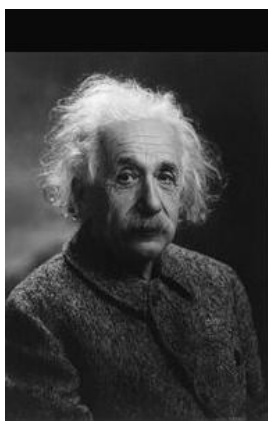


Apêndice C - A Sequência Didática

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ESTUDO DA



Se a minha teoria da relatividade estiver correta, a Alemanha dirá que sou alemão, e a França, que sou cidadão do mundo. Mas se eu estiver errado, a França sustentará que sou alemão, e a Alemanha garantirá que sou judeu.

(Albert Einstein)

TEORIA DA RELATIVIDADE

CADERNO DO PROFESSOR

José Alexandre Maron Pettersen

APRESENTAÇÃO

Essa Sequência Didática aborda temas relacionados à Teoria da Relatividade de Einstein e foi desenvolvida observando a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1980) e as contribuições do Professor Marco Antônio Moreira (1999).

A Sequência Didática aqui apresentada é parte integrante do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Sociedade Brasileira de Física (SBF), onde sou aluno no Polo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFF)

Foi realizada uma intervenção em sala de aula, onde o principal objetivo foi verificar se uma nova proposta para facilitar a aprendizagem do tema Relatividade teria resultados positivos do ponto de vista qualitativo. A proposta foi de usar as artes (filme e Esquete teatral) como principais estratégias de ensino.

Apresento na sequência um resumo da sequência proposta:

Pré-teste

Esta etapa foi composta por um questionário com questões objetivas e subjetivas visando identificar os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do aluno, assim como identificar as características de um comportamento que leva a uma aprendizagem mecânica ou a uma aprendizagem significativa. Foi aplicado a uma amostra de 30% dos alunos da classe.

Organizador Prévio

Após o pré-teste foi apresentado os organizadores prévios com objetivo de realçar os subsunçores presentes na estrutura cognitiva do aluno. Foi realizada a leitura da carta de Einstein ao presidente dos Estados Unidos alertando sobre uma possível construção da bomba nuclear pelos nazistas. Na sequência foi apresentado no formato PowerPoint uma abordagem histórica sobre o contexto no qual Einstein viveu e as influencias da relatividade sobre a arte e a literatura naquele período da história.

A arte como elemento facilitador da aprendizagem

Esta terceira etapa ocorreu após a apresentação das aulas tradicionais a serem ministrada pelo professor seguindo o livro didático, atividades autorreguladas disponíveis no Sistema Conexão da SEEDU-RJ, entre outras.

No caso específico foi escolhida a arte, como elemento facilitador da aprendizagem da relatividade, em especial a restrita. Esta etapa foi composta por dois momentos:

- Exibição do Filme Interestelar de Christopher Nolan; Para a exibição do filme, foi utilizada uma sala de aula do CE Oscar Batista.
- Encenação de um diálogo hipotético entre Einstein e Galileu com uma adaptação extraída do livro Einstein e o universo relativístico, do autor José Cláudio Reis.

Organizador Explicativo

Nesta etapa foi apresentado ao aluno o organizador explicativo usando para tal o mapa conceitual, ou seja, diagramas de conceitos explicitando suas inter-relações e hierarquias contextuais (Moreira, 2006). Foram montados no quadro dois mapas conceituais: um abordando a relatividade na física clássica e outro a relatividade de Einstein.

Pós-teste

Esta etapa constituiu a etapa final do trabalho de intervenção. Foi aplicado um teste aos mesmos alunos do pré-teste, composto também com questões objetivas e subjetivas só que em um novo contexto. O objetivo desta fase foi identificar se houve aprendizagem ou relações entre os conceitos prévios e os novos conceitos.

Ao final do processo, os dados coletados no pré-teste e no pós-teste foram analisados e comparados, observando-se também o Referencial Teórico. Os resultados apresentados mostraram indícios de que houve uma aprendizagem significativa para o uso da sequência didática proposta.

Sugestões e críticas serão muito bem-vindas
José Alexandre Maron Pettersen
jpettersen@prof.educacao.rj.gov.br

SUMÁRIO

Aula 1	5
Aula 2	7
Aula 3	12
Aula 4	23
Aula 5	24
Aula 6	26
Aula 7	30
Referencias Bibliográficas	35

Teoria da Relatividade

Aula 1

Objetivo: realçar os subsunçores presentes na estrutura cognitiva do aluno

ORGANIZADOR PRÉVIO

Carta Einstein ao Presidente dos Estados Unidos

Senhor Presidente:

2 de agosto de 1939.

Alguns trabalhos recentes de E. Fermi e L. Szilard, que me foram entregues em manuscritos, levam-me a crer que, em futuro imediato, o elemento urânio pode vir a ser uma nova e importante fonte de energia. Alguns aspectos da situação que se criou parecem exigir atenção e, se necessário, ação rápida por parte da administração. Por conseguinte, acredito ser meu dever conduzir sua atenção par os seguintes fatos e recomendações: Durante os últimos quatro meses, através dos trabalhos de Joliot na França e Fermi e Szilard na América, tornou-se provável a viabilidade de efetuar uma reação nuclear em cadeia numa grande massa de urânio, em consequência da qual seriam gerados uma vasta quantidade de potência e um grande número de elementos, o radium por exemplo. Parece quase certo que isso será conseguido em futuro bem próximo. Este novo fenômeno levaria também à fabricação de bombas e é concebível - embora menos certo - que possam ser fabricadas bombas extremamente poderosas de um novo tipo. Uma única dessas bombas, levada por um barco e explodida num porto, poderá perfeitamente destruir o porto inteiro e mais algum

território ao redor. Entretanto, tais bombas podem revelar-se demasiadamente pesadas para serem transportadas pelo ar. "Os Estados Unidos possuem jazidas muito pobres em urânio e em quantidades moderadas. Há algumas jazidas boas no Canadá e na Tchecoslováquia e a mais importante fonte de urânio é o Congo Belga". A vista dessa situação, o Senhor pode pensar que é desejável manter algum contato permanente entre a Administração e o grupo de físicos que trabalham em reações em cadeia na América. Talvez uma maneira possível de se conseguir isto seria o Senhor atribuir esta tarefa a uma pessoa de sua confiança e que pudesse trabalhar de maneira não oficial. Essa tarefa poderia compreender o seguinte:

a) acercar-se dos departamentos governamentais, mantê-los informados sobre os desenvolvimentos e estabelecer recomendações para a ação do Governo, dando atenção particular ao problema para assegurar-se do suprimento de minério de urânio para os Estados Unidos;

b) acelerar o trabalho experimental que está sendo realizado no momento dentro dos limites dos recursos de laboratórios de Universidades, fornecer fundos se forem necessários, através de contatos com pessoas desejosas de contribuir para essa causa e, talvez, também obter a cooperação de laboratórios industriais que tenham o equipamento necessário.

Quero crer que a Alemanha tenha realmente cessado a venda de urânio das minas da Tchecoslováquia das quais se apossou. Talvez possa ser compreendido que ela tivesse tomado esta ação prematura, tendo em vista que o filho do subsecretário de Estado alemão, Von Weizsacker, tem ligações com o Instituto Kaiser-Wilhelm em Berlim, onde alguns dos trabalhos americanos sobre urânio estão sendo divulgados.

*Muito sinceramente,
Seu Albert Einstein*

Teoria da Relatividade

Aula 2

Objetivo: realçar os subsunçores presentes na estrutura cognitiva do aluno.

Disponível em:
<https://www.slideshare.net/secret/1Qe5oHKhTvfJli>

ORGANIZADOR PRÉVIO

Contexto histórico

Desafiando, Isaac Newton, defensor de que o tempo era absoluto, Albert Einstein provou para o mundo que o tempo é relativo para cada observador.



