

UMA BREVE HISTÓRIA

Ao final do século XIX o conhecimento da Física Clássica, que engloba os tópicos de Mecânica, Termodinâmica e o Eletromagnetismo, estava tão estabelecido que mais nada precisava ser descoberto ou desvendado, pelo menos era o que achavam os físicos da época. Os conhecimentos adquiridos até esse período foram o ponto de partida para a Física Moderna e suas subdivisões como a Teoria da Relatividade e a Mecânica Quântica.

A Teoria da Relatividade Restrita teve início em 1905 quando Albert Einstein publicou um artigo teórico com dois pressupostos: a velocidade da luz é a mesma para todos observadores, não importa qual seja a velocidade relativa, isto é, ela não depende do referencial em relação ao qual é determinada e também as leis físicas são as mesmas para qualquer sistema inercial de referência.

Como esse cara teve esse pensamento?

Os pensamentos de Einstein envolveram muita produção científica que foi desenvolvida antes de 1900. Ele utilizou as concepções de estudiosos como Galileu e Isaac Newton que elaboraram teorias que contribuíram muito para a evolução da humanidade.

Galileu contribuiu para o desenvolvimento da Mecânica utilizando o método experimental, inédito para a época. Ao demonstrar a trajetória parabólica dos projéteis, utilizou o princípio da relatividade dos movimentos ou princípio da independência dos movimentos que mostra que a trajetória¹ e a velocidade são dependentes do referencial² de onde se observa o movimento.

¹ Trajetória: é o lugar geométrico das posições ocupadas pelo ponto no decorrer do tempo. A trajetória pode ser retilínea ou curvilínea, dependendo do referencial considerado.

² Referencial: é o sistema adotado como referência para indicar se o ponto está em movimento ou em repouso. O referencial utilizado será o de um sistema rigidamente ligado a Terra.

Einstein chamou essa dedução de Galileu como a Relatividade galileana, que descreve movimentos em relação a um referencial inercial³ que pode estar em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme (não acelerado) em relação a outro referencial inercial. Surgem assim, as transformações galileanas deduzindo que o comprimento (distância ou posição) e o tempo são absolutos e não dependem do referencial inercial em que foram medidos.

**Para pensar um pouco:
A forma de descrever os movimentos começou com Galileu. Uma das formas descritas é a Relatividade Galileana, descreva com suas palavras o que é isso?**

Outro personagem que trouxe notável contribuição para o desenvolvimento da Física do século XX foi Isaac Newton da qual Einstein tinha especial admiração.

Em 1687, Isaac Newton publica sua maior obra os *Principia Mathematica Philosophie Naturalis* ou os *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*. O principal fundamento do *Principia* está no que hoje falamos e utilizamos: As três leis de Isaac Newton.

A Primeira Lei de Newton é a lei da Inércia que descreve:
Todo corpo permanece em seu estado de repouso⁴, ou de movimento retilíneo e uniforme⁵, a não ser que seja compelido a mudar esse estado devido à ação de forças aplicadas.

Matematicamente, a Primeira Lei de Newton pode ser escrita assim:

$$\mathbf{F}_R = \sum_{i=1}^{i=n} \mathbf{F}_i = 0 \leftrightarrow \mathbf{a} = 0$$

³ Referencial inercial: é um sistema de referência em que corpos livres não têm o seu estado de movimento alterado a não ser que haja sobre ele uma força externa.

⁴ Repouso: um corpo está em repouso quando, em determinado intervalo de tempo, sua posição não varia em relação a determinado referencial inercial.

⁵ Movimento Retilíneo e Uniforme (MRU): ocorre quando o móvel percorre distâncias iguais em intervalos de tempos iguais.

Na segunda Lei de Newton ou também chamado de Princípio Fundamental da Dinâmica, temos:

A variação do movimento é proporcional à força motriz aplicada; e se dá na direção da reta segundo a qual a força está aplicada.

Podemos representá-la por:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \mathbf{F}_i = m\mathbf{a}, \text{ ou seja, } \mathbf{F}_R = m\mathbf{a}$$

A Terceira Lei de Newton, que é conhecida como a Lei da ação e reação, nos diz:

A toda ação sempre se opõe uma reação igual; ou, as ações mútuas de dois corpos são sempre iguais e dirigidas às partes contrárias.

