

## FÍSICA 1: DISCIPLINA FUNDAMENTAL DE UM CURSO DE ENGENHARIA

**Marcos Antonio Florczak** – florczak@utfpr.edu.br  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Física  
Avenida Sete de Setembro, 3165  
80230-901 – Curitiba – PR

***Resumo:** A mecânica é o fundamento conceitual e histórico da física. Toda teoria usada nas ciências da matéria e nos desenvolvimentos em engenharia, possui como uma linguagem fundamental os termos desenvolvido nela. Movimento, força, energia, torque, momentos, são os termos do cotidiano de qualquer físico, químico ou engenheiro. Mesmo que uma linguagem própria seja desenvolvida em uma determinada área, observamos que normalmente elas podem ser interpretadas em relação aos termos fundamentais. A mecânica não apenas estrutura estes termos, como revela uma forma específica de ver o mundo. Podemos observar nela o desenvolvimento do racionalismo moderno, aonde a lei de causa e efeito se torna evidente. Mesmo quando chegamos na física contemporânea aonde alguns pilares clássicos são aparentemente derrubados, ela é ainda, a disciplina que apresenta a introdução aos conceitos fundamentais.*

*Infelizmente percebemos que muitas vezes ela é mal apresentada aos alunos dos cursos introdutórios em física, onde muitos conceitos são definidos como se aparecessem sem uma justificativa conceitual clara. Mas este é um engano, pois além de possuir justificativas empíricas aos desenvolvimentos teóricos, ela demonstra uma elegância formal que historicamente esteve ligada ao desenvolvimento de toda a física, assim como, da própria matemática.*

*Neste artigo, pretendo fazer um breve resumo sobre o curso de física 1 que tenho ministrado nos cursos de engenharia da UTFPR. Tendo como texto básico uma apostila com as minhas notas de aulas e o livro de física básica, volume 1, do Moysés Nussenzveig.*

**Palavras-chave:** Ensino, física, mecânica.

### 1 INTRODUÇÃO

Os fundamentos das ciências físicas, e conseqüentemente da engenharia, são as leis, os métodos e a forma de ver o mundo, que surgiram na mecânica. Embora seja a obra de Newton o grande precursor lógico da física, temos uma série muito grande de trabalhos na época pós-iluminismo que deram seu suporte conceitual.

Galileu retira da física o referencial absoluto demonstrando a relatividade do movimento. Copérnico e Kepler propõem um sistema de movimentos dos corpos celestes elaborando um melhor modelo para as órbitas dos corpos do Sistema Solar. Uma teoria de causa e efeito começa a ser delimitada, e as teorias Aristotélicas baseadas nas qualidades dos corpos começam a perder prestígio, para uma teoria quantitativa, formalizada em termos de uma linguagem matemática.

Newton condensa e amplia o conhecimento de sua época na sua obra monumental chamada de Princípios. Com ela se estabelece uma descrição conceitual qualitativa e quantitativa do mundo material. Suas leis estabelecem uma regra de causa e efeito sem precedentes na filosofia. Desta forma surge o que atualmente chamamos de ciência, que constrói um modelo de conhecimento para o nosso mundo, e desenvolve a tecnologia até aos níveis atuais.

A termodinâmica se transforma em uma teoria mecânica, quando abandona o conceito e calórico e utiliza o conceito de energia. Com a necessidade de se estabelecer uma melhor produtividade das minas de carvão, surge um dos conceitos em física mais importante que é o da entropia, que atualmente é essencial para entender as novas teorias cosmológicas ou a física quântica. O eletromagnetismo com o conceito de potencial e as equações de Maxwell tem uma teoria que se mostra mais eficaz sem o conceito de força, mas demonstra um sucesso muito grande com uso dos teoremas de conservação desenvolvidos em uma mecânica pós-newtoniana, conhecida como mecânica analítica. Com as novas interpretações na mecânica, nos trabalhos de Euler e Lagrange, a física se prepara para o desenvolvimento de duas teorias novas que revolucionaram a nossa forma de ver o mundo, a mecânica quântica e a mecânica relativística.

A própria incompatibilidade das equações de Maxwell com a primeira lei de Newton na forma da transformação de coordenadas de Galileu, é uma forma de se introduzir a relatividade restrita.

A matemática se estabelece como uma linguagem essencial para descrever o mundo. O cálculo diferencial se estrutura com a necessidade de definir precisamente a velocidade de um corpo. A álgebra vetorial como uma forma de enxergar um mundo aonde o que acontece em um eixo cartesiano é independente do outro. Ou seja, o próprio desenvolvimento da ciência da natureza exige um desenvolvimento da linguagem formal.