Imagem de Albert Einstein enquanto estudava (reprodução da internet)

A concepção do tempo que dominou o pensamento científico até o final do século XIX foi a do físico inglês Isaac Newton, para quem o tempo era absoluto. Mas o físico alemão Albert Einstein virou esse conceito de cabeça para baixo. Einstein mostrou que o espaço pode ser deformado e o tempo, dilatado.

O gênio, conhecido mundialmente pela sua Teoria da Relatividade, nasceu na cidade de Ulm, no Sul da Alemanha em 1879. Seu pai foi um comerciante que nunca teve muito sucesso nos negócios. Sua mãe, dona de casa, se dedicou à educação dos filhos. A família judia não seguia a religião. Einstein demorou a falar; seu passatempo preferido era observar insetos e plantas no jardim da casa onde morava e fazer castelos de cartas de vários andares.

Depois de um Ensino Médio atribulado, Albert conseguiu entrar na Escola Politécnica de Zurique, na Suíça. Aos 17 anos, com a autorização de seu pai, renunciou à cidadania alemã e se livrou do serviço militar obrigatório. Na Escola Politécnica, conheceu sua primeira mulher, Mileva Maric com a qual teve dois filhos, Hans Albert e Eduard.

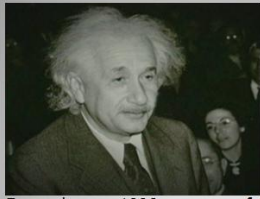


Imagem de Albert Einstein com mais idade (reprodução da internet)

Formado em 1900 como professor de matemática e física, Einstein não conseguiu se empregar de imediato. Dedicou-se então à pesquisa. Dois anos depois, já com a cidadania do país, conseguiu uma vaga no Escritório Suíço de Patentes. Embora o trabalho fosse burocrático e tedioso, Einstein nunca reclamou dele, porque lhe permitia ter bastante tempo livre para desenvolver suas ideias científicas.

Em 1905, ele concebeu a Teoria da Relatividade Especial, que revolucionou o entendimento dos fenômenos fundamentais que envolvem a matéria, a energia e o tempo. Sua teoria baseia-se em dois princípios: o da relatividade, segundo o qual as leis físicas são as mesmas para todo observador inercial – aquele que esteja em repouso ou com movimento uniforme, sem aceleração – e o de que a velocidade da luz é constante, ou seja, sempre tem o mesmo valor para todo observador inercial.

Para Newton, o tempo era absoluto, verdadeiro e matemático, por sua própria natureza, sem relação a nada externo e permanecia sempre semelhante e imutável. Se o universo desaparecesse, o tempo continuaria. Em um de seus artigos publicados em 1905, no qual ele introduziu sua Teoria da Relatividade Restrita, Einstein foi forçado a rever o conceito newtoniano de tempo ao assumir como verdadeiros dois princípios: o de que as leis da física são iguais em todos os referenciais inerciais; e que a velocidade da luz é uma constante da natureza.

O segundo princípio adotado como verdadeiro por Einstein, trouxe consequências impensáveis e revolucionárias. A velocidade da luz no vácuo, de 300.000 km/s, é uma constante da natureza. Einstein percebeu, por meio de experimentos feitos mentalmente, que o tempo não poderia ser o mesmo para duas pessoas observando o mesmo fenômeno. Outra consequência dos experimentos de Albert é que a descoberta de que quanto maior a velocidade de um corpo, mais devagar o tempo passa em relação a ele.

Depois que Einstein publicou essas ideias, o físico francês Paul [Langevin](#) percebeu que isso levaria a um paradoxo, o chamado Paradoxo dos Gêmeos. Um dos gêmeos é colocado em uma nave espacial que atinge velocidades próximas à da luz e vai e volta de uma estrela distante. O tempo para aquela criança passará mais devagar quando comparado ao tempo na Terra. Assim, quando aquele viajante espacial voltar, ele poderá ser, dependendo da velocidade de sua nave e da distância percorrida, alguns anos mais jovem que seu irmão! É como se o gêmeo viajante fizesse uma viagem ao próprio futuro.

Uma das consequências de o tempo passar de forma diferente para cada uma das pessoas é que dois fenômenos podem parecer simultâneos para uma pessoa, mas não para outra. Como assim? Dois observadores vêem a mesma coisa acontecendo em instantes diferentes? Sim! O tempo depende de cada observador, ou seja, cada referencial inercial tem seu próprio "relógio". Portanto, contrariando Newton, não há tempo absoluto. Obviamente, não notamos isso no cotidiano, porque estamos acostumados a relacionar como simultâneos eventos que ocorrem no mesmo lugar e cujas distâncias são desprezíveis em relação à quanto a velocidade da luz percorre.

Mas, caso pudéssemos observar eventos muito, muito distantes, a noção de simultaneidade deixaria de ser válida. O tempo é relativo a cada observador. Mesmo os físicos da época levaram algum tempo para digerir a ideia de que o tempo é relativo. E alguns morreram achando que Einstein estava equivocado, tamanha era a audácia do que aquele jovem e desconhecido físico alemão havia proposto.

Dez anos mais tarde, Einstein generalizou sua teoria da relatividade, incluindo um novo conceito: o de que o espaço e o tempo estão fundidos, como parte de um uno indissociável, o chamado espaço-tempo, no qual as três dimensões espaciais (altura, largura e comprimento) estão ligadas à quarta dimensão, o tempo. Essa nova teoria foi chamada Teoria da Relatividade Geral – geral porque passou a incluir a gravidade.

No fundo, a Teoria da Relatividade Geral é uma nova Teoria da Gravitação. Além disso, explica fenômenos que a teoria de Newton não podia explicar, como corpos que envolvem massas muito grandes, como as das estrelas e das galáxias, e as velocidades muito altas, próximas à velocidade da luz.

A influência da teoria de Einstein na arte e na literatura



'Le demoiselles d'Avignon', de Pablo Picasso (reprodução da internet)

Os primeiros anos do século XX na Europa foram sacudidos por um tsunami intelectual e artístico que questionou as visões clássicas da natureza e da estética. Parece mais do que mera coincidência que o período de mais intensa criatividade de Einstein seja o mesmo em que o pintor espanhol Pablo Picasso produziu suas obras mais revolucionárias. Não é à toa que 1905 foi considerado o Ano Miraculoso da Física, quando Einstein publicou cinco importantes trabalhos, entre eles dois em que esboçou sua relatividade restrita. Por outro lado, em 1907, Picasso pintou "Les demoiselles d'Avignon", um quadro de causaria uma ruptura na estética da época.

Segundo o filósofo da ciência norte-americano Arthur Miller, é possível estabelecer paralelos nas trajetórias desses dois personagens brilhantes. Ambos os trabalhos de Einstein e Picasso trataram do mesmo problema: a natureza do espaço e do tempo, e, particularmente, a representação da simultaneidade – temporal, para o primeiro, e espacial, para o segundo.

A influência da teoria de Einstein na arte e na literatura



Quadro do cubismo (reprodução da internet)

As idéias sobre espaço, tempo e gravitação contidas na Teoria da Relatividade também tiveram impacto em outros artistas. Pintores e escultores como Vassili Kandinsky, Paul Klee, Piet Mondrian, Marc Chagall e Alexander Calder incluíram idéias da relatividade em suas obras. O abstracionismo de Kandinsky e Klee representou uma ruptura radical em relação à arte figurativa tradicional.

Também na literatura pode ser percebido o impacto da relatividade. O romance "O Som e a Fúria", do poeta e romancista norte-americano William Faulkner, é um exemplo disso. A influência pode ser sentida na métrica das poesias e em deformações temporais nos romances. O escritor tcheco Franz Kafka, autor de vários clássicos, entre eles "Metamorfose", participou de reuniões de discussões com Einstein na, então, Tchecoslováquia (hoje, República Tcheca). Nelas, um grupo de judeus de Praga conversava sobre literatura, filosofia e ciência por volta de 1910.

