

Autor: Gil da Costa Marques

1: Introdução

A medição de intervalos de tempo, a cada dia com maior precisão, é de grande interesse científico e tecnológico. Alguns processos físicos ocorrem em intervalos de tempo extremamente curtos (por exemplo, fenômenos atômicos envolvem tempos de $10^{-15} s$). Outros há que duram vários anos (o intervalo de tempo decorrido entre reaparições de alguns **cometas** é de algumas dezenas de anos).



Para cada intervalo de tempo decorrido, lançamos mão de métodos ou instrumentos diferentes. A questão da confiabilidade e da precisão da medida também influem na escolha do instrumento de medida de tempo. Existem instrumentos e técnicas para medidas de tempo para fenômenos que ocorrem no cotidiano, medidas de tempo muito longas e medidas de tempo muito curtas.

A medida de tempo entre dois eventos se faz através da comparação com um tempo padrão. O tempo padrão mais utilizado é o segundo. Entendemos agora o que significa medir intervalo de tempo em segundos. Tudo que fazemos no processo de medida é verificar quantas vezes o intervalo de tempo é menor (ou maior) do que o intervalo de tempo que adotamos como padrão (o segundo). Dizer que algo durou 5 segundos significa dizer que este intervalo de tempo é 5 vezes maior do que a unidade de tempo padrão.

2: Unidade de Tempo

Além das unidades de tempo usadas no cotidiano, existem ainda várias frações do segundo. A abreviatura de segundo é **s** e as frações, mais frequentemente utilizadas em Física, seguem, como no caso de medidas de distância, a seguinte nomenclatura:

1s			segundo
1ms	= 0,001s	= s	milissegundo
1s	= 0,001ms	= s	microsegundo
1ns	= 0,001s	= s	nanosegundo
1ps	= 0,001ns	= s	picosegundo

Autor: Gil da Costa Marques

Definição de segundo

Antigamente, o segundo era definido em termos do dia solar médio, isto é, a média sobre um ano da duração do dia. O dia é medido de meio-dia a meio-dia, isto é, sol a pino na linha do Equador e o segundo corresponde a $1/86400$ do dia solar médio.

Atualmente, o segundo é definido em termos da radiação característica de um átomo de ^{133}Cs (Césio 133), que é empregado em relógio atômico.



Relógio Atômico de Césio

"O segundo é a duração de 9.192.631.770 períodos da radiação correspondente à transição entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133."

$1s = 9.192.631.770$ períodos da radiação característica do ^{133}Cs .

3: Escala de tempo

Os tempos de ocorrência de alguns fenômenos diferem consideravelmente entre si. Dizemos que os fenômenos ocorrem em diferentes escalas de tempo. Por exemplo, algumas partículas sobrevivem durante um lapso muito curto de tempo. A instabilidade de uma partícula ou de um elemento radioativo costuma ser relacionada à sua meia-vida. **Meias-vidas** curtas correspondem a elementos mais instáveis e meias-vidas longas, a elementos menos instáveis. Existem meias-vidas de nanosegundos até de muitos anos.

4: Medições de tempo no cotidiano

1. Relógios e Cronômetros

Relógio é qualquer dispositivo que, através da determinação de intervalos regulares, permite medir o tempo.

Os relógios e cronômetros se incorporaram, em definitivo, ao cotidiano das

Autor: Gil da Costa Marques

peças. A leitura do seu relógio indica o intervalo de tempo decorrido desde a meia-noite ou o meio-dia. A leitura do cronômetro indica o intervalo de tempo decorrido desde quando ele foi acionado.

A seguir analisaremos alguns relógios primitivos e outros que são utilizados até hoje.

Relógio de Sol, de água e de areia

1a. Relógio de Sol

No caso do relógio de sol a determinação da hora do dia ou intervalos de tempo adotando o dia como referência é possível a partir da análise da sombra projetada de um objeto no chão. É o mais antigo dos relógios já que, desde os primórdios, o homem se deu conta de que o nascer do Sol é um fenômeno que se repete a intervalos de tempo regulares.