## **2 CURSO DE FÍSICA 1**

O curso básico foi desenvolvido em grande parte das universidades no Brasil e no exterior, em 4 módulos para ser estudado em 4 semestres consecutivos. Esta divisão faz sentido do ponto de vista histórico e conceitual. Os livros textos foram escritos usando esta seqüência.

O curso de física 1 surge como o primeiro contato com o formalismo conceitual da física. Sua finalidade principal deveria ser estabelecer uma relação entre os conceitos desenvolvidos, com os dados empíricos, e com o formalismo, que será construído ao longo dos cursos introdutórios. Espera-se de um professor de física uma capacidade de expressar os conteúdos de uma forma lógica e precisa, desenvolvendo os termos a partir de uma lógica seqüencial, aonde um conceito serve de subsidio a outro. Sendo que a metodologia utilizada esteja fundamentada em dois pilares: o resultado experimental e a linguagem matemática. Não pode haver incompatibilidade entre os dois. A famosa frase de que na teoria as coisas são diferentes da prática, não faz sentido na física.

## 2.1 Descrição do movimento.

Tudo se inicia com a constatação que temos uma descrição do mundo em 4 dimensões sendo 3 espaciais e 1 temporal, e que para fazermos uma medida necessitamos padronizar uma régua e um cronômetro.

O passo seguinte é medir o movimento, com a seguinte pergunta: faz sentido perguntar se um corpo possui uma velocidade em um dado instante de tempo? Aparentemente a pergunta parece ser absurda, pois a velocidade é definida como um deslocamento por um intervalo de tempo, logo a velocidade não poderia existir instantaneamente. Mas o conceito de tornar este intervalo de tempo, o menor possível, não leva a um número muito grande, mas a um valor específico. Surge então, a possibilidade de estabelecer um conceito específico, dentro de uma linguagem formal. Ocorre o mesmo para a variação da velocidade.

Estes conceitos se estabelecem com fundamento duplo, a medida da posição e do tempo, e a linguagem formal.

## 2.2 Primeira e Segunda Lei de Newton.

Formalizado o conceito de velocidade, e as suas variações, devemos voltar nosso olhar ao mundo novamente, e investigar como se comporta o movimento dos corpos. Mas como devemos olhar o mundo, já que o movimento se tornou relativo com as observações de Galileu? Newton responde com a sua primeira lei, que normalmente é enunciada da seguinte forma: *todo corpo permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme a não ser que uma força haja sobre ele*. Este enunciado não é logicamente coerente, pois como podemos determinar o repouso de um corpo ou sua velocidade constante? A lei diz que pela ausência de força, mas o pensamento em círculo persiste, pois para identificarmos a ausência de forças devemos conhecer o seu estado de movimento. Será que Newton teria feito um grave erro filosófico em sua obra? Se olharmos no final do livro, no apêndice, notamos que o referencial absoluto era considerado como existente, e a partir dele poderíamos definir o repouso ou o MRU, logo a ausência de forças poderia ser determinada a partir do conhecimento do estado de movimento.

Mas como ficaria a primeira lei sem um referencial absoluto? O seu enunciado deve ser modificado, e os livros textos já começam a esclarecer sobre isto. A primeira lei esta relacionada com o referencial mais apropriado para observar o mundo. Da mesma forma que quando estamos dentro de um carro que faz uma curva sentimos como se uma força nos puxasse para o lado, mas com uma certa reflexão, chegamos a conclusão de que apenas o nosso corpo teve a tendência de permanecer no seu movimento original, e foi o carro que se desviou. Podemos também concluir que nascemos em um sistema acelerado, a Terra. Logo uma observação externa a sua superfície nos proporcionaria uma visão mais ampla dos fenômenos. Na superfície da Terra, observaríamos aparentemente o repouso de um corpo sobre uma balança de molas, mas com mais cuidado perceberíamos que a força gravitacional é 0,3 % maior que a força que a mola exerce sobre o corpo, ou seja o corpo não se encontra em equilíbrio na superfície da Terra.

Um observador atento poderia argumentar que o Sol também não é um bom referencial, pois ele está acelerado para o centro da Galáxia. Chegaríamos em um referencial hipotético aonde uma partícula isolada permaneceria em repouso ou movimento uniforme, e é isto que a primeira lei chama a atenção: existem referenciais mais apropriado que outros, e o inercial é

aquele aonde uma partícula isolada (ou seja suficientemente longe de alguma interação) permanece em repouso ou MRU.