Representa-se a Terceira Lei de Newton por:

$$\mathbf{F}_{1,2} = -\mathbf{F}_{2,1}$$



Percebe-se que as Leis de Newton são iguais para qualquer sistema de referencial inercial.

Atividades

Vamos entender melhor essas três leis.

Explique os casos que se seguem utilizando a lei que achar mais conveniente para a explicação.

- 1) Uma pessoa, sem o uso do cinto de segurança, está sentada no banco dianteiro de um carro, o que acontece a ela se o motorista freia bruscamente? Por quê?
- 2) Por que uma pessoa, quando está em pé, dentro de um ônibus em movimento é “jogada” para frente, quando este freia? Justifique.
- 3) Um corpo tem certa velocidade e está deslocando-se em movimento uniforme. O que deve ser feito para que a sua velocidade aumente, diminua ou mude de direção?
- 4) Qual será a força necessária para conseguir que um objeto de 4 kg de massa acelere a 3 m/s^2 ?
- 5) Fisicamente, andar é uma ação explicada pela Terceira Lei de Newton e pela força de atrito. Explique esse fenômeno.

Acesse o site: <http://www.rarebookroom.org/Control/nwtprt/index.html>
Conheça o livro original

ORIGEM DO CAMPO MAGNÉTICO E MODELO ONDULATÓRIO

Entre os campos que existem, vamos entender: o campo gravitacional⁸, o campo eletrostático⁹, e o campo magnético¹⁰ que é nosso interesse de estudo no momento.

Em 1820, o Hans Christian Oersted relacionou os efeitos elétricos e magnéticos ao realizar uma experiência com uma bússola e um fio que conduzia eletricidade. Ele colocou o ponteiro da bússola paralelamente ao fio e percebeu que ao passar corrente elétrica pelo fio, o ponteiro se deslocava em 90 graus e ao inverter o sentido da corrente, o ponteiro da bússola girava em sentido contrário, a partir daí começou-se os estudos da relação entre eletricidade e magnetismo.

Portanto: **cargas elétricas em movimento, ou seja, correntes elétricas, criam um campo magnético na região do espaço que as circunda, sendo assim fontes de campo magnético.**

Este ensaio de Oersted foi descoberto por acaso, fazendo-o aprofundar seus estudos, uma vez que já havia outros cientistas fazendo essa relação da eletricidade com o magnetismo, mas sem nenhuma comprovação.

Após a descoberta de Oersted, outros físicos também verificaram o efeito, como Ampère que publicou quinze artigos sobre efeitos eletromagnéticos, Michael Faraday que descobriu a indução magnética, ou seja, ele fez passar uma corrente elétrica contínua por um condutor colocado entre os pólos de um imã. Esse condutor fez um movimento de rotação provocado pela interação do campo magnético do imã e o campo magnético gerado pela corrente do fio, desta maneira estava inventado o motor elétrico.

PARA SABER MAIS

Acesse o site <http://www.youtube.com/watch?v=UtfnRPh9Mik>
Conheça o experimento de Oersted

⁸Campo gravitacional: é a capacidade de corpos de qualquer massa ter uma força de atração gravitacional que age sobre um corpo colocado nas suas proximidades.

⁹Campo eletrostático: ocorre quando o campo elétrico de uma região não varia no decorrer do tempo.

¹⁰Campo magnético: é a região próxima a um imã que influencia outros imãs ou materiais ferromagnéticos e paramagnéticos, como cobalto e ferro.

Em 1873, o físico e matemático James Clerk Maxwell unificou em uma formulação matemática as leis de Oersted, Ampère, Coulomb, Faraday, Lenz, Biot e Savart, conhecida agora como equações de Maxwell o que se concluiu, a luz é uma onda eletromagnética. Assim ele unificou em uma única teoria três ramos da física: a óptica, a eletricidade e o magnetismo. Com a descoberta de Maxwell surgiu um problema: se a luz é uma onda, precisa de um meio para se propagar, como é o caso das ondas sonoras. Por outro lado, para Newton a luz era corpuscular e obedecia as Leis da Mecânica.

