APÊNDICE A – PRODUTO DIDÁTICO

Unidade de Ensino Potencialmente Significativo para o Ensino da Relatividade Especial no Ensino Médio

Uma Abordagem com Auxílio de Recursos Digitais

José Edson Reinert

designed by freepik.com

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS BLUMENAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)

José Edson Reinert

UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO PARA O ENSINO DA RELATIVIDADE ESPECIAL NO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM COM AUXÍLIO DE RECURSOS DIGITAIS

Blumenau
2020

José Edson Reinert

UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO PARA O ENSINO DA RELATIVIDADE ESPECIAL NO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM COM AUXÍLIO DE RECURSOS DIGITAIS

Produto Educacional submetido ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de mestre em ensino de física.

Orientador: Prof. Daniel Almeida Fagundes, Dr.

Blumenau

2020

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO 5
2. UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO (UEPS) 6
3. OBJETIVOS 7
4. SEQUÊNCIA 8
4.1. TÓPICOS A SEREM ABORDADOS 8
4.2. SITUAÇÃO INICIAL 9
4.3. SITUAÇÃO-PROBLEMA 10
4.4. APRESENTAÇÃO DOS CONTEÚDOS 11
4.4.1. Introdução dos Aspectos Físicos 11
4.4.2. Relatividade Galileana x Relatividade Especial 12
4.4.3. Simultaneidade 13
4.4.4. Dilatação Temporal 14
4.4.5. Contração do Comprimento 16
4.4.6. Energia Relativística 17
4.5. NOVA SITUAÇÃO-PROBLEMA 18
4.6. AVALIAÇÃO SOMATIVA INDIVIDUAL 19
4.7. AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM 20
4.8. AVALIAÇÃO DA UEPS 21
5. MATERIAIS DE APOIO 22
5.1. MATERIAL DE APOIO I – SONDAGEM DE SUBSUNÇORES 22
5.2. MATERIAL DE APOIO II – O TELETRANSPORTE DE STAR TREK 26
5.3. MATERIAL DE APOIO III – VÍDEO INTRODUTÓRIO 29
5.4. MATERIAL DE APOIO IV – A VIAGEM DOS MÚONS 31
5.5. MATERIAL DE APOIO V – FISSÃO NUCLEAR 39
5.6. MATERIAL DE APOIO VI – AVALIAÇÃO SOMATIVA INDIVIDUAL 46
5.7. MATERIAL DE APOIO VII – AVALIAÇÃO DA UEPS 51
BIBLIOGRAFIA 54

1. APRESENTAÇÃO

Caro(a) Professor(a),

Esta Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) é um produto educacional exigido como requisito para obtenção do grau de mestre do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) e fruto do trabalho desenvolvido na dissertação ***"Unidade de Ensino Potencialmente Significativo para o Ensino da Relatividade Especial no Ensino Médio: Uma Abordagem com Auxílio de Recursos Digitais"***.

É uma grande satisfação poder proporcionar a você educador uma ferramenta que julgo extremamente valiosa para o ensino da Relatividade Especial. Após a primeira aplicação, esta UEPS passou por um processo de validação para que pudesse lhe proporcionar o melhor resultado possível. Porém lembre-se que cada sala de aula apresenta uma realidade diferente, como alunos com níveis diferentes de conhecimento e é você o responsável por fazer qualquer ajuste final, se for necessário.

Este produto tem o objetivo de ser um norteador para o professor no processo de aprendizagem significativa. Buscamos estabelecer e fortalecer subsunçores nos alunos para que se possa construir o conhecimento em cima deles. São nesses vínculos tão importantes que a aprendizagem se torna efetiva e significativa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Finalmente desejo a você uma ótima experiência em sala de aula e que esta UEPS seja tão enriquecedora para você e seus alunos como foi para mim.

José Edson Reinert

2. UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO (UEPS)

O que são UEPS? Essa é a questão que pretendemos responder nesta sessão, assim você, professor, poderá compreender a importância de cada item que a constitui.

UEPS se baseiam nos referenciais teóricos de ensino significativo, são sequências de ensino que tem a potencialidade de ser significativas e relevantes para o aluno, as quais podem levar à absorção de conceitos ou tópicos específicos de um ou mais conteúdos escolares.

Estas UEPS buscam evitar a aprendizagem mecânica e estimular a pesquisa dentro de sala de aula, fazendo do aluno um membro ativo de todo o processo. Elas introduzem os subsunçores, conhecimentos mais gerais que podem ser ligados a outros mais específicos criando uma rede hierarquizada que facilita ao aluno chegar aos conhecimentos mais específicos. Diferentemente de sequência de ensino tradicional, as UEPS não se baseiam na narrativa do professor, por isso elas influenciam diretamente na didática do professor e na forma como os alunos estão habituados a "aprender".

As UEPS possuem estruturas específicas, sendo elas:

(1) Seleção dos tópicos a serem abordados

(2) Situações iniciais: Deve-se fazer com que os alunos externalizem seus conhecimentos acerca do assunto que está sendo tratado.

(3) Situações-problema: Considerando a sondagem nas situações iniciais, essas situações devem ser introdutórias e apresentar algum dos tópicos que se deseja trabalhar.

(4) Apresentação dos conteúdos: É o momento de apresentar formalmente os tópicos que se deseja trabalhar. Para tanto, faz-se uso dos mais diversos materiais educativos.

(5) Novas situações-problema: Após explanar sobre os tópicos é hora de apresentar uma nova situação, com um nível de complexidade maior.

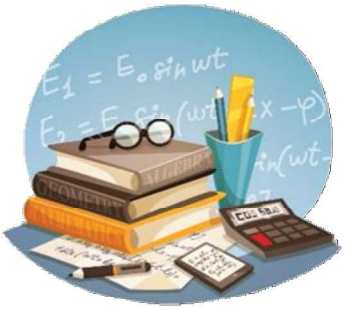
(6) Avaliação somativa individual: Essa avaliação é realizada com questões que permitam ao aluno expor o que conseguiu absorver ao longo do processo acessando seus subsunçores[1].

(7) Avaliação da aprendizagem: Ocorre ao longo do processo, verificando cada contribuição que o aluno apresenta.

[1] Subsunçores são, dentro da teoria de aprendizagem significativa, conceitos mais gerais servem de base para a ligação com conceitos mais específicos levando a uma assimilação mais efetiva.

(8) Avaliação da UEPS: Esta avaliação tem o objetivo de mostrar os pontos onde a UEPS obteve sucesso e ao mesmo tempo pontos onde falhou, permitindo ao professor modificá-la para que o processo se torne o mais significativo possível.

Utilizando-se da estrutura da UEPS, apresentamos a seguir a proposta para se trabalhar Relatividade Especial.



Dica Extra!

Se você quer saber mais detalhes sobre as UEPS e sua estrutura, consulte a dissertação que deu origem a esse material: ***"Unidade de Ensino Potencialmente Significativo para o Ensino da Relatividade Especial no Ensino Médio: Uma Abordagem com Auxílio de Recursos Digitais".***

Sugestão de Leitura

O desenvolvedor das UEPS é o **Profº.Dr. Marco Antonio Moreira**, portanto sugiro a leitura do artigo apresentado por ele como uma leitura complementar.

3. OBJETIVOS

- Apresentar a Relatividade Especial.
- Compreender dilatação do tempo.
- Analisar a contração do comprimento.
- Estabelecer a relação entre massa e energia.
- Criar pontes entre conceitos subsunçores e novos conhecimentos.

4. SEQUÊNCIA

Considerando o assunto que visa ser abordado nesta UEPS, os itens que compõe a estrutura característica dela, que foi exposta anteriormente, são elaborados da seguinte maneira:

4.1. TÓPICOS A SEREM ABORDADOS

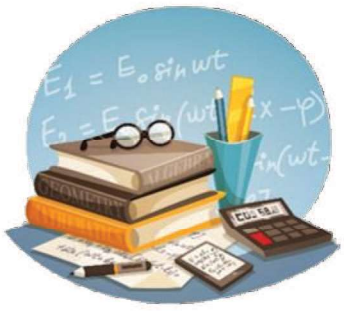
Para iniciar a aula serão apresentados os tópicos:

- Relatividade Especial
- Relatividade nos Intervalos de Tempo
- Relatividade do Comprimento
- Energia Relativística

Ao apresentar os tópicos a serem abordados deve-se também apresentar objetivos desta UEPS.

Toda a sequência será apresentada com o auxílio da apresentação de slides disponível no link https://is.gd/Apresentacao (Este material encontra-se dividido de acordo com cada item que compõe esta UEPS).

Acesse via QR Code - Apresentação



Dica Extra!

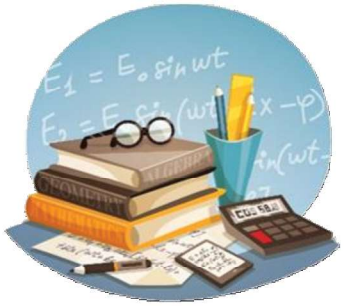
Caro(a) Professor(a), tome cuidado como o uso de apresentações de slides, pois existe uma linha tênue que ao ser ultrapassada pode transformar sua UEPS num método tradicional de ensino. Neste trabalho, a apresentação serve apenas como um norteador para indicar cada nova atividade que se inicia.

Tempo Previsto
1ª Aula
5 minutos

4.2. SITUAÇÃO INICIAL

Deve-se propor aos alunos, que de forma individual, realizem a atividade de sondagem de subsunçores a fim de verificar se existe algum conhecimento que eles associam à Relatividade Especial.

Todas as respostas serão anotadas para que posteriormente se possa fazer uma análise delas. Neste momento o interessante é deixar que os alunos escrevam e falem o que pensam sobre o assunto para que esses conceitos possam ser refinados futuramente e vinculados a subsunçores.



Dica Extra!

