

A Física no cotidiano

Dança de Salão, Ioga, Tai Chi Chuan, Música, Cordas e Nós, Esperanto, Teatro e algo mais

Filipe de Moraes Paiva *

Departamento de Física, U.E. Humaitá II, Colégio Pedro II
Rua Humaitá 80, 22261-040 Rio de Janeiro-RJ, Brasil

7 de Novembro de 2007
(Primeira versão em 14/06/2007)

Publicado em

<http://br.geocities.com/prof.fmpaiva/lernantoj.html>

Resumo

Discutimos, a nível de Ensino Médio, alguns conceitos Físicos no cotidiano, notadamente na Dança Salão, na Ioga, no Tai Chi Chuan, na Música, nas Cordas e Nós, no Esperanto, no Teatro. Nosso objetivo é mostrar que a Física aparece em todas as atividades do cotidiano, mostrando como ela aparece e como pode ser utilizada. Em especial, mostramos que Ioga e Física são muito parecidas.

Esse trabalho está ainda em versões preliminares. Sugestões são muito bem vindas.

Conteúdo

Introdução - O Óbvio também deve ser dito!	2
1 Dança - A Física da Dança e a Dança da Física!	3
1.1 Conceitos básicos de cinemática	3
1.2 Movimento relativo	3
1.3 Movimento circular	3
1.4 Forças Fictícias	4
1.4.1 Força de Coriolis	4
1.4.1.1 Carrocel e ventos	4
1.4.1.2 Caracol e a pia	5
1.5 Terceira lei de Newton	5
1.5.1 A 3ª lei e condução	6
1.6 Primeira e Segunda leis de Newton	6
1.6.1 A 1ª e a 2ª leis e forças dissipativas	6
1.6.2 A 1ª e a 2ª leis, forças dissipativas e condução	6

*prof.fmpaiva@gmail.com

1.7	Torque ou momento de uma força	7
1.8	Equilíbrio	7
1.9	Ondas	7
1.10	Lógica	8
1.11	Termologia	8
2	Ioga - Ioga é Física!	8
2.1	Física e Vedanta	9
2.2	Conceitos específicos de Física	10
2.2.1	Equilíbrio	10
3	Tai Chi Chuan - A Dança em câmara lenta!	10
3.1	Movimento circular	10
3.2	Equilíbrio	10
4	Música - A Física da Música e a Música da Física!	10
4.1	Tempo	11
4.2	Ondas	11
4.3	Definição das notas musicais	11
4.4	Pandeiro	11
5	Cordas e Nós - Um bom Nó em uma boa Corda!	12
5.1	Na engenharia	12
6	Esperanto - Porque posso!	12
7	Física X não Física - Do que estamos falando, afinal!	13
8	Teatro - Afinal, quem somos!	13
8.1	Coisas da Física	14
8.2	Conteúdo	14
8.3	Um exemplo de peça	15
	Conclusão - Apenas o Começo!	15
	Agradecimentos - Gente boa!	15
	Bibliografia	16
	Lista de Figuras	
1.1	Força de Coriolis: Carrocel e ventos	5

Introdução

O Óbvio também deve ser dito!

A Física estuda todos os aspectos da Natureza. Portanto, estuda tudo. O conhecimento da Física pode, então, facilitar qualquer atividade humana. Entretanto, nem sempre parece simples perceber como que os conceitos físicos aparecem nas situações do cotidiano. Uma vez reconhecidos os conceitos pertinentes a uma determinada atividade, um outro grande passo é utilizá-los para melhor desempenharmos a atividade em questão.

Nos próximos capítulos vamos estudar a Física em diversas situações, tais como Dança de Salão, Ioga, Tai Chi Chuan, Música, Cordas e Nós, Esperanto e algo mais. Discutimos, ainda, como bem aplicar a Física, isto é, como utilizá-la de maneira pertinente, de forma a evitar-se falar coisas sem sentido. Discutimos, também, um pouco sobre o teatro e o que chamamos de “Coisas da Física”.

Note que quase todos os tópicos aqui descritos foram de fato utilizados em aula. Na realidade, a aplicação da Física às diversas atividades do cotidiano descritas aqui surgiu naturalmente nas aulas de dança, ioga, tai-chi chuan, música, cordas e nós, Esperanto e teatro ministradas por mim no Colégio Pedro II. Podem ter surgido também nas aulas de Física e terem sido testadas em plena aula de Física.

Salientamos que este trabalho ainda está em versão preliminar e muito ainda falta por ser escrito. Sugestões serão muito bem recebidas.

Capítulo 1 - Dança

A Física da Dança e a Dança da Física!

Vamos aqui explicitar alguns conceitos de Física e verificar como aparecem na Dança. Muitos detalhes técnicos podem ser encontrados em [5], que em próximas versões descreverei sucintamente.

1.1 Conceitos básicos de cinemática

Alguns conceitos aparecem de maneira bastante óbvia na dança. Entre eles: tempo, posição, deslocamento, velocidade (escalar e vetorial), aceleração (escalar e vetorial) e classificações dos movimentos. Procure investigar esses conceitos básicos da cinemática e verificá-los na dança.

1.2 Movimento relativo

O passo básico do forró pode ser bem utilizado para discutir movimento relativo. Na realidade, qualquer coreografia utiliza movimento relativo. Mesmo um baile é um belo exemplo.

