



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO ARAGUAIA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO BARRA DO GARÇAS - MT

Polliana Rodrigues Coelho
Professor Dr. Arian Paulo de Almeida Moraes

PRODUTO EDUCACIONAL

SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A FÍSICA DO GPS

Barra do Garças -MT

2023

POLLIANA RODRIGUES COELHO
mfisica.eng@gmail.com

SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A FÍSICA DO GPS

Orientador: Professor Dr. Arian Paulo de Almeida Moraes

Barra do Garças -MT

2023

Sumário

1. APRESENTAÇÃO.....	4
2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA	5
3 ONDAS	5
3.1 Ondas eletromagnéticas.....	7
3.2 Lei da gravidade universal.....	8
4 A RELATIVIDADE DO TEMPO	10
5 SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS)	13
6 PLANOS DE AULA	13
7 ROTEIRO.....	19
Aula 01 – Sistema de Posicionamento Global – GPS	19
Aula 02 – Grandezas Físicas	21
Aula 03 – Gravitação Universal – lançamento e órbita do Satélite.....	21
Aula 04 e 05 – Ondulatória.....	22
Aula 06 – Trilateração	27
Aula 07 e 08 – Dilatação do tempo	27
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS	30
ANEXO A – SATÉLITES	31
ANEXO B – “ONDAS ELETROMAGNÉTICAS”	34
ANEXO C – RELÓGIO ATÔMICO	38

1. APRESENTAÇÃO

Caro (a) professor (a),

Este produto educacional é parte integrante de uma dissertação do programa de Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física (MNPEF), e que apresenta uma sequência didática com o objetivos de apresentar e discutir os conceitos físicos relacionados ao princípio de funcionamento do Sistema de Posicionamento Global (GPS), que é um sistema de navegação por satélite que fornece a um aparelho receptor informações sobre a sua posição, e que está disponível na maioria dos dispositivos móveis existentes.

A aplicação de uma sequência didática com foco em tópicos de Física Básica no Ensino Médio, como radiação eletromagnética, gravitação universal e dilatação temporal, é uma excelente maneira de aprofundar o conhecimento dos estudantes em física e explorar conceitos mais avançados.

O produto educacional é composto por 06 (seis) planos de aula onde são abordados conceitos como: grandezas físicas, lei da Gravitação Universal, ondas eletromagnéticas, trilateração e dilatação do tempo, objetivando a compreensão dos princípios físicos de funcionamento do GPS.

Deseja-se que este trabalho seja de fundamental relevância para o enriquecimento das aulas de Física e um melhor entendimento das tecnologias existentes ao nosso redor.

Barra do Garças – MT, 2023

Poliana Rodrigues Coelho

2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O principal objetivo de uma sequência didática é fornecer uma estrutura eficaz para o processo de ensino-aprendizagem, facilitando o trabalho do professor na condução das aulas e garantindo que os alunos alcancem os objetivos de aprendizagem de maneira significativa e organizada. É uma ferramenta importante no planejamento educacional, pois ajuda a garantir que os conteúdos sejam apresentados de maneira coerente e progressiva.

“Sequência didática é um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos estudantes” (ZABALA, 1998, p.18).

“Embora uma sequência didática e um plano de aula compartilhem semelhanças em termos de objetivos educacionais, atividades de ensino e avaliação, eles se diferem principalmente na organização temporal e na profundidade com que o conteúdo é abordado” (LIMA, 2018, p.157).

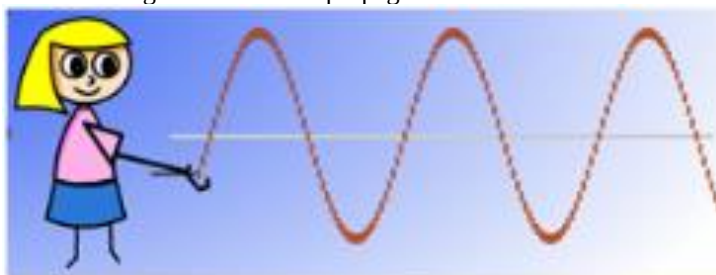
Apesar de a sequência didática ser direcionada ao ensino de aprendizagem do estudante, ela também pode servir para o professor melhorar seus conhecimentos sobre o tema que está sendo trabalhado.

De acordo com Bergamin e Braga (2021), para uma melhor organização das atividades propostas, espera-se que haja uma conexão entre os diferentes tópicos abordados em determinado conteúdo, e quando um tópico novo é dado, é importante a revisão de tópicos anteriores, principalmente se estes possuírem conhecimento prévio necessário para o entendimento do novo tópico a ser aprendido.

3 ONDAS

"Ondas são fenômenos que se propagam no tempo e no espaço transportando energia, sem transportar matéria. São geradas por algum tipo de estímulo, que pode ou não ser periódico, isto é, pode ou não se repetir com regularidade (HELERBROCK, 2023)."

Figura 1 - Onda se propagando em uma corda



Fonte: <http://www.lief.if.ufrgs.br/~cloliveira/introducao.html>

As ondas do mar provocam um certo fascínio e curiosidade no homem, o mundo em que vivemos está rodeados por ondas, sejam elas mecânicas, sonoras, luminosas, ondas de rádio, eletromagnéticas, etc.

Ao longo dos anos, inúmeros cientistas despenderam esforços em relação ao estudo das ondas, dentre eles: Christian Huygens (1629-1695), Robert Hooke (1635-1703), Issac Newton (1643-1727), Hertz (1857-1894), Doppler (1803-1853).

As muitas maravilhas que existem atualmente no mundo, tem em seu princípio de funcionamento propriedades ondulatórias, exemplos: televisão, o rádio, GPS, forno de microondas, as telecomunicações via satélite, entre outras.

O impacto de uma pedra na água provoca uma perturbação que dará origem um movimento que se propagará pela superfície como circunferências de mesmo centro, afastando-se do ponto inicial do impacto.

Figura 2 - Movimento causado pelo impacto de uma pedra na água.



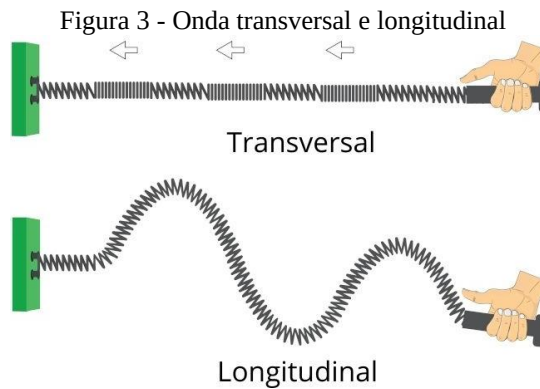
Fonte: <https://pt.quora.com/>

Para um melhor entendimento no estudo das ondas, se faz necessário classificá-las quanto à sua natureza, à direção de propagação e a direção de vibração.

As ondas são classificadas em ondas mecânicas, eletromagnéticas ou gravitacionais, quando se analisa a sua natureza. Ondas mecânicas não podem se mover através do vácuo, que é a ausência de um meio material. As ondas mecânicas dependem das partículas do meio para transmitir a energia de uma região para outra.

Algumas perturbações não necessitam de meio material para se propagar, e são geradas por cargas elétricas oscilantes, exemplo: ondas de rádio, raios-X, ondas de radar, etc.

Quanto à direção de propagação as ondas são classificadas em unidimensionais (propagam em apenas uma direção), bidimensionais (propagam em um plano, ou seja, duas direções perpendiculares entre si), tridimensionais (propagam em todas as direções do espaço tridimensional).

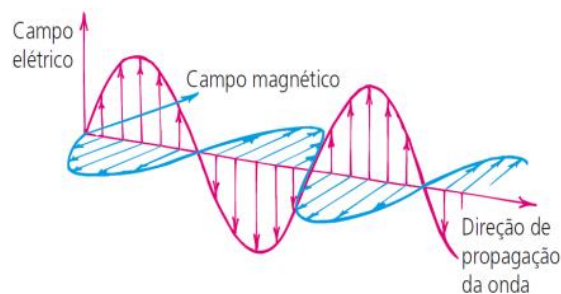


Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/ondas-mecanicas.htm>

3.1 Ondas eletromagnéticas

A figura 4 abaixo mostra os vetores campo elétrico e magnético de uma onda eletromagnética. Os campos elétrico e magnético são perpendiculares entre si e perpendiculares à direção de propagação da onda. As ondas eletromagnéticas são, portanto, ondas transversais. Os campos elétrico e magnético estão em fase. A direção de propagação de uma onda eletromagnética é a direção do produto vetorial $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$ (Tipler, 2009).

Figura 4 - Os vetores campo elétrico e campo magnético em uma onda eletromagnética.



Fonte: Hewitt (2015)

Os vários tipos de ondas eletromagnéticas (por exemplo, as ondas de rádio e os raios gama) diferem apenas em comprimento de onda e frequência, os quais estão relacionados de acordo com a equação $f\lambda = c$. As ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda de aproximadamente 0,1 nm são normalmente chamadas de raios X, mas se as ondas eletromagnéticas tiverem origem na radioatividade nuclear, elas são chamadas de raios gama.

De acordo com Timbó (2000), o GPS utiliza ondas eletromagnéticas na forma de sinais de rádio emitidos por satélites para determinar a posição de um receptor, com a frequência a partir de 10,23 MHz, multiplicada por 154 e 120, formam respectivamente as frequências mais usadas:

- L1 (1575.42 MHz): A maioria dos receptores de GPS civis opera nesta frequência.
- L2 (1227.60 MHz): Esta frequência é usada para sinais militares de alta precisão e também em algumas aplicações civis de geodésia de alta precisão.

As ondas eletromagnéticas são produzidas quando cargas livres são aceleradas ou quando elétrons ligados aos átomos e moléculas fazem transições para estados de menor energia. As ondas de rádio são produzidas por correntes elétricas oscilando nas antenas de transmissão de rádio. A faixa de frequência para AM (Amplitude Modulada) está entre 550 e 600 kHz, enquanto a faixa de FM (Frequência Modulada) está entre 88 e 108 MHz. Um espectro contínuo de raios X é produzido quando elétrons desaceleram ou colidem com um alvo metálico, resultando na emissão de radiação eletromagnética na faixa dos raios X.

Alguns exemplos de ondas eletromagnéticas existentes e bastante usados em nosso cotidiano:

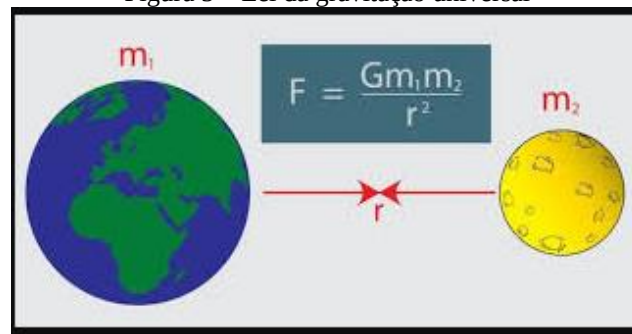
- Ondas de rádio: são largamente utilizadas nas telecomunicações. O sinal de rádio, televisão e celular encontra-se nessa faixa de frequência;
- Micro-ondas: são uma forma específica de ondas eletromagnéticas que se situam na faixa do espectro eletromagnético entre as ondas de rádio e as ondas infravermelhas.

3.2 Lei da gravidade universal

A hipótese utilizada por Issac Newton para explicar as leis dos movimentos dos planetas é válida desde a atração dos planetas até as atrações moleculares.