• Uma sugestão interessante é criar com os alunos um Diário de Bordo, assim eles podem manter registrado todas as situações trabalhadas bem como expressar suas opiniões para posterior avaliação. Com o diário como um instrumento de registro da experiência pedagógica pode-se verificar a evolução dos argumentos dos alunos ao longo da UEPS.
• Outra estratégia que pode ser utilizada é criar um mapa conceitual. Ele pode ser desenvolvido na Situação Inicial e posteriormente a Apresentação dos Conteúdos, assim possibilitando a verificar a evolução dos argumentos.

O desenvolvimento desta etapa está roteirizado no **Material de Apoio I** e também está disponível no link https://is.gd/SituacaoInicial.

Acesse via QR Code – Situação Inicial

Tempo Previsto
1ª Aula
40 minutos

4.3. SITUAÇÃO-PROBLEMA

O objetivo desta situação é introduzir a viabilidade de realizar ou não o teletransporte. Para montar esta situação temos como base um trecho da série "*Star Trek: Discovery*". As discussões realizadas a partir deste trecho são apresentadas no **Material de Apoio II** ao final desta UEPS. Você encontra este material através do link https://is.gd/SituacaoProblema.

Acesse via QR Code – Teletransporte de Star Trek

Sugestão de Leitura

Uma dica de leitura interessante para se trabalhar este assunto é o livro A Física de Jornada nas Estrelas de **Lawrence M. Krauss**. Nele você encontra informações adicionais sobre o teletransporte e sobre outras tecnologias apresentadas pela série.

Tempo Previsto
2ª Aula
40 minutos

4.4. APRESENTAÇÃO DOS CONTEÚDOS

Levando em conta os itens anteriores, nesta etapa será feito a apresentação oral dos conteúdos a serem trabalhados. É importante neste momento fazer a retomada dos conhecimentos que os alunos expuseram na sondagem de subsunçores sobre o que eles entendem por Relatividade Especial. A apresentação do conteúdo será realizada de forma dialogada com os alunos visto que alguns conceitos podem trazer a mente outros conhecimentos que eles tenham para compartilhar.

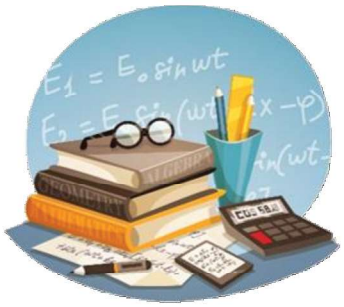
4.4.1. INTRODUÇÃO DOS ASPECTOS FÍSICOS

Para o desenvolvimento desta etapa da sequência é importante solicitar aos alunos que assistam em casa o vídeo Special Relativity: Crash Course Physics #42 (8m58s) que destaca Albert Einstein como responsável por fundamentar a Relatividade Especial através de alguns postulados.

Dica Extra!

O vídeo introdutório se encontra em língua inglesa, porém uma sugestão de modificação para essa situação é que o professor produza os próprios vídeos. Essa ação permite uma aproximação maior entre o conteúdo e os alunos, pela familiaridade com a didática do próprio professor.

Esta preparação é acompanhada do **Material de Apoio III** onde o aluno irá responder a um questionário com o objetivo de fortalecer alguns conhecimentos que podem ser obtidos com este vídeo. Posteriormente os alunos serão instigados a externalizar esses conhecimentos em sala.



Dica Extra!

Professor(a), mesmo que os alunos assistam ao vídeo em casa, é recomendado que no início da 3ª aula, ele seja revisto em sala com toda a turma, assim pode-se realizar alguns comentários, caso necessário, antes de prosseguir com a UEPS.

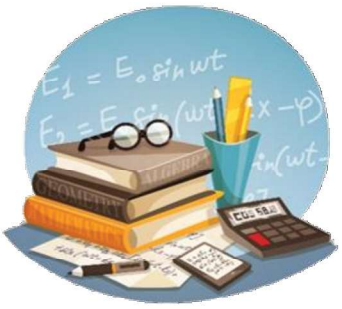
O questionário pode ser encontrado através do link https://is.gd/AspectosIniciais.

Acesse via QR Code - Aspectos Iniciais (Questionário)

Tempo Previsto
2ª Aula
5 minutos

4.4.2. RELATIVIDADE GALILEANA X RELATIVIDADE ESPECIAL

É necessário neste ponto que seja muito bem fundamentado e explorado o conceito de referencial inercial, pois ele é essencial no prosseguimento da UEPS. Utilizando a apresentação de slides, disponibilizada anteriormente, como suporte, podemos apresentar aos alunos o que é de fato a Relatividade. Como o vídeo proposto para ser assistido em casa apresenta uma comparação entre a Relatividade de Galileu e a Relatividade Especial é importante levantar uma discussão com os alunos sobre qual a área de domínio de cada uma.



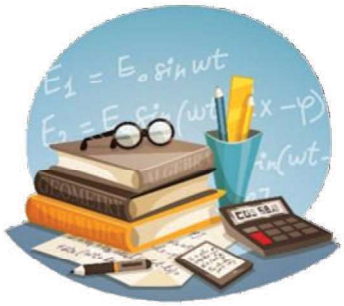
Dica Extra!

• Busque apresentar aos alunos as transformações de Galileu e de Lorentz através de um tratamento matemático. Como sugestão você pode verificar a dissertação que deu origem a esta UEPS.
• Mostre também o porquê de se revisitar a Relatividade Galileana após quase três séculos de sua criação. Você pode criar em conjunto com os alunos uma linha do tempo, ressaltando as contribuições que levaram ao desenvolvimento da Relatividade Especial. Como recurso digital você pode utilizar o site Time Graphics. Outra sugestão de atividade para essa discussão é utilizar a **Experiência de Michelson-Morley**.

Tempo Previsto
3ª Aula
20 minutos

4.4.3. SIMULTANEIDADE

Outro elemento chave que deve ser abordado é a simultaneidade dos eventos. É importante neste momento trazer exemplos de fácil compreensão para que os alunos consigam internalizar este conhecimento. Para estimular o processo de aprendizagem sobre simultaneidade vamos utilizar a simulação criada pelo projeto Física Vivencial. Através deste objeto de aprendizagem pode-se modificar a posição de um observador e verificar a simultaneidade dos eventos.



Dica Extra!

A simultaneidade pode ser trabalhada através de experiências mentais ou práticas, procure utilizar exemplos do cotidiano dos alunos, assim você permite a eles que estabeleçam subsunçores para este conhecimento. Uma sugestão seria posicionar dois alunos em locais diferentes dentro da sala de aula e pedir que um terceiro se movimentasse. Após isto solicite aos dois primeiros alunos que descrevam o que ocorreu. É esperado que os dois não concordem quanto aos eventos de partida e chegada do terceiro.

Tempo Previsto
3ª Aula
25 minutos

4.4.4. DILATAÇÃO TEMPORAL

Depois de explanar sobre a essência da Relatividade Especial vamos abordar a dilatação do tempo, para isso podemos fazer uma análise de um aparente paradoxo da Relatividade Especial: o Paradoxo de Gêmeos.

Para desenvolver esta etapa será utilizado como base o vídeo "Complete Solution To The Twins Paradox" sendo que o mesmo desenvolvimento para a solução do aparente paradoxo será apresentado em sala de aula com o uso do quadro branco, onde o professor irá demostrar a solução. É importante ressalvar que essa abordagem pode ser feita usando qualquer ferramenta, inclusive o quadro branco. Neste momento é importante que o aluno seja instigado a participar.

Dica Extra!

Lembre-se que de acordo com princípio da aprendizagem significativa crítica proposta por Moreira (2017) (Veja a indicação de leitura abaixo), o foco aqui não é no treinamento para repetição, mas sim numa abordagem reflexiva, dialogada e voltada à análise de um problema físico importante. Portanto, neste momento, é essencial que o aluno seja instigado a participar.

Sugestão de Leitura

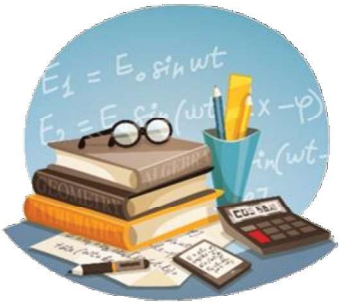
Para saber mais sobre a Aprendizagem Significativa Crítica proposta por Marco Antonio Moreira, sugiro a você a leitura do livro escrito por ele e intitulado **Teorias de Aprendizagem** que teve sua 2ª edição publicada em 2017.

Após explicar a viagem realizada por um astronauta é essencial que possamos generalizar a situação tendo como base o que Einstein chamou de "Hipótese do Relógio" que demostra que em cada instante a dilatação do tempo é afetada somente pelo módulo da velocidade instantânea relativa entre dois referências.

Sugestão de Leitura

Você encontra mais detalhes sobre a Hipótese do Relógio na seção 2.4 do artigo **Dilatação do tempo, referenciais acelerados e o paradoxo dos gêmeos** de autoria de Gabriel B.R.L. de Freitas e André H. Gomes.

Com a generalização podemos apresentar formalmente aos alunos a equação de dilatação temporal retratada no vídeo de apresentação do assunto, além disso, é importante motivar o estudo desse paradoxo em termos da estrutura espaço-tempo.



Dica Extra!

• Lembre-se que anteriormente, na relatividade Galileana, o espaço e o tempo eram trabalhados de forma independente um do outro, mas pela Relatividade Especial eles estão intrinsecamente conectados e é isso que devemos incutir no aluno.
• Não esqueça de sempre apresentar as relações entre o que já foi trabalhado e o que está sendo apresentado. Isso é importante para que os subsunçores se estabeleçam.
• Apresente aos alunos um exemplo de desenvolvimento que os leva a equação da dilatação temporal e ao mesmo tempo como esta equação se reduz a Transformação de Galileu a baixas velocidades.

Tempo Previsto
4ª Aula
45 minutos

4.4.5. CONTRAÇÃO DO COMPRIMENTO

O próximo passo é trazer o diálogo sobre a contração do comprimento. A apresentação da equação associada a esta contração é realizada neste momento.