Maxwell não imaginava o grande problema que acabava de causar para a Física do século XIX, suas equações descreviam que as ondas eletromagnéticas se propagavam no vácuo¹¹ e assim concluiu que a luz visível também é uma onda eletromagnética, desta maneira ele consegue calcular a velocidade de propagação dessas ondas no vácuo com a relação das suas quatro equações, chegando a uma equação que permite calcular a velocidade da luz no vácuo (c) que é a mesma em todas as direções e para todos os referenciais inerciais, independente da fonte luminosa.

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

Considere ϵ_0 a permissividade elétrica que vale $8,85418 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ e μ_0 a permissividade magnética do vácuo que vale $4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$.

Contudo para tornar aceitáveis suas equações, Maxwell acreditava que existia um meio que as ondas eletromagnéticas se propagavam e este meio foi chamado de éter que no século XVI René Descartes já havia idealizado. Com esta idéia aflorou-se a necessidade de provar a existência deste éter que deveria inundar todo o universo. O referencial absoluto do universo era o éter, sem ele não era possível identificar se um corpo ao vagar na imensidão do espaço com velocidade constante e em trajetória retilínea estava em movimento.

A comprovação da existência do éter era essencial, assim em 1887, Michelson e Morley utilizaram um instrumento denominado interferômetro para determinar o movimento da Terra em relação ao éter.

¹¹ Vácuo: Utilizamos o termo vácuo ao referirmo-nos a um espaço no qual a maior parte do ar ou de outro gás foi retirada, e no qual a pressão é extremamente pequena. É apenas o vácuo parcial.

Este experimento considerava o éter como referencial para as velocidades da Terra (30 km/s) e da luz (300.000 km/s). A luz deveria propagar-se pelo éter e o tempo do percurso da luz na direção do movimento da Terra através do éter deveria ser maior que o tempo percorrido pela luz na direção perpendicular ao movimento da Terra. As previsões teóricas falharam. Esperou-se que houvesse uma diferença de tempo no percurso da luz. Michelson e Morley concluíram que em qualquer percurso o tempo gasto pela luz foi sempre o mesmo, ou seja, a velocidade da luz não é afetada pela presença de nenhum meio material. Este resultado gerou uma inquietação tanto para os físicos como para os filósofos e o curioso é que este experimento ainda foi repetido quinze vezes em cinquenta anos.

Para não perder todo o conhecimento já existente, o físico Fitzgerald propõe uma hipótese que depois é complementada por Lorentz, em 1904, que aplica novas transformações nas equações de Maxwell onde supõe que os corpos ao se moverem através do éter, teriam o seu comprimento encurtado, viu-se então que Michelson e Morley não podiam detectar o éter.

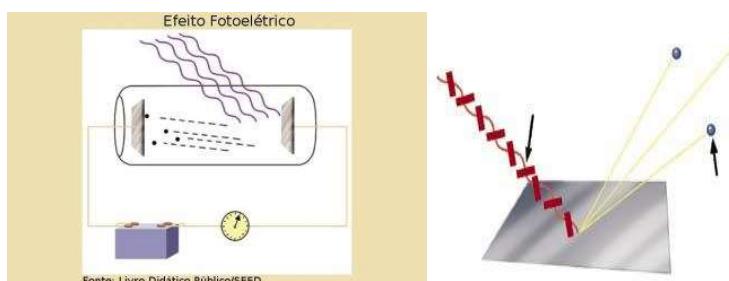
Ainda no século XIX surge uma incompatibilidade entre os resultados experimentais e a Teoria de Maxwell que não considerou a relação entre freqüência e energia da onda eletromagnética. As radiações visíveis não emitem elétrons em nenhum metal, qualquer que seja a sua intensidade. Já a radiação ultravioleta, mesmo com intensidade pequena, produz a emissão de elétrons na maioria dos metais. Assim ele não explica o fato das radiações eletromagnéticas ao incidirem em uma placa metálica, as cargas absorverem a energia para tentar escapar dessa placa.

Albert Einstein explicou o fenômeno fotoelétrico, utilizando a teoria de Plank¹², uma vez que a Teoria de Maxwell não era suficiente para explicar tal fenômeno. Ao penetrar uma superfície metálica o fóton atinge o elétron e transfere todo sua energia para esse elétron. Para abandonar o metal, o elétron deve realizar um determinado trabalho, conhecido como função trabalho e que tem valor característico de cada material.

¹² Teoria de Plank: $E = hf$, onde $h = 6,63 \times 10^{-34}$ Js, é a constante de Plank e f é a freqüência de radiação.