Ao estudar o movimento de um corpo celeste (ex.: lua), Newton concluiu que a força que mantém em órbita é do mesmo tipo da força que a Terra exerce sobre um corpo colocado nas suas extremidades, tal força é denominada força gravitacional, e enunciou a lei da gravitação universal “*dois corpos atraem-se com forças proporcionais às suas massas e inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre seus centros*”, cuja expressão matemática é mostrada na figura abaixo.

Figura 5 – Lei da gravitação universal



Fonte: <https://conceitosdomundo.pt/lei-da-gravitacao-universal/>

O campo gravitacional da Terra é uma região ao redor do planeta onde a força gravitacional exerce sua influência sobre todos os objetos com massa. Isso significa que qualquer corpo colocado na proximidade da Terra, dentro desse campo gravitacional, será atraído em direção ao centro da Terra devido à força da gravidade. Dentro desses campos os corpos são atraídos para a Terra, sofrendo variações de velocidade em virtude de terem adquirido aceleração. A essa aceleração denomina-se aceleração da gravidade, indicada pela letra g .

A partir de meados dos anos de 1950, a ideia de escapar da gravidade da Terra transformou-se de fantasia em realidade. Sondas espaciais têm sido enviadas para pontos distantes do sistema solar. Muitas dessas sondas orbitam o Sol, enquanto algumas abandonam o sistema solar e navegam no espaço exterior. Uma rapidez inicial mínima chamada de **rapidez de escape**, é necessária para que um projétil escape da Terra.

Se lançamos um corpo para cima, da superfície da Terra, com alguma energia cinética inicial, a energia cinética diminui e a energia potencial aumenta, enquanto o corpo sobe. Como a energia potencial na superfície da Terra é $-GM_T m/R_T$, a energia total é $E = K + U$ deve ser maior ou iguala zero para que o corpo escape da Terra. A rapidez, próximo à superfície da Terra, corresponde a uma energia total nula, é a chamada rapidez de escape v_e . Ela é determinada a partir de

$$K_f + U_f = K_i + U_i$$

$$0 = \frac{1}{2}mv_e^2 - \frac{GM_T m}{R_T}$$

Logo,

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM_T}{R_T}} \quad (1)$$

Usando $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{Kg}^2$, $M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ Kg}$ e $R_T = 6,37 \times 10^6 \text{ m}$, obtemos $v_e = 11,2 \text{ km/s}$. Um corpo com essa rapidez escapará da Terra, mas não escapará do sistema solar, porque desprezamos a atração gravitacional do Sol e de outros planetas.

4 A RELATIVIDADE DO TEMPO

Em 1905, Albert Einstein propõe a teoria da relatividade restrita. O adjetivo restrita é usado para indicar que a teoria se aplica a apenas a referenciais inerciais, isto é, a referenciais em que as leis de Newton são válidas. A teoria da relatividade geral, também proposta por Einstein, se aplica à situação mais complexa na qual os referenciais podem sofrer uma aceleração gravitacional. A teoria da relatividade de Einstein, que fornece resultados corretos para todas as velocidades possíveis, previa muitos efeitos que, à primeira vista, pareciam estranhos justamente porque ninguém jamais os havia observado (Halliday, 2016).

Em particular, Einstein demonstrou que o espaço e o tempo estão entrelaçados, ou seja, que o intervalo de tempo entre dois eventos depende da distância que os separa e vice-versa. Além disso, o entrelaçamento é diferente para observadores que estão em movimento em relação um ao outro¹.

A teoria da relatividade de Albert Einstein demonstrou que o tempo não é absoluto e não flui a uma taxa fixa em todo o universo. Em vez disso, o tempo é relativo e pode variar dependendo das condições de movimento e gravidade em que um observador se encontra².

Na realidade, o fluxo do tempo é ajustável: o movimento relativo modifica a rapidez com que o tempo passa. Hoje, engenheiros e cientistas a encaram naturalmente porque a familiaridade com a teoria da relatividade os ajudou a superar preconceitos. Assim, por exemplo, qualquer engenheiro envolvido com o Sistema de Posicionamento Global dos satélites NAVSTAR a Teoria da Relatividade é uma parte essencial do funcionamento preciso do sistema GPS e é usada de forma rotineira para determinar a passagem do tempo nos satélites e garantir a precisão das medições de localização³.

¹ Ibidem p.320

² Ibidem p.320

³ Ibidem p.321

Se dois observadores que estão se movendo um em relação ao outro medem um intervalo de tempo (*ou separação temporal*) entre dois eventos, em geral encontram resultados diferentes, pois a separação espacial pode afetar o intervalo de tempo medido pelos observadores⁴.

De acordo com Tipler e Llewellyn (2001), “o satélite além de precisar de um relógio de alta precisão, relógio atômico, há ainda a necessidade da correção relativística para garantir que o tempo seja medido com a máxima precisão possível em todas as condições. Além da correção relativística do tempo devido ao movimento dos observadores ou relatividade do tempo, deve-se ter uma correção extra devido à teoria geral da relatividade”.

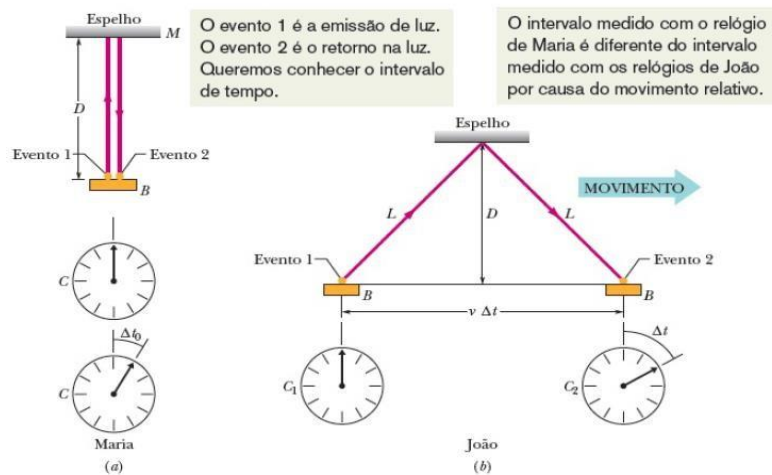
“Devido à altitude em que se encontram, os relógios dos satélites estão sujeitos a um menor campo gravitacional e, de acordo com a Teoria da Relatividade Geral, adiantam-se cerca de 45 $\mu\text{s}/\text{dia}$ em relação aos relógios em Terra. A diferença de velocidade entre os relógios terrestre e os em órbita (cerca de 14.000 km/h) faz com que, de acordo com a Teoria da Relatividade Especial, os últimos atrasem-se cerca de 7 $\mu\text{s}/\text{dia}$ em relação aos primeiros. Portanto, ocorre uma diferença de 38 $\mu\text{s}/\text{dia}$ entre os relógios do solo e dos satélites. Sem a consideração dos efeitos relativísticos o GPS acumularia um erro diário considerável, sendo praticamente inútil” (ALFLEN et. al. 2022).

De acordo com Halliday (2016, p.329), “para calcular o atraso num relógio em movimento previsto pela teoria da Relatividade Restrita consideremos a ilustração da figura 6. A figura 6a mostra um experimento realizado por Maria quando a moça e seu equipamento (fonte luminosa, espelho, detector e relógio) estão a bordo de um trem que se move com velocidade constante v em relação a uma estação. Maria mede um intervalo de tempo Δt_0 entre dois eventos, que está relacionado à distância D entre a fonte e o espelho pela equação. A figura 6b mostra João, que está na plataforma da estação quando os eventos ocorrem, precisa de dois relógios sincronizados, C_1 no local do evento 1 e C_2 no local do evento 2, para medir o tempo entre os dois eventos; o intervalo de tempo medido por ele é Δt .

$$\Delta t_0 = \frac{2D}{c} \quad (\text{Maria}) \quad (2)$$

⁴ Ibidem p.320

Figura 6: Teoria da realidade restrita



Fonte: Fundamentos de Física – Halliday & Resnick, Vol. 4, 10ª ed..

Considere agora de que forma os mesmos dois eventos são medidos por João, que está na plataforma de estação quando o trem passa. De acordo com o postulado da velocidade da luz, proposto por Einstein, a luz se propaga com a mesma velocidade para João e Maria. Agora, porém, a luz viaja a uma distância $2L$ entre os eventos 1 e 2. O intervalo de tempo medido por João entre os dois eventos é

$$\Delta t = \frac{2L}{c} \quad (\text{João}) \quad (3)$$

onde L é dado por

$$L = \sqrt{\left(\frac{1}{2}v\Delta t\right)^2 + \left(\frac{1}{2}c\Delta t_0\right)^2} \quad (4)$$

Combinando as equações 4 e 2, e o posteriormente com a equação 3, e explicitando Δt , obtemos:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \quad (5)$$

A equação 5 mostra a relação entre o intervalo Δt medido por João e o intervalo de Δt_0 medido por Maria. João e Maria mediram o intervalo de tempo entre os mesmos dois eventos, mas o movimento relativo entre João e Maria fez com obtivessem resultados *diferentes*. Esta é

a famosa fórmula da dilatação do tempo: relógios em movimento funcionam em um ritmo mais lento do que os relógios em repouso.

“Em situações do dia-a-dia, as velocidades v são muito inferiores a c , e, portanto, $\Delta t_0 = \Delta t$ são muito aproximadamente iguais; no entanto, em situações que envolvam velocidades comparáveis a velocidade da luz (como por exemplo em aceleradores de partículas), ou de grandes precisões na medida dos intervalos de tempo (como é o caso do GPS), a dilatação do tempo tem que ser levada em conta” (NATÁRIO, p. 6).

A medição temporal também sofre impacto em razão da intensidade do campo gravitacional, e para ser compreendida de forma coerente se faz necessário recorrer a Geometria diferencial, que o ramo da matemática que estuda os espaços curvos.

5 SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS)

Um sistema de navegação baseado em satélite que permite aos usuários determinar sua localização precisa e rastrear seu movimento em qualquer lugar da Terra. Foi desenvolvido e é mantido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos.

Almeida (2018) afirma que, “para determinar a posição de um ponto na superfície terrestre o sistema utiliza as informações enviadas pelos satélites, por meio de ondas eletromagnéticas. O receptor armazena essas informações de distância e defasagem de tempo, permitindo calcular a distância de cada satélite e determinar a posição do usuário”.

O GPS conta com dois tipos de serviço de posicionamento diferentes: o padrão SPS (Standard Positioning Service) e o preciso PPS (Precise Positioning Service).

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2020), o GPS é constituído por três segmentos, denominados segmento espacial, segmento de controle e segmento do usuário.

6 PLANOS DE AULA

Os critérios escolhidos para aplicação da sequência didática do produto educacional foi visando a melhor compreensão de todas as etapas e conceitos relacionados ao GPS, permitindo aos estudantes conhecimentos sobre o mundo da mecânica e relatividade, através de problematização dos conceitos, aulas virtuais, questionários, texto e avaliações aplicada em todas as aulas, proporcionando aos estudantes atividades diferenciadas que saíssem um pouco

do tradicional. A maior preocupação era de promover uma didática acessível, foi utilizado metodologias ativas capaz de proporcionar um melhor aprendizado por meio de atividades e recursos online.

O plano de aula funciona como um guia para o professor sobre seus objetivos e abre várias opções criativas para serem alcançadas, buscando com isso aprimorar a prática pedagógica bem como melhorar o aprendizado dos alunos.

Segue abaixo os planos de aulas trabalhados no decorrer da aplicação do produto.

PLANO DE AULA – 1 aula – 55min

Tema das Aulas:

- Introdução - GPS

Objetivo Geral:

- Espera-se que no final da aula os alunos sejam capazes de conhecer um aparelho de receptor de um *Sistema de Posicionamento Global* (GPS) e qual a sua função.