Utilizando como base o vídeo "Impossible Muons" e o site "A Vida do Múon" (disponibilizado pelo IFGW-Unicamp) para desenvolver esta atividade, será proposto que os alunos investiguem através de um roteiro analítico-investigativo (**Material de Apoio IV**), tanto a dilatação do tempo, já trabalhada com o paradoxo de gêmeos, quanto a contração do comprimento no caminho percorrido por múons (μ) a partir da atmosfera até chegar a superfície da Terra.

Acesse o material pelo link https://is.gd/ViagemdosMuons.

Acesse via QR Code - A Viagem dos Múons

Dica Extra!

• Desenvolva um exemplo para apresentar aos alunos a equação da contração do comprimento, uma sugestão possível está disponível na dissertação que deu origem a este produto. Cabe destacar aos alunos que a contração é real, porém a visualização de um objeto é mais bem explicada pelo efeito Terrell-Penrose.

• Durante a situação-problema sobre os múons é importante que os alunos consigam comparar os resultados obtidos com os resultados esperados caso a Relatividade Especial não fosse válida.

Brasileiro na Ciência!

Professor(a) aproveite esta atividade para destacar o trabalho de um grande cientista brasileiro, **César Lattes**. Ele foi o descobridor de uma nova partícula atômica, o **píon**, sendo que esta, se desintegra na atmosfera formando o múon.

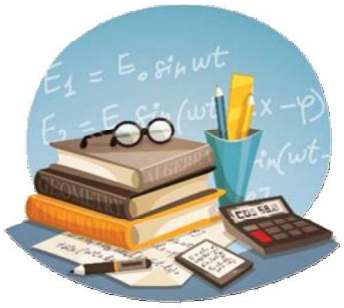
Tempo Previsto
5ª Aula
45 minutos

4.4.6. ENERGIA RELATIVÍSTICA

Após expor a dilatação do tempo e a contração do comprimento vamos falar sobre a relação entre massa e energia.

A introdução deste tópico pode ser feita com a reportagem "Cientistas propõem método para transformar luz em matéria". Depois de mostrar aos alunos a famosa equação $E = m.c^2$ pode-se utilizar o objeto de aprendizagem que relaciona a energia de repouso de alguns corpos com sua estimativa de situação energética equivalente.

Aproveitamos este momento para trazer à tona alguns dos elementos trabalhados na situação-problema sobre o teletransporte, visto que esta situação aborda a possiblidade de transformar massa em energia para seu transporte através do espaço. Esta ligação é fundamental já que se espera que a análise do teletransporte se torne um subsunçor.



Dica Extra!

É importante verificar nesse momento as colocações dos alunos e comparar com as anteriores para ver se houve evolução dos argumentos.

Tempo Previsto
6ª Aula
45 minutos

4.5. Nova Situação-Problema

Após a explanação sobre os principais tópicos que giram em torno da Relatividade Especial os alunos devem ser capazes de seguir uma atividade investigativa sobre o processo de fissão nuclear e sua relação com a energia relativística.

Os alunos poderão avaliar o potencial energético apresentado por esse processo ao comparar com a produção de energia a partir do carvão. O desenvolvimento desta situação é encontrado no **Material de Apoio V**. A atividade deve ser feita de forma individual, porém o desenvolvimento da planilha pode ser feito em grupos devido a limitação de computadores.

Você encontra esta atividade de forma online pelo link https://is.gd/FissaoNuclear.

Acesse via QR Code – Fissão Nuclear

Tempo Previsto
7ª Aula
45 minutos

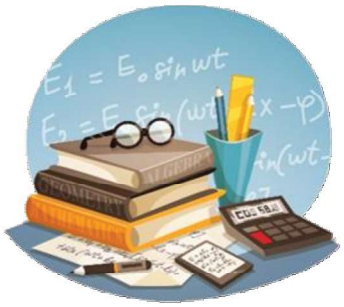
4.6. AVALIAÇÃO SOMATIVA INDIVIDUAL

Será avaliada a aquisição de conhecimento do aluno através de questões abertas envolvendo o conteúdo abordado, não focando em questões do tipo "certo ou errado" (**Material de Apoio VI**). Acesse a avaliação pelo link https://is.gd/AvaliacaoSomativa.

Acesse via QR Code – Avaliação Somativa

É necessário que os alunos tenham internalizado os conceitos-chave da sequência para que a construção do conhecimento seja significativa. Portanto esta avaliação será composta por 5 questões, sendo que cada questão abordará um tópico trabalhado:

- Espaço e Tempo x Espaço-Tempo
- Simultaneidade de Eventos
- Dilatação Temporal
- Contração do Comprimento
- Massa e Energia



Dica Extra!

É importante ressaltar aos alunos que todo esse processo constitui uma nota que é creditada à disciplina, sendo assim a avaliação somativa individual é parte dela. Ao mesmo tempo tome cuidado para que o processo não deixe de ser significativo e que os alunos estejam realizando as atividades apenas por notas.

Tempo Previsto
8ª Aula
45 minutos

4.7. AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

A avaliação da aprendizagem será realizada durante a aplicação da UEPS, registrando tudo que possa servir de evidência para uma aprendizagem significativa como avaliação formativa. A avaliação da aprendizagem se dará através da análise dos seguintes critérios:

ASPECTO	AVALIAÇÃO	NOTA	PESO	TOTAL
QUALITATIVO	Sondagem de Subsunçores		1,0	
QUALITATIVO	Teletransporte de Star Trek		1,0	
QUALITATIVO	Questionário de Verificação		1,0	
QUANTITATIVO	Viagem dos Múons		1,5	
QUANTITATIVO	Fissão Nuclear		1,5	
QUANTITATIVO	Somativa Individual		2,0	
QUALITATIVO	Evolução de Argumentos / Participação		2,0	
			Nota Final	

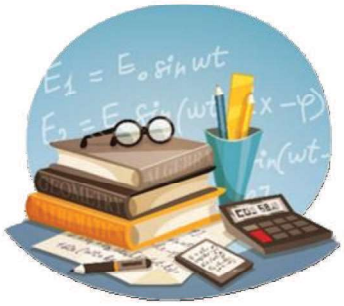
Note que esta UEPS visa uma aprendizagem significativa, sendo assim, a avaliação possui tanto aspectos quantitativos quanto qualitativos e que cada um desses aspectos é responsável por 50% da composição da nota final que é creditada a disciplina.

É de suma importância que o professor, ciente das limitações e potencialidades dos seus alunos, que apresente imparcialidade na atribuição de notas nas avaliações qualitativas.

4.8. AVALIAÇÃO DA UEPS

A avaliação da UEPS é realizada pelo professor e pelos alunos com o intuito de verificar se ela foi eficiente no seu papel de desenvolver uma aprendizagem significativa e crítica. O questionário para avaliação da UEPS é encontrado no **Material de Apoio VII** ou pelo link https://is.gd/AvaliacaoUEPS.

Acesse via QR Code - Avaliação da UEPS



Dica Extra!

Caro(a) Professor(a), envie o formulário para os alunos via online, isso permite um melhor gerenciamento das respostas. Como sugestão utilize o Google Forms. Mesmo que modifique o questionário apresentado como sugestão, mantenha um campo para que os alunos possam comentar caso julguem necessário. Utilize os dados obtidos para validar a aplicação e realizar melhorias.

Tempo Previsto

Atividade realizada em casa após a aplicação da 8ª aula

5. MATERIAIS DE APOIO

Estes materiais, citados nos itens anteriores, tem a finalidade de apoiar o professor no processo de ensino ao longo desta UEPS.

5.1. MATERIAL DE APOIO I

SONDAGEM DE SUBSUNÇORES

Esta atividade tem como objetivo trazer à tona conhecimentos prévios que os alunos podem ter com relação ao assunto de Relatividade Especial. Como motivador desta atividade será apresentado um trecho do episódio "A Excitação Lunar" [T3E23 | 03m32s – 06m10s] da série *The Big Bang Theory*. Após a exibição do trecho os alunos devem responder à alguns questionamentos, que são propostos abaixo, e logo mais pode-se fazer um compartilhamento dos dados. Neste compartilhamento o professor deve fazer as correções necessárias para que os subsunçores estejam bem estabelecidos a fim de que o processo seja significativo ao final da UEPS.

1. Qual a maior velocidade que se conhece na atualidade?
2. Qual a velocidade de propagação da informação no vácuo?
3. Existe na natureza algo que possua uma velocidade superior à da luz?
4. É possível estimar a distância até a Lua considerando o tempo apresentado no vídeo e a velocidade da luz? Se sim, calcule a distância.
5. A velocidade média de um foguete A em direção a Lua é de cerca de 28.440km/h e de um foguete B é de 90% a velocidade da luz. Considerando estes dados, a distância medida pelos pilotos será a mesma para os dois foguetes? Justifique.

- É importante ressaltar aos alunos que não se trata de dar resposta certa ou errada, visto que o objetivo é verificar os conhecimentos apresentadas por eles sobre o assunto, sendo assim, os alunos farão a atividade de forma individual.
- As questões serão discutidas com toda a turma após o registro ser realizado na folha de respostas disponível neste material de apoio.
- Para esta etapa são destinados 40 minutos da aula 1.

- Fazendo uso das respostas registradas da discussão levantada em sala, o professor pode verificar quais as possíveis fontes destes conhecimentos prévios e quais poderão ser utilizados como subsunçores nas próximas etapas da UEPS.

Professor:_____

Disciplina:_____

Aluno:_____

Série:_____ **Data:**_____

SONDAGEM DE SUBSUNÇORES

"The Big Bang Theory"

Apresente suas respostas abaixo para a atividade proposta.

1. Qual a maior velocidade que se conhece na atualidade?

_____

_____

_____

_____

_____

2. Qual a velocidade de propagação da informação no vácuo?

_____

_____

_____

3. Existe na natureza algo que possua uma velocidade superior à da luz?

_____

_____

_____

_____

4. É possível estimar a distância até a Lua considerando o tempo apresentado no vídeo e a velocidade da luz? Se sim, calcule a distância.