A energia fornecida pelo fóton pode ser maior, igual ou menor que a função trabalho para o elétron abandonar o material. Vamos entender melhor: se a energia fornecida pelo fóton for maior que a função trabalho, o elétron é emitido com determinada energia cinética; se a energia fornecida pelo fóton for igual à função trabalho, o elétron é emitido com uma energia cinética máxima; e se a energia fornecida pelo fóton for menor do que a função trabalho, o elétron não consegue ser emitido. Assim, Einstein constatou que a energia dessas radiações é quantizada, tratando então essas radiações eletromagnéticas como feixe de partículas, denominadas fôtons que se propagam. É bom lembrar que Einstein adotou um novo modelo para a luz e as radiações eletromagnéticas, opondo-se ao modelo ondulatório. Este trabalho rendeu a Einstein o Prêmio Nobel de Física em 1921.

Ele verificou que um fóton é um concentrado de energia que pode ser chamado de “corpúsculo” ou “partícula” de energia. Então, o novo modelo foi chamado de modelo corpuscular das radiações eletromagnéticas.



Fonte: Livro Didático Público/SEED

PARA SABER MAIS

Acesse os sites

<http://www.youtube.com/watch?v=bnR1syXU5dU>
Conheça o experimento do efeito fotoelétrico

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=36919>
Conheça a simulação do interferômetro de Michelson e Morley

O COMEÇO DA TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA

O ano de 1905 representa um marco histórico para o desenvolvimento científico do século XX, começa uma nova Física, a Física Moderna.

A publicação de cinco artigos, dentre eles, um intitulado “Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento” fez surgir a Teoria da Relatividade Restrita onde Einstein analisa todos os fenômenos em relação a referenciais inerciais.

Esta teoria está baseada em dois postulados:

1º Postulado da Relatividade: As Leis da Física são as mesmas para todos os observadores em referenciais inerciais.

2º Postulado da Relatividade: A velocidade da luz, no vácuo, é constante, isto é, tem o mesmo valor cerca de $3,0 \times 10^8$ m/s, em todas as direções e em todos os referenciais inerciais.

Para entendermos o primeiro postulado, basta pensarmos que não existe referencial inercial privilegiado, ou seja, segundo Einstein “todo movimento é relativo”, isto é uma afirmação de invariância, e confirma a independência das leis da natureza em relação ao ponto de vista do observador.

A teoria da Relatividade Restrita trouxe duas consequências: a dilatação temporal e a contração espacial, vamos entender como acontece cada uma dessas duas consequências.

A **dilatação temporal** ou **dilatação do tempo** considera que a propagação da luz em todas as direções e com a mesma rapidez, deve-se ao fato do tempo ser relativo o que contraria as idéias de Galileu e Newton que, na Mecânica Clássica, consideram o tempo absoluto. Pode-se explicar isso com o exemplo dado a seguir.

Percebe-se que o intervalo de tempo decorrido entre dois acontecimentos, depende do referencial que observa esses acontecimentos.

Comecemos com dois observadores situados em diferentes referenciais, um em movimento e o outro parado em relação ao solo. Considere um observador andando em um vagão de um trem e outro observador fora do vagão do trem. O observador que está dentro do vagão observa uma lâmpada presa ao teto do vagão e dois espelhos paralelos, um fixo no teto do vagão e o outro preso ao chão do vagão a uma altura H , o observador que está dentro do vagão vê a luz que sai da lâmpada, com uma determinada velocidade, refletir em linha reta (para cima e para baixo) nos dois espelhos e o observador que está fora do vagão vê a luz se propagar, com a mesma velocidade que vê o observador de dentro do trem, descrever uma trajetória diagonal. Esta trajetória é mais longa que a trajetória para cima e para baixo e consequentemente o intervalo de tempo medido pelo observador que está fora do vagão do trem é maior que o intervalo de tempo do observador que está dentro do vagão do trem. Deste exemplo, pode-se entender que para o observador em movimento a uma velocidade constante, o tempo passa mais lentamente do que para o observador em repouso. No referencial de repouso, dentro do vagão, tudo está em repouso em relação a ele, neste caso o tempo é mínimo e chama-se de tempo próprio. Para os outros referenciais o tempo é obrigatoriamente maior e isso é o que chamamos de **dilatação do tempo**

A comprovação da dilatação temporal foi conseguida em outubro de 1977, quando foram colocados quatro relógios atômicos em aviões comerciais que deram duas voltas completas em torno da Terra, em sentidos opostos, e a dilatação do tempo teve um erro inferior a 1%.