Fórmula de Einstein possibilitou a construção de bombas atômicas



Cogumelo após bomba em Hiroshima, detonada em 6 de agosto de 1945 (reprodução da internet)

Em 1939, o físico alemão Albert Einstein escreveu uma carta ao então presidente dos Estados Unidos Franklin Roosevelt destacando em seu conteúdo a possibilidade da criação de uma bomba de grande poder de destruição. Tal capacidade destrutiva seria proveniente da reação nuclear em cadeia desencadeada a partir de uma grande massa de urânio. A carta serviria para chamar a atenção sobre o fato de a Alemanha deter o conhecimento para desenvolver esse tipo de tecnologia, uma ameaça real no contexto da Segunda Guerra Mundial.

Inicialmente, Einstein teve sua imagem associada à criação da bomba atômica graças ao seu conceito de massa inercial, representada pela fórmula $E = mc^2$, uma das mais famosas da física, na qual a energia (E) é igual a massa (m) vezes a velocidade da luz (c) ao quadrado.

O conhecimento adquirido com as teorias de Einstein permitiu o desenvolvimento da bomba atômica. Mas é preciso lembrar que Einstein foi, antes de tudo, um pacifista. A luta pela paz foi seu principal esforço depois de as duas bombas atômicas terem sido lançadas sobre o Japão pelos Estados Unidos em 1945.

O nome de Einstein estará para sempre associado à relatividade, seu trabalho mais famoso. No entanto, seu currículo intelectual inclui cerca de outros 300 trabalhos científicos e muitos tão importantes quanto aqueles de 1905, que o tornariam conhecido no mundo inteiro, inclusive aquele onde explicava o efeito fotoelétrico, que lhe rendeu reconhecimento e até um prêmio Nobel de Física em 1921.



Em 1925, Albert Einstein (quarto sentado da esquerda para a direita) visitou o Brasil. Na foto, o físico está com a equipe do Observatório Nacional, no Rio de Janeiro (Foto: Divulgação/Observatório Nacional)

O que aconteceu em 1905 ainda desafia os mais persistentes historiadores da ciência. Foram produzidos seis trabalhos de altíssimo nível – e qualquer físico de hoje teria o maior orgulho de ter apenas um deles em seu currículo. O título de gênio que recebeu ainda em vida Einstein encarava com certo desdém. Acreditava que suas melhores qualidades eram trabalhar muito e "ser teimoso como uma mula" – palavras dele. Acreditava mais no suor e na criatividade do que em uma suposta genialidade.

1955 - Morre Einstein.

FIM

Bibliografia

GUERRA, Andréia, REIS, José Claudio, MARCO, Einstein e o universo relativístico – Editora Atual

<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2012/01/einstein-vida-e-obra-do-fisico-alemao.html>

<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2012/01/formula-de-einstein-possibilitou-construcao-de-bombas-atomicas.html>

Teoria da Relatividade

Aula 3

Objetivo: Fazer com que o aluno faça parte do fenômeno.

Disponível em: <https://youtu.be/YJtiyiN1rQM>

ARTE COMO ELEMENTO FACILITADOR

- 1) Exibição do filme Interestelar de Christopher Nolan;
- 2) Encenação e apresentação do diálogo hipotético entre Einstein e Galileu:
DIALOGANDO SOBRE A NATUREZA

Texto do diálogo:

A Teoria da Relatividade de Einstein foi apresentada em dois artigos publicados com um intervalo de aproximadamente dez anos. O primeiro de 1905, apresenta a teoria que ficou conhecida como Teoria da Relatividade Especial ou Restrita. O segundo, de 1916, introduz a Teoria Geral da Relatividade.

Para apresentarmos a Teoria da Relatividade, criamos um hipotético diálogo entre Galileu e Einstein. Recurso similar foi usado pelo próprio Galileu. Ele escreveu suas obras na forma de diálogo entre três personagens: Salviati, que defendia suas ideias; Simplicio, que defendia as ideias do filósofo grego Aristóteles; e um leigo curioso chamado Sagredo, que servia de juiz.

O diálogo apresentado a seguir é imaginário: Galileu e Einstein viveram em épocas muito diferentes. Além disso, o “nosso” Galileu tem conhecimentos de física que o verdadeiro não possuía.

O diálogo apresentado a seguir é imaginário: Galileu e Einstein viveram em épocas muito diferentes. Além disso, o “nosso” Galileu tem conhecimentos de física que o verdadeiro não possuía.



Fonte: imagem da internet

Vamos supor que, viajando no tempo, os dois cientistas se encontrem num congresso no Brasil, para discutir suas ideias. Em nossa imaginação, vamos encontrá-los caminhando lado a lado, pelo centro da cidade do Rio de Janeiro, conversando animadamente, em meio a ruídos típicos das grandes cidades.



Fonte: imagem da internet

Algumas questões sobre a Propagação da luz

Galileu: Meu caro Einstein, as cidades hoje em dia estão muito barulhentas, mal consigo ouvir a minha voz. Pisa, a cidade onde nasci, no século XVI, era muito silenciosa. Não sei como as pessoas conseguem aguentar tanto barulho.

Einstein: É verdade. Berna, onde morava quando elaborei a Teoria da Relatividade Restrita, no início do século XX, também era muito tranquila se comparada às cidades de hoje em dia. Como poderíamos evitar ouvir tanto barulho?

Galileu: Como? Não ouvi o que disse.

Einstein: Você pode correr atrás do som que eu emiti e ouvir minhas palavras.

Galileu: Não é mais fácil você repetir o que disse?

Einstein: Certamente, mas vamos pensar um pouco nessa ideia de correr atrás do som. Poderíamos viajar a uma velocidade superior à do som, que é de aproximadamente 340 m/s no ar. Assim, ultrapassaríamos o som que emiti e poderíamos ouvi-lo mais adiante.

Galileu: Apesar de estranho, é perfeitamente possível imaginarmos essa situação.

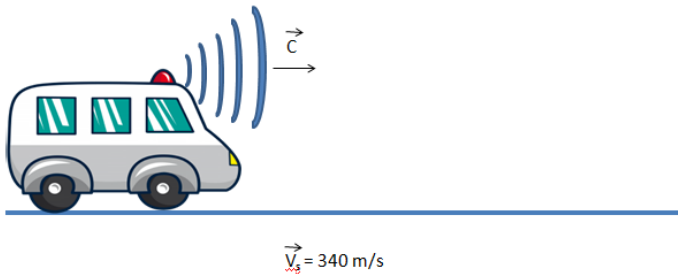
(uma ambulância passa pela rua com a sirene ligada)

Einstein: Apesar de incomuns, essas situações não são absurdas do ponto de vista da física. Quando queremos explicar a natureza, não podemos ficar apenas nas aparências imediatas. Observando o ruído da sirene daquela ambulância, surgiram-me algumas ideias.

Galileu: Que ideias?

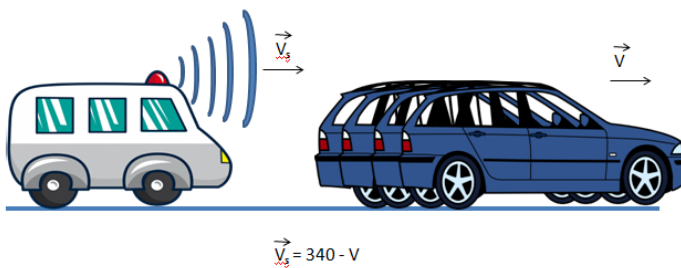
Einstein: Não são originais. São ideias baseadas nas transformações de velocidade que você discutiu há muito tempo, no século XVII. Imagine que pudéssemos medir a velocidade do som da sirene da ambulância de dentro do próprio carro quando ele estivesse parado num sinal. Que valor encontraríamos?

Galileu: Mediríamos aproximadamente 340 m/s, pois é a velocidade do som no ar quando o ar está em repouso.



Fonte: criação própria

Einstein: E o motorista de um automóvel que se afasta da ambulância, com uma velocidade V em relação à rua? Qual o valor da velocidade do som da sirene medida por ele?