5. A velocidade média de um foguete A em direção a Lua é de cerca de 28.440km/h e de um foguete B é de 90% a velocidade da luz. Considerando estes dados, a distância medida pelos pilotos será a mesma para os dois foguetes? Justifique

_____

_____

_____

_____

_____.

5.2. MATERIAL DE APOIO II

"LEVE-ME PARA CIMA"

O Teletransporte de Star Trek

Para o criador de Star Trek, Gene Roddenberry, existia um problema a ser resolvido em sua criação, e não se tratava apenas das aventuras vividas pelos personagens Kirk ou Spock. Viajar com a USS Enterprise pelo espaço era algo fácil de fazer, porém pousar esta grande espaçonave nos mais diversos planetas da galáxia seria um grande desafio. É como meio de solucionar este desafio que surge o TELETRANSPORTE, um meio de enviar os tripulantes ao solo sem necessidade de pousar a nave. O teletransporte é responsável por "desmaterializar" os tripulantes e os "reconstituir" em outro lugar. Porém o quanto dessa tecnologia é real? E em que ponto a física encontra a ficção?

Baseado no trabalho desenvolvido por Souza (2017), para iniciar a análise desta situação, será apresentado aos alunos um trecho do episódio "Luz e Sombras" [T2E07 | 29m00s – 29m58s] da série Star Trek: Discovery, que mostra o teletransporte de alguns personagens.

Átomos ou bits? O que realmente podemos teletransportar? Para mover pessoas pelo espaço, vamos mover seus átomos ou apenas sua informação? Essas são questões que os alunos irão discutir.

Extrair as informações que compõem uma pessoa já seria difícil, mas recombinar essas informações com a matéria que deve constituir um ser humano seria algo ainda mais difícil. Segundo Krauss (1996, p. 64),

> [...] o *Next Generation Technical Manual (Manual Técnico da Nova Geração)* descreve o processo em detalhes: primeiro, o teletransporte trava no alvo; depois, esquadrinha a imagem a ser transportada, "desmaterializa-a" e armazena-a em um "buffer de padrões" por um tempo, para então transmitir o "fluxo de matéria" em um "raio de confinamento anular" até seu destino. Aparentemente, o teletransporte envia a matéria junto com a informação.

Porém esse "fluxo de matéria" é falho em alguns episódios da série quando personagens são duplicados. Se a matéria é desconstituída e enviada, como poderiam surgir dois seres iguais a partir da mesma quantidade de átomos? É impossível, pois o número de átomos no início deve ser o mesmo que no final.

Se somente as informações (bits), a “receita” de como os átomos estão organizados, fossem enviadas, sua consciência e memórias iriam com você? Essa é uma questão que pode levar a uma pequena troca de ideias visto que é um assunto tangente ao transporte de matéria.

Considerando o envio somente de informações teríamos um outro problema. Se apenas a informação deve ser transportada, então os átomos no ponto de origem precisam ser dispensados e um novo conjunto tem de ser recolhido no ponto de destino. Esse é um problema bastante grave (KRAUSS, 1996).

Para finalizar vamos considerar agora o envio de massa junto ao raio de teletransporte e a famosa equação de Einstein sobre a equivalência massa-energia ($E = m.c^2$), qual seria a energia necessária para o envio de um ser humano de 50kg?

Krauss (1996, p. 66) nos responde esta pergunta da seguinte forma,

> Se precisamos transmitir 10^{28} átomos, temos um grande desafio pela frente. Digamos, por exemplo, que precisamos simplesmente transformar essa matéria em energia pura. Quanta energia teríamos? Bem, a fórmula de Einstein $E = m.c^2$ nos dá o resultado. Se transformássemos 50 kg (um adulto leve) de matéria em energia, desencadearíamos a energia equivalente a pouco mais de mil bombas de hidrogênio de 1 megaton. É difícil imaginar como fazer isso de uma maneira não agressiva ao ambiente.

Mas afinal o teletransporte é possível na realidade? Leia o texto abaixo.

FÍSICOS ANUNCIAM TELETRANSPORTE DE MATÉRIA

Cientistas da Áustria anunciaram a comprovação experimental de que é possível fazer um corpo ser "teletransportado", isto é, desaparecer em um local e aparecer em outro, segundo estudo publicado na edição de hoje da revista científica britânica "Nature".

O desenvolvimento de técnicas e de estudos a partir dessa experiência poderá permitir no futuro que corpos mais complexos, como átomos, moléculas e até microrganismos, sejam desintegrados e recompostos em outro local, segundo Anton Zeilinger, um dos autores do estudo.

"Mas estamos ainda muito longe de podermos transferir corpos complexos como seres humanos", disse Zeilinger. "Isso, por enquanto, só será possível em ficção científica", afirmou.

Os seis pesquisadores do Instituto de Física Experimental da Universidade de Innsbruck conseguiram reproduzir à distância um fóton com as mesmas características de outro, que

Zeilinger chamou de capitão Kirk, em alusão ao personagem do filme e série de televisão "Jornada nas Estrelas".

Fonte: TUFFANI, MAURÍCIO. Físicos anunciam teletransporte de matéria. **Folha de S.Paulo**: Ciência, São Paulo, n.p., 11 dez. 1997. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe111201.htm. Acesso em: 8 mar. 2019.

RESUMO DOS QUESTIONAMENTOS

Em resumo, os questionamentos que serão realizados nesta atividade serão os seguintes:

1. Átomos ou bits? O que realmente podemos teletransportar? Para mover pessoas pelo espaço, vamos mover seus átomos ou apenas sua informação?
2. Considerando o envio de massa junto ao raio de teletransporte e a famosa equação de Einstein sobre a equivalência massa-energia ($E = m.c^2$), qual seria a energia necessária para o envio de um ser humano de 50kg?
3. Afinal de contas o teletransporte é possível na realidade?

A discussão desta situação problema será registrada através de gravação de áudio.

REFERÊNCIAS

KRAUSS, Lawrence M. **A Física de Jornada nas Estrelas - Star Trek**. São Paulo: Makron Books, 1996.

SOUZA, Wagner de. UM EXEMPLO DE ATIVIDADE DIDÁTICO-PEDAGÓGICA DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO USANDO "STAR TREK". *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO - CONEDU, IV., 2017, João Pessoa. **Anais IV CONEDU** [...]. Campina Grande: Realize Eventos Científicos & Editora, 2017. Tema: Ensino de Ciências, Disponível em: https://editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV073_MD1_SA16_ID2733_05062017152521.pdf. Acesso em: 8 mar. 2019.

TUFFANI, MAURÍCIO. Físicos anunciam teletransporte de matéria. **Folha de S.Paulo**: Ciência, São Paulo, n.p., 11 dez. 1997. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe111201.htm. Acesso em: 8 mar. 2019.

5.3. MATERIAL DE APOIO III

Professor:_____

Disciplina:_____

Aluno:_____

Série:_____ **Data:**_____

VÍDEO INTRODUTÓRIO: RELATIVIDADE ESPECIAL

Questionário de Verificação

Assista ao vídeo Special Relativity: Crash Course Physics #42 e responda ao questionário abaixo. Este vídeo possui áudio em inglês, porém você pode optar por gerar legendas em português. Assista quantas vezes forem necessárias.

1) Quando o trem de Bob se movimenta com 0,5c (50% da velocidade da luz) e na frente deste trem há um farol com a luz viajando a sua própria velocidade, você como um observador em uma plataforma irá observar a luz do farol como 1,5c? Justifique.

_____

_____

_____

_____

_____

2) Por que a Teoria da Relatividade é chamada de Especial?

_____

_____

_____

_____

3) Quais os dois postulados da Relatividade Especial? Descreva cada um deles.

_____

_____

_____

_____

_____

4) Considerando os aspectos referentes a Relatividade Especial, o que você pode afirmar sobre simultaneidade?

_____

_____

_____

_____

_____

5) A contração do comprimento acontece para objetos que se movem a velocidades muito menores que a da luz?

_____

_____

_____

_____

_____

6) Na discussão apresentada no vídeo, a ideia de tempo e espaço absoluto perdem sentido na relatividade especial. Justifique por quê.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

5.4. MATERIAL DE APOIO IV

Professor:_____

Disciplina:_____

Aluno:_____

Série:_____ **Data:**_____

A VIAGEM DOS MÚONS

A Contração do Espaço e a Dilatação do Tempo

Com o intuito de verificar através de um roteiro analítico-investigativo a contração do espaço e a dilatação do tempo vamos estudar a detecção de múons ao nível do mar.

Iremos observar que a abundância de múons na superfície da Terra só pode ser explicada com o uso das equações relativísticas.

Primeiramente vamos descobrir qual a origem dessas partículas!

MÚONS DA RADIAÇÃO CÓSMICA

Continuamente, os raios cósmicos, que são constituídos majoritariamente por prótons e núcleos leves que viajam no espaço a velocidades próximas à da luz, entram na atmosfera terrestre e interagem com seus elementos, dando assim início a um processo de produção de partículas em cascata, que dá origem a milhares de partículas secundárias.

Neste processo de cascata são então produzidas partículas chamadas de píons, sendo que eles podem ser neutros (π^0) e carregados (π^+ e π^-). Os píons carregados interagem com os átomos da atmosfera assim como também sofrem decaimento e se transformam em múons (outra partícula), que podem ser positivos (μ^+) ou negativos (μ^-), segundo o seguinte esquema:

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \upsilon_\mu$$

$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\upsilon}_\mu$$

A partícula múon foi descoberta em 1937 por J. C. Street e E. C. Stevenson, e simultaneamente por a Carl D. Anderson e Seth Neddermeyer, através de experimentos utilizando a radiação cósmica.

O múon é uma partícula carregada instável que acaba se transformando em outras partículas. Sendo assim, ele possui um tempo de estabilidade, este tempo é chamado de vida média e no caso do múon sua vida média é de 2,197 μs [lê-se microssegundo] ($2{,}197.10^{-6}$s).