Objetivos Específicos:

- Mostrar como as pessoas faziam para se localizarem antigamente;
- Definir conceitos sobre bússola, rosa dos ventos e coordenadas geográficas;
- Apresentar o aparelho GPS;
- Compreender qual a função do GPS;
- Citar alguns aplicativos de GPS para celulares.

Problematização:

- Qual é a relação da física com o GPS?
- Você sabe o que é um receptor de Sistema de Posicionamento Global?
- Qual é a função e de um receptor de GPS?
- O GPS necessita de sinal de internet para funcionar?
- Você conhece alguém que tenha um aparelho de GPS?
- O GPS necessita de sinal de internet para funcionar?
- Como as pessoas faziam para se localizarem antigamente?

Metodologia:

- Aula expositiva dialogada

Avaliação:

- Participação efetiva dos estudantes durante a discussão do tema proposto.

PLANO DE AULA – 1 aula – 55min**Tema das aulas:**

- Grandezas Físicas – Posição, deslocamento, tempo e velocidade.

Objetivo Geral:

- Conhecer as principais grandezas físicas utilizadas na aplicação do GPS.

Objetivos Específicos:

- Diferenciar grandezas físicas escalares de vetoriais
- Definir as grandezas fundamentais para o entendimento do princípio do funcionamento do GPS.

Problematização:

- O que é uma grandeza física e qual a sua relação com o GPS?
- Qual a diferença entre grandezas escalares e vetoriais?
- Quais as grandezas físicas utilizadas no funcionamento do GPS?

Metodologia:

- Aula expositiva dialogada

Avaliação:

- Participação efetiva dos estudantes durante a discussão do tema proposto.

PLANO DE AULA – 2 aulas – 1h50min**Tema das aulas:**

- Gravitação Universal – Lançamento e Órbita do Satélite.

Objetivo Geral:

- Compreender o que é necessário para que o satélite fique em órbita e qual o impacto que isso causa ao meio ambiente.

Objetivos Específicos:

- Entender que a gravidade é uma força;
- Compreender que a força gravitacional depende da massa e da distância entre os objetos;
- Saber a diferença dos satélites naturais e artificiais existentes;
- Relatar como os satélites ficam em orbitas e por que eles não caem;
- Compreender como é dividido o GPS;
- Apresentar alguns aplicativos de celulares que mostram quais satélites orbitam sobre a terra e passam por suas cidades.
- Discutir o efeito da velocidade do satélite e o tempo que ele gasta para completar uma volta;

- Identificar as variáveis que afetam a força gravitacional e os movimentos que mudariam se a gravidade fosse mais forte ou mais fraca;
- Mostrar os impactos provocados pelos satélites e quantidade de lixo espacial deixado por eles.

Problematização:

- O que de fato é um satélite? Qual a sua função?
- Quais as condições para que o satélite fique em órbita? E por que ele não cai na terra?
- Quais os tipos de satélites existentes?
- Qual é a relação do satélite com o GPS? Como é dividido o GPS?
- Por que eles não caem na Terra? E como são colocados em órbita?
- Vocês conhecem algum aplicativo de celular que mostra o satélite que está passando nesse exato momento acima de nossas cabeças?
- Quais os impactos provocados com o lançamento dos satélites?

Metodologia:

- Aula expositiva dialogada

Avaliação:

- A avaliação será feita de acordo com a sequência didática trabalhada, no qual os estudantes serão avaliados com a autonomia e desenvolvimento individual e coletivo em sala de aula.

PLANO DE AULA – 3 aulas – 2h45min

Tema das aulas:

- Ondulatória

Objetivo Geral:

- Revisar alguns conceitos sobre ondas, deixando claro a importância das ondas eletromagnéticas para o funcionamento do GPS e Entender a comunicação entre sinal (onda eletromagnética) enviado e recebido pelos aparelhos de *GPS* e os satélites.

Objetivos Específicos:

- Diferenciar ondas mecânicas de ondas eletromagnéticas
- Classificar as ondas quanto as suas direções e dimensões;
- Falar sobre as características das ondas quanto a sua natureza;
- Citar os fenômenos ondulatórios;
- Apresentar as equações fundamentais de uma onda;

- Discutir sobre o espectro eletromagnético e compreender qual a diferença entre as ondas eletromagnéticas deixando claro qual tipo de onda são necessários para que o sinal do satélite chegue ao GPS.
- Utilizar simuladores online para melhor compreensão sobre ondulatória.

Problematização:

- Como são classificadas as ondas quanto a sua natureza, dimensões e direções?
- Com o sinal do chega ao GPS e qual esse tipo de onda eletromagnética?
- Porque a recepção do GPS fica ruim em dias nublados?

Metodologia:

- Aula expositiva dialogada

Avaliação:

- A avaliação será feita de acordo com a sequência didática trabalhada, no qual os estudantes serão avaliados com a autonomia e desenvolvimento individual e coletivo em sala de aula.

PLANO DE AULA – 2 aulas – 1h50min

Tema das aulas:

- Trilateração.

Objetivo Geral:

- Localizar a posição de um GPS em qualquer ponto na Terra, pelo método de triangulação.

Objetivos Específicos:

- Compreender como é feito os cálculos para localizar a posição de um GPS em qualquer ponto na Terra, pelo método de triangulação.

Problematização:

- Quais cálculos são feitos para localizar uma pessoa ou objeto em um determinado lugar?
- Como é feito para calcular a distância entre o satélite e o GPS?

Metodologia:

- Aula expositiva dialogada

Avaliação:

- Participação efetiva dos estudantes durante a discussão do tema proposto.

PLANO DE AULA – 3 aulas – 2h45min

Tema das aulas:

- Dilatação temporal

Objetivo Geral:

- No final da aula o aluno deverá entender que a velocidade de um corpo e a posição que ele se encontra da superfície terrestre afeta a medição temporal e por isso que é importante fazer a correção temporal;

Objetivos Específicos:

- Falar sobre a evolução das medidas do tempo até chegar ao relógio atômico;
- Compreender o motivo de utilizar o relógio atômico em um satélite;
- Deixar claro a importância da correção temporal;

Problematização:

- Como funciona o relógio atômico e quais as suas finalidades?
- Relógios em movimento (num referencial inercial) atrasam-se ou adiantam-se em relação a relógios parados?
- Relógios colocados em pontos mais baixos de um campo gravitacional atrasam-se ou adiantam-se em relógios colocados em pontos mais altos?
- Porque é preciso fazer a correção temporal?

Metodologia:

- Aula expositiva dialogada

Avaliação:

- A avaliação será feita de acordo com a sequência didática trabalhada, no qual os estudantes serão avaliados com a autonomia e desenvolvimento individual e coletivo em sala de aula.

7 ROTEIRO

Aula 01 – Sistema de Posicionamento Global – GPS

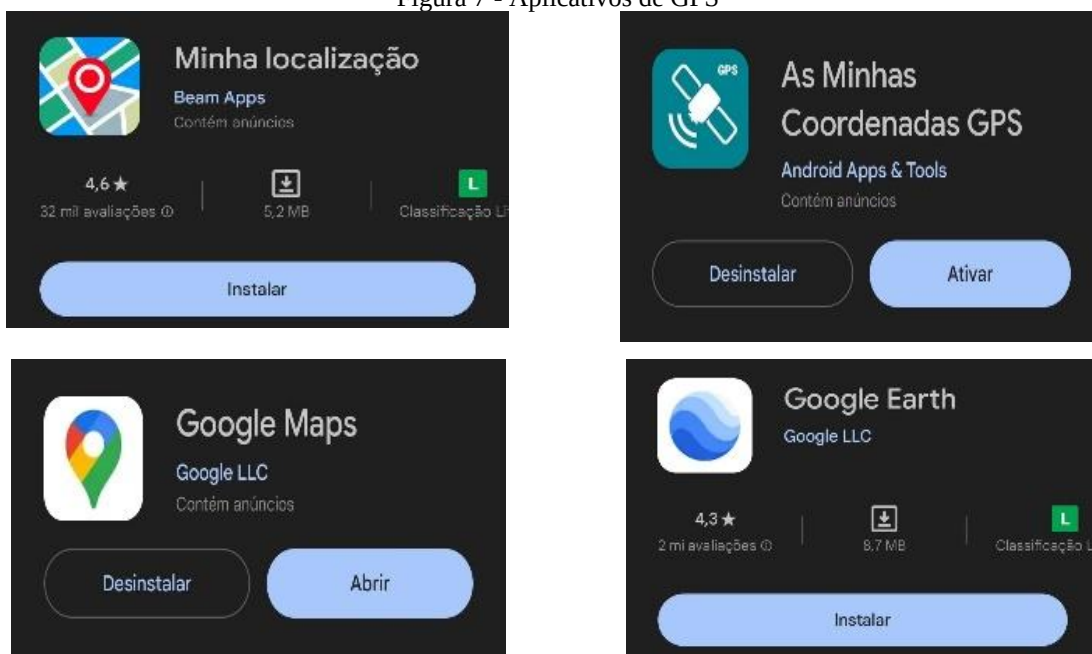
Iniciar a aula com algumas problematizações sobre o aparelho de GPS, por exemplo:

- Qual é a relação da física com o GPS?
- Você sabe o que é um receptor de Sistema de Posicionamento Global?
- Qual é a função e de um receptor de GPS?
- O GPS necessita de sinal de internet para funcionar?
- Você conhece alguém que tenha um aparelho de GPS?
- O GPS necessita de sinal de internet para funcionar?
- Como as pessoas faziam para se localizarem antigamente?

Para melhor compreensão, discutir alguns conceitos sobre Bússola e Coordenadas geográficas;

Apresentar alguns aplicativos de GPS, disponíveis na Play Store para baixar de forma gratuita;

Figura 7 - Aplicativos de GPS



Fonte: Play Store

Enviar para os estudantes o seguinte formulário para ser respondido de acordo com que foi discutido em sala:

E-mail: _____

1-Você sabe o que é um aparelho receptor de sistema de posicionamento global?

☐ Sim

☐ Não

2-A sigla GPS significa? *

☐ Posicionamento do sistema global

☐ Sistema do posicionamento global

3-Qual a função de um GPS?

4-Você conhece alguém que tenha um aparelho GPS?

☐ Sim

☐ Não

5-Antes do GPS, como as pessoas faziam para se localizarem?

☐ Sol

☐ Lua

☐ Estrelas

☐ Bússola

☐ Todas as alternativas estão corretas

6-Você sabe para que serve uma bússola?

☐ Sim

☐ Não

7-Você sabe quais são os pontos cardiais?

☐ Sim

☐ Não

8-Da pergunta anterior. Se sim, quais são eles?

9-Você conhece quais são as coordenadas geográficas?

☐ Sim

☐ Não

10-Existe apenas um sistema de navegação?

☐ Sim

☐ Não

11-O GPS conta com quantos tipos de serviços de posicionamentos diferentes?

☐ 1

☐ 3

☐ 2

☐ 4

Aula 02 – Grandezas Físicas

Iniciar a aula com algumas perguntas a respeito de grandezas físicas, por exemplo:

- Qual era a relação das grandezas físicas com o GPS?
- Quais as grandezas físicas fundamentais para compreender o funcionamento do GPS?

Discutir sobre as perguntas e apresentar alguns conceitos sobre as principais grandezas relacionadas ao GPS (posição, deslocamento, velocidade e tempo).