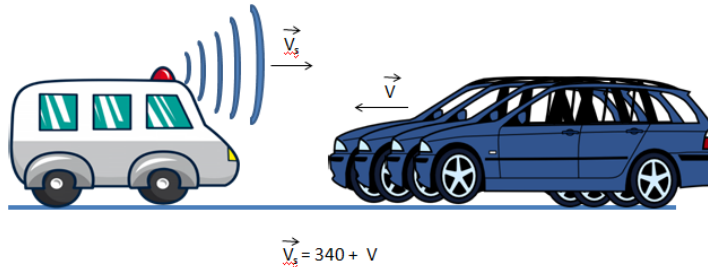


Fonte: criação própria

Galileu: Nesse caso a velocidade do som (V_s) para ele será igual à velocidade do som em relação ao ar (340 m/s) menos a velocidade do carro em relação à rua (V). Dizendo isso em linguagem matemática: $V_s = 340 - V$.

Einstein: Imagina agora um observador num automóvel com velocidade V em relação à rua aproximando-se da ambulância. Qual a velocidade do som (V_s) para ele?

Galileu: Novamente podemos usar o mesmo raciocínio. O observador obterá um valor igual ao da velocidade do som em relação ao ar adicionado ao da velocidade do seu automóvel em relação à rua, ou seja: $V_s = 340 + V$.



Fonte: criação própria

Einstein: Realmente serão esses os valores da velocidade do som para os três referenciais diferentes. Como cada caso caracteriza um referencial diferente, cada observador medirá uma velocidade diferente para o som. As suas transformações já previam isso, e a experiência comprova as previsões teóricas.

(Galileu, percebendo que está escurecendo, pergunta a Einstein as horas, pois tem um compromisso à noite)

Einstein: Em que referencial você quer saber as horas?

(Galileu não entende muito bem a pergunta)

Galileu: Ora, meu caro Einstein! O tempo não varia em relação às mudanças de referencial. Sua pergunta não faz sentido.

(Einstein vai contra-argumentar, mas também está com pressa. À noite vai a um concerto)

Einstein: Deixemos isso para depois. São 19h, também devo ir. Já estou atrasado.

Galileu: Amanhã nos vemos em Copacabana, quero ir à praia. Vamos nos encontrar na recepção do meu hotel, tchau.

Einstein: Galileu, espere! Você se esqueceu de dar a quarta dimensão. A que horas?

(Novamente Galileu não entende muito bem o que Einstein quis dizer, mas responde rapidamente, devido à pressa.)

Galileu: Às 8h.

Viajando no tempo

(Outro dia.)

Galileu: Einstein, não entendi algumas de suas perguntas quando nos despedimos ontem. Você falou da quarta dimensão. O que quis dizer com isso?

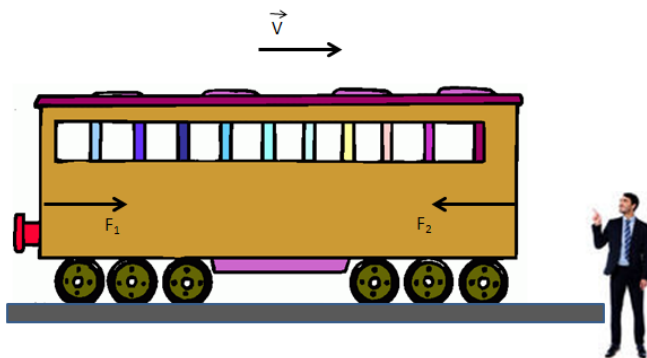
Einstein: Eu estava querendo provocá-lo, pois gostaria que retomássemos nossas reflexões a respeito das suas transformações de velocidade. Ontem falamos do som, uma onda mecânica. E suas transformações para a propagação da luz, ou seja, de uma onda eletromagnética? Como ficam?

Galileu: Mas qual será a diferença?

Einstein: No seu princípio da relatividade, que trata da relatividade das velocidades, você afirma que as leis da mecânica se aplicam para todos os referenciais inerciais, ou seja, em repouso ou em movimento retilíneo com velocidade constante uns em relação aos outros. Será que isso também vale para fenômenos não mecânicos, como a propagação da luz?

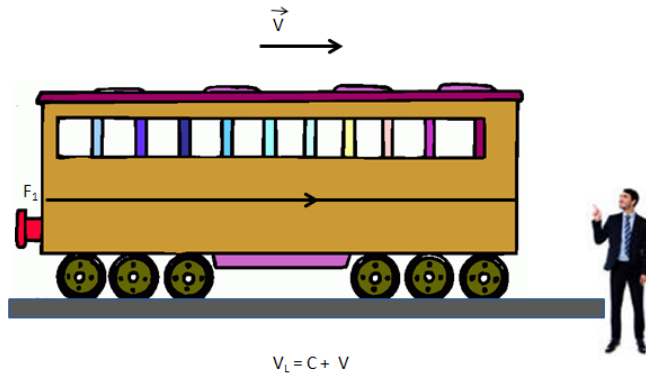
Galileu: Não vejo por que ser diferente para a luz.

Einstein: Então, vamos imaginar um trem em movimento retilíneo com velocidade constante V em relação aos trilhos. Admita que existem duas fontes luminosas, F_1 e F_2 , colocadas nas extremidades opostas do vagão. Que valores você encontraria para a velocidade da luz proveniente de cada extremo, supondo que você estivesse parado em uma estação vendo o trem se movimentar?



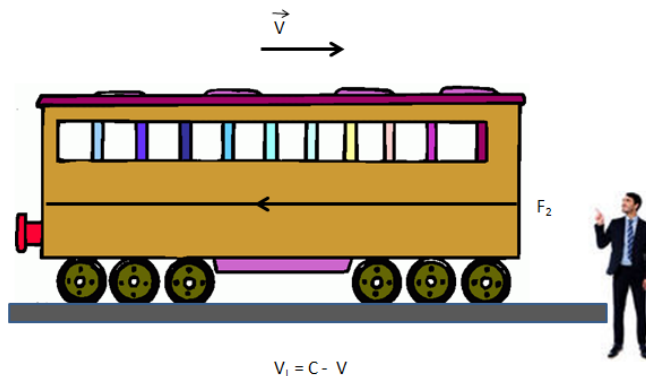
Fonte: criação própria

Galileu: Podemos proceder da mesma forma que em relação ao som, ou seja, teremos dois valores diferentes. Suponha que a luz da fonte F_1 seja enviada no mesmo sentido do movimento do trem. Nesse caso, encontraremos um valor para a velocidade da luz em relação à estação (V_L) igual à adição da velocidade da luz em relação ao éter (C) com a velocidade do trem em relação à estação (V). Em linguagem matemática: $V_L = C + V$.



Fonte: criação própria

Galileu: Em relação ao segundo caso, vamos supor que a luz da fonte F_2 fosse emitida no sentido oposto ao do movimento do trem. Assim, o valor encontrado para a velocidade da luz em relação à estação (V_L) seria igual ao valor da velocidade da luz em relação ao éter (C) menos a velocidade do trem em relação à estação (V). Em linguagem matemática: $V_L = C - V$.



Fonte: criação própria

Einstein: Se isso é possível podemos pensar em voltar no tempo, certo?

Galileu: Meu caro Einstein, você poderia se explicar melhor? Sua conclusão não é óbvia. Não estou entendendo o que você está querendo dizer.

Einstein: Considere o 1º caso. Sabemos que a visão é a impressão que a luz produz na retina, em nossos olhos. Como você mesmo concluiu, a velocidade da luz em relação à estação é maior do que a velocidade da luz em relação ao éter, ou seja, superior a 300000 km/s. Se isso é possível, podemos supor também que um corpo pode ter velocidade superior à da luz. Sendo assim, como no caso do som, a luz emitida por uma fonte poderia se alcançada por algum corpo que viajasse a uma velocidade superior à da luz.

