) torna possível uma aprendizagem significativa (GIL; SOLBES, 1988, p. 16).

Segundo o currículo mínimo do estado, umas das habilidades para esse bimestre seria “Compreender que a Teoria da Relatividade constitui um novo modelo explicativo para o Universo e uma nova visão de mundo” (RIO DE JANEIRO, 2012, p. 5). Para tal, é preciso que os alunos tenham domínio sobre as Transformações de Galileu pois se trata do modelo que existia antes de Einstein. E só dominando esses assuntos, os alunos poderiam compreender a Relatividade como um novo modelo explicativo.

Com as transformações de Galileu, também fica evidente a forma como Galileu e Newton enxergavam o espaço e o tempo, deixando bem claro para os alunos que a Relatividade, além de um novo modelo apresenta uma nova visão dos conceitos clássicos.

Para isso, foi preparada uma aula expositiva auxiliada por uma apostila no formato PDF para ser distribuída e visualizada através do smartphone ou tablete na sala de aula. O material também pode ser utilizado através de um computador.

Os personagens principais da apostila foram escolhidos de acordo com a disponibilidade no site *freepik* e seguindo alguns critérios apresentados a seguir:

O **auxiliar Amanco** foi escolhido dentre outras possibilidades, por apresentar algumas características físicas que pudessem ser relacionadas com o professor. Seu nome, Amanco, se deve a uma brincadeira feitas pelos alunos, que pela semelhança entre o nome do professor e uma famosa marca de tubulações, normalmente se referem a ele pelo nome dessa marca.

Figura 8 - Personagem auxiliar Amanco



Fonte: <https://br.freepik.com/>

Para representar o **Professor**, foi utilizada a imagem de um Bicho-Preguiça. A escolha do Bicho-Preguiça ocorreu a partir de uma brincadeira em um dos grupos das turmas no *WhatsApp* onde uma foto do professor comparado com o animal foi postada. A foto foi motivo de muita brincadeira de grande repercussão na escola. A utilização de elementos provenientes da interação social entre o professor e os alunos é importante, pois segundo Moreira “os processos mentais superiores (pensamento, linguagem, comportamento voluntário) têm sua origem em processos sociais” (MOREIRA; CABALLERO; RODRIGUEZ 1997, p. 7).

A escolha também teve a intenção de criar uma descontração, uma brincadeira com o objetivo de tentar mudar a ideia que os alunos normalmente têm de que professores são pessoas muito distantes da sua realidade, ajudando a despertar um sentimento positivo dos alunos com relação ao processo educativo pois para Novak atitudes e sentimentos positivos em relação à experiência educativa facilitam a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2013, p. 19).

Figura 9 - Personagem Professor



Fonte: Elaborado pelo autor

A “**Super Clássica**” foi selecionada para representar Newton e Galileu auxiliando na apresentação dos conceitos da Física Clássica. Foi escolhida uma heroína, pois heróis são um elemento muito comum em história de quadrinhos.

Figura 10 - Personagem Super Clássica



Fonte: <https://br.freepik.com/>

É importante ressaltar, que em momento algum, o foco na elaboração da apostila foi o a história dos personagens. Na verdade, não existe uma história, o ponto central foi

a Física, os personagens participam para dar personalidade e criar uma situação mais próxima e significativa para os alunos.

O professor, representado pelo Bicho-Preguiça, sempre aparece com alguma piada ou histórias bobas na intenção de aproximar os alunos do professor tirando o professor do centro das atenções e como único detentor do conhecimento, desmistificando e estimulando o protagonismo dos alunos no processo de aprendizagem.

Com a intenção de que a apostila seja mais dinâmica e interessante para os alunos, foram adicionados materiais externos na apostila, que poderão ser acessados por meio de links dispostos pela apostila.

Esses links encaminharão os alunos para vídeo aulas, vídeos ilustrativos, sites e a uma atividade avaliativa para ser respondida através do Google Formulário.

A apostila se inicia na primeira página com a apresentação dos personagens e com alguns avisos e os links para o download do *Socrative Student*.

O conteúdo se inicia com uma pequena revisão sobre velocidade e referencial inercial. A noção desses conceitos é de extrema importância uma vez que as Transformações de Galileu tratam de relacionar velocidades em referenciais inerciais diferentes. Nessa parte também é explorada a ideia da velocidade relativa e para tal é apresentado um vídeo muito interessante que utiliza cenas em que o movimento ou repouso são colocados em dúvidas mostrando que sem um referencial não conseguimos definir o estado repouso ou o movimento de um corpo e que a velocidade é relativa e depende do referencial.

Figura 21 – Print da tela do vídeo Física é... Referencial



Fonte: Youtube.com²

Em seguida, os alunos são induzidos pelos personagens a pensarem que se a velocidade depende do referencial. Então, as Leis Físicas também deveriam depender do referencial. Nesse contexto, as Transformações de Galileu são apresentadas como uma maneira de mostrar que é possível fazer uma conexão entre dois referenciais inerciais. Sendo assim, as Leis da Física seriam válidas em todos os referenciais inerciais.

Para dedução das Transformações de Galileu, é utilizado um exemplo com os dois personagens do texto “O Príncipe da CG”, presente no questionário prévio aplicado para a turma.

Para contextualizar as Transformações de Galileu, é apresentado um vídeo disponível no *Youtube* intitulado “O árabe na esteira”. Nesse vídeo, um homem árabe corre desesperadamente em uma esteira em alta velocidade para não cair. Uma atividade propõe que os alunos expliquem por que, mesmo o homem correndo desesperadamente, ele não sai do lugar. Com o vídeo, os alunos são levados a pensar sobre a relatividade da velocidade e a diferença entre os referenciais.

² Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JUNIKY8Vv5c>; Acessado em: 23 de jul. 2017.

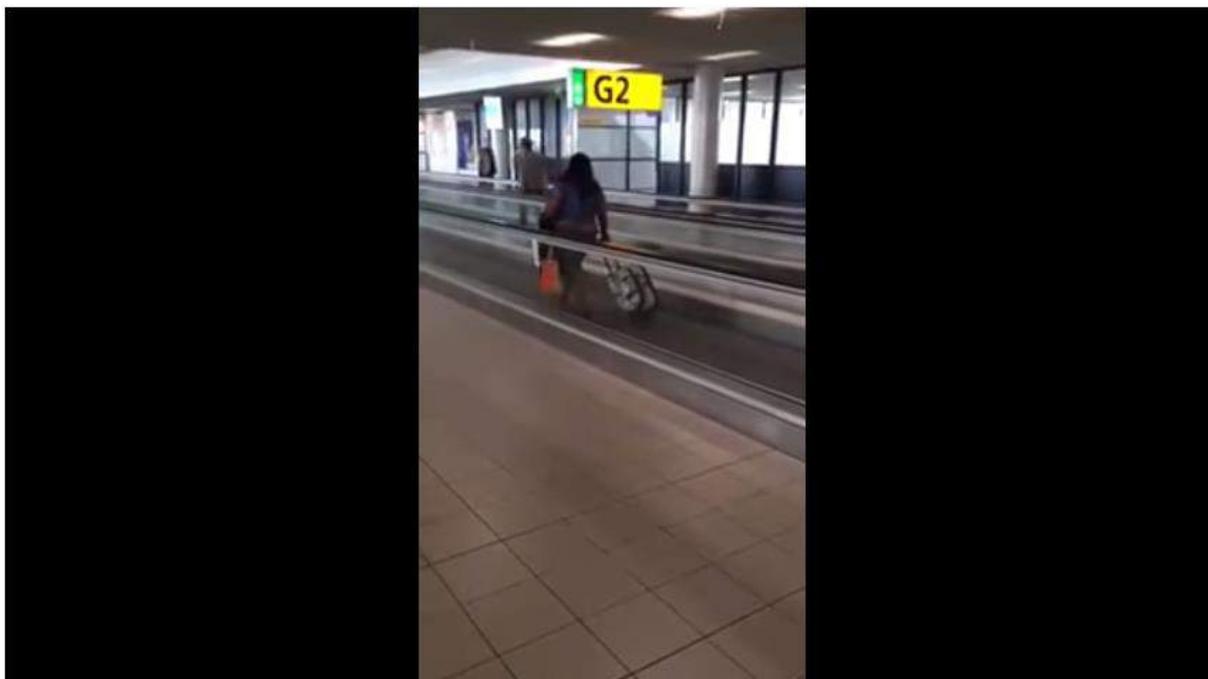
Figura 32 - *Print* do Vídeo Árabe na Esteira

Fonte: Youtube.com³

Um segundo vídeo, também disponível no *Youtube*, mostra duas mulheres subindo em uma escada rolante no sentido contrário e, por esse motivo, não saem do lugar. Nesse vídeo é explorado mais a fundo as relações entre os referenciais. Para iniciar a familiarização com o conteúdo mais matemático, são identificados os referenciais e as velocidades e é solicitado aos alunos que façam os cálculos de três situações utilizando as Transformações de Galileu.

³ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=siSaTadBzVE&list=PLdAOpXqXrqQHtR8bg1WkV7enqBnmqL4fF&index=13>; Acessado em: 23 de jul. 2017.

Figura 43 - *Print* do vídeo Mulher andando no sentido contrário na esteira



Fonte: Youtube.com⁴

Por último, a apostila contém uma lista de exercícios com questões de vestibulares para serem resolvidos pelos alunos junto com o professor.

3º Momento

O terceiro momento terá como intenção averiguar o conteúdo aprendido pelos alunos sobre os conceitos de Velocidade, Velocidade Relativa e as Transformações de Galileu.

Para isso, os alunos responderão a um questionário através do Google Formulário. Esse questionário será uma atividade extraclasse e poderá ser respondido pelos alunos através de qualquer aparelho que tenha acesso à *Web* através de um navegador.

O questionário tem como base um vídeo disponível na internet, no qual uma mulher anda em uma esteira rolante no sentido contrário do movimento da esteira.

O vídeo é um excelente exemplo de aplicação das Transformações de Galileu no cotidiano. Com situações engraçadas, os alunos podem ver que estudar nem sempre

⁴ Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=I_NXBsnqSOY&index=14&list=PLdAOpXqXrqQHtR8bg1WkV7enqBnmqL4fF; Acessado em: 23 de jul. 2017

precisa ser uma tarefa difícil e cansativa e que a Física não só explica fatos científicos, mas também situações corriqueiras do nosso dia a dia.

No vídeo apresentado, uma mulher anda em uma esteira rolante no sentido contrário do movimento. Enquanto ela anda e não sai do lugar, um homem passa na esteira ao lado andando no mesmo sentido do movimento em pouco tempo consegue atravessá-la.

Baseado no vídeo, foram elaboradas questões que levam os alunos a pensarem na relatividade da velocidade e relacionarem as velocidades em dois referenciais inerciais distintos através das Transformações de Galileu.

O questionário possui questões de múltipla escolhas e questões de respostas curtas, com o qual os alunos deverão fazer uma análise conceitual da situação e realizar os cálculos para informar a resposta correta.

Abaixo, segue a imagem de uma das questões de múltipla escolha e uma de resposta curta respectivamente.