Aula 03 – Gravitação Universal – lançamento e órbita do Satélite

Iniciar a aula com a leitura do texto (ANEXO A) que fala sobre os satélites;

Em seguida, fazer as seguintes perguntas para serem discutidas em forma de roda de conversa:

- O que de fato é um satélite? Qual a sua função?
- Quais as condições para que o satélite fique em órbita? E por que ele não cai na terra?
- Quais os tipos de satélites existentes?
- Qual é a relação do satélite com o GPS? Como é dividido o GPS?
- Por que eles não caem na Terra? E como são colocados em órbita?
- Vocês conhecem algum aplicativo de celular que mostra o satélite que está passando nesse exato momento acima de nossas cabeças?
- Quais os impactos provocados com o lançamento dos satélites?

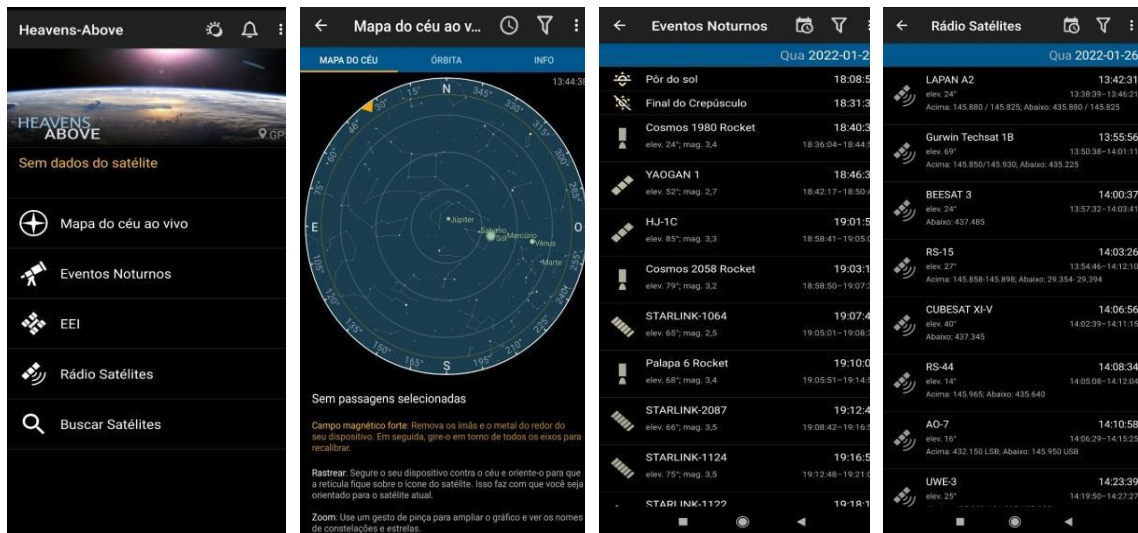
Demonstrar através do vídeo

https://www.wikiwand.com/es/Archivo:SDO_Launch_and_Deployment.ogv o lançamento e órbita do satélite;

Apresentar o aplicativo abaixo disponível na Play Store para ser baixado de forma gratuita, no qual mostra quais satélites orbitam sobre a terra e passam por suas cidades”.

Figura 8 -Aplicativo Heavens-Above





Fonte: Play Store

Deixar como tarefa de casa a seguinte pergunta: “Quais os impactos que esta tecnologia tem provocado na sociedade?”.

Aula 04 e 05 – Ondulatória

Aula 04

Recolher a atividade da aula anterior

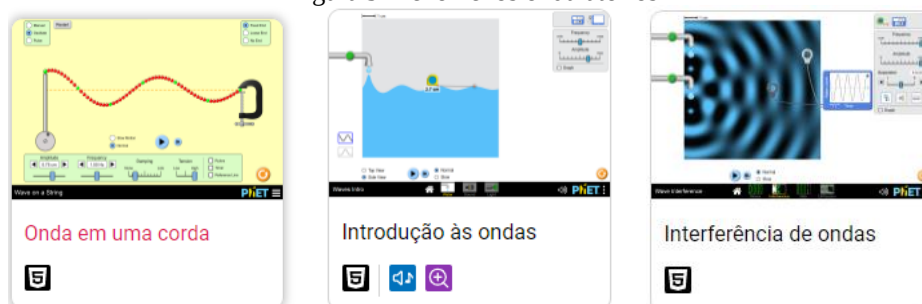
Em seguida, fazer a seguinte pergunta para ser discutida em forma de roda de conversa:

- Como são classificadas as ondas quanto a sua natureza, dimensões e direções?

Logo após, falar sobre os alguns conceitos necessários para classificação de uma onda quanto a sua natureza, dimensão e direção, as características e equações fundamentais de uma onda, e fenômenos ondulatórios;

Através do simulador online Phet Colorado (Figura 9) mostrar alguns fenômenos ondulatórios;

Figura 9 -Fenômenos ondulatórios

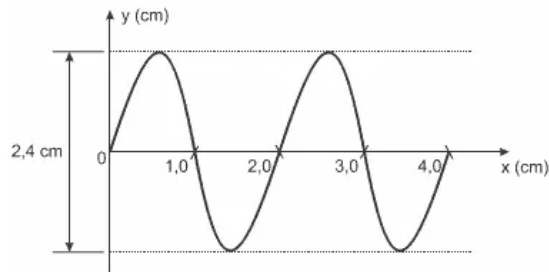


Fonte: Phet Colorado (2021)

Para fixação passar as seguintes atividades sobre ondas mecânicas.

ATIVIDADES – ONDAS MECÂNICAS

1 - (Mackenzie) O gráfico representa uma onda que se propaga com velocidade constante de 200 m/s. A amplitude (A), o comprimento de onda (λ) e a frequência (f) da onda são, respectivamente:

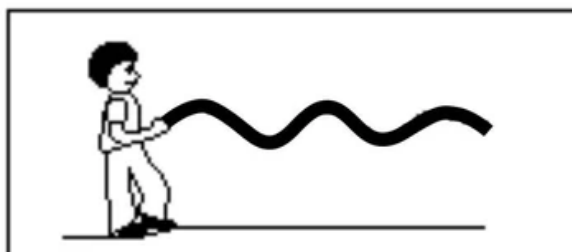


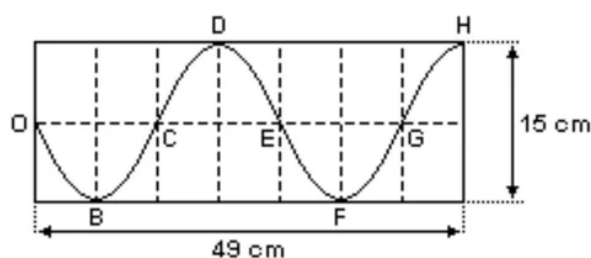
- a) 2,4 cm; 1,0 cm; 40 kHz
- b) 2,4 cm; 4,0 cm; 20 kHz
- c) 1,2 cm; 2,0 cm; 40 kHz
- d) 1,2 cm; 2,0 cm; 10 kHz
- e) 1,2 cm; 4,0 cm; 10 kHz

2 - (Uma onda periódica cujo comprimento de onda é igual a 5 cm propaga-se em uma corda com velocidade igual a 200 m/s. A frequência dessa onda é:

- a) 1000 Hz
- b) 400 Hz
- c) 4 kHz
- d) 40 kHz
- e) 150 Hz

3 - (UFRJ) O gráfico a seguir registra um trecho de uma corda esticada, onde foi gerada uma onda progressiva, por um menino que vibra sua extremidade com um período de 0,40 s.





A partir do gráfico, obtenha as seguintes informações:

- amplitude e comprimento de onda;
- frequência e velocidade de propagação.

Aula 05

Iniciar a aula com a leitura do texto (ANEXO B) que fala sobre “Ondas Eletromagnéticas”;

Em seguida fazer o seguinte questionamento:

- “Sabendo que uma das aplicações do GPS é fornecer a sua localização, o que é necessário para isso?”
- Com o sinal do chega ao GPS?
- Porque a recepção do GPS fica ruim em dias nublados?

Apresentar conceitos relacionados a ondas eletromagnéticas, suas características, espectro eletromagnético e as equações fundamentais de uma onda;

Para fixação passar as seguintes atividades sobre ondas eletromagnéticas.

ATIVIDADES – ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

1 – Qual os tipos de ondas do GPS?

- Ondas de rádio
- Micro-ondas
- Infravermelho
- Luz visível
- Raios ultravioletas
- Raios X
- Raios gama

2 - **(FUVEST – SP)** Um forno de micro-ondas é projetado para, mediante um processo de ressonância, transferir energia para os alimentos que necessitamos aquecer ou cozer. Nesse processo de ressonância, as moléculas de água do alimento começam a vibrar, produzindo o calor necessário para o cozimento ou aquecimento. A frequência de ondas produzidas pelo forno é da ordem de $2,45 \times 10^9$ Hz, que é igual à frequência própria de vibração da molécula de água.

- a) Qual o comprimento das ondas do forno?
- b) Por que os fabricantes de forno micro-ondas aconselham aos usuários a não utilizarem invólucros metálicos para envolver os alimentos?

3 - Em 1895, o físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen descobriu os raios X, que são usados principalmente na área médica e industrial. Esses raios são:

- a) Radiações formadas por partículas alfa com grande poder de penetração.
- b) Radiações formadas por elétrons dotados de grandes velocidades.
- c) Ondas eletromagnéticas de frequências maiores que as das ondas ultravioletas.
- d) Ondas eletromagnéticas de frequências menores do que as das ondas luminosas.
- e) Ondas eletromagnéticas de frequências iguais as das ondas infravermelhas.

4 - **(UNIRG-TO)** O funcionamento de televisores, rádios e celulares se dá por meio da transmissão da informação a partir da antena do emissor até o aparelho do usuário. A propagação dessa informação ocorre sob a forma de ondas:

- a) eletromagnéticas, que são formadas pela oscilação de um campo elétrico e um magnético perpendiculares entre si.
- b) sonoras, que transportam energia e entram em ressonância com os elétrons das antenas desses equipamentos.
- c) de pressão, que oscilam em movimento harmônico simples (MHS) com amplitude proporcional à frequência do sinal.
- d) gravitacionais, que são ondulações na curvatura espaço-tempo, previstas pela teoria da relatividade geral.

5 - Marque M para ondas do tipo mecânica e E para ondas do tipo eletromagnéticas.

- () Ondas do mar.
- () Ondas sonoras.
- () Ondas de radiofrequência.
- () Ondas nas cordas de um piano.
- () Bluetooth.
- () Raios X.
- () Ondas produzidas pelo aparelho de ultrassonografia.

6 - (**UNIFEI-SP** – adaptada) O monitoramento por satélite e o GPS (Sistema de Posicionamento Global) são inovações tecnológicas atualmente usadas por órgãos governamentais, agricultura, empresas, pessoas etc. Sobre essa questão, escreva verdadeiro (V) ou falso (F) para os itens abaixo e assinale a alternativa correta:

- () O GPS é um Sistema de Posicionamento Global constituído por dezenas de satélites que emitem sinais de rádio captados por aparelhos especiais em qualquer ponto da superfície da Terra.
- () O GPS indica ao usuário sua localização em termos de latitude, longitude e altitude.
- () Na agricultura, essas tecnologias podem ser utilizadas a fim de que se obtenha maior produtividade com custos menores.
- () Essas inovações tecnológicas permitem, por exemplo, detectar e acompanhar a direção e o deslocamento de queimadas e avaliar prejuízos em áreas atingidas por secas ou inundações.

7- A utilização de receptores GPS é cada vez mais frequente em veículos. O princípio de funcionamento desse instrumento é baseado no intervalo de tempo de propagação de sinais, por meio de ondas eletromagnéticas, desde os satélites até os receptores GPS. Considerando a velocidade de propagação da onda eletromagnética como sendo de 300.000 km/s e que, em determinado instante, um dos satélites encontra-se a 30.000 km de distância do receptor, qual é o tempo de propagação da onda eletromagnética emitida por esse satélite GPS até o receptor?