Galileu: Não vejo nada de estranho nessa possibilidade.

Einstein: Vamos analisar suas consequências com mais detalhes. Que fenômenos poderíamos observar se viajássemos a uma velocidade superior à da luz?

Galileu: Os mesmos que observamos normalmente.

Einstein: Tenho certeza de que isso não ocorreria. Se uma pessoa viajasse com tal velocidade, superior à da luz, ela veria os acontecimentos do mundo como se estivesse assistindo a um filme rodando ao contrário, ou seja, de trás para frente. Isso porque ela alcançaria a última imagem emitida antes da penúltima e assim sucessivamente; veria primeiro o final do filme para depois ver o começo.

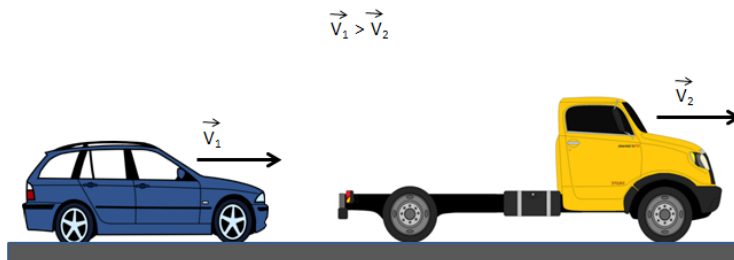
Galileu: Como assim?

Einstein: Vamos fazer uma analogia. Pense em um carro e um caminhão em uma estrada. O carro está atrás do caminhão, mas com velocidade superior. Nessas condições, o carro alcança o caminhão, certo?

Galileu: Certo

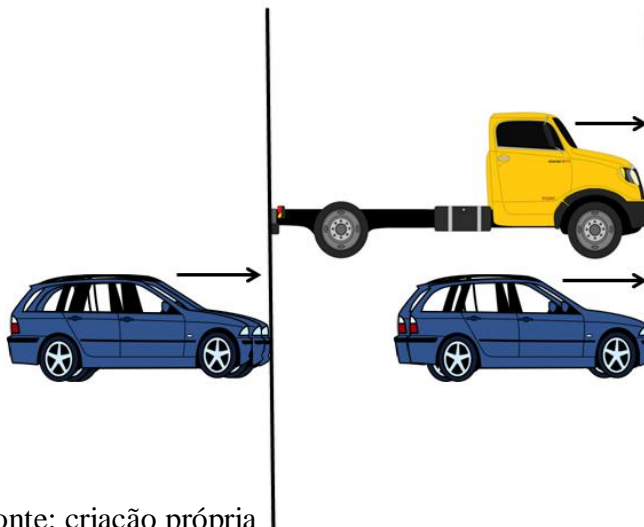
Einstein: O carro primeiro alcança a traseira do caminhão para depois chegar à dianteira, correto?

Galileu: Exatamente.



Fonte: criação própria

Einstein: Com a luz aconteceria algo parecido, como havíamos dito antes: ao viajarmos a uma velocidade superior à da luz, alcançaríamos a última imagem, depois a penúltima e assim sucessivamente.



Fonte: criação própria

Galileu: Mas isso é um absurdo! Assim, eu me veria nesta sequência: velho, jovem e depois no útero de minha mãe.

Einstein: Claro. Isso é um absurdo. Por isso temos de admitir que a velocidade da luz tem sempre o mesmo valor, independente da velocidade da fonte que a emitiu. Ou seja, ela é invariável para qualquer observador, não dependendo do seu estado de movimento.

Galileu: Mas, se isso é verdadeiro, então minhas transformações estão erradas.

Einstein: Não é bem assim. Na verdade elas precisam ser reescritas para explicar o fato de haver um limite superior para a velocidade de propagação de qualquer coisa. E não se preocupe, pois todos os físicos, até 1905, pensavam que esse limite para as velocidades não existia.

Galileu: Mas eu também não estou convencido dos seus argumentos. Se a velocidade da luz não pode ser superada, é um limite para a velocidade de qualquer coisa. Então, não podemos encontrar valores diferentes para a velocidade da luz. Ela será constante para qualquer referencial de observação.

Einstein: Sim.

Galileu: Então precisaremos alterar conceitos básicos da física, como o de espaço e tempo. Isso para ficar só com dois. Entretanto, a base desses conceitos é minha percepção da realidade. Como posso pensar em espaço e tempo de outra forma?

Einstein: Meu caro Galileu, realmente você tem razão no que diz respeito à necessidade de mudarmos os conceitos de espaço e tempo como consequência da constância da velocidade da luz. Entretanto sou obrigado a discordar de você quanto à ideia de que nossas percepções imediatas da realidade que devem servir de parâmetro para a compreensão do mundo físico.

Galileu: Se não for assim, como será?

Einstein: Se ficarmos apenas com nossas percepções, não poderemos construir explicações satisfatórias para os fenômenos da natureza. Afinal, vemos os corpos mais pesados caírem primeiro. Mas foi você mesmo que nos ensinou: isso só é verdadeiro quando não podemos eliminar a resistência do ar. E, para isso, você contrariou o senso comum.

Galileu: De fato me opus às explicações de Aristóteles. Eram teorias brilhantes, resultado da época em que ele viveu. As formas de pensar estão fortemente relacionadas à visão de mundo de determinada época. Nesse sentido, o mundo moderno trouxe para a ciência suas principais características: a prática da experimentação e da expressão matemática das leis da natureza. Tais práticas, e muitas outras, mudaram a nossa forma de compreender o mundo e a natureza. Entretanto, não vejo como alterar conceitos que estão de acordo não apenas com nossas percepções, mas também com as experiências. Ou seja, não estou prendendo-me apenas à pura percepção da natureza.

Einstein: Isso só ocorre porque nossas experiências são feitas com velocidades muito baixas se comparadas com a velocidade da luz. Poucos são os artefatos construídos pelo homem que

desenvolvem uma velocidade superior à do som. A própria Terra tem uma velocidade de translação em torno do Sol de aproximadamente 30 km/s. esse valor é muito baixo se comparado com a velocidade de luz no vácuo: 300000 km/s.

Galileu: Teríamos algumas mudanças se as velocidades a que estamos acostumados fossem próximas da velocidade da luz?

Einstein: Certamente, as consequências da Teoria da Relatividade poderiam ser notadas.

Galileu: Mas afinal o que é a Teoria da Relatividade proposta por você em 1905?

Einstein: Podemos resumi-la em dois postulados:

1º) A velocidade da luz no vácuo é a mesma em que qualquer referencial de observação. Ela é invariável para mudança de referencial.

2º) Todas as leis da natureza são as mesmas em todos os referenciais que se encontram em movimento retilíneo com velocidade constante uns em relação aos outros.

Galileu: Você pode explicar melhor esse segundo postulado?

Einstein: Ele é apenas uma ampliação para todas as leis da física do seu princípio de relatividade: as leis da mecânica são as mesmas para qualquer referencial em repouso ou em movimento retilíneo com velocidade constante.

Galileu: Engraçado, você não fala nada sobre o éter nesse seus postulados. Onde ele fica?

Einstein: Considerando que a velocidade da luz é constante para qualquer referencial, então ela não é arrastada pelo éter como o som é pelo ar. Logo, a luz não necessita se propagar através de um meio que possa produzir influências sobre ela. Então, não necessitamos mais do éter. Se não necessitamos mais do éter, por que supor que ele existe?

Galileu: Então a luz não é como o som, que faz o ar vibrar. E é por isso que o som é arrastado pelo ar, mudando de velocidade se o ar está em movimento ou não. Entendi!

Teoria da Relatividade

Aula 4

Objetivo: Fazer com que o aluno faça parte do fenômeno.

Disponível em: comprado em uma loja de departamentos.