Figura 54 - Questão 01 da atividade “A Esteira Rolante”

QUESTÃO 01

Veja o vídeo e responda a pergunta.



No vídeo podemos observar que a senhora não está fazendo uma coisa muito inteligente rsrsrsrsrs. Anda, anda e não sai do lugar. Caso a intenção dela seja chegar na outra ponta da esteira, ela só irá conseguir se... *

1 ponto

Andar com velocidade igual da esteira

Andar com velocidade maior que a da esteira

Ficar parada

Andar rápido

Página 2 de 5

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Fonte: *Print* do aplicativo Google Formulário

Figura 65 - Questão 02 da atividade “A Esteira Rolante”

QUESTÃO 02

Imagine que a esteira do vídeo tenha uma velocidade de 3 m/s e que seu comprimento total seja de 30 metros. Determine quanto tempo, em segundos, que a senhora levaria para atravessar por completo a esteira caso caminhe com velocidade de 3,5 m/s. (Escreva apenas o número referente a sua resposta).*

1 ponto



Sua resposta

VOLTAR PRÓXIMA

Página 3 de 5

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Fonte: *Print* do aplicativo Google Formulário

4º Momento

Neste quarto momento, foi escolhido um filme de ficção científica intitulado “A Máquina do Tempo” do ano de 2002 dirigido por Simon Wells.

Esse filme se baseia no romance de H. G. Wells de 1895 e conta a história de um inventor que ao ver sua noiva morrer assassinada inventa uma máquina do tempo para voltar no passado e salvar sua noiva. Mas acaba descobrindo que não seria possível alterar o passado e começa a viajar no tempo tanto para o presente quanto para o passado.

As situações que ocorrem no filme são todas fantasiosas e sem nenhum rigor com a realidade científica que envolvem os acontecimentos. Por isso, a apresentação do filme é uma estratégia utilizada para tentar despertar nos alunos a curiosidade sobre a viagem no tempo, que além de ser um dos conteúdos do bimestre, por se tratar de um assunto intrigante, foi utilizado como forma de incentivar a busca do conhecimento científico necessário para explicar tal fato.

A apresentação de um filme também tem a intenção de evitar que algum aluno pudesse não ter nenhum conhecimento prévio sobre o assunto. Assim, eles criariam suas próprias ideias sobre a viagem no tempo sem serem influenciados.

5º Momento

O quinto momento terá como objetivo averiguar os conhecimentos prévios dos alunos a respeito dos conceitos de Velocidade Limite, Velocidade da Luz, Espaço e Tempo, Relatividade Restrita, Viagem no Tempo e descobrir qual a familiaridade dos alunos com Einstein.

Para esse momento, será aplicado um questionário em sala de aula através do aplicativo Socrative, dividido em duas seções, cada uma com um texto auxiliar, seguindo o mesmo princípio do primeiro questionário prévio aplicado.

A divisão do questionário em duas seções foi uma escolha do autor para facilitar a elaboração dos textos de apoio, que como no primeiro questionário vão servir como uma estratégia para aproximar as questões da realidade dos alunos, já que os textos serão elaborados a partir de elementos do cotidiano dos alunos.

O primeiro texto intitulado “O saltador de Pipa em Marte” conta a história de “Balai”, um menino que em um dia de muito tédio vai até Marte soltar pipa, pois lá havia ótimos ventos, mas sua viagem em alta velocidade alterou a hora no seu relógio e ele acabou se atrasando para a escola no dia seguinte.

Para trazer o texto para a realidade dos alunos, o personagem “Balai” é o apelido de um dos alunos da 1ª Série do Ensino Médio. Esse aluno é muito brincalhão e conhecido de todos os alunos, sendo assim, mesmo os alunos de outras turmas saberiam de quem se tratava.

Além do personagem, fazerem uma alusão aos colegas de turma foram usados alguns elementos do cotidiano dos alunos com algumas mudanças para dar um ar descontraído na história, como por exemplo, “Carioca’s Garden” que é o nome do bairro onde se localiza a escola em inglês. A “lagoa”, que se localiza no final da rua da escola e é comumente utilizada para se referir a um lugar ruim para se morar. O “Cartão do Cidadão Galáctico” faz uma alusão ao “Cartão do Cidadão”, um projeto de subsídio das passagens municipais oferecido pela Prefeitura Municipal.

Foi usado também algumas práticas comuns entre os alunos como soltar pipa e pular o muro para entrar atrasado na escola, mesmo depois de ter fechado o portão.

O texto, apesar de apresentar uma história absurda para nossa realidade atual, foi elaborado de forma a contemplar os conceitos físicos que se queria investigar com o questionário.

O enredo segue a história de um aluno que viajou em velocidade, próxima a da luz, para Marte e ao voltar seu relógio estava atrasado em relação aos relógios da Terra. Desta forma, o texto apresenta a ideia da velocidade da luz como limite da natureza e a concepção de tempo relativístico.

Abaixo segue o texto Saltador de Pipa em Marte.