- a) 10 s.
 - b) 1 s.
 - c) 0,1 s.
 - d) 0,01 ms.
 - e) 1 ms.
-

E como tarefa para casa, deixar a seguinte pesquisa: “Por que a recepção do GPS fica ruim em dias nublados?”.

Aula 06 – Trilateração

Recolher as atividades da aula anterior;

Em seguida fazer o seguinte questionamento:

- Quais cálculos são feitos para localizar uma pessoa ou objeto em um determinado lugar?
- Como é feito para calcular a distância entre o satélite e o GPS?

Apresentar conceitos necessários para calcular pelo meio do método de triangulação a localização exata de uma determinada pessoa ou local;

Mostrar o vídeo https://www.youtube.com/watch?v=m_KuTjkThI&t=332s simulando o método de triangulação e animações, para que os estudantes consigam compreender e visualizar o que estava sendo trabalhando nos cálculos;

Vídeo simulando o método de triangulação



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=m_KuTjkThI&t=332s– (2021)

Aula 07 e 08 – Dilatação do tempo

Aula 07

Iniciar a aula com a leitura do texto (ANEXO C) que fala sobre “Relógio Atômicos”;

Após a leitura fazer alguns comentários e questionamentos a respeito do texto, por exemplo:

- Como funciona o relógio atômico e quais as suas finalidades?
- Porque é preciso fazer a correção temporal?

Em seguida, falar sobre a correção temporal dos relógios a partir do quarto satélite e sua importância para que o sinal do GPS consiga dar a localização exata;

Finalizar a aula com a seguinte pergunta: “Os relógios em movimento atrasam-se ou adiantam-se em relação aos relógios parados?”;

Aula 08

Dar início com a seguinte pergunta “Relógios colocados em pontos mais baixos de um campo gravitacional, atrasam-se ou adiantam-se em relógios colocados em pontos mais altos?”

Falar sobre o filme Interestrelar e o Paradoxo dos gêmeos e explicar a importância da correção temporal;

Explanar sobre a teoria da relatividade especial e geral;

Apresentar através do vídeo https://www.youtube.com/watch?v=m_KuTjkThI) algumas fontes de erros nos satélites, receptores e no meio;

E por fim, explicar sobre as vantagens e desvantagens de utilizar o GPS.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo dos anos os professores veem procurando metodologias que favoreçam a aprendizagem do estudante, sendo uma delas a pratica experimental. Transformar o espaço real em virtual pode ser uma abordagem eficaz para tornar o ensino da Física mais atrativo e motivador, permitindo que os estudantes observem os fenômenos físicos no seu dia-a-dia, tornando a disciplina de Física mais atrativa e despertando assim uma maior motivação tanto nos estudantes quanto nos docentes.

A sequência didática utilizada foi projetada para aproximar os estudantes à física relacionada ao GPS. Dessa forma em todas as aulas foram utilizados exemplos do cotidiano dos estudantes, fazendo com que eles percebessem que a física faz parte de suas vidas.

Diante do exposto no relato de aplicação do produto, o trabalho apresentou uma sequência didática onde foram estudados conceitos físicos relacionados ao GPS e utilizados simuladores online e vídeos, que serviram de incentivos aos estudantes como uma nova ferramenta de estudo e aprendizagem, sendo que foi passado ou transmitido, permitindo aos estudantes conhecimentos necessários sobre o mundo da mecânica e relatividade, para que eles entendessem o funcionamento do aparelho GPS.

O uso de estratégias pedagógicas eficazes é fundamental para o sucesso do ensino, e essa abordagem específica trouxe resultados significativos. Utilizar métodos de ensino envolventes e práticos é fundamental para motivar os alunos a explorar e aprender sobre conceitos complexos como o funcionamento de dispositivos como o GPS.

REFERÊNCIAS

ALFLEN, C. A.; PERUZZO, J. FUNCIONAMENTO DO GPS E CORREÇÃO RELATIVÍSTICA DO TEMPO. Apresentação Oral - Ensino Superior, Pós-Graduação e Fic - Ciências Exatas e da Terra.

ALMEIDA, EMANUEL FREITAS DE., A447n Novas tecnologias no ensino de física: o aplicativo Runtastic no ensino da cinemática / Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Natal, 2018.

BERGAMIN, B. R. F.; BRAGA, C. S. A astronomia na sala de aula: contribuições de uma proposta interdisciplinar por meio de uma sequência didática. Vila Velha – 2021.

EMBRAPA. Embrapa 50 anos, realiza curso de GPS; Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17999333/embrapa-realiza-curso-de-gps>> Acessado em agosto 2022.

Halliday, David, Fundamentos de física, volume 4: óptica e física moderna / David Halliday , Robert Resnick , Jearl Walker ; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HELERBROCK, Rafael. "Classificação das ondas"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-classificacao-das-ondas.htm>. Acesso em 10 de outubro de 2023.

LIMA, Franco D. A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de física moderna no ensino médio – Uberaba, MG, Revista Triângulo, v.11, n.1, Jan/Abr. 2018.

NATÁRIO, José. O GPS e a Teoria da Relatividade. (2022)

Timbó, M.A; Levantamento através do Sistema GPS; Depart.de Cartografia ; UFMG; 2000.

TIPLER, Paul A. e Mosca, Gene, FÍSICA para Cientistas e Engenheiros, Volume 2 Eletricidade e Magnetismo, Óptica, Ed. LTC, 6ª ed. Rio de Janeiro, 2009.

TIPLER, Paul A.; LLEWELLYN, Ralph A.. Física Moderna. 3. ed. São Paulo: Ltc, 2001.

ZABALA, Antoni. A prática educativa: como ensinar – Porto Alegre: 1998.

ANEXO A – SATÉLITES

O QUE SÃO E COMO FUNCIONAM OS SATÉLITES ARTIFICIAIS?



Você já imaginou que nosso planeta está cercado por satélites artificiais? Pois são mais de mil orbitando nesse exato momento além de haver uma Estação Espacial enorme em pleno funcionamento.

Um satélite é um objeto no espaço que orbita ou circunda um objeto maior; entretanto, existem dois tipos de satélites: os naturais, que, como o nome sugere, provém da natureza (como a Terra orbitando o sol ou como a lua orbitando a Terra) ou os artificiais, que são criados pelo homem (como a Estação Espacial Internacional orbitando a Terra).

HISTÓRIA

A ideia de um satélite artificial em vôo orbital foi sugerida por Isaac Newton, em seu livro “Philosophiae Naturalis Principia Mathematica”, de 1687. Ele apontou que uma bala de canhão disparada do alto de uma montanha, a uma velocidade suficiente e em uma direção paralela ao horizonte percorreria a Terra antes de cair.

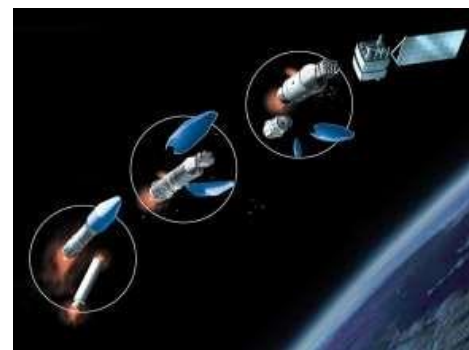
Embora o objeto tendesse a cair em direção à superfície da Terra por causa da força gravitacional, seu impulso faria com que ele descresse ao longo de um caminho curvo. Uma velocidade maior a colocaria em uma órbita estável, como a da Lua, ou a afastaria completamente da Terra. Em 4 de outubro de 1957, quase três séculos após Newton ter proposto sua teoria, a União Soviética lançou o primeiro satélite terrestre: o Sputnik 1 (“viajante”, em russo). Esse satélite circulava a Terra a cada 96 minutos e seu simples sinal de rádio era ouvido por cientistas e operadores de rádio em todo o mundo. Ele orbitou a terra por antes de cair; pouco, mas a semente para o futuro estava plantada.



Três meses depois, em 31 de janeiro de 1958, os Estados Unidos orbitaram seu primeiro satélite: o Explorer 1. Embora muito menor que o Sputnik, o Explorer foi equipado para detectar radiação e descobriu o mais interno dos dois cinturões de radiação de Van Allen, uma zona de partículas solares eletricamente carregadas que circunda a Terra.

COMO FUNCIONA?

Para chegar até a órbita, o satélite é lançado por meio de um foguete e sua permanência no espaço pode ser temporária ou definitiva. Algo importante a ser considerado é o local de lançamento: quanto mais próximo da linha do Equador, mais fácil e menos custoso é o lançamento, pois a velocidade de rotação da Terra é maior neste ponto, o que exige menos combustível para atingir a velocidade necessária. Alcançando a altitude desejada, o satélite é liberado.



O tamanho, o design e outras características de um satélite dependem de sua finalidade, mas a maioria tem pelo menos duas partes em comum: uma antena e uma fonte de energia. A antena é usada para enviar e receber informações e a fonte de energia pode ser uma bateria ou um painel solar, que produz energia transformando a luz do sol em eletricidade.

Após já terem cumprido sua “missão”, os satélites que são aposentados podem ser programados para retornarem à Terra e, então, são destruídos ao entrarem na órbita terrestre, ou então podem ficar vagando pelo espaço na órbita cemitério, destinada especialmente aos “entulhos” espaciais, onde não terão possibilidade de se chocar com outros satélites em operações, aeronaves ou estações espaciais.

Há cerca de meio milhão de objetos artificiais na órbita da Terra hoje, variando em tamanho, desde partículas de tinta a satélites completos cada um viajando a velocidades de milhares de quilômetros por hora. Apenas uma fração desses satélites é utilizável, ou seja, há muito “lixo espacial” fluando pelo espaço.



DIFERENTES TIPOS

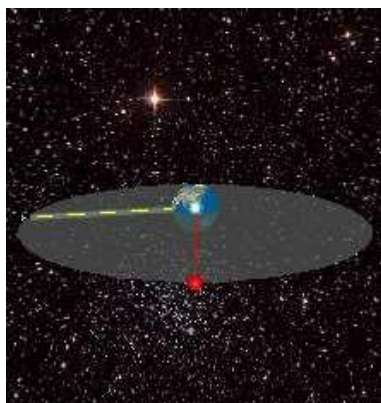
Existem satélites de variadas formas, tamanhos e utilidades. Os satélites meteorológicos ajudam os meteorologistas a prever o tempo ou ver o que está acontecendo no momento. O Satélite Ambiental Operacional Geoestacionário é um bom exemplo. Esses satélites geralmente contêm câmeras que tiram fotos do clima da Terra, seja de posições geoestacionárias fixas ou de órbitas polares.

Os satélites de comunicação representam mais da metade dos que orbitam a Terra. Eles fazem a distribuição dos sinais de telefonia, internet e TV em várias órbitas, sobretudo nas geoestacionárias. Há também os satélites de observação da Terra, que verificam o planeta em busca de mudanças obtém imagens para fazer suas análises e processamentos.

Entre os outros tipos de satélite estão os científicos, como o Telescópio Espacial Hubble, os satélites de navegação (GPS) e os militares.

VOCÊ SABIA?

Os tipos de satélite que mais crescem em quantidade são os de telefonia, GPS e navegação de internet;



Os satélites de comunicação encontram-se principalmente na órbita geoestacionária, a uma altitude de cerca de 36 mil quilômetros, enquanto satélites que fotografam a superfície do planeta ficam entre 100 e 200 quilômetros acima da superfície;



A altitude de um satélite geoestacionário é de cerca de 35860km e a sua velocidade é cerca de 11000 km/h.

