

Material Teórico - Módulo de CINEMÁTICA UNIDIMENSIONAL 1 - MOVIMENTO UNIFORME

Referencial, trajetória e velocidade
média - Parte 1

Primeiro Ano do Ensino Médio

Autor: Prof. Ulisses Parente
Autor: Prof. Antonio Caminha

21 de agosto de 2026

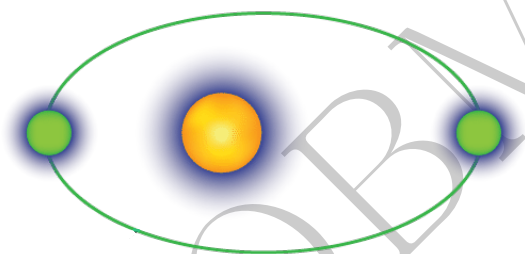


PORTAL DA
MATEMÁTICA
OBMEP

Neste material, começamos a estudar Mecânica, uma área da Física que se divide, grosso modo, em três subáreas: a *Cinemática*, a *Dinâmica* e a *Estática*.

Inicialmente, concentraremos nossa atenção na Cinemática, que pode ser entendida como o estudo do movimento sem nos preocuparmos com o que causou esse movimento, o que o mantém ou como esse movimento cessará. Conforme veremos, essas questões adicionais serão tratadas pela Dinâmica.

Um exemplo clássico é fornecido pelo movimento (dito de *translação*) da Terra em torno do Sol:¹



No início do século XVII, o astrônomo alemão Johannes Kepler percebeu, por meio uma cuidadosa compilação de observações astronômicas ao longo dos anos, que esse movimento dá-se com a Terra descrevendo uma órbita *elíptica*² em torno do Sol; contudo, ele não se preocupou em entender por que a órbita é, realmente, uma elipse.

Bem mais tarde, já no final do século XVII, o físico e matemático inglês Isaac Newton utilizou princípios físicos mais gerais (mais especificamente, a *Lei Universal da Gravitação*) para provar que a órbita descrita pela Terra é, de fato, uma elipse.

¹Na figura a seguir, as dimensões da Terra estão exageradas, para o bem da compreensão. Na escala correta, o diâmetro da Terra é cerca de 109 vezes menor que o do Sol.

²Uma *elipse* é a curva plana por um ponto cuja soma das distâncias a dois pontos fixos — ditos os *focos* da elipse — é constante. Veja, no Portal da Matemática, o módulo *Cônicas*, do terceiro ano do Ensino Médio.

Kepler adotou uma visão *cinemática* do movimento da Terra, descrevendo-o sem preocupar-se com suas causas; Newton fez uma análise *dinâmica*, analisando o porquê da órbita ter uma forma elíptica.

Antes de mergulhar no estudo da Cinemática, precisamos nos apropriar de alguns conceitos-chave. Faremos isso nas próximas seções.

1 Os conceitos primitivos de tempo e intervalo de tempo

Os seres humanos sentem a passagem do tempo de uma maneira intuitiva. Por isso, vamos considerar *tempo* como um *conceito primitivo*, isto é, cuja compreensão será assumida sem a necessidade de uma definição.

Da mesma forma, temos uma idéia preconcebida do conceito de *intervalo de tempo* como a o tempo decorrido entre dois acontecimentos. Nesse sentido, evite falar em *espaço de tempo*, uma vez que reservaremos a palavra *espaço* para uma noção relacionada ao conceito de distância.

O tempo flui de modo que não é possível voltar no tempo. Portanto, não há sentido em se falar de tempo ou intervalo de tempo negativos.

Contudo, ao descrever um movimento, muitas vezes adotaremos um certo instante como a *origem dos tempos*, e nos referiremos a ele como o *instante inicial* $t_0 = 0$. Obviamente, essa é uma escolha arbitrária, cujo sentido é simplesmente marcar o instante a partir do qual estamos interessados em analisar o movimento em questão.

Nesse sentido, a descrição matemática de um movimento pode envolver o gráfico de uma função cuja variável independente t representa o tempo decorrido desde o instante inicial $t_0 = 0$. Assim, ainda que *do ponto de vista matemático* possamos considerar $t < 0$, do ponto de vista físico isso não tem sentido. Portanto, ao longo da análise matemática de uma certa situação física, instantes de tempo negativos devem ser desprezados.

2 Ponto material $\times$ corpo extenso; referencial

Em Física, é extremamente importante trabalharmos com *pontos materiais*, *corpos extensos* e as localizações dos mesmos em relação a um certo *referencial*. Nesse sentido, um **ponto material** é um corpo cujas dimensões *são desprezíveis* em relação a um certo referencial. Em contraposição, um **corpo extenso** é um corpo cujas dimensões *não são* desprezíveis em relação a um certo referencial.

Para entender exatamente o que significa o parágrafo anterior, veja que, se estivéssemos em um satélite orbitando a Terra, então, tomando o satélite como ponto de referência, a Terra deveria ser considerada como um corpo extenso. Por outro lado, uma vez que a distância da Terra ao Sol é muito maior do que o diâmetro da Terra³, ao analisarmos o movimento da Terra em torno do Sol, tomando o Sol como ponto de referência, a Terra pode ser tratada como um ponto material. Tudo depende do referencial!

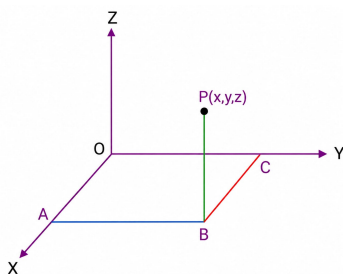
Como poderíamos lidar matematicamente com um ponto material P ? Admitindo que o movimento de P dê-se em um plano, uma possibilidade é adotar um sistema cartesiano OXY nesse plano e trabalhar com a abscissa x e a ordenada y de P nesse sistema, de forma que P possa ser confundido com o ponto (x, y) . Dessa forma, conseguiremos localizar P em relação à origem O do sistema cartesiano.