Soltador de Pipa em Marte

Em um futuro muito distante, mais precisamente no ano de 2222, onde, com todos os avanços tecnológicos, as viagens espaciais eram bem comuns em naves, que viajavam em altas velocidades. Nesse futuro distante, um belo dia de domingo, Balai, um aluno de uma escola no Carioca's Garden, já estava cansado da beira da lagoa (lugar onde ficava sua casa). Lá nada acontecia, o tempo parecia passar devagar quase parando. Nesse dia, ele resolveu dar um passeio rapidinho ali em Marte, pois ficou sabendo que lá tinha um ventinho da hora para soltar pipa. Resolvido, pegou seu “Cartão do Cidadão Galáctico”, um cartão super especial que dava descontos nas viagens dentro do Sistema Solar e foi para a estação espacial “Beira-Rio”, e pegou seu ônibus espacial de alta velocidade. Ao chegar na estação localizada em Marte havia um aviso bem grande que dizia: “NÃO SE ATRASE! LEMBRE-SE SEMPRE DE AJUSTAR A HORA DE SEU RELÓGIO APÓS A VIAGEM”. Alguém do seu lado reclamou que estava cansado de ter que ajustar o relógio toda vez que fazia uma viagem em velocidade próxima a da luz. Como Balai era um à toa, foi soltar a sua pipa e não ajustou seu relógio. Depois de perder sua pipa em uma tempestade de areia, ele voltou para casa muito bravo, e chegando no terminal “Beira Rio”, ele ignorou novamente o aviso: “NÃO SE ATRASE! LEMBRE-SE SEMPRE DE AJUSTAR A HORA DE SEU RELÓGIO APÓS A VIAGEM” e foi para casa triste sem sua pipa. Na manhã seguinte, levantou e foi para a escola fazer sua recuperação de Física, pois apesar de o professor ser um dos melhores professores de Física da galáxia, Balai não se dedicava aos estudos e se não passasse na recuperação iria perder de ano. Chegando lá deu de cara com o portão fechado. Ele estava atrasado!!!! Olhou para o seu relógio e falou com a diretora que ainda não tinha dado a hora de fechar o portão, mas a diretora mostrou a hora correta e ele lembrou que não ajustou seu relógio depois da

viagem. Como nesse futuro distante, a escola tinha instalado um sistema avançadíssimo para prevenção de “puladas de muro” Balai voltou a casa triste, pois perdeu de ano e principalmente sua pipa.

Com base neste texto foram elaboradas cinco questões para averiguar os conhecimentos prévios dos alunos a respeito de Velocidade Limite, Velocidade da Luz, Tempo e Tempo Relativístico.

Questão I - Quanto você considera ser uma alta velocidade?

Questão II - Nas nossas estradas, sempre existe um limite de velocidade determinado pelos órgãos responsáveis, acima da qual você pode ser multado. No espaço não existe guarda de trânsito para multar ninguém (óbvio!). Então, poderíamos viajar em qualquer velocidade!?!? Ou será que há um limite de velocidade também na natureza? Fale o que você pensa sobre este assunto.

Questão III - Você já ouviu falar em velocidade da luz? Sabe quanto vale?

Questão IV - Para afirmar que Balai estava entediado, o autor diz o seguinte: “nada acontecia, o tempo parecia que não passava”. O que é o tempo para você?

Questão V - Na história de Balai, a viagem em alta velocidade, por algum motivo, causou o atraso de seu relógio, você acha que isso poderia ocorrer de verdade, no mundo real?

O segundo texto tem o título “O querido Professor de Física” e é uma adaptação de um caso muito famoso quando se trata de Relatividade Restrita que é o paradoxo dos gêmeos, no qual é mostrada a dilatação do tempo, no caso de uma viagem com velocidade próxima a da luz.

Nessa história, são usadas como personagens principais duas alunas gêmeas de uma das turmas e o professor de Física. No texto, uma aluna que possui uma irmã gêmea é escolhida pelo professor para fazer uma viagem interestelar, enquanto sua irmã fica na Terra esperando sua volta. Quando ela retorna, percebe que a irmã que ficou na Terra estava mais velha que a irmã que foi.

O texto foi escrito de forma bem cômica e tentando trazer o paradoxo dos gêmeos para um contexto que os alunos pudessem se identificar, dentro do possível, promovendo um interesse maior em ler o texto e refletir sobre o assunto.

Na história, quando o professor está escolhendo qual aluno vai ganhar a viagem são feitas alusões a alunos e suas características. As alunas gêmeas, das quais uma é

escolhida, são baseadas em duas gêmeas da turma 1001 e o nomes das personagens são muito parecidos com os das alunas, apenas com a primeira letra trocada, justamente para que os alunos percebessem que se tratava das duas colegas.

Para fazer uma brincadeira com os alunos, o professor também aparece na história sendo o tempo todo bajulado, como se fosse o melhor professor. Inclusive o título não tem ligação com a ideia central do texto, foi apenas mais uma bajulação feita ao professor.

O Querido Professor de Física

Em um colégio chamado Penta Ferreira, havia um professor de Física que todos os alunos adoravam. Ele era legal, simpático, engraçado, bonito, cantava muito bem e ainda era muito inteligente, tão inteligente que era conhecido com o Mago da Física. Resumindo... O Melhor professor que o Penta Ferreira já teve (Obs.: Apesar de muita semelhança com o seu professor de Física, este professor é um personagem de ficção e as semelhanças são meras coincidências). Esse professor legal, simpático... e tudo mais de bom que um professor pode ser, também era muito esperto e conseguiu uma vaga para que um de seus alunos fizesse uma viagem interestrelar, a primeira feita pelo Homem. Como ele conseguiu a vaga é um mistério.