Referências

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos; Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/glossario.shtml>, Acesso 28/06/2021

NAVE ESTELAR; Disponível em: <https://naveestelar.wordpress.com/page-5-2/navesespaciais/geostationaryjava3dsideview/>, Acesso 28/06/2021.

O que são e como funcionam os satélites artificiais; Disponível em <https://pixforce.com.br/o-que-sao-ecomofuncionam-os-satelites-artificiais/>, Acesso 28/06/2021

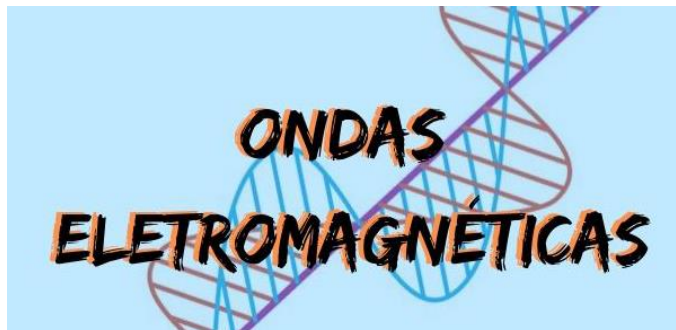
Satélites Naturais - Conceito, o que é, Significado; Disponível em: <https://conceitos.com/satelites-naturais/>, Acesso 28/06/2021.

ANEXO B – “ONDAS ELETROMAGNÉTICAS”

As ondas eletromagnéticas são aquelas capazes de se propagar no vácuo e formadas pela combinação dos

campos elétrico e magnético. Graças a esse tipo de onda as pessoas podem ver TV, acessar a internet, ouvir música e esquentar a comida no micro-ondas.

Existem sete tipos de ondas eletromagnéticas. Elas são classificadas de acordo com a frequência, oscilação e comprimento da onda. O primeiro a demonstrar que o campo magnético é resultado da oscilação de uma carga elétrica foi o físico escocês James C. Maxwell.



Fonte: Brasil Escola

CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

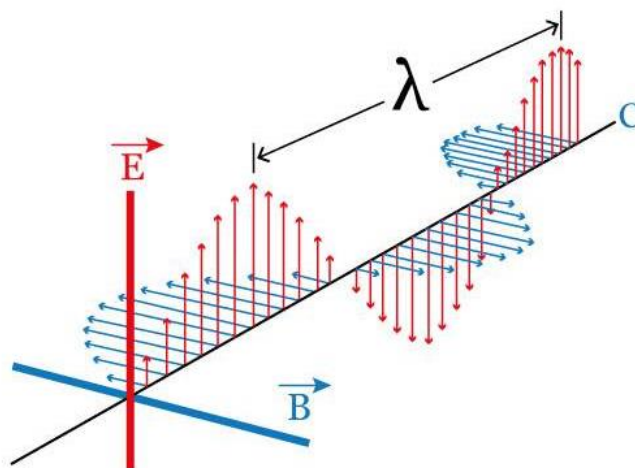
Segundo Maxwell, o campo magnético é consequência de dois efeitos: um campo magnético que varia no tempo e a posição que produzirá um campo elétrico que também sofrerá variação de tempo e posição.

Esses dois campos se propagarão pelo espaço através de induções. Ou seja, uma perturbação elétrica em um ponto causada pela oscilação de cargas elétricas se propagará a pontos distantes a partir da mútua formação de campos elétricos e magnéticos distintos.

O **campo magnético** (B) se propaga em uma direção e o **campo elétrico** (E) se propaga em outra. A onda, no entanto, segue na direção (C) de maneira perpendicular.

As ondas eletromagnéticas apresentam todos os atributos de uma onda: *reflexão, refração, difração, interferência*. Além disso, elas possuem uma característica:

- O campo elétrico e magnético são perpendiculares entre si;
- Sua onda é **transversal**, ou seja, é perpendicular à direção de propagação;
- No vácuo a onda se propaga a uma velocidade de 3×10^8 m/s (mesmo valor da velocidade da luz);
- A luz é uma onda eletromagnética que sensibiliza a visão humana;
- A propagação em meio material é menor do que a do vácuo.



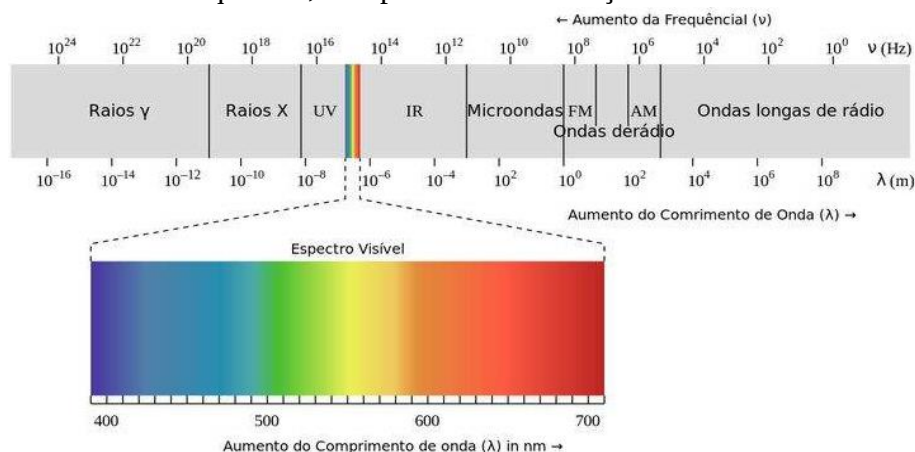
Campos eletromagnéticos - Fonte: Educa Mais Brasil

O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

O espectro eletromagnético é um gráfico no qual aparecem as escalas de radiações eletromagnéticas. Os sete tipos de ondas eletromagnéticas estão nele e no seu centro fica localizada a radiação visível para os olhos humanos.

TIPOS DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Existem sete tipos diferentes de ondas eletromagnéticas. Elas são representadas pelas faixas de frequência, comprimento e oscilação das ondas. Desta forma, quanto menor for o comprimento



no entanto Espectro eletromagnético - Fonte: Educa Mais Brasil e elétrons em uma antena de emissão, sua frequência vai até 10^8 Hertz (Hz).

• **Micro-ondas:** são as ondas eletromagnéticas que têm frequência baixa, entretanto, mais elevada do que as ondas de rádio (entre 10^8 Hz e 10^{12} Hz). São usadas nas áreas da telecomunicação.

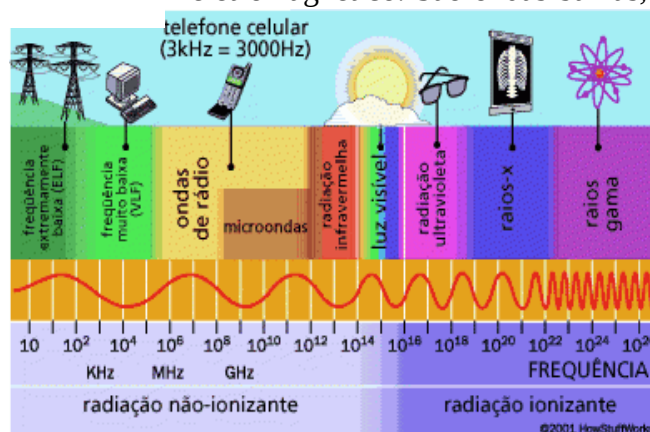
• **Infravermelho:** são as ondas que ficam próximas a luz visível. A radiação infravermelha, contudo, não pode ser vista a olho nu. São emitidas pelos átomos de corpo aquecido e tem frequência entre 10^{11} Hz até 10^{14} Hz.

• **Luz visível:** é a luz visível aos olhos humanos. Ela fica localizada no centro do espectro eletromagnético - Fonte: Gestão Educacional e sua frequência fica entre $4,6 \times 10^{14}$ Hz e $6,7 \times 10^{14}$ Hz. As frequências menores dão origem a luz vermelha, já as mais altas apresentam-se como violeta.

da onda, maior será a sua frequência.

Conheça abaixo os tipos de ondas eletromagnéticas e suas particularidades.

• **Ondas de rádio:** são aquelas que ficam na extremidade do espectro eletromagnético. São ondas baixas,



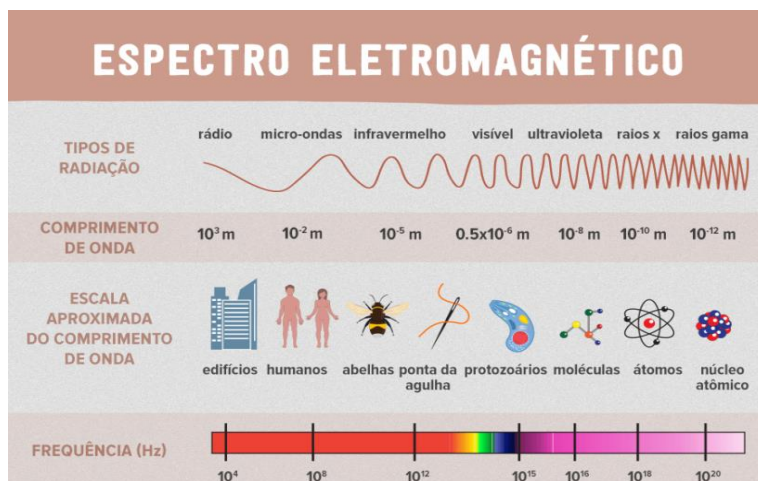
• **Raios ultravioletas:** tem comprimento menor que a luz visível e maior que os Raios X. Sua frequência fica entre 10^{16} Hz e 10^{18} Hz e são emitidos por átomos excitados. O contato direto com essa onda pode prejudicar os olhos e causar câncer de pele.

• **Raios X:** os Raios X têm comprimento menor que os ultravioletas e maiores que os raios gama. Descoberto pelo físico alemão **Wilhelm**

Conrad Röntgen, são produzidos por meio do choque de elétrons em alta velocidade em um material metálico. Sua frequência está entre 10^{18} Hz e 10^{20} Hz.

• **Raios gama:** esse tipo de raio fica na extremidade do espectro eletromagnético. Sua frequência é a mais alta, de 10^{20} Hz a 10^{22} Hz, e seu comprimento é o menor. São formados pela desintegração do núcleo de elementos radioativos e responsáveis pela produção de bombas atômicas.

Conheça agora os valores do comprimento e as frequências das ondas eletromagnéticas.



Espectro eletromagnético - Fonte: Todo Estudo

TABELA DE COMPRIMENTO DE FREQUÊNCIA

Conheça agora os valores do comprimento e as frequências das ondas eletromagnéticas.

Tipo ondas	Comprimento Onda (cm)	Frequência (Hz)
Rádio	> 10	9
Micro-ondas	$10 - 0.01$	$3 \times 10^9 - 3 \times 10^{12}$
Infravermelho	$0.01 - 7 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{12} - 4.3 \times 10^{14}$
Visível	$7 \times 10^{-5} - 4 \times 10^{-5}$	$4.3 \times 10^{14} - 7.5 \times 10^{14}$
Ultravioleta	$4 \times 10^{-5} - 10^{-7}$	$7.5 \times 10^{14} - 3 \times 10^{17}$
Raios-X	$10^{-7} - 10^{-9}$	$3 \times 10^{17} - 3 \times 10^{19}$
Raios Gama	10^{-9}	$> 3 \times 10^{19}$

Referências:

Cortes, Rafaela; Ondas eletromagnéticas – Resumo, Exemplos e Características; Disponível em: <https://www.gestaoeducacional.com.br/ondas-eletromagneticas-resumo/>; Acesso 27/06/2021

Espectro eletromagnético; Disponível em: <https://www.todoestudo.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico>; Acesso 27/06/2021.