Por serem partículas, os múons possuem uma massa de repouso, sendo que ela é bem conhecida e vale 105,658 MeV/c^2. (***Você Sabia?*** eV (lê-se elétron-volt) é uma unidade de medida para energia e esta unidade pode se relacionar com outras grandezas. No caso da massa, sua relação com elétron-volt vem da equação $E = mc^2$, da teoria da Relatividade Especial que estamos aprendendo, que expressa a equivalência entre massa e energia. Assim, se a energia é medida em elétrons-volt, a unidade de massa pode ser expressa como eV/c^2.)

A maior parte dos múons é criada a uma altitude de 15 km, possuindo uma velocidade de 0,9998c (c = velocidade da luz no vácuo). Esta alta velocidade faz com que o seu tempo de vida no sistema de referência do laboratório seja consideravelmente dilatado.

FONTES:

FAUTH, A.C. et al . Demonstração experimental da dilatação do tempo e da contração do espaço dos múons da radiação cósmica. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 585-591, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172007000400017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 19 mar. 2019.

IFGW-UNICAMP. A Vida do Múon. São Paulo, [20--]. Disponível em: https://www.ifi.unicamp.br/~fauth/2RelatividadeEspecial/2Avidadomuon/Avidadomuon.html. Acesso em: 7 mar. 2019.

FLÓRIO, Victória. A origem dos raios cósmicos. **Pesquisa - FAPESP**, São Paulo, ed. 260, out. 2017. Disponível em: http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/10/25/a-origem-dos-raios-cosmicos/. Acesso em: 1 abr. 2019.

É possível verificar através de cálculos qual seria a quantidade de partículas detectadas na superfície da Terra caso a mecânica clássica prevalecesse e com isso pode-se comparar com a quantidade real que atinge os detectores tendo em vista a Relatividade Especial. Para isso vamos começar nossa investigação!

Os passos abaixo têm o intuito de guiá-lo neste roteiro, siga-os e analise os resultados obtidos.

1º Passo: Com base nos dados fornecidos pelo texto "Múons da Radiação Cósmica" vamos descobrir qual seria a quantidade de múons que atingiriam a superfície do planeta caso a mecânica clássica regesse esse domínio. Para iniciar vamos calcular quanto tempo o múon leva para chegar à superfície do planeta utilizando a fórmula da velocidade média:

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

Para te ajudar nesse passo há algumas recomendações:

- Considere a velocidade da luz no vácuo sendo c = 3.10^8 m/s e lembre-se de verificar no texto qual a velocidade do múon quando comparada a da luz.
- Para o deslocamento considere a altitude na qual os múons são criados.
- Fique atento as unidades de medida que irá empregar na resolução.

2º Passo: O processo pelo o qual os múons se transformam em elétrons (ou pósitrons), neutrinos e antineutrinos é chamada de decaimento e pode ser verificado abaixo:

$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \upsilon_e + \bar{\upsilon}_\mu$$

$$\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\upsilon}_e + \upsilon_\mu$$

É possível determinar o número de partículas restantes após um certo tempo de decaimento utilizando-se a lei de decaimentos radioativos:

$$N_{(t)} = N_0 . e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Onde:

- $N_{(t)}$ = Número de partículas no tempo t.
- N_0 = Número de partículas no tempo t = 0.
- t = Tempo que as partículas levam para chegar à superfície.
- τ = Tempo de vida média da partícula.

Para concluir este passo e descobrir o número de partículas que chegariam à superfície caso o movimento dos múons obedecesse a mecânica clássica, considere que:

- O número de múons criados no tempo t = 0 foi de 1.10^{12}.
- t será o tempo calculado por você no 1º Passo.
- Considere a vida média (τ) informada no texto “Múons da Radiação Cósmica”.

- Para facilitar a resolução do cálculo com o número de Euler (e) utilize uma calculadora científica ou considere-o como sendo 2,718.

3º Passo: A qual conclusão você pode chegar a partir do resultado obtido no 2º Passo?

_____

_____

_____

_____

4º Passo: Vamos investigar agora a influência da Relatividade Especial sobre o movimento dos múons. Primeiro vamos verificar a influência da dilatação do tempo, para isso vamos utilizar a seguinte fórmula:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Onde:

- Δt_0 é o intervalo de tempo marcado pelo observador em repouso.
  OBS: Geralmente usa-se a notação Δt_0 para o intervalo associado a um fenômeno físico que ocorre em uma mesma posição espacial e chama-se de **intervalo de tempo próprio**. Segundo a equação apresentada acima, o intervalo de tempo próprio entre dois eventos físicos é menor do que o intervalo de tempo transcorrido entre os mesmos dois eventos medido em qualquer outro referencial inercial (RIFFEL, 2010).
- Δt é o intervalo de tempo marcado pelo observador em movimento.
- v é a velocidade do observador em movimento.
- c é a velocidade da luz no vácuo.

A vida média do múon é de $2{,}197.10^{-6}$ s segundo o texto "Múons da Radiação Cósmica", porém temos que considerar que o múon se move com uma velocidade muito próximo a da luz, sendo

esta velocidade v = 0,9998c, portanto calcule qual será a vida média desta partícula para um observador em repouso utilizando a fórmula apresentada anteriormente, considere que:

- Para o múon em movimento o tempo de decaimento (Δt) não sofre modificação.
- Para o observador em repouso o tempo de decaimento será Δt_0.

Agora que você já sabe qual a vida média do múon para um observador em repouso repita o 2º Passo e altere este dado para descobrir qual a quantidade de partículas que chegam à superfície.

5º Passo: Qual a quantidade de múons que chegam à superfície considerando a dilatação temporal? Existe alguma diferença entre a quantidade de múons que são detectados quando comparados os dados do 2º e 4º Passos?

6º Passo: Vamos analisar o movimento dos múons sob a ótica da contração do comprimento e verificar os dados obtidos. Para isso é apresentada a fórmula relativística para a contração do comprimento:

$$\Delta L = \Delta L_0 . \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Onde:

- ΔL é o comprimento para o observador em repouso.
- ΔL_0 é o comprimento para o observador em movimento.
  OBS: ΔL_0 é denominado **comprimento próprio** é medido no referencial em que o objeto se encontra em repouso (RIFFEL, 2010).
- v é a velocidade do observador em movimento.
- c é a velocidade da luz no vácuo.

Calcule agora qual o comprimento visto pelo observador em repouso para o movimento do múons, considere que:

- ΔL_0 é o comprimento da trajetória descrita pelo múon desde sua criação até a superfície do planeta.

Considerando o comprimento visto pelo observador repita o 1º Passo e descubra o tempo que o múon leva para chegar à superfície.

Após calcular o tempo, repita o 2º passo e descubra o número de múons que chegam à superfície considerando seu movimento relativístico e verifique se a quantidade obtida coincide ou não com o valor encontrado no 4º Passo.

7º Passo: Quais conclusões você pode tirar considerando os dados calculados neste roteiro?

_____

_____

_____

_____

_____

REFERÊNCIAS

FAUTH, A.C. et al. Demonstração experimental da dilatação do tempo e da contração do espaço dos múons da radiação cósmica. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 29, n. 4, p. 585-591, 2007 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172007000400017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 19 mar. 2019.

FAUTH, Anderson Campos; GROVER, Artur Chiaperini; CONSALTER, Daniel Martelozo. Medida da vida média do múon. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 32, n. 4, 2010. Disponível em: http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/324502.pdf. Acesso em: 24 mar. 2019.

FLÓRIO, Victória. A origem dos raios cósmicos. **Pesquisa - FAPESP**, São Paulo, ed. 260, out. 2017. Disponível em: http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/10/25/a-origem-dos-raios-cosmicos/. Acesso em: 1 abr. 2019.

IFGW-UNICAMP. A Vida do Múon. São Paulo, [20--]. Disponível em: https://www.ifi.unicamp.br/~fauth/2RelatividadeEspecial/2Avidadomuon/Avidadomuon.html. Acesso em: 7 mar. 2019.

PARTICLE DATA GROUP. **2018 Review of Particle Physics**: Leptons - Muon. [*S. l.*], 2018. Disponível em: http://pdg.lbl.gov/2018/listings/rpp2018-list-muon.pdf. Acesso em: 24 mar. 2019.

RIFFEL , Rogemar André. **Uma Introdução a TEORIA DA RELATIVIDADE ESPECIAL**. Santa Maria, julho 2010. Disponível em: http://w3.ufsm.br/rogemar/docs/relatividade.pdf. Acesso em: 20 maio 2019.

TANABASHI, Masaharu *et al*. (Particle Data Group). Review of Particle Physics. **Physical Review**, Califórnia, v. 98, n. 3, p. 36, 2018. Disponível em: https://journals.aps.org/prd/pdf/10.1103/PhysRevD.98.030001. Acesso em: 24 mar. 2019.