Da mesma forma, se P mover-se no espaço, podemos considerar suas coordenadas (x, y, z) em relação a um sistema cartesiano tridimensional $OXYZ$ fixado, como mostrado na figura a seguir.

2.1 Relatividade do repouso e do movimento

Como queremos descrever movimentos, é natural nos perguntarmos de que maneira podemos discernir quando um

³Mais precisamente, a distância da Terra ao Sol é cerca de 11740 vezes maior que o diâmetro da Terra.



ponto material ou um corpo extenso estão em repouso ou em movimento.

Uma resposta inicial é que as noções de repouso e de movimento dependem do referencial. Nunca é possível falar algo como “esse corpo está com certeza em repouso”; ele pode estar em repouso em relação a um certo referencial, mas pode estar em movimento em relação a outro referencial. Assim, as noções de repouso absoluto ou movimento absoluto não são cabíveis em Física.

Por exemplo, alguém em pé sobre a superfície da Terra, sem mover-se (em relação à Terra) estará em repouso se tomarmos a Terra como referencial. Contudo, em relação ao Sol, esse alguém estará se movendo, uma vez que a própria Terra se move em torno do Sol.

Para um outro exemplo, se alguém estiver num carro viajando a 80 km/h numa estrada e um outro carro, também a 80 km/h, estiver viajando no mesmo sentido e na faixa ao lado, então um carro está parado em relação ao outro; a distância e a posição relativas dos carros não mudam ao longo do tempo. Contudo, se adotarmos como referencial uma pessoa que está parada (em relação à Terra) na beira da estrada e observa os carros passarem, então, em relação a ela, os carros estão em movimento e suas posições mudam à medida que o tempo passa.

Em resumo:

Repouso: Um ponto material está em repouso em relação a um dado referencial se sua posição permanecer a mesma com o decorrer do tempo. Assim, em relação a um sistema cartesiano escolhido no referencial em questão, as coordenadas que determinam a localização do ponto material não variam ao longo do tempo.

Movimento: Um ponto material está em movimento em relação a um dado referencial se sua posição mudar com o decorrer do tempo. À medida que o tempo passa, as coordenadas do ponto material, em relação a um sistema cartesiano escolhido no referencial em questão, mudam.

2.2 O conceito de trajetória e sua relatividade

O que é uma trajetória? Digamos que o mapa de uma certa região mostre uma estrada principal, mais moderna, e uma estrada antiga, ambas ligando duas cidades. Dois automóveis que se deslocem de uma cidade à outra, um pela estrada principal) e o outro pela antiga, sairão de uma cidade e chegarão à outra, mas *seguirão trajetórias diferentes*.

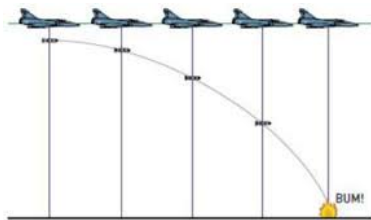
A seguir, listamos outros exemplos simples de trajetórias: quando um avião a jato passa voando alto e liberta aquela fumaça branca, você vê a fumaça por toda a extensão por onde ele passou; assim, a fumaça mostra um pedaço da trajetória seguida pelo avião ao longo do tempo. Da mesma forma, as pegadas deixadas por uma pessoa andando numa praia deserta indicam a trajetória seguida por ela.

Assim, podemos dizer que a **trajetória** de um ponto material é o percurso ou caminho feito por ele ao longo de um determinado intervalo de tempo.

O conceito de trajetória, assim como o de movimento e repouso, também depende do referencial adotado.

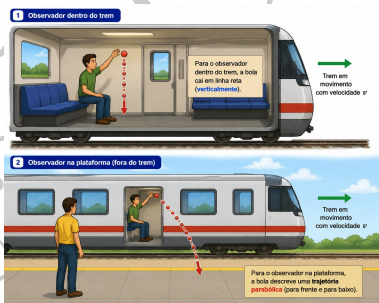
Por exemplo, se um bombardeiro liberar uma bomba em

um certo instante, quem estiver no solo verá, a partir daquele instante, a bomba descrever uma *trajetória parabólica* até atingir o chão, como mostrado na figura a seguir⁴. Entretanto,



quem estiver dentro do avião verá a bomba cair em linha reta, mantendo-se sempre exatamente abaixo da aeronave (teremos mais a dizer sobre isso quando estudarmos *lançamentos oblíquos*).

Para outro exemplo, imagine que um vagão de trem está em movimento e, em um certo instante, uma lâmpada que se desprende do teto desse vagão. Vamos examinar a trajetória



da queda da lâmpada a partir de dois referenciais diferentes: uma pessoa sentada dentro do vagão e outra pessoa do lado

⁴Veremos posteriormente que essa trajetória é o resultado de dois movimentos simultâneos (em relação à Terra): o movimento horizontal do bombardeiro e o movimento de queda da bomba.

de fora, parada na plataforma da estação, vendo o vagão passar.

1. **A pessoa fora do vagão** vê a lâmpada cair segundo uma trajetória que é um arco de parábola.
2. **A pessoa sentada no vagão** se desloca horizontalmente com a mesma velocidade do vagão; portanto, ela não percebe o avanço lateral da lâmpada, de forma que vê apenas a lâmpada cair verticalmente, em linha reta de cima para baixo.