Conseguida a vaga, era a hora de escolher o aluno que iria ser a cobaia na viagem. Pensou em escolher a Bebeta, mas como ela era uma das poucas alunas que prestava atenção nas suas aulas, preferiu que ela não fosse. Pensou em uma outra aluna que ele não gostava muito, pois se acontecesse algum acidente ficaria mais tranquilo, mas como nunca lembrava o nome dela, deixou para lá. Tinha também um sujeito com uma mecha branca no cabelo, tipo mutante do X-MEN, mas ele podia ser um velho de cabelo branco, que mentiu sua idade para estudar no Ensino Médio, e velho não serviria, ainda mais se fosse vovozinho. Pensou então em duas alunas gêmeas que o deixava um pouco chateado porque elas poderiam estudar mais e ficavam de hora na sala. Mas qual das duas escolher? Ele usou então um método muito eficiente e amplamente utilizado para várias situações em que uma escolha fosse necessária, chamado “mamãe mandou”. Aplicando o método, a escolhida foi Bibiane. Escolha feita Bibiane entrou na nave de última geração, que viajava a 85 % da velocidade da luz e sua irmã ficou aqui na Terra a sua espera. O professor não disse que a viagem demoraria tanto e 10 anos depois volta Bibiane. Para a surpresa de todos Bibiane não estava muito mais parecida com Bibiam, sua irmã que havia ficado na Terra. E surpresa maior ainda foi quando Bibiane ficou sabendo que se

passaram 10 anos desde que ela se foi, mas dentro da nave haviam passado apenas 5 anos e que agora Bibiane era 5 anos mais nova que Bibian, ou seja, ela viajou 5 anos para o futuro!!!!. O professor vendo tudo deu uma risada muito satisfeito e saiu dizendo que a Teoria de Einstein estava ainda mais comprovada e ninguém entendeu nada, talvez por ele ser mago, tivesse feito uma mágica. (Obs.: Final horrível, mas é domingo acabou a paciência e a criatividade e eu quero jogar *Super Mario World*).

A partir do texto, foram elaboradas duas questões a fim de averiguar o que os alunos pensavam sobre a viagem no tempo e a Relatividade Restrita.

Questão I - Você acha que na vida real, alguém poderia viajar no tempo como Bibiane fez?

Questão II - Você conhece alguma teoria da Física que explique o que ocorreu com Bibiane? Se sim, qual?

6º Momento

O sexto momento terá como objetivo fazer com que os alunos se familiarizem com o grande físico teórico Albert Einstein, o principal personagem do bimestre e sua teoria da Relatividade Restrita.

Seguindo o currículo mínimo, que propõe que umas das Habilidades e Competências do bimestre seja “Compreender o conhecimento científico como resultado de uma construção humana, inserido em um processo histórico e social” (RIO DE JANEIRO, 2012, p. 5), esse trabalho tem a intenção de mostrar para os alunos quem foi Einstein, como foi sua vida e em qual contexto ele viveu.

Por coincidência, no mesmo período em que o material estava sendo aplicado, uma aluna fez um meme⁵, onde o professor de Física e autor deste trabalho foi colocado em comparação com Einstein. O meme foi um sucesso, dos alunos até a direção todos haviam visualizado o meme, mas muitos alunos não o entenderam muito bem, por não saber quem era o cientista com quem o professor havia sido comparado.

⁵ A expressão **meme de Internet** é usada para descrever um conceito de imagem, vídeos, gifs e/ou relacionados ao humor, que se espalha via Internet. O termo é uma referência ao conceito de memes, que se refere a uma teoria ampla de informações culturais criada por Richard Dawkins em seu *best-seller* de 1976, o livro *The Selfish Gene* ou "*O Gene Egoísta*".
Fonte: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Meme_\(Internet\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Meme_(Internet)). Acessado em: 18 de fev. 2018.

Figura 76 - Meme do Professor criado pela aluna



Fonte: <https://www.facebook.com>

Essa situação vivenciada pelos alunos serviu de partida para o enredo do trabalho sobre Einstein.

O enredo do trabalho foi elaborado em forma de quadrinho como a primeira apostila, para seguir o estilo descontraído e chamativo. O material foi elaborado para ser distribuído aos alunos no formato PDF, através dos celulares ou e-mails e servirá como um roteiro para a pesquisa sobre Einstein.

Nesse material o ajudante Amanco, o Professor e o Detetive fazem parte da trama desenvolvida, com o qual no final os alunos serão encaminhados para fazerem uma pesquisa afim de ajudar a desvendar o mistério de quem é Einstein.

Na pesquisa direcionada, proposta no trabalho, os alunos deverão pesquisar sobre a formação de Einstein, suas contribuições para a ciência e sua participação em eventos históricos como a invenção da bomba atômica. Dessa maneira, o aluno poderá perceber que o conhecimento científico não está limitado aos laboratórios, mas está inserido no nosso contexto histórico e social.

Para evitar que os alunos pesquisem em qualquer site, podendo muitas vezes obter informações incompletas ou até mesmo equivocadas para esse trabalho, os sites e o vídeo que servirão como fonte para a pesquisa foram previamente escolhidos e analisados pelo

professor. Os links foram adicionados no trabalho e os alunos poderão acessar os conteúdos clicando nos ícones dos respectivos sites.

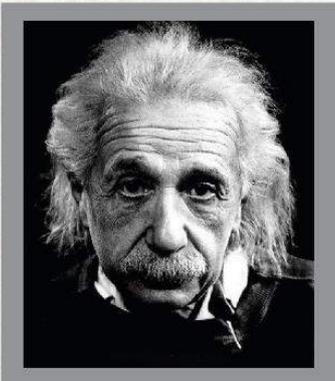
Foram selecionadas quatro fontes de pesquisa. Dois sites com informações sobre a biografia de Einstein, um com o foco mais nos trabalhos e outro na vida pessoal. Foi selecionado também um terceiro site com informações sobre o ano miraculoso e um vídeo que apresenta a relação entre a Teoria da Relatividade e a viagem no tempo.

Após a pesquisa eles deverão responder a um questionário pelo Google formulário, cujo *link* também se encontra no trabalho, podendo ser acessado clicando na prancheta, como mostra a imagem abaixo.