5.5. MATERIAL DE APOIO V

Professor:_____

Disciplina:_____

Aluno:_____

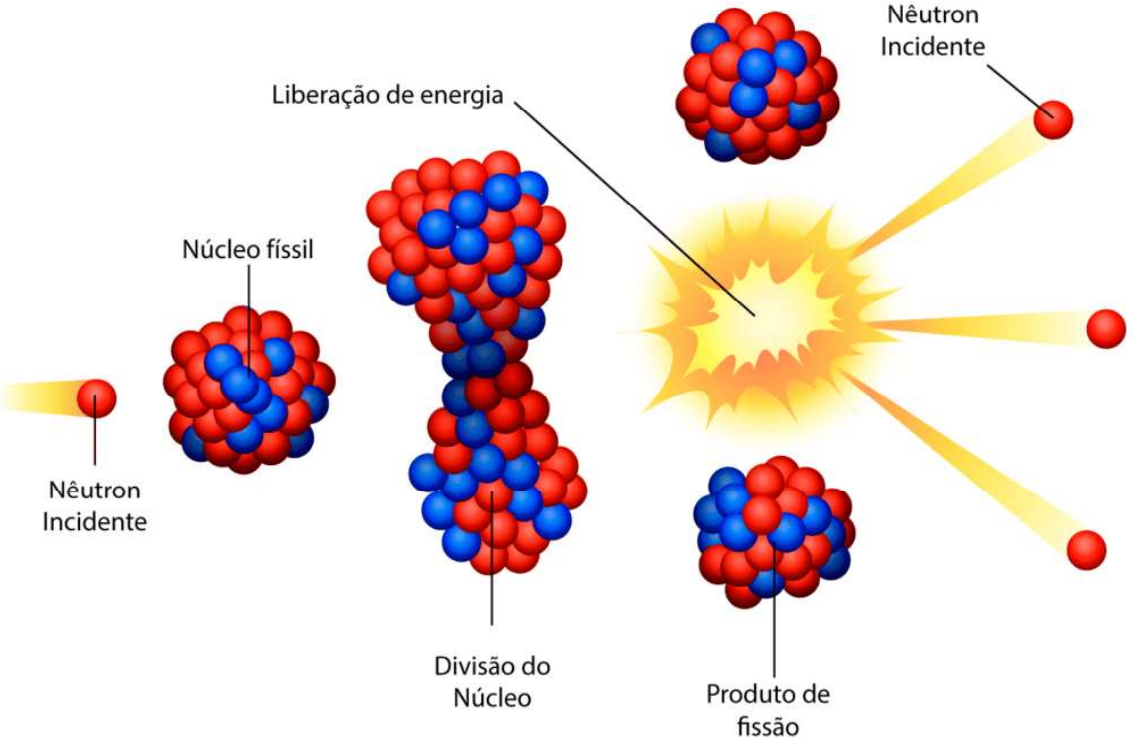
Série:_____ **Data:**_____

FISSÃO NUCLEAR: CADÊ A MASSA QUE ESTAVA AQUI?

A grande quantidade de energia liberada num processo de fissão nuclear é explicada pela sua relação direta com a Relatividade Especial.

O processo de fissão nuclear consiste na quebra de um núcleo atômico pesado quando este é bombardeado com nêutrons. A quebra deste núcleo forma elementos com núcleos menores e libera outros nêutrons que irão atingir outros átomos de núcleos pesados, gerando uma reação em cadeia **(Figura 1)**.

Figura 1 - Reação de Fissão Nuclear



FONTE: Maria (2019).

Em uma usina de energia nuclear essa reação é controlada por barras de moderador de nêutron (normalmente de carbono grafite, cádmio ou água pesada), elas absorvem os nêutrons e não sofrem fissão.

SAIBA MAIS!

A falha num processo de contenção, ou controle, da energia produzida numa usina nuclear pode ser catastrófica. Os resultados de um acontecimento assim podem ser vistos em um dos mais famosos acidentes nucleares da história, o da usina de Chernobyl. Recentemente essa história foi retratada na minissérie homônima do canal HBO. Todos os efeitos e consequências do acidente são retratados através de fatos verídicos com a inclusão de alguns elementos artísticos. Assista ao trailer (CHERNOBYL, 2019) da produção que possui uma das melhores avaliações da crítica especializada.

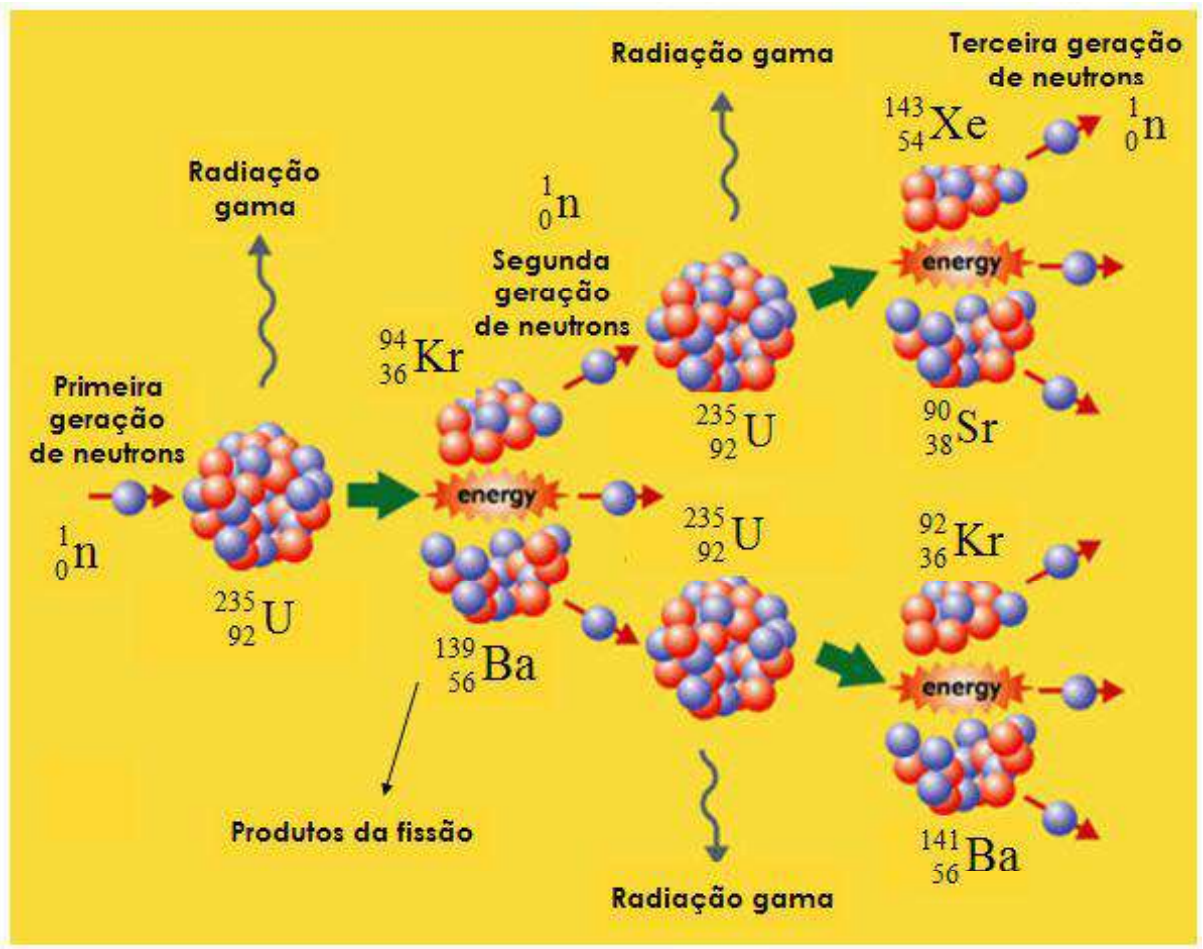
A energia nuclear também tem utilidade na indústria bélica para a produção de bombas nucleares, que funcionam com o mesmo princípio aplicado nas usinas, porém nas bombas toda a energia é liberada de forma descontrolada.

Segundo Oliveira (2015), até os dias de hoje a criação da bomba atômica é associada a Einstein. Essa associação se deve principalmente por causa da sua famosa equação $E = m.c^2$, onde massa e energia se relacionam. Através desta equação pode-se perceber que uma pequena quantidade de massa equivale a uma grande quantidade de energia visto que a constante de proporcionalidade entre ela é a velocidade da luz.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA

Baseado em Neto et al. ([20--]), proponho agora a você que verifiquemos a quantidade de energia liberada num processo de fissão nuclear do elemento Urânio-235 através de uma análise da relação relativística massa-energia. Assista à animação criada como objeto de aprendizagem para obra "Física Vivencial". A reação apresentada na animação pode ser observada na imagem abaixo, ela servirá de apoio para o desenvolvimento desta atividade.

Figura 2 - Reação em Cadeia Urânio-235



FONTE: Neto et al. ([20--]).

Para desenvolver esta atividade siga os passos abaixo:

1º) Equacione as 3 reações nucleares que ocorrem neste processo de fissão:

	REAÇÃO NUCLEAR
1ª	
2ª	
3ª	

2º) Abra o Excel e monte uma tabela de acordo com o proposto abaixo:

	A	B	C	D	E	F
1	**Reação**	**REAGENTES**		**PRODUTOS**		
2		A	B	C	D	E
3	Coeficiente Estequiométrico					
4	Massa (u)					
5	Massa Total (u)					
6	Massa (Kg)					
7	Massa Total (Kg)					
8	Variação de Massa (Kg)					
9	Velocidade da Luz (m/s)					
10	Energia Liberada (J)					

Agora vamos inserir os dados necessários para que possamos continuar com nossa investigação.

- Na linha 2 observe que são representados A, B, C, D e E, ao invés dessa representação você deve preencher com os participantes das reações que você identificou no 1º passo.
- Na linha 3 preencha o coeficiente estequiométrico de cada um dos participantes, lembre-se que você deve usar os dados obtidos da equação balanceada.
- Na célula B5 inclua a seguinte fórmula **=B3*B4**, assim você irá obter a massa total em unidades de massa atômica (u) após preencher a linha 4. Arraste a fórmula para as colunas do lado.
- Na célula B6 você irá fazer a conversão de massa de unidade de massa atômica (u) para quilograma (Kg), para isso insira a seguinte fórmula **=B5*(1,6605E-27)**, $1{,}6605.10^{-27}$ é o fator de conversão entre essas unidades. Arraste a fórmula para as colunas do lado.
- Mescle as células B7 e C7, depois insira a seguinte fórmula **=SOMA(B6:C6)**. Repita essa mesma ação para as células D7, E7 e F7, e insira a fórmula **=SOMA(D6:F6)**.
- Mescle as células de B8 a F8 e verifique a variação de massa aplicando na célula mesclada a seguinte fórmula **=D7-B7**. Não se preocupe pelo fato de B7 e D7 estarem mescladas pois o Excel entende que se trata do valor apresentado nesta mescla.
- Mescle as células de B9 a F9 e insira o valor da velocidade da luz **(299.792.458 m/s)**. Observação: Coloque o valor sem os pontos, pois o Excel entende estes pontos como vírgulas, inclua APENAS os números.