Apresentação do Filme Interestelar

Interstellar, que em português significa Interestelar, é um filme anglo-americano de ficção científica dirigido por Christopher Nolan e estrelado por Matthew McConaughey, Anne Hathaway, Jessica Chastain, Bill Irwin, Mackenzie Foy, Matt Damon, John Lithgow e Michael Caine. Ele conta a história de uma equipe de astronautas que viajam através de um buraco de minhoca à procura de um novo lar para a humanidade. Os irmãos Christopher e Jonathan Nolan escreveram ao filme unindo ideias do primeiro com um roteiro que o segundo havia escrito em 2007. Nolan foi o produtor junto com sua esposa Emma Thomas e com Lynda Obst. O físico teórico Kip Thorne, cujo trabalho inspirou o filme, trabalhou como consultor científico e como produtor executivo. (Wikipédia, acessado em 02/11/2016)

Teoria da Relatividade

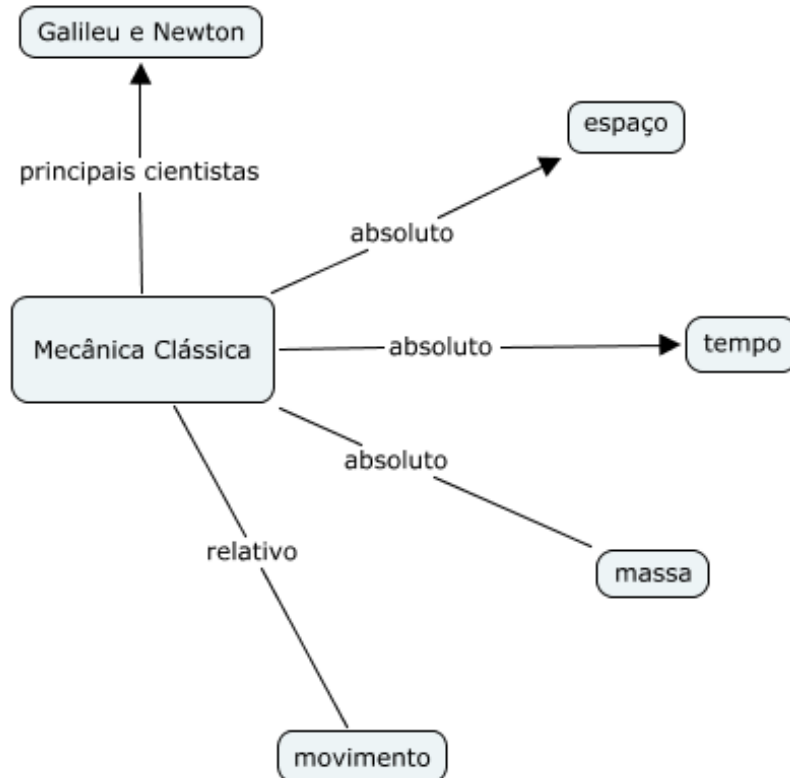
Aula 5

Objetivo: Estruturar o cognitivo

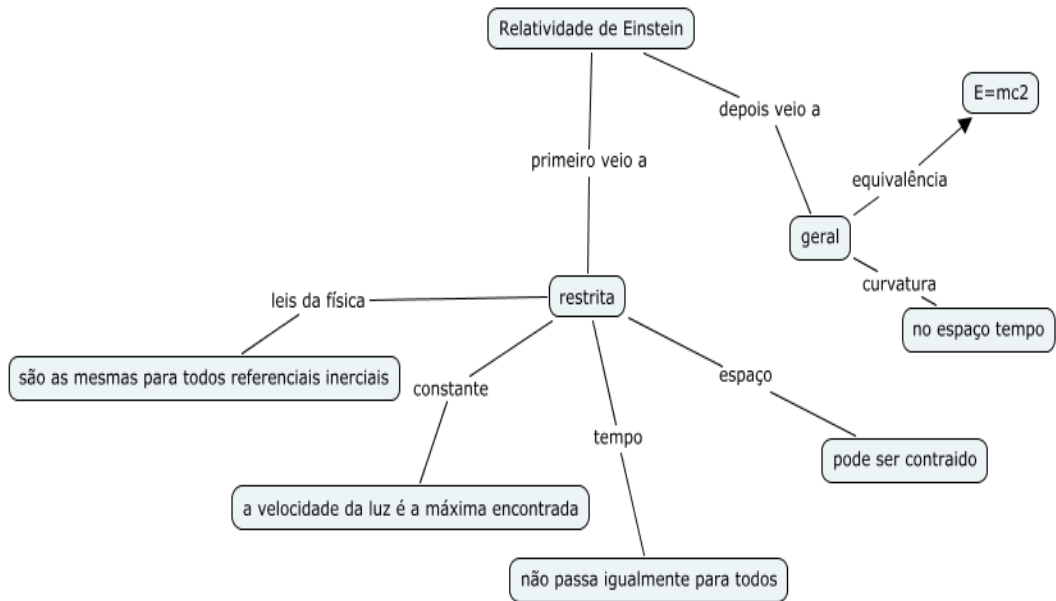
ORGANIZADOR EXPLICATIVO

Foram construídos dois mapas conceituais: um abordando a relatividade na física clássica e outro a relatividade de Einstein.

Mapa Conceitual 1: Relatividade na Mecânica Clássica



Mapa Conceitual 2: Relatividade de Einstein



Fonte: Dissertação de Wellington Mrad Joaquim – PUC MG – 2013

Teoria da Relatividade

Aula 6

Atividades Complementares (1ª parte)

Exercícios

1) A luz é uma forma de energia radiante, que pode se propagar em meio material e no vácuo. Ano-luz é uma medida que relaciona a velocidade da luz e o tempo de um ano. Ano-luz se refere a:

- A) aceleração.
- B) distância.
- C) energia.
- D) luminosidade.
- E) velocidade.

2) Os postulados da Teoria da Relatividade dizem que a velocidade da luz no vácuo é a mesma em todos os sistemas inerciais de referência e que as leis da Física são idênticas em relação a qualquer referencial inercial. A partir desses postulados, Einstein mostrou que o espaço:

- A) permanece constante e o tempo se dilata.
- B) se contrai e o tempo permanece constante.
- C) se contrai e o tempo se dilata.
- D) se dilata e o tempo se anula.
- E) se dilata e o tempo se contrai.

3) A velocidade da luz é diferente nos diversos meios em que se propaga. No vácuo, a velocidade da luz, representada pela letra c , é igual a $3 \cdot 10^8$ m/s. No meio material, a velocidade da luz, representada pela letra v , se comporta de forma diferente, pois interage com a matéria existente no meio. Comparando a velocidade da luz no vácuo e em qualquer meio material:

- A) v é igual a c .
- B) v é menor que c .
- C) v é o dobro de c .
- D) v é o quádruplo de c .
- E) v é o triplo de c .

4) Para comprovar a Teoria da Relatividade foi realizado um experimento mental que contou com a participação de irmãos gêmeos. Um dos irmãos, Flávio, foi enviado para uma viagem espacial à outra galáxia em uma nave que atingiu a velocidade da luz, enquanto o seu irmão, Fábio, permaneceu na Terra. De acordo com essa teoria, ao retornar de sua viagem, Flávio será mais:

- A) alto que Fábio.
- B) baixo que Fábio.
- C) magro que Fábio.
- D) novo que Fábio.
- E) velho que Fábio.

5) Uma famosa equação relativística de Einstein estabelece que ao fornecermos uma quantidade de energia a um corpo, estamos aumentando sua massa de repouso. Essa equação é:

- A) $E = \frac{kx^2}{2}$
- B) $E = mc^2$
- C) $E = \frac{mv^2}{2}$
- D) $E = mgh$
- E) $E = P\Delta t$

6) Leia o texto abaixo.

A 15 bilhões de anos - a Origem do Universo

[...] Há 15 bilhões de anos o Universo concentrava-se todo em um único ponto, com altíssima temperatura e densidade energética. Esse ponto explode –o instante zero – e começa a expansão do Universo, observada até hoje. As primeiras partículas, os fótons, são associadas à radiação eletromagnética. Prótons, elétrons e nêutrons formam-se nos três primeiros minutos dessa expansão, ainda vinculados à radiação. [...]