1b. Relógio d'água

O relógio d'água consiste de um reservatório de água (tanque) no qual se faz um furo. Em seguida, recolhe-se essa água num recipiente (um jarro, por exemplo). Encher o jarro demanda um tempo (t). Este intervalo de tempo passa a ser uma referência. Se algum evento durou até que o jarro esteja pela metade,

então, a duração desse evento foi $\left(t_1 = \frac{1}{2}t\right)$, ou seja,

a metade do valor de referência. Dessa forma, pela medida de volume do líquido inferimos o tempo em unidades de medida "vaso cheio". O relógio d'água já era conhecido dos egípcios e gregos e sua utilização atingiu o século 16. Galileu, por exemplo, fez uso do relógio d'água em suas experiências.



Autor: Gil da Costa Marques

1c. Relógio de areia

O relógio de areia, ou ampulheta, é baseado no mesmo princípio do relógio d'água. A passagem de uma quantidade de areia de um dos recipientes num fundo fechado para outro, através de um orifício estreito, demanda um tempo constante. Serve assim como padrão para medir intervalos de tempo.



2. Pêndulos

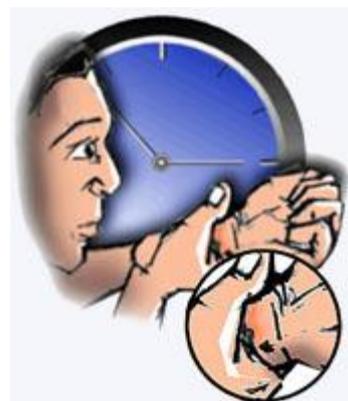
Uma forma de estabelecermos um padrão para a medida de tempo é buscar na natureza fenômenos periódicos, ou seja, fenômenos que se repetem enquanto o tempo passa. Podemos adotar o intervalo de tempo de repetição como um padrão. Nesse caso, podemos fazer uso de desde um pêndulo simples até o período da órbita dos elétrons num átomo.

Até cerca de 1580 não havia métodos para determinar, de uma forma precisa, intervalos de tempo relativamente curtos. Essa situação se modificou com a descoberta, por Galileu, do isocronismo do pêndulo. Isto é, o período do pêndulo não depende de amplitude do movimento oscilatório (só depende do comprimento do pêndulo).

Essa descoberta serviu de base para a construção de relógios de pêndulos acionados através de pesos ou molas

3. Medindo sua pulsações

É possível efetuar medidas de tempo, em segundos, contando suas pulsações. Uma pulsação, em condições normais, dura aproximadamente 1 segundo, alguns um pouco mais, outros um pouco menos. Verifique a sua. Conte o número de pulsações do seu coração durante um minuto. Agora você saberá quantas pulsações ocorrerão, por exemplo, em 3 minutos ou $\frac{1}{2}$ minuto. Pronto, você já tem um "relógio".



Autor: Gil da Costa Marques

4. Medições de tempo muito menores que 1 segundo

Nas corridas de automóvel, nas provas de atletismo e em pesquisas científicas, a precisão oferecida por um cronômetro, mesmo os mais sofisticados, não é suficiente para as exigências específicas de cada caso. Existem diferentes dispositivos eletrônicos que possibilitam a medição precisa de intervalos de tempo.

Em laboratórios de pesquisa em Física Nuclear de baixa energia, existem montagens experimentais que possibilitam a diferenciação das massas de partículas de mesma energia provenientes de uma reação nuclear. Mede-se o tempo de vôo das partículas entre dois pontos determinados, colocando-se detectores que fornecem impulsos elétricos. Esses impulsos acionam circuitos eletrônicos projetados especificamente para essa finalidade. É possível medir intervalos de tempo de nanosegundos ($10^{-9}s$).

Um equipamento muito usado em laboratórios de pesquisa, que permite obter medidas de intervalos de tempo muito pequenos com alta precisão é o osciloscópio.



Osciloscópio