Figura 17 - Pesquisa orientada presente na apostila

INVESTIGADO

NOME: Albert Einstein
IDADE: Falecido
PROFISSÃO: Físico
ESTADO CIVIL: ?????
LOCAL NASCIMENTO: ?????
REALIZAÇÕES: ?????



INFORMAÇÕES:

Segue abaixo links com as informações relevantes sobre o inves-
 tigado Albert Einstein.
 Leia com atenção todas as informações contidas nas páginas desses
 documentos e depois, na próxima página responda o questionário
 informando o que você descobriu sobre Einstein.
 Espero que as informações sejam suficientes... Att!!

	<u>NOME: CIÊNCIA HOJE</u> <u>INFORMAÇÃO: Site</u> <u>com informações so-</u> <u>bre o Ano Miraculoso</u>		<u>NOME: HISTORY CHANNEL</u> <u>INFORMAÇÃO: Site com a</u> <u>biografia resumida de</u> <u>Einstein.</u>
	<u>NOME: GLOBO CIÊNCIA</u> <u>INFORMAÇÃO: Site com</u> <u>informações sobre a</u> <u>vida de Einstein.</u>		<u>NOME: HISTORY CHANNEL</u> <u>INFORMAÇÃO: Vídeo com</u> <u>informações sobre a teo-</u> <u>ria da Relatividade e a</u> <u>Viagem no tempo.</u>



Gostei dessa letra!! sublinhado é mais
maneiro ainda.
 Depois que você ler todas as
 informações nos sites a cima é
 hora de nos contar o que você sabe.
 Acesse o link ao lado para fazer sua
 tarefa. Att!!!!





Atividade
II



designed by freepik.com

Fonte: Elaborado pelo autor.

A atividade será realizada extraclasse e para averiguar se os alunos pesquisaram os sites e o vídeo indicados foram elaboradas oito questões a partir de informações específicas contidas nos mesmos. As questões são sobre a vida pessoal e profissional de Einstein.

7º Momento

O sétimo momento tem como objetivo “Compreender que o tempo e o espaço são relativos devido à invariância da velocidade da luz” e “Reconhecer o tecido espaço-tempo sendo o tempo a quarta dimensão” (RIO DE JANEIRO, 2012, p. 5).

Para este momento, o material preparado segue os mesmos princípios dos demais. Foi elaborado em forma de quadrinho para ser distribuído no formato PDF através dos smartphones ou e-mail dos alunos.

O material serviu de apoio para as aulas expositivas do professor, num total de quatro aulas e para uma atividade sobre o espaço-tempo.

Além dos personagens usados nas apostilas anteriores, acrescentou-se mais um personagem, o *Speed Light*. Ele é o representante de Einstein e suas teorias.

Figura 8 - Personagem *Speed Light*



Fonte: <https://br.freepik.com/>

A motivação usada para que os alunos despertem interesse em aprender a Relatividade restrita é a história “O Querido Professor de Física”, presente no

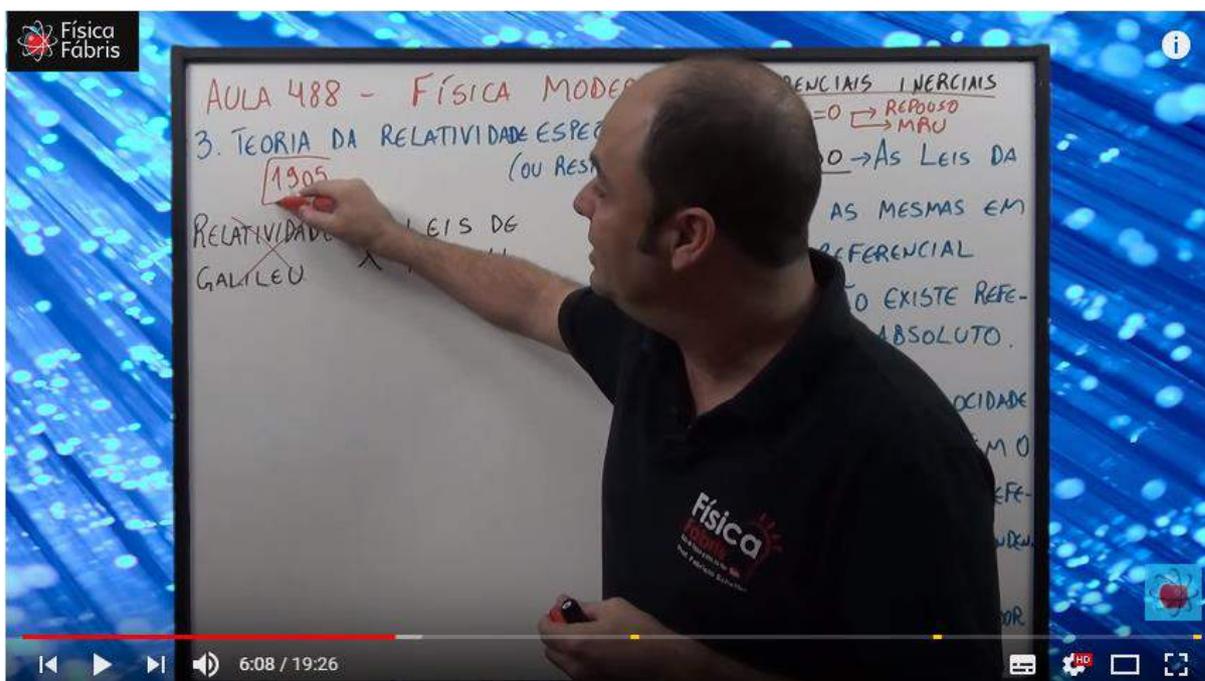
questionário prévio aplicado para os alunos. Os personagens relembram a história e chamam a atenção dos alunos para descobrirem como seria possível viajar no tempo.