Note que o conceito de resistência a mudança do estado inercial surge naturalmente e a massa será a medida desta quantidade. Que operacionalmente será atribuída a um corpo padrão uma unidade desta grandeza, e percebemos uma linearidade entre um agente causador de força (uma mola por exemplo) e o seu efeito que alterar a velocidade. Assim se estabelece uma relação numérica entre a força e o seu efeito, ou seja, a aceleração. A famosa equação  $F = ma$

Mas no dia a dia percebemos com facilidade que existe uma relação direta entre força e velocidade também, ao empurrarmos um carrinho de supermercado, com as rodas bem lubrificadas, que se quisermos empurrá-lo com velocidade constante quando adicionamos objetos em seu interior necessitamos de força, mesmo que a superfície seja muito lisa. Logo existe uma relação entre força e variação de massa, através:  $F = v \frac{dm}{dt}$ .

Mas Newton colocou sua lei em termos da grandeza momento linear que a multiplicação da massa inercial com a velocidade. Note que esta grandeza pode ser intuitiva, pois ao olharmos a nossa volta, notamos além da quantidade de matéria (se é que podemos definir este conceito) que um corpo possui o seu estado de movimento. Newton estabelece uma relação causal, entre a perturbação de origem externa ao corpo (força) com a taxa de variação de seu momento linear, que engloba os dois casos descritos acima.

Esta equação pode ser muito difícil de ser resolvida pois envolve uma variação segunda da posição no tempo, e sua integração pode ser possível de ser resolvida analiticamente. Mas o seu sucesso é fabuloso, pois se considerarmos a massa inercial igual a massa gravitacional, podemos ter um bom modelo para explicar a queda dos corpos na superfície da Terra como as órbitas planetárias, e prever como fez Edmund Halley a volta de um cometa.

### **2.3 Conservação da Energia.**

Devido a dificuldade de solucionar a segunda lei, podemos investir uma outra alternativa. Uma pergunta que era feita por Descartes e Leibnitz ao analisar o movimento era: se tudo se move, há algo que permanece imutável? Esta pergunta pode ser respondida quando examinamos um corpo em queda, ou dois em queda unidos por uma força interna. Surge então o conceito de energia mecânica. Percebemos que algumas forças proporcionam uma função que se preserva durante o movimento, a esta função damos o nome de energia, que possui duas expressões, uma que se relaciona com o movimento e outra com a configuração geométrica da posição dos corpos. E notamos que uma se transforma na outra e que quando este corpo em colocado em interação com um outro elemento externo produz trabalho. Ou como irá fazer a primeira lei da termodinâmica, produzirá calor. Logo energia é a capacidade que um sistema tem quando em interação com a sua vizinhança de produzir trabalho ou calor.

### **2.4 Conservação do Momento Linear.**

Um outro resultado experimental, de fácil observação, surge quando um sistema de partículas em interação umas com as outras, quando tem o valor nulo para a força de origem externa ao sistema, tem o momento linear do sistema conservado. Basta argumentar que ao

empurrar uma outra pessoa, ambas sobre patins, para que o momento total do sistema que se era nulo antes permaneça nulo depois. Um fato bastante intuitivo, muitas vezes.

A argumentação formal deste resultado, pode ser obtida facilmente trabalhando corretamente as equações do movimento para cada uma das partículas que constituem o sistema, e interpretando o resultado da soma de todas as equações.

## **2.5 Conservação do Momento Angular.**

A observação da conservação do momento angular pode ser vista com facilidade, ao observar uma bailarina que junta os braços ao seu corpo para obter uma maior velocidade angular de rotação. Basta notar, que a diminuição da distribuição de massa no espaço gera uma maior velocidade angular, quando o sistema está suficientemente isolado. A multiplicação da grandeza que representa a distribuição de massa no espaço pela velocidade angular, corresponde a uma nova grandeza, o momento angular, que permanece constante em determinadas situações.

Para estudar o que altera o momento angular, podemos observar que ao fechar ou abrir uma porta pensamos em 4 fatores: a força que empregada, a distância do ponto de aplicação da força em relação ao eixo, o ângulo entre a força e plano da porta, e o sentido do eixo de rotação (sentido horário e anti-horário). Abrir ou fechar uma porta significa alterar o seu momento angular, e o que provoca esta mudança é esta grandeza que envolve estes 4 fatores, ou seja, o torque.