- Mescle as células de B10 a F10. É nesta célula mesclada que vamos inserir a famosa equação de Einstein, para isso acrescente a seguinte fórmula **=B8*(B9^2)**.
- Selecione as células de B3 até F10 e modifique o formato dos números de "Geral" para "Científico", assim os números serão representados em notação científica. Aproveite a seleção e aumente o número de casas decimais para 4 clicando no ícone .
- Selecione toda a tabela e faça duas colagens, assim você poderá analisar cada uma das 3 reações de forma individual.

3º) Preencha as tabelas com os valores de massa atômica de cada elemento, para isso acesse a tabela "Atomic Weights and Isotopic Compositions for All Elements" e o valor da massa dos nêutrons você encontra no material criado pelo NIST (National Institute of Standards and Technology).

4º) Some o valor de energia proveniente das três reações que ocorreram no processo de fissão nuclear.

5º) Vamos analisar os dados!

A. Nas usinas termelétricas faz-se uso, muitas vezes, de carvão. Considerando a reação de combustão para o carvão, $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$ e que a energia liberada na queima de $\cong 2.10^{-26}$ kg (12u – 1 átomo) de carvão é de $6{,}5.10^{-19}$J, determine a quantidade de energia liberada na queima de 1kg de carvão.

B. Utilizando os dados obtidos no ao longo desta atividade, determine a quantidade de energia liberada no processo de fissão de 1kg de Urânio-235.

C. Após realizar as deduções acima verifique qual seria a massa de urânio necessária para que ocorresse a mesma liberação de energia de 1kg de carvão, dê o valor em kg.

D. Ao comparar os valores de massa de carvão e urânio-235 para produção de uma mesma quantidade de energia, disserte sobre a conclusão obtida a partir da sua análise.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

6º) Salve suas planilhas de dados e envie por e-mail ao professor.

REFERÊNCIAS

CHERNOBYL (2019) | Official Trailer. HBO, 2019. (2:38 min.). Legendado. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=s9APLXM9Ei8>. Acesso em: 23 set. 2019.

MARIA, Ana. **A fissão e a fusão são fenômenos que acontecem no núcleo dos átomos. Eles têm a mesma natureza, mas funcionam de forma bem diferente! Você sabe quais são as diferenças entre fissão e fusão nuclear?** 2019. Disponível em: <https://blog.biologiatotal.com.br/fissao-e-fusao-nuclear-o-que-sao-diferencas-e-aplicacoes/>. Acesso em: 17 set. 2019.

NETO, Cassiano Zeferino de Carvalho et al. **Fissão Nuclear.** [20--]. Instituto Galileo Galilei para a Educação (IGGE). Disponível em: < http://www.fisicavivencial.pro.br/sites/default/files/sf/722SF/03_laboratorio_frame.htm>. Acesso em: 17 set. 2019.

NETO, Cassiano Zeferino de Carvalho et al. **Reatores a Fissão Nuclear.** [20--]. Instituto Galileo Galilei para a Educação (IGGE). Disponível em: <http://relpe.net/recursos/zip/726/08_avaliacao_02.htm>. Acesso em: 17 set. 2019.

OLIVEIRA, Adilson de. **A Equação e a Bomba Atômica.** 2015. Disponível em: <http://cienciahoje.org.br/coluna/a-equacao-e-a-bomba-atomica/>. Acesso em: 17 set. 2019.

PHYSICAL MEASUREMENT LABORATORY. Nist - National Institute of Standards And Technology. **Atomic Weights and Isotopic Compositions with Relative Atomic Masses:** Gaithersburg. 2015. Disponível em: <https://physics.nist.gov/cgi-bin/Compositions/stand_alone.pl?ele=&all=all&ascii=html&isotype=all>. Acesso em: 18 set. 2019.

PHYSICAL MEASUREMENT LABORATORY. Nist - National Institute of Standards And Technology. **Fundamental Physical Constants:** neutron mass in u. Disponível em: https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mnu. Acesso em: 18 set. 2019.

5.6. MATERIAL DE APOIO VI

AVALIAÇÃO SOMATIVA

Esta avaliação tem o objetivo de verificar os resultados do processo de ensino e validar se ele foi significativo ou não. Os possíveis resultados obtidos podem servir de parâmetros para alterações na UEPS em futuras aplicações.

São cinco questões abertas, sendo que cada uma delas tem como tema um dos seguintes tópicos:

- Espaço e Tempo x Espaço-Tempo;
- Simultaneidade de Eventos;
- Dilatação Temporal;
- Contração do Comprimento;
- Massa e Energia.

Como parâmetro de correção será avaliada a coerência das respostas dos alunos.

Professor:_____

Disciplina:_____

Aluno:_____

Série:_____ **Data:**_____

AVALIAÇÃO SOMATIVA

1. **[Espaço e Tempo x Espaço-Tempo]** Com a Relatividade Especial, desenvolvida fundamentalmente por Albert Einstein, alguns conceitos básicos da física clássica, entre eles, o espaço e o tempo, tiveram de ser reavaliados. Sobre esta temática, disserte sobre a validade da Relatividade Galileana e da Relatividade Especial.

   _____

   _____

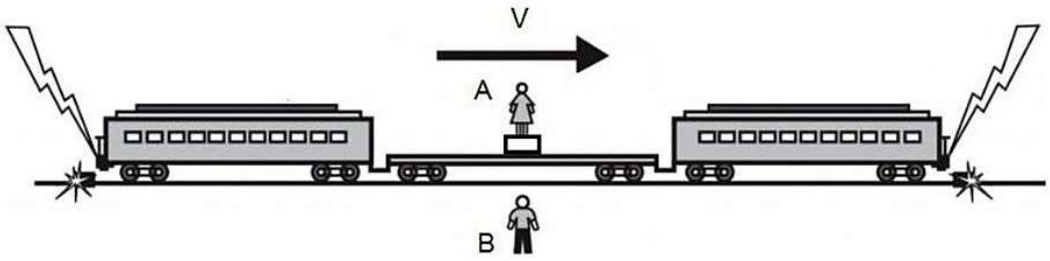
   _____

   _____

   _____

   _____

2. **[Simultaneidade de Eventos]** Sabemos que, quando dois eventos A e B são vistos por diversos observadores, um deles pode dizer que o evento A precedeu o evento B, mas um outro pode afirmar que o evento B precedeu o evento A. Um exemplo disso seria se houvessem dois indivíduos observando um trem em movimento próximo a velocidade da luz - um dentro do trem, exatamente na metade dele, e outro fora – conforme a imagem abaixo:



Fonte: https://slideplayer.com.br/slide/12111799/ (Slide 27) Acesso em: 22 abr. 2019

   Suponha que dois raios verticais atinjam as extremidades do trem simultaneamente. Se para o observador no solo os raios atingissem as extremidades no mesmo instante, para o observador dentro do trem eles cairiam em momentos sucessivos. O que você diria a um amigo que lhe perguntasse qual dos eventos precedeu realmente o outro?

Fontes: http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01044/rel.htm Acesso em: 22 abr. 2019
http://www.histedbr.fe.unicamp.br/navegando/glossario/verb_b_albert_einstein.htm Acesso em: 22 abr. 2019

Leia o texto a seguir e responda as questões 3 e 4:

Não é de hoje que o homem tem curiosidade sobre os mistérios do universo, e segundo Stephen Hawking "precisamos continuar indo ao espaço em nome do futuro da humanidade". Ele acreditava que "vida na Terra está em risco crescente de ser extinta por um desastre, como uma guerra nuclear, um vírus com modificações genéticas ou outros perigos".

Fonte: IG SÃO PAULO. **Humanos devem sair da Terra em até 100 anos para sobreviver, diz Stephen Hawking**. São Paulo, 3 maio 2017. Disponível em: https://ultimosegundo.ig.com.br/ciencia/2017-05-03/stephen-hawking.html. Acesso em: 22 abr. 2019.

3. **[Dilatação Temporal]** Tendo em vista estas preocupações imaginemos que as ciências e as engenharias avançaram ao ponto de criar naves interplanetárias que se desloquem com uma velocidade v = 0,9c como forma de explorar novos planetas. Se um tripulante dessa nave resolvesse tirar um cochilo de 10 minutos pelo seu relógio, quanto tempo este cochilo teria durado tendo como referência um planeta considerado fixo?

4. **[Contração do Comprimento]** Considerando a mesma nave da questão anterior, imaginemos agora que o destino dela seja o sistema estelar Alpha Centauri, um sistema formado por três estrelas e que é o mais próximo Sistema Solar. Com o auxílio de telescópios fixos na Terra foi obtida uma distância de aproximadamente 4,3 anos-luz entre os dois sistemas, sendo assim, determine a distância em linha reta percorrida pela nave interplanetária, medida pelo piloto, em anos-luz.

5. **[Massa e Energia]** "[...] em 1938, físicos nucleares realizavam experimentos com urânio no Instituto de Química Kaiser Wilhelm, em Berlim. Bombardeavam átomos de urânio com nêutrons para produzir átomos ainda mais pesados, os chamados transurânicos, inexistentes na natureza. Certo dia, a 22 de dezembro de 1938, Otto Hahn e seu colega Fritz Strassmann depararam-se com algo surpreendente: ao analisar o urânio por eles bombardeado, encontraram partículas de bário. A explosão do urânio representou a descoberta da fissão nuclear [...]"

Fonte: HARTL, Judith. **1938: Otto Hahn descobre a fissão nuclear do urânio**. [*S. l.*], 22 dez. 2018. DW Brasil. Disponível em: https://www.dw.com/pt-br/1938-otto-hahn-descobre-a-fiss%C3%A3o-nuclear-do-ur%C3%A2nio/a-359236. Acesso em: 21 abr. 2019

O processo de fissão nuclear foi algo que revolucionou a sociedade através da produção de energia termonuclear. Esse processo é o responsável tanto pela fabricação de bombas nucleares quanto pela produção de energia elétrica em usinas nucleares. Considerando a aplicação na produção de bombas:

a. Qual é a quantidade de energia liberada na explosão de uma bomba de fissão contendo 3,0 kg de material fissionável? Suponha que 0,10% da massa é convertida em energia liberada.

b. Que massa de TNT precisaria explodir para liberar a mesma quantidade de energia? Admita que cada mol de TNT libere $3{,}4.10^6$ J de energia na explosão. A massa molecular de TNT é 0,227 kg/mol.