A partir daí, a apostila começa mostrando que o eletromagnetismo apresentava uma falha por não manter a sua validade em todos referenciais inerciais e na tentativa de buscar essa validade que Einstein propôs sua teoria da Relatividade Restrita.

Depois de apresentar os dois postulados de Einstein, são apresentadas as consequências de tais postulados, e são disponibilizados dois *links* para serem acessados pelos alunos em horário extraclasse.

Um desses links direcionam os alunos para uma videoaula do canal no Youtube **Física Fábris**. Esta videoaula apresenta uma explicação detalhada de todos os conceitos estudados até então na sala de aula. As videoaulas além de darem mais autonomia aos alunos que podem estudar a hora que quiserem, sem a necessidade de o professor estar presente, também apresenta uma forma diferente de explicação, com novas abordagens e pontos de vista, contribuindo para a aprendizagem do aluno.

Figura 19 - Print da videoaula Teoria da Relatividade Restrita ou Especial Postulados Física Moderna Aula 488



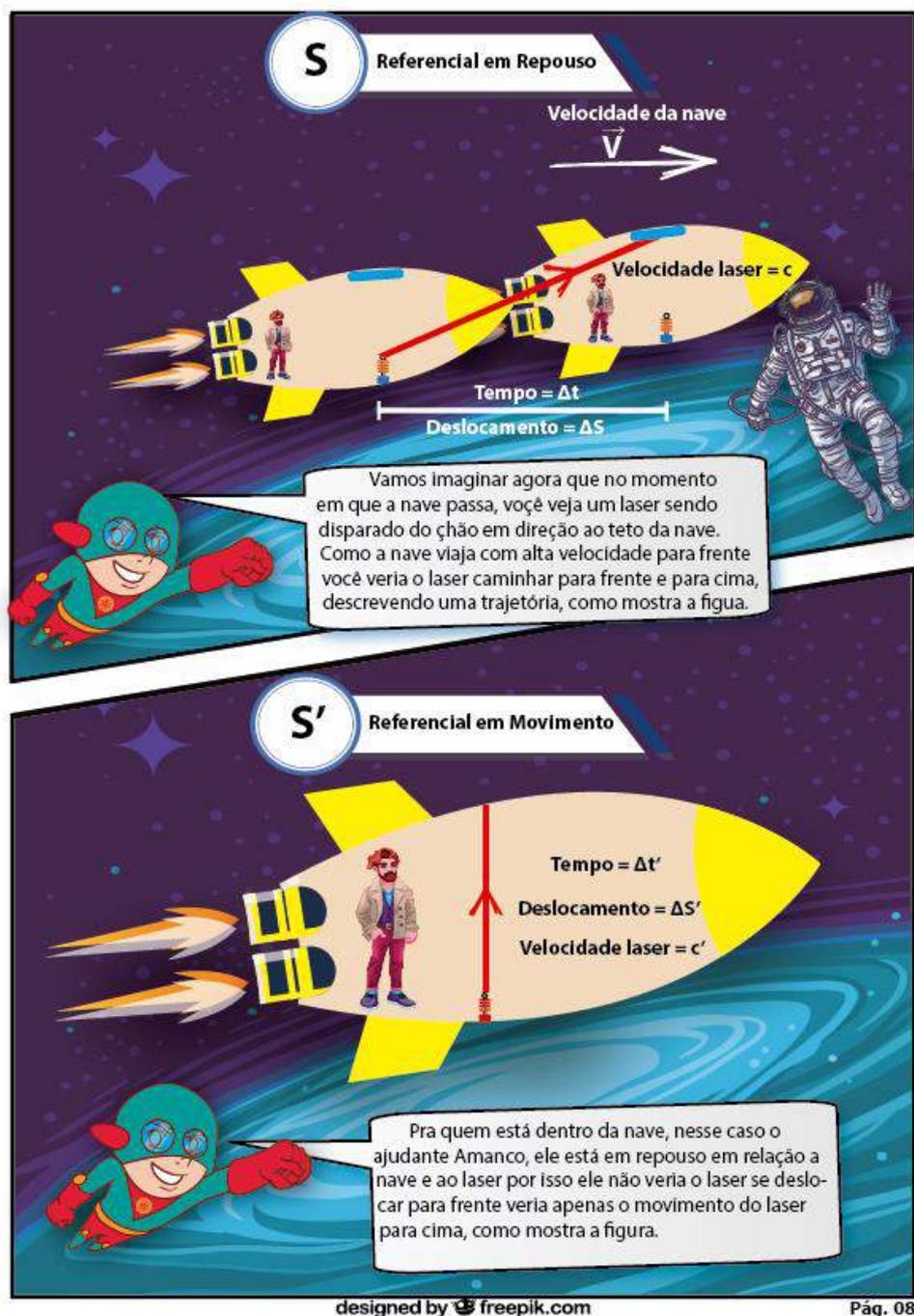
Fonte: Youtube.com⁶

⁶ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GW4ReqDaoiw&index=6&list=PLdAOpXqXrqQHTR8bg1WkV7enqBnmqL4f&t=6s>; Acessado em: 03 de Ago. 2017.

O segundo link direciona para o site da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que traz informações sobre os postulados de Einstein e o experimento de Michelson e Morley. Para apresentar a consequência sobre a invariância da velocidade da luz, foi elaborado um exemplo de um laser sendo disparado dentro de uma nave em alta velocidade e observado de dois referenciais inerciais distintos, dentro da nave e fora da nave.

Neste caso, os referenciais e todos os dados pertinentes para a posterior análise matemática são apresentados na imagem.