Rosa, J. ONDAS ELETROMAGNÉTICAS; Disponível em: www.educamaisbrasil.com.br/enem/fisica/ondas-eletromagneticas, Acesso 27/06/2021.

ANEXO C – RELÓGIO ATÔMICO



Fonte: Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada - USP

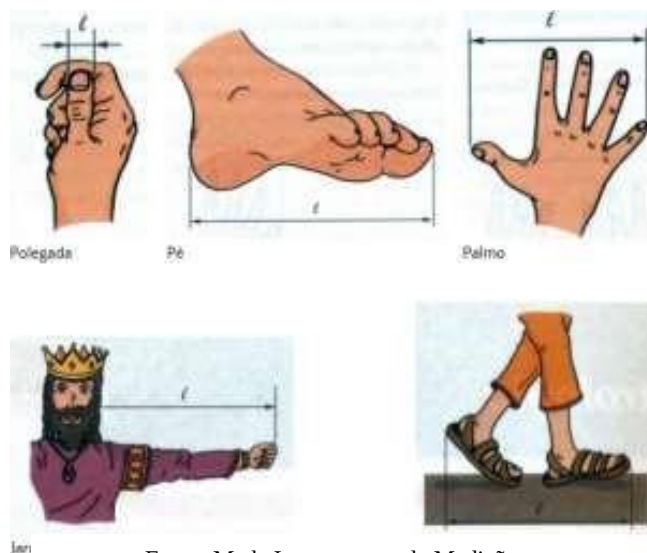
A necessidade de medir o tempo com maior precisão, na área científica e em atividades humanas, levou à criação de relógios baseados em certas propriedades dos átomos. Utilizados nas últimas décadas por alguns países mais desenvolvidos, os relógios atômicos permitiram até a criação de novo padrão para o segundo, hoje a grandeza física mais bem definida.

Agora, o Brasil entrou para esse seleto grupo: acaba de ser testado, com sucesso, o primeiro relógio atômico brasileiro, e já há estudos para a construção - o que poucos países estão fazendo — de um modelo mais avançado, em que a margem de erro é de apenas um segundo a cada três bilhões de anos.

As grandezas do mundo físico, como distâncias, dimensões, pesos ou o passar do tempo, provavelmente sempre intrigam o homem, mas os vestígios e registros históricos indicam que este só começou a tentar definir tais grandezas com alguma previsão em épocas mais recentes. O uso de partes do corpo, como o pé e a mão, para comparar tamanhos, e do movimento do Sol e da Lua para avaliar o tempo talvez sejam os mais antigos “sistemas” de medida humanos.

Aos poucos, as necessidades criadas por avanços sociais e tecnológicos (agricultura, comércio, navegação e outros) fizeram surgir novos sistemas de ‘comparação’, mas estes continuavam a ser imprecisos e variáveis.

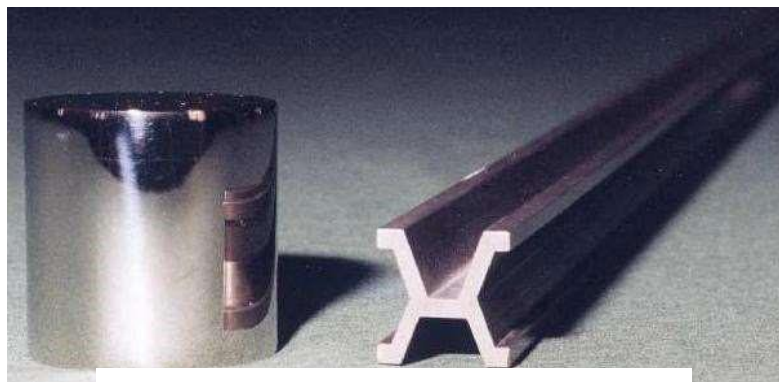
Para que as medições fossem entendidas por qualquer pessoa, em qualquer lugar (ou seja, tivessem fácil reprodução), e expressassem fielmente as grandezas (ou seja, tivessem precisão) era necessário estabelecer sistemas de uso comum (padrões) baseados em comparações com grandezas naturais que variassem o mínimo possível. Medidas ainda incertas como palmos e passos, assim como subdivisões do tempo obtidas em ampulhetas e relógios de Sol e de água, chegaram a ser empregadas em muitos locais, mas também tinham grande margem de erro. Até hoje países como Inglaterra e Estados Unidos usam medidas como polegada, pé, jarda e outras, baseadas no corpo humano.



Fonte: Mede Instrumentos de Medição

O estabelecimento de padrões de medida mais precisos data de pouco mais de três séculos, e desde o início o conhecimento científico teve papel preponderante. À medida que a ciência evoluiu, determinando as constantes físicas fundamentais, todos os padrões foram alterados e as grandezas passaram a ser definidas com precisão cada vez maior, através de unidades básicas como o metro padrão, o quilograma padrão e o segundo.

O metro padrão, por exemplo, foi durante muito tempo a distância entre duas marcas em uma barra de platina e irídio (a 00C), mas hoje já é definido por determinado número de comprimentos de onda de uma faixa do espectro Luminoso emitido, sob certas condições, pelo gás criptônio. Tal padrão permite medições de precisão muito maior e também de mais fácil reprodução.



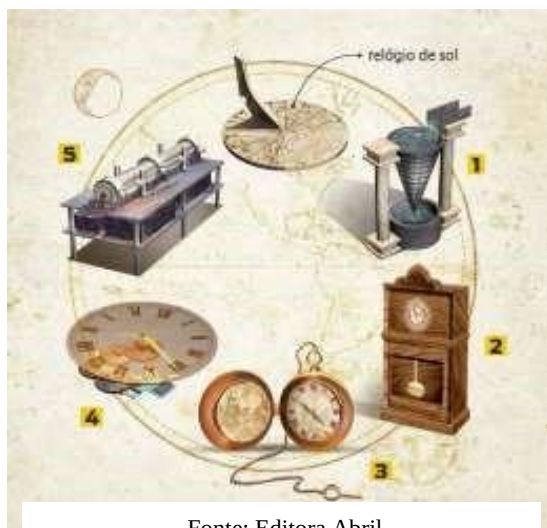
Fonte: Clubes de Matemática da OBEMEP



A EVOLUÇÃO DAS MEDIDAS DE TEMPO

Na área da metrologia de tempo e frequência, as necessidades tecnológicas têm estimulado um rápido desenvolvimento. Há dois mil anos os navegadores já usavam astrolábio, que lhes dava, com base na posição relativa das estrelas, uma razoável noção da localização da embarcação e da passagem do tempo.

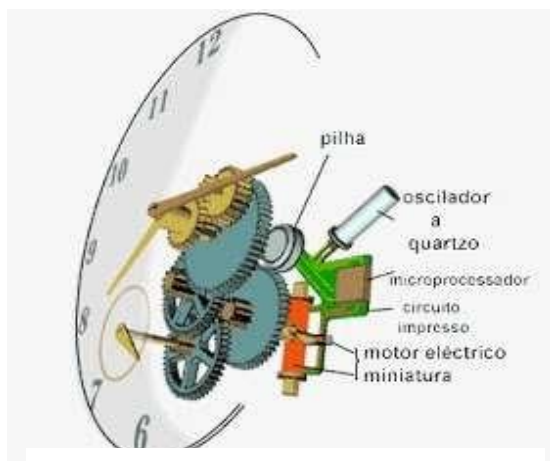
Entre os séculos XVI e XVII, no entanto, a melhoria do sistema de navegação marítima, com viagens a longas distâncias, exigiu medidas de tempo mais precisas, para que a posição do navio fosse determinada com menor margem de erro. Essa necessidade levou ao surgimento de relógios mecânicos cada vez mais precisos.



Fonte: Editora Abril

1. Água na bacia - ÉPOCA Século 16 a.C.
2. Tique-Taque hipnótico - ÉPOCA Século 14
3. Relógio pessoal - ÉPOCA Século 16
4. Revolução cristalina - ÉPOCA 1928
5. Precisão atômica - ÉPOCA 1948

Com o aparecimento de técnicas de radar e telecomunicação, nos anos 30 e 40 deste século, a precisão dos relógios mecânicos mostrou-se insuficiente, levando aos relógios de quartzo. A substituição das oscilações mecânicas por oscilações eletrônicas, baseadas em certas propriedades elétricas de cristais de quartzo, permitiu aumento considerável na precisão das medidas de tempo.



Fonte: Universidade de São Paulo

Os osciladores de quartzo são menos suscetíveis a abalos que os mecânicos, mas ainda dependem fortemente do tamanho e da forma do cristal. A produção de dois cristais perfeitamente idênticos é tecnicamente muito difícil, impedindo que um padrão de tempo e frequência com base em relógios desse tipo tenha a capacidade de reprodução e a precisão exigidas hoje em diversas atividades, entre as quais as telecomunicações e os sistemas de posicionamento global.

Os pontos fracos dos osciladores de quartzo foram superados pelos relógios atômicos, que usam as ressonâncias dos átomos para medir tempo e frequência. Assim como um pêndulo posto em movimento por um agente externo mostra um número certo de oscilações a intervalos de tempo regulares — ou seja, tem frequência determinada, um átomo também pode ser excitado por agentes externos (ondas eletromagnéticas) para atingir estados energéticos nos quais apresenta ressonâncias,

ou oscilações, em uma frequência bem definida, servindo como padrão para relógios. A principal vantagem do relógio atômico é sua reprodutibilidade em qual-quer ponto do universo, já que todos os átomos de um determinado elemento são exatamente idênticos.

A ideia de usar o átomo como elemento básico para um relógio nasceu há muitas décadas. Em 1949, nos Estados Unidos, o Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST) iniciou a construção do primeiro relógio atômico, usando moléculas de amônia, mas os resultados não foram muito melhores que os fornecidos por osciladores de 1957, e alguns anos depois já eram o instrumento mais preciso para medir o tempo.

Em 1967, a definição internacional do tempo passou a basear-se no relógio atômico de cézio: hoje, um segundo — a grandeza física mais bem medida — equivale a 9.192.631.770 oscilações da frequência de ressonância do átomo de cézio. A margem de erro de um relógio atômico desses é de apenas alguns segundos em milhões de anos, contra um segundo por dia em um relógio de pulso comum (ver “A precisão necessária no dia”). Em todo o mundo, diferentes organizações mantidas em contato pelo Bureau International de l’Heure (BIH), investigam transições atômicas do cézio e hidrogênio. A partir de escalas de tempo fornecidas por 150 relógios atômicos distribuídos pelo planeta, é calculada uma média ponderada, considerada o padrão primário de frequência.



Fonte: GPET Física Unicentro

A PRECISÃO NECESSÁRIA NO DIA-A-DIA			
	TIPO DE RELÓGIO OSCILADORES CONVENCIONAIS	MARGEM DE ERRO Cerca de 1 segundo a dia	UTILIZAÇÃO Relógios de pulso Relógios caseiros Redes de computadores Radar de polícia rodoviária Cronômetros esportivos
		Cerca de um segundo a três anos	Transmissão de rádio e TV Padrões de voltagem Astronomia convencional Sismologia
	RELÓGIO ATÔMICO CONVENCIONAL	Cerca de um segundo a 3 mil anos	Sistema de telecomunicações Redes de telefonia Sistemas de navegação Comunicação codificada Padronização do comprimento Pesquisas espaciais
	RELÓGIO ATÔMICO APERFEIÇOADO (Cavidade longa radiofrequência)	Cerca de um segundo a 1 milhão de anos	Radioastronomia Navegação mais precisa Sistemas de posicionamento global Estudos geofísicos Estudos de ondas gravitacionais Padrões de tempo e frequências
	RELÓGIO ATÔMICO DE ÁTOMOS FRIOS	Cerca de um segundo a 3 bilhões de anos	Testes de teorias da gravitação Testes de teorias atômicas

Fonte: Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada - USP



O desenvolvimento de relógios exige profundo conhecimento de mecânica quântica, física atômica e eletrônica moderna, mas sua aplicação em vários campos da ciência e da tecnologia justifica os investimentos. Um dos mais importantes usos dos relógios atômicos ocorre no sistema de navegação. Uma embarcação pode ser localizada com base no Sol ou em uma estrela: tendo-se tempo e posição do astro no instante presente e sua posição relativa em um instante e local de referência, alguns cálculos, hoje automatizados por computadores, posicionam a embarcação com erro inferior a 1 km. Os relógios a bordo são sincronizados por sinais emitidos por estações especiais.