Disponível em: <<http://www.sitedecuriosidades.com/curiosidade/a-15-bilhoes-de-anos-a-origem-do-universo.html>>. Acesso em: 4 mar. 2013. Fragmento.

Esse texto refere-se ao modelo:

- A) do Big Bang.
- B) dos multiuniversos.
- C) ecpirótico.
- D) geocêntrico.
- E) heliocêntrico.

7) Diversos cientistas tentaram medir a velocidade da luz. Empédocles foi o primeiro a sugerir a medida e Galileu, por sua vez, foi o primeiro de fato a tentar medir a velocidade. O mais curioso é o fato de que todos os que obtiveram um valor para essa velocidade chegaram próximo a 300.000 km/s, como por exemplo o astrônomo dinamarquês Romer, o francês Fizeau e até Maxwell. O valor próximo da velocidade da luz, determinada por diferentes métodos, mostra que a:

- A) luz é uma onda de natureza mecânica.
- B) luz se comporta como partícula.
- C) sua velocidade depende do referencial.
- D) sua velocidade é uma constante universal.
- E) sua velocidade varia com o tempo.

8) A fissão nuclear é uma reação que ocorre no núcleo do átomo. Nesse processo, a cada colisão são liberados novos nêutrons. Os novos nêutrons irão colidir com novos núcleos, provocando a fissão sucessiva de outros núcleos e estabelecendo uma reação em cadeia. A fissão nuclear do urânio é a principal técnica empregada para a geração de eletricidade em usinas nucleares. De acordo com a equação de Einstein, o urânio, através de reações nucleares, transforma massa em:

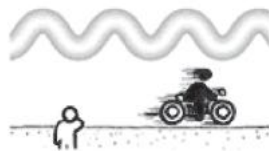
- A) aceleração.
- B) energia.
- C) impulso.
- D) trabalho.
- E) velocidade.

9) Observe o esquema abaixo.

Situação

Tempo e espaço segundo a relatividade especial

Se o motoqueiro turbinar sua moto para correr a 200.000 km/s e apostar a corrida com um raio de luz, isso não acontece



O observador externo dirá que viu a luz se afastar do motoqueiro a 100.000 km/s (a diferença entre a velocidade da luz, 300.000km/s, e a da moto)



O motoqueiro, no entanto, independentemente da sua velocidade, sempre verá o raio de luz se afastando a 300.000 km/s

Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/especial/2005/alberteinstein/entenda_a_teorica_da_relatividade_especial.shtml>.

Acesso em: 5 mar. 2013. Adaptado.

De acordo com esse esquema, e com os postulados da Teoria da Relatividade Especial de Einstein, tanto para o observador quanto para o motoqueiro o espaço e o tempo é que variam, pois:

- A) a velocidade da luz é constante.
- B) a velocidade da luz é maior.
- C) o espaço se dilata.
- D) o tempo passa mais rápido.
- E) o tempo se anula.

10) Leia o texto abaixo.

As digitais de Einstein em nosso cotidiano

[...] Pelo desafio intelectual que a teoria impõe, ela tem atraído legiões de jovens físicos e matemáticos em todo mundo, mas também tem ajudado engenheiros a resolver um problema de nossos dias: a correção dos dados fornecidos pelos equipamentos de GPS (sistema de posicionamento global, na sigla em inglês). Os satélites que fornecem os dados orbitam a uma altura de 20 mil quilômetros. Os dados enviados para os aparelhos de GPS baseiam-se essencialmente em distâncias e tempos. Os relógios atômicos presentes nos satélites sofrem efeitos devidos ao campo gravitacional (o tempo passa mais rápido) e à velocidade do satélite (o tempo fica mais lento). Se não houvesse essa correção, [...], o GPS poderia apresentar um erro de aproximadamente 11 quilômetros por dia.

Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/do-laboratorio-para-a-fabrica/as-digitais-de-einstein-em-nosso-cotidiano>>. Acesso em: 5 fev. 2013. Fragmento.

De acordo com esse texto, a Teoria que possibilitou a construção do GPS é a Teoria:

- A) Corpuscular.
- B) da Relatividade.
- C) das Cordas.
- D) do Big Bang.
- E) Ondulatória.

Gabarito: 1) B 2) C 3) A 4) D 5) B 6) A 7) D 8) B 9) A 10) B

Teoria da Relatividade

Aula 7

Atividades Complementares (2ª parte)

Exercícios

1) Leia o texto abaixo.

Em Setembro de 1905, Einstein mostrou que uma consequência da sua Teoria da Relatividade Restrita, em conjunção com as equações de Maxwell, era que se um corpo emite uma certa quantidade de energia, então a sua massa deve decrescer de um valor proporcional.

Disponível em: <<http://www.pucsp.br/pos/cesima/schenberg/alunos/fernandacardoso/Relatividade/Massa%20e%20Energia.htm>>.
Acesso em: 7 jan. 2015. Fragmento.

De acordo com esse texto, existe uma equivalência entre massa e:

- A) aceleração.
- B) energia.
- C) espaço.
- D) força.
- E) tempo.

2) Diante da atual crise hídrica que o planeta vem enfrentando, não só o Brasil, mas o mundo todo iniciou investimentos em outras formas de geração de energia elétrica, as chamadas energias alternativas. Uma dessas formas alternativas é a energia nuclear, que requer grandes investimentos em pesquisas, no intuito de possibilitar a utilização desse recurso com segurança. O Brasil, atualmente, conta com as usinas nucleares Angra 1 e Angra 2, localizadas em Angra dos Reis-RJ, com um potencial de geração de 2.000 MW. Nesse tipo de geração de energia, a energia elétrica é obtida a partir da energia:

- A) térmica, contida no interior de átomos estáveis.
- B) potencial, contida na eletrosfera de átomos radioativos.
- C) liberada no decaimento de elétrons de átomos radioativos.
- D) liberada na fusão de núcleos atômicos.
- E) liberada na fissão de núcleos atômicos.

3) Observe, no texto abaixo, como o tempo pode ser uma medida relativa, ou seja, que depende do referencial.

O tempo de Einstein e o Princípio da Relatividade

Paul Langevin imaginou uma situação com dois gêmeos: um ficava na Terra enquanto o outro fazia uma viagem de ida e volta durante, por exemplo, 10 anos do seu tempo (próprio), isto é, o tempo medido no referencial do viajante. Quando volta à Terra, verifica que o seu gêmeo está quase 58 anos mais velho se a velocidade relativa durante toda a viagem tiver sido $v = 0,985 c$, quase 99% da velocidade da luz no vácuo.

Disponível em: <http://www.portaldoastronomo.org/tema_pag.php?id=16&pag=2>. Acesso em: 8 jan. 2015. *Adaptado para fins didáticos. Fragmento.

A diferença entre as idades de cada irmão ocorre devido ao fato de:

- A) a luz possuir velocidade invariante.
- B) a luz se comportar como partícula.
- C) a luz ser uma onda eletromagnética.
- D) o espaço ser absoluto.
- E) o tempo ser absoluto.

4) Leia o texto abaixo.

Algumas partículas possuem um tempo de vida extremamente curto. É o caso de uma determinada partícula que se origina na parte superior da atmosfera, a partir dos raios cósmicos. Seu tempo de vida médio é de $2 \mu\text{s}$ (dois microssegundos). Nesse tempo de $2 \mu\text{s}$, essa partícula, viajando a $0,998c$, percorreria apenas 600 metros pela teoria newtoniana e, como as mesmas são criadas a milhares de quilômetros acima do nível do mar, a probabilidade de detectá-las ao nível do mar seria muito remota. Mas não é isso que acontece [...]. O tempo de vida dessas partículas, no referencial Terra é dado por $\tau = \gamma\tau_0$, ou seja, multiplica-se o tempo próprio $2 \mu\text{s}$ pelo fator de Lorentz, que, nesse caso, é igual a 15. Dessa forma, o tempo de vida passa a ser $30 \mu\text{s}$ e, nesse tempo, é capaz de percorrer uma distância de 9.000 metros.