Einstein, para elaborar seus postulados valeu-se também dos trabalhos dos físicos Michelson e Morley e Lorentz que formulou as transformações de Lorentz utilizando as equações de Maxwell.

A transformação de Lorentz do tempo é dada por:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$$

e serve para calcularmos a dilatação do tempo em determinado evento.

O observador que está no interior do trem mede o intervalo de tempo que chamamos de próprio ($\Delta t'$) e o observador que está fora do trem mede o intervalo de tempo que é chamado de dilatado (Δt).

A **contração espacial** ou **contração do espaço** também determina comprimentos diferentes para observadores que estão em repouso e outros que estão em movimento, ou seja, o comprimento de um corpo depende do referencial em que é medido. O exemplo agora consiste em determinar o comprimento (L) de uma régua ou barra, medida por dois observadores, um parado, em relação ao solo, fora do trem e outro em movimento, em relação ao solo, no interior de um vagão de trem. Colocam-se dois espelhos paralelos no interior do vagão do trem em movimento, de maneira que um raio de luz passe entre esses dois espelhos. Para o observador de dentro do vagão, no mesmo referencial em que a barra se encontra, o comprimento da barra será dado pelo tempo de ida e volta do raio de luz. O tempo de ida será o tempo gasto para o observador percorrer o comprimento da barra no interior do vagão mais o tempo percorrido pelo próprio vagão. O tempo de volta será o tempo gasto para o observador percorrer o comprimento da barra no interior do vagão menos o tempo percorrido pelo próprio vagão. Para o observador que está em movimento, o comprimento da barra é menor por que a contração do espaço acontece apenas na direção do movimento, ou seja, dimensões perpendiculares à direção do movimento não são afetadas. O observador em repouso não verifica nenhuma alteração no comprimento da barra, a este comprimento dá-se o nome de comprimento próprio.

Assim como podemos calcular a dilatação do tempo, a contração do espaço também pode ser calculada com a expressão:

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

Consideramos L' , o comprimento medido pelo observador no interior do trem, chamado de comprimento próprio e L , o comprimento medido pelo observador que está fora do trem, chamado de contração do espaço ou do comprimento.

Como vemos nessas fórmulas e na consequência do 2º Postulado de Einstein que nenhuma partícula pode se deslocar com velocidade superior à da luz.

A Teoria da Relatividade Restrita engloba um trabalho de físicos, filósofos e matemáticos que trabalharam em áreas distintas como a Mecânica e o Eletromagnetismo, fenômenos que não percebemos em nosso dia a dia, mas que

mudaram a maneira de entendermos o tempo e o espaço que nos rodeia.

PARA SABER MAIS

Acesse os sites <http://www.youtube.com/watch?v=njToAZrphko>

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=35343>

[\(um simulador explica de forma clara esses dois postulados\)](http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=28315)

Conheça esses experimentos

Atividades

Após assistir o vídeo, vamos compreender melhor este conteúdo, respondendo as perguntas abaixo

- 1) Descreva os postulados de Einstein, segundo a sua compreensão, e comente suas consequências.
- 2) Pesquise em pelo menos dois dicionários o que significa o verbo postular.
- 3) Escreva com suas palavras, qual foi seu entendimento, a respeito do efeito fotoelétrico.
- 4) Que explicação você daria, contra ou a favor, para não ser possível uma viagem de ida e volta, até o centro de nossa galáxia, viajando a uma velocidade próxima à da luz?
- 5) Um astronauta viaja a bordo de uma espaçonave que leva 12 anos de ida e volta até a Terra. Considere a velocidade da espaçonave de 0,80 c. Quantos anos terá um observador que ficou na Terra durante esse período?
- 6) Uma espaçonave passa por uma estação de observação com velocidade de 0,85 c, sabendo que seu comprimento de repouso é de 150 m, qual será o comprimento da espaçonave medida por um observador que se encontra na estação espacial?
- 7) Se fosse possível arremessar uma lança de 2,0 m com velocidade da ordem de 0,99c, qual seria o comprimento da lança visto por um observador fixo?