Fontes: D. Halliday, R. Resnick e J. Walker, Fundamentos de Física, 4a ed., cap 42. Probl. 56
http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01044/rel.htm Acesso em: 21 abr. 2019

5.7. MATERIAL DE APOIO VII

AVALIAÇÃO DA UEPS

Deixe seu *feedback* sobre a UEPS que você acabou de participar, incluindo comentários sobre a estrutura, o conteúdo e o professor. Sua avaliação é de extrema importância para que o processo seja aprimorado.

IDENTIFICAÇÃO

Nome:

_____

Turma:

- ◯ 1º Ano
- ◯ 2º Ano
- ◯ 3º Ano

QUESTIONÁRIO

Nível de Esforço

Marcar apenas uma alternativa por linha.

	Fraco	Satisfatório	Excelente
Seu nível de dedicação ao curso	◯	◯	◯
Seu nível de interesse pelo assunto	◯	◯	◯

Nível de Aprendizado

Marcar apenas uma alternativa por linha.

	Fraco	Satisfatório	Excelente
Nível de habilidade/conhecimento no início da UEPS	○	○	○
Nível de habilidade/conhecimento no fim da UEPS	○	○	○
Nível de habilidade/conhecimento exigido para concluir a UEPS	○	○	○
Contribuição da UEPS para habilidade/conhecimento	○	○	○

Habilidade e Receptividade do Professor

Marcar apenas uma alternativa por linha.

	Discordo	Intermédio	Concordo
O professor foi um palestrante/demonstrador eficiente	○	○	○
As apresentações foram claras e organizadas	○	○	○
O professor estimulou o interesse dos alunos	○	○	○
O professor foi acessível e prestativo.	○	○	○
A avaliação foi rápida e ofereceu comentários úteis.	○	○	○

Conteúdo do Curso

Marcar apenas uma alternativa por linha.

	Discordo	Intermédio	Concordo
Os objetivos foram claros	◯	◯	◯
O curso foi organizado para permitir a participação de todos os alunos.	◯	◯	◯

Quais aspectos desta UEPS foram mais úteis ou valiosos?

_____

_____

_____

_____

_____

Qual melhoria você gostaria de ver nesta UEPS que facilitaria seu processo de aprendizagem?

_____

_____

_____

_____

_____

Você gostaria que o método de aplicação no formato de UEPS fosse utilizado em outros conteúdos?

◯ Sim
◯ Não

BIBLIOGRAFIA

BAHIA. Universidade do Estado da Bahia - UNEB. Secretaria da Educação do Estado da Bahia. **Física e o Cotidiano.** 199-. Disponível em: <http://pat.educacao.ba.gov.br/fisicaecotidiano/index.html>. Acesso em: 10 set. 2018.

BOURROUL, João Mello; CHINAGLIA, Mariana. **5 conceitos que foram revolucionados pela Teoria da Relatividade Geral**. [S. l.], 25 nov. 2015. Disponível em: https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2015/11/5-conceitos-que-foram-revolucionados-pela-teoria-geral-da-relatividade.html. Acesso em: 22 fev. 2019.

CAPELARI, Danilo et al. **Uma sequência didática para ensinar relatividade restrita no ensino médio com o uso de TIC.** 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CHERNOBYL (2019) | Official Trailer. HBO, 2019. (2:38). Legendado. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=s9APLXM9Ei8>. Acesso em: 23 set. 2019.

CRASHCOURSE. **Special Relativity: Crash Course Physics #42**. 2017. (8:58). Acesso em: 07 mar. 2019.

FAUTH, A.C. et al . Demonstração experimental da dilatação do tempo e da contração do espaço dos múons da radiação cósmica. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 29, n. 4, p. 585-591, 2007 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172007000400017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 19 mar. 2019.

FAUTH, Anderson Campos; GROVER, Artur Chiaperini; CONSALTER, Daniel Martelozo. Medida da vida média do múon. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 32, n. 4, 2010. Disponível em: http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/324502.pdf. Acesso em: 24 mar. 2019.

FLÓRIO, Victória. A origem dos raios cósmicos. **Pesquisa - FAPESP**, São Paulo, ed. 260, out. 2017. Disponível em: http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/10/25/a-origem-dos-raios-cosmicos/. Acesso em: 1 abr. 2019.

GOMES, Alisson Leite. **De Volta para o Futuro, o filme: uma atividade para o ensino de física sobre o que é ficção e não ficção em sua estória**. São Paulo, [entre 2006 e 2015]. Disponível em: http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=lcn&cod=_discutindoaficcaoeanaofi. Acesso em: 13 fev. 2019.

IFGW-UNICAMP. **A Vida do Múon**. São Paulo, [20--]. Disponível em: https://www.ifi.unicamp.br/~fauth/2RelatividadeEspecial/2Avidadomuon/Avidadomuon.html. Acesso em: 7 mar. 2019.

KRAUSS, Lawrence M. **A Física de Jornada nas Estrelas - Star Trek**. São Paulo: Makron Books, 1996.

MARIA, Ana. **A fissão e a fusão são fenômenos que acontecem no núcleo dos átomos. Eles têm a mesma natureza, mas funcionam de forma bem diferente! Você sabe quais são as diferenças entre fissão e fusão nuclear?** 2019. Disponível em: <https://blog.biologiatotal.com.br/fissao-e-fusao-nuclear-o-que-sao-diferencas-e-aplicacoes/>. Acesso em: 17 set. 2019.

MINUTEPHYSICS. **Complete Solution To The Twins Paradox**. 2016. (3:33). Acesso em: 07 mar. 2019.

MINUTEPHYSICS. **Impossible Muons**. 2018. (4:33). Acesso em: 07 mar. 2019.

MOREIRA, Marco A.. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. In SILVA. Márcia Gorette Lima da. et. al (org). Temas de ensino e formação de professores de ciências. Natal, RN: EDUFRN, 2012. p. 45 - 57.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2ª. ed. São Paulo: E.P.U., 2017.

MOREIRA, Marco A.; MASSONI, Neusa T.. **Noções básicas de Epistemologias e Teorias de Aprendizagem como subsídios para organização de Sequências de Ensino-Aprendizagem em Ciências/Física.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016. 220 p.

NASSER, Bruno Birolli et al. Uma introdução a relatividade especial utilizando materiais multimídias. 2010.

NETO, Cassiano Zeferino de Carvalho et al. **Fissão Nuclear.** [20--]. Instituto Galileo Galilei para a Educação (IGGE). Disponível em: < http://www.fisicavivencial.pro.br/sites/default/files/sf/722SF/03_laboratorio_frame.htm>. Acesso em: 17 set. 2019.

NETO, Cassiano Zeferino de Carvalho et al. **Massa-Energia-Informação: Fronteiras Atuais.** [20--]. Instituto Galileo Galilei para a Educação (IGGE). Disponível em: < http://www.fisicavivencial.pro.br/sites/default/files/sf/725SF/03_laboratorio_frame.htm>. Acesso em: 19 set. 2019.

NETO, Cassiano Zeferino de Carvalho et al. **Os Postulados de Einstein da Relatividade.** [20--]. Instituto Galileo Galilei para a Educação (IGGE). Disponível em: <http://www.fisicavivencial.pro.br/sites/default/files/sf/715SF/03_laboratorio_frame.htm>. Acesso em: 19 set. 2019.

NETO, Cassiano Zeferino de Carvalho et al. **Reatores a Fissão Nuclear.** [20--]. Instituto Galileo Galilei para a Educação (IGGE). Disponível em: <http://relpe.net/recursos/zip/726/08_avaliacao_02.htm>. Acesso em: 17 set. 2019.

OLIVEIRA, Adilson de. **A Equação e a Bomba Atômica.** 2015. Disponível em: <http://cienciahoje.org.br/coluna/a-equacao-e-a-bomba-atomica/>. Acesso em: 17 set. 2019.

PARTICLE DATA GROUP. **Review of Particle Physics**: Leptons - Muon. [*S. l.*], 2018. Disponível em: http://pdg.lbl.gov/2018/listings/rpp2018-list-muon.pdf. Acesso em: 24 mar. 2019.

PHYSICAL MEASUREMENT LABORATORY. Nist - National Institute Of Standards And Technology. **Atomic Weights and Isotopic Compositions with Relative Atomic Masses:** Gaithersburg. 2015. Disponível em: <https://physics.nist.gov/cgi-bin/Compositions/stand_alone.pl?ele=&all=all&ascii=html&isotype=all>. Acesso em: 18 set. 2019.

PHYSICAL MEASUREMENT LABORATORY. Nist - National Institute of Standards And Technology. **Fundamental Physical Constants:** neutron mass in u. Disponível em: https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mnu. Acesso em: 18 set. 2019.

SOUZA, Wagner de. UM EXEMPLO DE ATIVIDADE DIDÁTICO-PEDAGÓGICA DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO USANDO "STAR TREK". *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO - CONEDU, IV., 2017, João Pessoa. **Anais IV CONEDU** [...]. Campina Grande: Realize Eventos Científicos & Editora, 2017. Tema: Ensino de Ciências, Disponível em: https://editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV073_MD1_SA16_ID2733_05062017152521.pdf. Acesso em: 8 mar. 2019.

TANABASHI, Masaharu *et al*. (Particle Data Group). Review of Particle Physics. **Physical Review**, Califórnia, v. 98, n. 3, p. 36, 2018. Disponível em: https://journals.aps.org/prd/pdf/10.1103/PhysRevD.98.030001. Acesso em: 24 mar. 2019.

TUFFANI, MAURÍCIO. Físicos anunciam teletransporte de matéria. **Folha de S.Paulo**: Ciência, São Paulo, n.p., 11 dez. 1997. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe111201.htm. Acesso em: 8 mar. 2019.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física IV**: Ótica e Física Moderna. Tradução de Daniel Vieira. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.