## **3 ESTRUTURA LÓGICA DE UM CURSO DE FÍSICA 1**

É fundamental ressaltar, durante todo o curso, que uma estrutura lógica está sendo seguida. Partimos de um universo de 4 dimensões, com uma régua e um cronômetro, para medir posição no tempo de um corpo. O formalismo se desenvolve naturalmente durante o curso com as questões que vão surgindo. O conceito de derivada de uma função neste sentido é a nomenclatura de um método de medir uma grandeza dentro de um limite de tempo tão pequeno quanto necessário, o que significa dizer: com os algarismos significativos da medida.

O conceito de inércia, e conseqüentemente a sua medida quantitativa, a massa inercial, surge ao escolher um corpo padrão de análise.

Embora o termo força não seja definido pela segunda lei, ela revela o seu efeito. O primeiro modelo de força é o gravitacional, com a sua versão de uma força aparentemente constante que é o peso de um corpo. Neste caso observamos que a massa gravitacional é igual a massa inercial, sem nenhuma justificativa clássica formal, apenas uma constatação empírica.

Os três teoremas fundamentais: conservação da energia mecânica, momento linear e angular, se constrói a partir de seu resultado experimental, com um formalismo desenvolvido a partir da análise conceitual dos dados obtidos.

Não há fórmulas a ser decoradas, e não há definições pré-estabelecidas com a justificativa de que apenas funcionarão.

## 4 PARTE EXPERIMENTAL DO CURSO

Há uma grande confusão entre os alunos com relação a teoria e a prática, e ouvimos muitas vezes que uma teoria física não funciona na prática. Este grave equívoco surge justamente de não mostrar que os teoremas fundamentais da física tem uma dupla origem: a observação e a experimentação de fenômenos da natureza e uma linguagem conceitual coerente.

As aulas de laboratório não tem como objetivo provar um teorema, ou uma lei física, já que ela não surge de uma experimentação. Mas o laboratório pode ser um parceiro fundamental, orientando o aluno a observar que o resultado de um experimento pode ser justificado com o conhecimento de certas leis físicas.

## 5 CONCLUSÃO

O uso de um formalismo logicamente coerente, baseado na observação, com sua justificativa formal e empírica, demonstra ao aluno, que a física é a ciência fundamental de toda matéria e conseqüentemente de todas as tecnologias usadas em engenharia. Isto não torna o curso mais fácil ao aluno, pois exige dele uma reflexão constante, mas torna o seu conhecimento mais fundamentado. As justificativas históricas e conceituais, com o formalismo sendo desenvolvido logicamente, ajudam ao aluno engajado no desejo de desvendar o mundo que o cerca, uma aventura nos segredos de nosso universo. E nestes muitos anos de ensino tenho tido mais e mais a convicção de que devemos ousar sempre mais no ensino de física para as engenharias.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GALILEU GALILEI. **Diálogo sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo Ptolomaico & Copernicano**. Tradutor: Pablo Rubén Mariconda. Discurso Editorial. 2004

NUSSENZVEIG, H. M.. **Curso de Física Básica**. 1-Mecânica. Editora Edgard Blücher. 1983.

SIR ISAAC NEWTON.. **Mathematical Principles**. Vol 1. Tradutor: Florian Cajori. University of Califórnia Press. 1962

## PHYSICS #1: A FUNDAMENTAL COURSE FOR ENGINEERING STUDENTS

**Abstract:** *Mechanics is the fundamental basis of physics, from both the conceptual and historic viewpoints. All theories in sciences and engineering share similar terminologies that were all originally developed in Mechanics. Momentum, force, energy, torque are concepts used in the everyday language of any physicist, chemist or engineer. These fundamental concepts can always shed light over any specific terminology related to many specific fields. In the discipline of Mechanics, all these terms and concepts are structured and a new way of seeing the world is established. For instance, it explores and organizes the law of cause and*

*effect which is the basis of modern rationalism. Even in modern physics, that poses many questions against classical physics, Mechanics still presents the fundamental definitions and concepts. In fact, it encompasses a very elegant formalism which is related to the development of both sciences Physics and Mathematics.*

*In this paper, I will present my experience at teaching Mechanics for engineering students at UTFPR, following a textbook by Moysés Nussenzveig, and my own lecture notes.*

***Key-words:*** *Physics Teaching, Physics, Mechanics.*