Figura 20 - Exemplo para dedução da dilatação do tempo



Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir desse caso, são feitas todas as considerações e análises matemáticas para se chegar na dedução da equação matemática que relaciona o tempo dilatado com o tempo próprio e o fator de Lorentz.

Retomando a história das gêmeas Bibiam e Bibiane, são feitos os cálculos para determinar qual seria a diferença de idade entre elas, após uma delas ter feito uma viagem interestrelar em uma nave com velocidade bem próxima a da luz.

Como citado anteriormente, esse material propõe apresentar a Relatividade Restrita explorando o limite da Mecânica Clássica. Mostrando que as teorias de Einstein configuram um novo modelo explicativo e uma nova visão do nosso mundo satisfazendo o currículo mínimo do Estado, que estabelece como uma das habilidades “compreender que a Teoria da Relatividade constitui um novo modelo explicativo para o universo e uma nova visão de mundo” (RIO DE JANEIRO, 2012, p. 5). Para isso, a apostila traz dois cálculos muito importantes para se chegar a ideia do limite de validade da Mecânica Clássica.

Através do cálculo da dilatação do tempo, na velocidade da luz e em uma velocidade baixa, é possível mostrar que na velocidade da luz o tempo tem sua dilatação máxima e não passaria. Já para baixas velocidades, a dilatação é tão pequena que pode ser desconsiderada com uma aproximação de várias casas decimais, mostrando assim que a Mecânica Clássica não está incorreta, apenas possui um limite de validade. Nesse caso, para ela é válida para baixas velocidades.

Nos cálculos para dilatação do tempo em baixa velocidade, é utilizado um valor baixo se comparado com a velocidade da luz, mas alto se comparado com as velocidades do nosso cotidiano para que os alunos percebam por que não observamos a dilatação do tempo em situações normais do cotidiano.

Para contextualizar e mostrar a importância da Relatividade Restrita na vida dos alunos, no material é proposto um trabalho no qual os alunos deverão fazer uma pesquisa e apresentar três aplicações práticas da Relatividade Restrita. Para facilitar e instruir foram selecionados dois links para pesquisa, que mostram a relação entre o GPS e a Relatividade, restando para os alunos encontrarem mais duas.

Um *link* direciona os alunos para assistirem ao vídeo Relatividade e o GPS, disponível no *Youtube* e o outro leva ao site Saber Atualizado, que apresenta a explicação de como o GPS é corrigido pela Relatividade. Após a pesquisa, os alunos deverão informar sua pesquisa através do Google Formulário.

Figura 21 - *Print* do vídeo Relatividade e o GPS

Fonte: Youtube.com⁷

Ainda seguindo o Currículo, através do mesmo exemplo utilizado para deduzir a equação para a dilatação do tempo é feita a dedução da equação para a contração do espaço, cumprindo assim o objetivo de apresentar o espaço e o tempo relativos devido à invariância da velocidade da luz (RIO DE JANEIRO, 2012, p. 5).

8º Momento

Para “Reconhecer tecido do espaço-tempo sendo o tempo a quarta dimensão” (RIO DE JANEIRO, 2012, p. 5), foi proposta uma pesquisa guiada como já havia sido feito no trabalho sobre Einstein.

A princípio, é apresentada uma história com tom romântico envolvendo o espaço e o tempo. Nessa história, o espaço e o tempo, apesar de terem nascido um para o outro, são separados por Newton e Galileu, mas Einstein aparece para mudar essa história.

Em seguida, são apresentados alguns links que servirão como fontes para a pesquisa. Esses links direcionarão os alunos a conteúdos que exploram a relação entre o

⁷ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6KYNmzdcCUg&index=9&list=PLdAOpXqXrqQHtR8bg1WkV7enqBnmqL4fF>; acessado em: 02 de Ago. 2017.

espaço e o tempo depois de Einstein, mostrando o que é e como funciona a ideia do tecido do espaço-tempo criado por Einstein.

No final da pesquisa, os alunos deverão responder algumas perguntas para verificar se a pesquisa foi feita corretamente, e a partir da pesquisa, elaborar um final para a história romântica entre o espaço e o tempo.

9º Momento

O último momento proposto nesse material servirá para averiguar o nível de aprendizagem alcançados pelos alunos, através de uma atividade com questões que abordassem todos os conceitos físicos presentes na apostila.

Essa atividade composta de doze questões de múltipla escolha, dentre elas questões de elaboração própria e algumas adaptações de vestibulares e do ENEM, seria a avaliação final do bimestre e será feita pelos alunos em dupla na sala de aula, através do aplicativo Socrative.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D.P. Educational Psychology: a cognitive view, New York: Holt Rinehart and Winston, 685p., 1968.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2017.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de Física. Vol. 4. 9 ed. Traduzido por Ronaldo Sérgio de Biasi. Editora LTC, 2012. 400p.

MOREIRA, Marco A.; MASINI, Elcie F. Salzano. Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel. São Paulo: Editora Moreira LTDA, 1982. Disponível em: <https://feapsico2012.files.wordpress.com/2016/11/moreira-masini-aprendizagem-significativa-a-teoria-de-david-ausubel.pdf>. Acessado em 12 de fev. 2018.

MOREIRA, Marco A., CABALLERO, M.C. e RODRÍGUEZ, M.L. (orgs.) (1997). Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo. Burgos, España. p. 19-44.

NOVAK, J.D. Uma Teoria de Educação. São Paulo: Pioneira. Tradução de M.A. Moreira do original A Theory of Education. 1980.

RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado de Educação. Currículo Mínimo Física, 2012. Disponível em: www.conexao professor.rj.gov.br/curriculo_aberto.asp. Acesso em: 28 maio 2013.