Disponível em: <<http://fisicamariaines.com/re/muons.html>>. Acesso em 16 jan. 2014. *Adaptado para fins didáticos. Fragmento.

De acordo com esse texto, a detecção dessas partículas na superfície da Terra é um fenômeno natural que comprova a Teoria:

- A) Heliocêntrica de Copérnico.
- B) Geocêntrica de Ptolomeu.
- C) da Relatividade de Galileu.
- D) da Relatividade de Einstein.
- E) da Gravitação de Newton.

5) O que se pretende elucidar nesta subseção é o efeito de **dilatação do tempo**, que, segundo Brennan (2003), os ponteiros de um relógio em movimento avançarão mais lentamente que os de um relógio imóvel (relativo a um dado observador). As ideias de Einstein relacionadas ao tempo foram postas a prova somente em 1971, quando relógios de césio foram colocados em dois aviões a jato que dariam a volta a Terra rumando em sentidos diferentes aonde um iria para leste e o outro para oeste. Antes de os aviões decolarem os dois relógios embarcados foram ajustados a um relógio que ficaria na Terra, no fim do experimento os relógios não coincidiam mais quanto à hora do dia.

Disponível em: <<http://cienciasetecnologia.com/teoria-relatividade-einstein/>>. Acesso em: 16 jan. 2014.

Com base nesse texto, o fato de os relógios, no fim desse experimento, apresentarem marcações diferentes de tempo ocorre, pois:

- A) a velocidade da luz é infinita.
- B) a velocidade da luz é invariante.
- C) a velocidade da luz é nula.
- D) o espaço é absoluto.
- E) o tempo é absoluto.

6) Leia o texto abaixo.

Einstein introduziu a Teoria da Relatividade em seu trabalho "Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento", escrito em junho de 1905. Em setembro do mesmo ano, ele publicou mais um pequeno trabalho, complementando o anterior, intitulado "A inércia de um corpo depende de seu conteúdo de energia?". Nesse trabalho ele mostrou que a massa inercial de um corpo varia toda vez que esse corpo ganha ou perde energia, qualquer que seja o tipo de energia. Se um corpo receber uma quantidade de energia ΔE , sua massa inercial terá um aumento Δm dado por $\Delta E = (\Delta m) \cdot c^2$. Do mesmo modo, se o corpo perder energia, sua massa inercial irá diminuir. Assim, a massa de um tijolo quente é maior do que a de um tijolo frio; uma mola comprimida tem massa maior do que quando não estava comprimida, pois o acréscimo de energia potencial elástica ocasiona um aumento da massa inercial da mola. Quando um corpo tem sua velocidade aumentada, aumenta também sua energia cinética; é esse aumento de energia cinética que acarreta o aumento da massa inercial do corpo.

Disponível em: <http://atomico.no.sapo.pt/08_06.html>. Acesso em: 16 jan. 2014.

De acordo com esse texto, Einstein descobriu o Princípio da Equivalência entre:

- A) Massa e Energia.
- B) Massa e Força.
- C) Velocidade e Aceleração.
- D) Velocidade e Espaço.
- E) Velocidade e Força.

7) Leia o texto abaixo.

Desde Galileu e Newton que se sabia que medidas laboratoriais de processos mecânicos nunca podiam mostrar diferenças entre um equipamento em repouso e um outro que estivesse em movimento com velocidade constante em linha reta: era o chamado princípio da relatividade. Mas nem todas as leis da física eram consideradas universais e independentes do observador: de acordo com a teoria eletromagnética de Maxwell (refinada depois por Lorentz), a luz não devia obedecer a este princípio e devia mostrar o efeito do movimento. Michelson e Morley fizeram uma experiência, em 1887, em que tentaram detectar a diferença entre a velocidade da luz na direção do movimento da Terra (afetado pelo vento de éter resultante) com a velocidade da luz numa direção em ângulo reto com ela. Mas, para sua surpresa, não encontraram nenhuma diferença. O valor da velocidade da luz não se parecia alterar quando se alterava a velocidade do seu emissor – o que estava em desacordo com os modelos da Física Clássica.

Disponível em: <<http://www.pucsp.br/pos/cesima/schenberg/alunos/fernandacardoso/Relatividade.htm>>. Acesso em: 16 jan. 2014.

Com base nesse texto, o fato de a velocidade da luz ser a mesma, independente da velocidade do seu emissor, mostra que:

- A) a luz é uma onda mecânica.

- B) a luz se comporta como partícula.
- C) sua velocidade depende do referencial.
- D) sua velocidade é uma constante universal.
- E) sua velocidade varia com o passar do tempo.

8) Em uma aula de física, um aluno faz a seguinte afirmação:

Se um corpo atingir o dobro da velocidade da luz em relação a um referencial, o tempo parecerá tão lento que os relógios praticamente pararão, pois as massas dos ponteiros ficarão enormes.

Com base na teoria da relatividade restrita, podemos afirmar corretamente que:

- A) a afirmação é rigorosamente correta.
- B) a afirmação é parcialmente correta. As massas não ficarão enormes.
- C) a afirmação é parcialmente correta. As massas ficarão enormes, mas o tempo fluirá sem alteração.
- D) a afirmação é incorreta, pois, ao ultrapassar a velocidade da luz, o tempo inverterá o sentido.
- E) a afirmação é rigorosamente incorreta. Um corpo não pode ser acelerado até ultrapassar a velocidade da luz.

9) Com base na Teoria da Relatividade de Albert Einstein, publicada em 1905, analise as afirmações:

- I. O tempo dilata, isto é, um mesmo evento pode transcorrer em intervalos de tempo diferentes quando medido por dois observadores, um em repouso e o outro em movimento retilíneo uniforme em relação ao primeiro.
- II. O comprimento contrai, isto é, um mesmo corpo pode ter comprimentos diferentes quando medido por dois observadores, um em repouso e o outro em movimento retilíneo uniforme em relação ao primeiro.
- III. A velocidade da luz no vácuo tem seu valor aproximado de 300.000 km/s, independente do referencial.

Qual alternativa está correta?

- A) I e II
- B) I e III
- C) II e III
- D) todas
- E) nenhuma

10) Um dado que comprova a Teoria da Relatividade é o fato de a velocidade dos satélites em órbita atrasar seus cronômetros internos em alguns milionésimos de segundos por dia, tornando necessário fazer ajustes. Tais ajustes foram possíveis devido às equações da relatividade. Para qual dos equipamentos abaixo, muito útil atualmente no dia a dia das pessoas, é necessária a utilização das equações da relatividade para seu perfeito funcionamento?

- A) A balança.

- B) A bússola.
- C) O GPS.
- D) O mapa.
- E) O sextante.

Gabarito: 1) B 2) E 3) A 4) D 5) B 6) A 7) D 8) E 9) D 10) C

Referências Bibliográficas (apêndice C)

Globo Ciência. Disponível em: <<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2012/01/einstein-vida-e-obra-do-fisico-alemao.html>>. Acesso em julho de 2015.

Globo Ciência. Disponível em: <<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2012/01/formula-de-einstein-possibilitou-construcao-de-bombas-atomicas.html>>. Acesso em julho de 2015.

KANTOR, C. A. et al. **Coleção Quanta Física**. São Paulo: Editora PD, 2010.

KARAN, R. A. **Relatividade Restrita no início do Ensino Médio: Elaboração e análise de uma proposta**. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) UFSC. 2005.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: Editora do autor. 2006.

Paramount Pictures (filme). *Interestelar*, 2014. 2h49min.

REIS, J. C. **Einstein e o universo relativístico**. São Paulo: Editora Atual. 2000.

RIO DE JANEIRO. **SAERJINHO**. Disponível em: <<http://www.saerj.caedufjf.net>>. Acesso em julho de 2015.