Outro tema que surgiu como consequência da Teoria da Relatividade Restrita, foi denominada **Energia Relativista**. Todos nós já vimos a celebre equação física: $E = mc^2$

Mas o que tem de importante nessa equação?

Ela traduz uma grande quantidade de energia (E) que pode ser obtida com uma minúscula porção de massa relativística (m) multiplicada por um número muito grande ($c = 300.000 \text{ km/s}$) que representa a velocidade da luz no vácuo.

Um exemplo que podemos entender melhor essa equação pode ser aplicado na energia solar, onde temos uma reação nuclear com os núcleos de hidrogênio que se unem aos núcleos de hélio, chamada **fusão nuclear**. Com esse processo a perda de massa do sol é da ordem de quatro milhões de toneladas por segundo.

Outro exemplo interessante refere-se comparação entre a dinamite e a bomba atômica, a quantização de energia libertada é medida em tonelada (ton) ou megatonelada (megaton) e a dinamite tem densidade energética de 60% maior que o TNT (Trinitrotolueno), aproximadamente 7,5 megajoule/quilograma contra 4,7 MJ/kg do TNT. A bomba atômica Little Boy, com 4400 kg de massa, largada em Hiroshima em 6 de Agosto de 1945, explodiu com uma energia de aproximadamente 15 kilotonelada de TNT (63 TJ). As bombas nucleares atualmente no arsenal dos Estados Unidos têm potências que variam de 0,3 kt (1,3 TJ) a 1,2 Mt (5,0 TJ).

Atividades

Responda as questões abaixo:

- 1) A massa de um próton é cerca de $9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$. Se o Sol tem aproximadamente 10^{57} prótons, estime a energia do Sol.
- 2) Existem dois mecanismos para liberação de energia nuclear: a fissão nuclear e a fusão nuclear, explique cada uma delas.
- 3) Pesquise o que significa a palavra energia e descreva a classificação das fontes de energia.
- 4) Pesquise qual a fonte de energia mais explorada:
 - a) No mundo;
 - b) No Brasil

Onde aplicamos esses conceitos da Física Moderna e Contemporânea no nosso dia a dia?

As aplicações são enormes, desde o uso de aparelhos de GPS, o som que sai do aparelho de mp3, até exames sofisticados tem o uso das tecnologias que foram desenvolvidas com os princípios da Física Moderna. Terrazzan (1992, p.210) comenta que “[...] os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea devem ser debatidos e estabelecidos nas escolas de 2º grau a fim de dar um entendimento do mundo criado pelo homem atual.”

A partir daí, vamos entender os fatos que começaram há décadas atrás e que repercutem até hoje, como a energia nuclear, por exemplo, que constitui uma poderosa ferramenta para o desenvolvimento da micro física. Atuando no campo da física atômica como da física nuclear, gerando assim muita temeridade por parte das pessoas por não conhecerem seus benefícios e pensam que ela serve apenas para fabricar bombas atômicas. As preocupações e os medos estão relacionados às aplicações do uso quando, os Estados Unidos da América, devastaram as cidades de Hiroshima e Nagasaki e também de alguns acidentes nucleares como os ocorridos em 1957 na Inglaterra, 1979 nos Estados Unidos, em 1986 em Chernobyl e o atual desastre em 2011 na usina de Fukushima no Japão.

PARA SABER MAIS

Acesse os sites:

<http://www.youtube.com/watch?v=89TWNTtJNl4>

<http://www.youtube.com/watch?v=NPBSZC9GUXg>

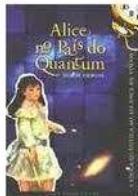
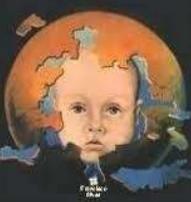
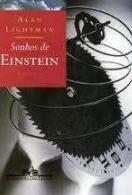
Conheça as usinas de Angra dos Reis

Acesse o site:

[\(2011\)](http://www.youtube.com/watch?v=c8iWvsUb1X4&feature=related)

Saiba mais sobre os desastres radioativos em usinas nucleares.