Sistemas mais modernos, no entanto, baseiam-se em técnicas de rádio. Emissores de localização bem conhecida emitem sinais codificados e exatamente sincronizados. Em qualquer ponto da superfície da Terra, um receptor capta tais sinais e mede a diferença de chegada de cada um deles. Tendo essas informações é fácil determinar, por triangulação via satélite e com margem de erro de poucos metros, a posição do receptor. Essa é a base de funcionamento de sistemas como o de posicionamento global (GPS, de global positioning system). O relógio atômico é fundamental nesses sistemas, pois é a única maneira de medir diferenças de tempo tão precisas para localizar o receptor.



Fonte: Olhar Digital

Os relógios atômicos também são essenciais em telecomunicações, pois a taxa de transmissão de informação por segundo está hoje na ordem de um megabit (um milhão de vezes a quantidade mínima de informação — o dígito binário). Para evitar complicação na recepção (string identificação) é necessária uma diferença entre transmissor e receptor menor que 10⁻¹¹s.



Fonte: TecMundo

padrões de frequência. A calibração de osciladores de quartzo comerciais também é feita com relógios atômicos de césio. Vários países mantêm transmissão constante de tempo, com base em relógios atômicos, para que instrumentos e relógios públicos sejam calibrados, permitindo sincronismo em todo o seu território. E não pode deixar de ser mencionada a importância do relógio atômico como instrumento de pesquisa básica. A precisão nas medidas de tempo tem proporcionado enorme avanço em física atômica, física quântica, relatividade, eletrônica e outros campos.

Os países desenvolvidos investem muito em pesquisas inovadoras na área de metrologia de tempo, por seu valor tecnológico: os Estados Unidos têm o NIST e a França a Agência Nacional de Metrologia (BNM), por exemplo. Nessa área, o Brasil mostra grande atraso tecnológico. Não há no país qualquer padrão primário e os institutos nacionais de pesquisa não têm se preocupado com essa questão.

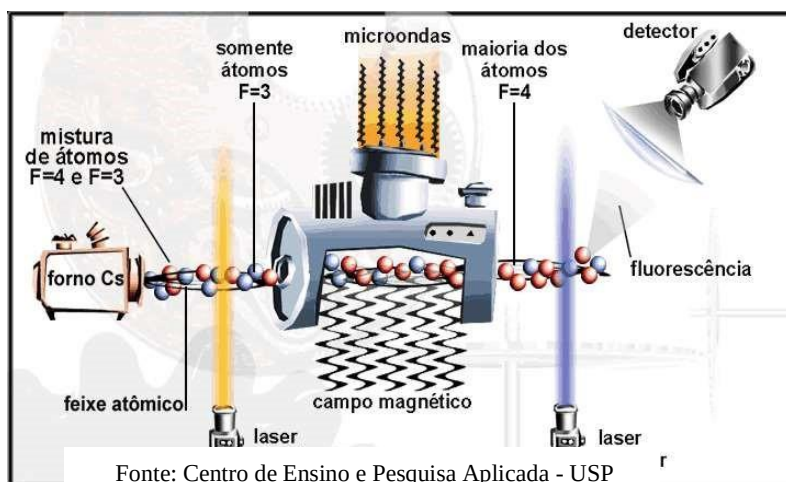
Para reduzir essa diferença entre o Brasil e os países desenvolvidos, o Instituto de Física de São Carlos, da Universidade de São Paulo, iniciou um programa de metrologia de tempo e frequência. Apoiado pelo

Instituto Nacional de Metrologia (Inmetro), pela Universidade de Campinas (Unicamp) e pelo Observatório Nacional do Rio de Janeiro, o programa é financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e pelo Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT), do Ministério da Ciência e Tecnologia.

O programa visa desenvolver a metrologia científica do país, além de tentar dominar a tecnologia nessa área. Para um país que espera iniciar o próximo milênio como uma possível potência técnico-científica, com seu próprio satélite, é de extrema importância dominar esta tecnologia, principalmente para poder acompanhar os avanços na área da metrologia e suas consequências econômico-industriais.



O primeiro passo do programa de metrologia de tempo e frequência do Instituto de Física foi a construção de um relógio atômico convencional, operando com feixe atômico de césio (figura 1). O dispositivo, porém, conta com uma inovação: o uso de lasers de diodo (mais baratos que os normalmente usados nesses relógios), que passam por um processo de estabilização, para que a largura da faixa de emissão seja estreitada e essa emissão seja regulada na frequência adequada, garantindo a preparação dos átomos e o diagnóstico da fluorescência.



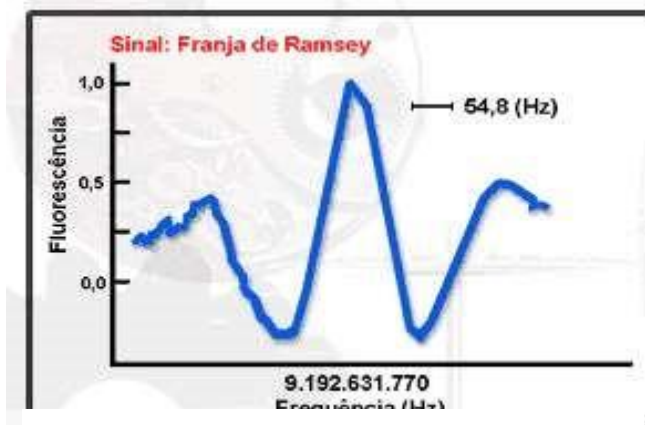
O processo começa com o aquecimento, em um forno, de átomos de césio (isótopo 133) em forma metálica, o que produz um feixe de átomos com velocidade média em torno de 200m/s. Ao emergir do forno, os átomos podem estar em um de seus dois estados energéticos de 'spin' (uma propriedade quântica), que de-correm da interação entre o spin eletrônico e o spin nuclear.

Tais estados, chamados de $F=3$ e $F=4$, são a essência para utilizar átomos como um relógio, pois a frequência da radiação necessária para converter um deles no outro é extremamente bem determinada e, portanto, um excelente padrão de frequência.

O feixe atômico de césio interage com um primeiro laser após sair do forno, e todos os átomos são convertidos, através de efeitos ópticos, para um só estado ($F=3$). Essa etapa é chamada de preparação dos átomos em um único estado. Uma vez preparado, o feixe penetra em uma cavidade onde há radiofrequência (radiação eletromagnética com comprimento de onda na região das micro-ondas), capaz de fazer os átomos passarem para o estado $F=4$. Alguns átomos continuam no estado $F=3$ ao sair da cavidade, mas muitos emergem em $F=4$ e podem ser analisados quando interagem com um segundo

laser, sintonizado na frequência adequada. Nessa interação, os átomos em $F=4$ absorvem e reemitem a luz do laser, e tal reemissão (fluorescência) é convertida, por um sistema de lentes e detectores, em um sinal elétrico que pode ser medi-do por um osciloscópio e processado por um microcomputador.

A presença de fluorescência indica que os átomos, ao atravessar a cavidade, passaram de $F=3$ para $F=4$. Quanto mais intensa a fluorescência, maior o número de átomos que mudaram de estado: a intensidade da fluorescência reflete diretamente a interação dos átomos com a radiação eletromagnética. Variando a frequência dessa radiação, a máxima fluorescência ocorre quando ela é exatamente de 9.192.631.770 Hz.



Fonte: Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada - USP

O relógio atômico procura manter inalterada a radiação que produz o máximo de fluorescência, para garantir o fator da frequência. Para isso, é preciso todo um sistema que analise o processo e introduza correções de modo a manter a frequência no valor exato, aquele que define a unidade segundo.

O relógio atômico procura manter inalterada a radiação que produz o máximo de fluorescência, para garantir o fator da frequência. Para isso, é preciso todo um sistema que analise o processo e introduza correções de modo a manter a frequência no valor exato, aquele que define a unidade segundo.

Os primeiros resultados obtidos permitem estimar para o relógio de São Carlos uma precisão de 1:109, o que implica margem de erro inferior a um segundo em mais de um século. A avaliação correta de um relógio atômico é feita comparando-o com outros relógios do mesmo tipo, o que permite avaliar desvios relativos e prescrever correções. Isso acontecerá em breve, através de contatos com instituições internacionais e com o Observatório Nacional do Rio de Janeiro.

Com base no sucesso obtido com esse primeiro relógio, o laboratório iniciou novo programa, visando construir um modelo mais avançado, que utilizará átomos resfriados por laser e possibilitará melhorar em até 100 vezes a precisão atual. O princípio básico do novo modelo está na produção de uma nuvem atômica a alguns milionésimos de grau acima do zero absoluto (00K ou -273°C). Tais átomos ‘frios’ serão então lançados para cima, como em uma ‘fonte’, e seu movimento ascendente e descendente permite construir um relógio de precisão fantástica.

Já em desenvolvimento em pelo menos dois países (Estados unidos e França), o novo relógio atômico permitirá medições de tempo até 100 mil vezes mais precisas que as atuais. Tamanha precisão possibilitará experimentos hoje impossíveis (na área de cosmologia e ondas gravitacionais, exemplo), além de testes de teorias atômicas.

Existindo um desses relógios no Brasil, tais experimentos poderão ser realizados aqui, o que incluirá o país no seleto grupo que não só domina a tecnologia de tempo e frequência, mas também investe em avanços nessa área.

Referências:

Tuboy, A. M; Milori, D. M.P; Carvalho, F. T; Zillo, S. C; Bagnato, V. S; Instituto de Física de São Carlos, universidade de São Paulo; Disponível em: <http://www.cepa.if.usp.br/e-fisica/mecanica/pesquisahoje/cap3/defaultframebaixo.htm>; Acesso dia 27/06/2021.

A origem da metrologia. Disponível em: <https://www.medeinstrumentos.com.br/a-origem-da-metrologia/>; Acesso dia 27/06/2021.

Como funciona o relógio de quartzo. Esquema do oscilador de cristal de quartzo. Disponível em: <https://www.oficina70.com/2020/05/diferencas-entre-o-quartzo.html>; Acesso dia 27/06/2021.

Quando inventaram o relógio, como sabiam que horas era? Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/quando-inventaram-o-relogio-como-acertaram-as-horas>; Acesso dia 27/06/2021.

Método da triangulação; Como rastrear um celular: www.opensat.com.br/blog/outros/como-rastrear-um-celular.html; Acesso dia 27/06/2021.

Relógios atômicos: Medindo o segundo; Disponível em: www.cienciaexplica.com.br; Acesso dia 27/06/2021.

Relógio atômico da NASA permitirá navegação autônoma de espaçonaves; Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/ciencia/127051-relogio-atominco-nasa-permitira-navegacao-autonoma-espaconaves.html>; Acesso dia 27/06/2021.