DICAS DE LIVROS

LIVRO	DESCRIÇÃO
	O Cosmo de Einstein- Michio Kaku Retrata de forma simples o surgimento da Teoria da Relatividade até a Mecânica Quântica em busca da grande unificação.
	Alice no País do Quantum- Robert Gilmore O autor introduz ao leitor não-especializado conceitos básicos da Mecânica Quântica e da Física das Partículas através de uma linguagem simples que combina romance com textos expositivos.
	O Tempo e o Espaço do Tio Albert- Russel Stannard Um livro de linguagem clara e simples que nos leva a aventuras espaciais juntamente com os personagens (Gedanken e Tio Albert) a descobertas extraordinárias a cerca dos mistérios do tempo e do espaço.
	Tau Zero- Poul Anderson Cerca de 50 pessoas viajam a 32 anos-luz da Terra para colonizar um sistema planetário, porém um acidente os desvia da rota e eles começam a viajar através do Universo a uma velocidade espantosa. Enfrentam muitos enigmas e mistérios.
	Sonhos de Einstein- Alan Lightman O livro faz uma narrativa sobre as reflexões que Einstein faz a cerca do tempo a partir das teorias que passavam por sua cabeça.

Mas o que tem de importante nessa equação?

Ela traduz uma grande quantidade de energia (E) que pode ser obtida com uma minúscula porção de massa relativística (m) multiplicada por um número muito grande ($c = 300.000 \text{ km/s}$) que representa a velocidade da luz no vácuo.

Um exemplo que podemos entender melhor essa equação pode ser aplicado na energia solar, onde temos uma reação nuclear com os núcleos de hidrogênio que se unem aos núcleos de hélio, chamada **fusão nuclear**. Com esse processo a perda de massa do sol é da ordem de quatro milhões de toneladas por segundo.

Outro exemplo interessante refere-se comparação entre a dinamite e a bomba atômica, a quantização de energia libertada é medida em tonelada (ton) ou megatonelada (megaton) e a dinamite tem densidade energética de 60% maior que o TNT (Trinitrotolueno), aproximadamente 7,5 megajoule/quilograma contra 4,7 MJ/kg do TNT. A bomba atômica Little Boy, com 4400 kg de massa, largada em Hiroshima em 6 de Agosto de 1945, explodiu com uma energia de aproximadamente 15 kilotonelada de TNT (63 TJ). As bombas nucleares atualmente no arsenal dos Estados Unidos têm potências que variam de 0,3 kt (1,3 TJ) a 1,2 Mt (5,0 TJ).

Atividades

Responda as questões abaixo:

- 1) A massa de um próton é cerca de $9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$. Se o Sol tem aproximadamente 10^{57} prótons, estime a energia do Sol.
- 2) Existem dois mecanismos para liberação de energia nuclear: a fissão nuclear e a fusão nuclear, explique cada uma delas.
- 3) Pesquise o que significa a palavra energia e descreva a classificação das fontes de energia.
- 4) Pesquise qual a fonte de energia mais explorada:
 - a) No mundo;
 - b) No Brasil

mudaram a maneira de entendermos o tempo e o espaço que nos rodeia.

PARA SABER MAIS

Acesse os sites <http://www.youtube.com/watch?v=njToAZrphko>

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=35343>

[\(um simulador explica de forma clara esses dois postulados\)](http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=28315)

Conheça esses experimentos

Atividades

Após assistir o vídeo, vamos compreender melhor este conteúdo, respondendo as perguntas abaixo

- 1) Descreva os postulados de Einstein, segundo a sua compreensão, e comente suas consequências.
- 2) Pesquise em pelo menos dois dicionários o que significa o verbo postular.
- 3) Escreva com suas palavras, qual foi seu entendimento, a respeito do efeito fotoelétrico.
- 4) Que explicação você daria, contra ou a favor, para não ser possível uma viagem de ida e volta, até o centro de nossa galáxia, viajando a uma velocidade próxima à da luz?
- 5) Um astronauta viaja a bordo de uma espaçonave que leva 12 anos de ida e volta até a Terra. Considere a velocidade da espaçonave de 0,80 c. Quantos anos terá um observador que ficou na Terra durante esse período?
- 6) Uma espaçonave passa por uma estação de observação com velocidade de 0,85 c, sabendo que seu comprimento de repouso é de 150 m, qual será o comprimento da espaçonave medida por um observador que se encontra na estação espacial?
- 7) Se fosse possível arremessar uma lança de 2,0 m com velocidade da ordem de 0,99c, qual seria o comprimento da lança visto por um observador fixo?

Outro tema que surgiu como consequência da Teoria da Relatividade Restrita, foi denominada **Energia Relativista**. Todos nós já vimos a celebre equação física: $E = mc^2$

A **contração espacial** ou **contração do espaço** também determina comprimentos diferentes para observadores que estão em repouso e outros que estão em movimento, ou seja, o comprimento de um corpo depende do referencial em que é medido. O exemplo agora consiste em determinar o comprimento (L) de uma régua ou barra, medida por dois observadores, um parado, em relação ao solo, fora do trem e outro em movimento, em relação ao solo, no interior de um vagão de trem. Colocam-se dois espelhos paralelos no interior do vagão do trem em movimento, de maneira que um raio de luz passe entre esses dois espelhos. Para o observador de dentro do vagão, no mesmo referencial em que a barra se encontra, o comprimento da barra será dado pelo tempo de ida e volta do raio de luz. O tempo de ida será o tempo gasto para o observador percorrer o comprimento da barra no interior do vagão mais o tempo percorrido pelo próprio vagão. O tempo de volta será o tempo gasto para o observador percorrer o comprimento da barra no interior do vagão menos o tempo percorrido pelo próprio vagão. Para o observador que está em movimento, o comprimento da barra é menor por que a contração do espaço acontece apenas na direção do movimento, ou seja, dimensões perpendiculares à direção do movimento não são afetadas. O observador em repouso não verifica nenhuma alteração no comprimento da barra, a este comprimento dá-se o nome de comprimento próprio.

Assim como podemos calcular a dilatação do tempo, a contração do espaço também pode ser calculada com a expressão:

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

Consideramos L' , o comprimento medido pelo observador no interior do trem, chamado de comprimento próprio e L , o comprimento medido pelo observador que está fora do trem, chamado de contração do espaço ou do comprimento.

Como vemos nessas fórmulas e na consequência do 2º Postulado de Einstein que nenhuma partícula pode se deslocar com velocidade superior à da luz.

A Teoria da Relatividade Restrita engloba um trabalho de físicos, filósofos e matemáticos que trabalharam em áreas distintas como a Mecânica e o Eletromagnetismo, fenômenos que não percebemos em nosso dia a dia, mas que

Comecemos com dois observadores situados em diferentes referenciais, um em movimento e o outro parado em relação ao solo. Considere um observador andando em um vagão de um trem e outro observador fora do vagão do trem. O observador que está dentro do vagão observa uma lâmpada presa ao teto do vagão e dois espelhos paralelos, um fixo no teto do vagão e o outro preso ao chão do vagão a uma altura H , o observador que está dentro do vagão vê a luz que sai da lâmpada, com uma determinada velocidade, refletir em linha reta (para cima e para baixo) nos dois espelhos e o observador que está fora do vagão vê a luz se propagar, com a mesma velocidade que vê o observador de dentro do trem, descrever uma trajetória diagonal. Esta trajetória é mais longa que a trajetória para cima e para baixo e consequentemente o intervalo de tempo medido pelo observador que está fora do vagão do trem é maior que o intervalo de tempo do observador que está dentro do vagão do trem. Deste exemplo, pode-se entender que para o observador em movimento a uma velocidade constante, o tempo passa mais lentamente do que para o observador em repouso. No referencial de repouso, dentro do vagão, tudo está em repouso em relação a ele, neste caso o tempo é mínimo e chama-se de tempo próprio. Para os outros referenciais o tempo é obrigatoriamente maior e isso é o que chamamos de **dilatação do tempo**

A comprovação da dilatação temporal foi conseguida em outubro de 1977, quando foram colocados quatro relógios atômicos em aviões comerciais que deram duas voltas completas em torno da Terra, em sentidos opostos, e a dilatação do tempo teve um erro inferior a 1%.

Einstein, para elaborar seus postulados valeu-se também dos trabalhos dos físicos Michelson e Morley e Lorentz que formulou as transformações de Lorentz utilizando as equações de Maxwell.

A transformação de Lorentz do tempo é dada por:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$$

e serve para calcularmos a dilatação do tempo em determinado evento.

O observador que está no interior do trem mede o intervalo de tempo que chamamos de próprio ($\Delta t'$) e o observador que está fora do trem mede o intervalo de tempo que é chamado de dilatado (Δt).