1.3 Movimento circular

Podemos utilizar danças de roda ou qualquer coreografia em roda para estudar movimento circular. Colocando uma roda dentro da outra, podemos igualar as velocidades angulares ou as lineares. Assim mostramos a relação entre elas e o raio.

De fato, suponha inicialmente que as duas rodas giram com mesma velocidade linear, ou seja, todos dão passos de mesmo tamanho e o mesmo número de passos por segundo. Veremos que a

roda interna faz mais voltas que a externa, isto é, tem uma velocidade angular maior. A razão está em as pessoas da roda externa terem de percorrer uma distância maior a cada volta.

Por outro lado, suponha agora que a roda externa tenta manter a mesma velocidade angular que a roda interna, isto é, girando “junto” dela. Então, os componentes da roda externa deverão correr muito mais (velocidade linear maior) que os da roda interna.

Pode-se utilizar também o Pa Kua, veja isso no capítulo 3 sobre Taj Chi Chuan.

1.4 Forças Fictícias

Forças fictícias não são realmente forças, mas sim efeitos que surgem em referenciais não inerciais, e que parecem ser causados por forças. Referencial inercial pode ser pensado como um salão de baile, que naturalmente está parado, sobre o qual acontecem coisas. Um ônibus parado também é um referencial inercial. Por incrível que pareça, um ônibus andando em linha reta, com velocidade constante (movimento retilíneo uniforme), também é um referencial inercial. De fato, a menos que você olhe para fora do ônibus, ou que ele esteja sacudindo muito, então você nem percebe que o ônibus se move. As leis de Newton valem em referenciais inerciais, ou seja, referencias parados ou em movimento retilíneo uniforme.

Quando o movimento do referencial deixa de ser uniforme ou retilíneo, o referencial deixa de ser inercial. Isso acontece quando o ônibus freia ou acelera ou quando faz curvas. Nessas situações os passageiros se sentem jogados ou para frente, ou para trás ou para fora da curva. Entretanto, não há na realidade nenhuma força os empurrando. É como se houvesse tal força, denominada então de fictícia.

As forças fictícias mais conhecidas são justamente essas duas. Quando o ônibus freia ou acelera, a força fictícia que nos joga é denominada de força de Einstein. Quando ele faz uma curva, a força que nos joga para fora é denominada de força centrífuga. Veremos agora uma terceira força fictícia.

1.4.1 Força de Coriolis

Danças de roda ou mais especificamente, coreografias de quadrilha de festa junina são excelentes para mostrar a força (fictícia) de Coriolis e suas consequências.

1.4.1.1 Carrocel e ventos

Os alunos formam um cruz, como na figura 1.1, abraçados, todos virados no sentido horário. Começam então a girar. Logo perceberão que os mais para o centro devem caminhar lentamente, enquanto que os mais para fora devem caminhar rapidamente. Observado isso, paramos o giro.

Agora, um aluno se coloca perto do centro. Ele irá caminhar junto com os que já estão na cruz. Porém, aos poucos vai se afastando do centro, porém mantendo a mesma velocidade no caminhar. Todos perceberão que ele ficará para trás, descrevendo a trajetória mostrada na figura 1.1. No referencial de quem está girando, é como se houvesse uma força empurrando o aluno para trás, no sentido anti-horário, fazendo com que ele se distancie dos colegas da frente e seja alcançado pelos de trás.

O mesmo ocorre quando ar ou água deslocam-se dos pólos para o equador. De uma circunferência de pequeno raio, perto do pólo, eles passam para uma circunferência de grande raio perto do equador. Como a Terra gira de oeste para leste, essas massas de ar ou água são como que empurradas pela força fictícia de Coriolis, para oeste.

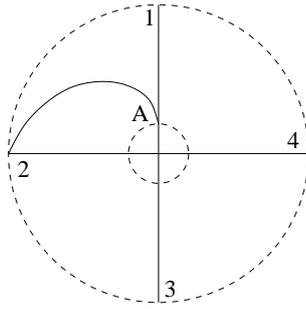


Figura 1.1: Força de Coriolis: Caracol e ventos. A cruz de alunos gira em sentido horário. Um aluno “A” que move-se junto à fila 1, e que se afasta do centro, começa a ficar para trás, acabando por ser alcançado pela fila 2.

1.4.1.2 Caracol e a pia

Agora os alunos fazem uma fila, o professor na frente. Começam então a caminhar formando uma circunferência. Acho que na quadrilha isso é chamado de caracol. Em certo momento o líder da fila começa a diminuir o raio da circunferência. Imediatamente, ele e todos atrás dele começarão a ultrapassar os últimos da fila, novamente por causa da força de Coriolis, já que o raio de sua circunferência está diminuindo. Isso continua até que ele chega ao centro e começa então a voltar, como na quadrilha, até formar o círculo novamente.

Nesse momento o professor pode parar para explicar. Isso é mais ou menos o que acontece quando abrimos o ralo da pia. A água da pia, que geralmente tem um leve movimento circular, ao se aproximar do centro da circunferência, tem sua velocidade angular aumentada. Só que na pia acontece algo mais, que mostramos agora. As moléculas d’água, ao ultrapassar as demais, devido à viscosidade, empurram as moléculas que estão sendo ultrapassadas. Estas então aumentam suas velocidades lineares, arrastadas pelas que as estão ultrapassando. Dessa forma, o rodaminho gira cada vez mais rápido.

Para mostrar isso, faz-se a brincadeira anterior. Porém, agora, os alunos que estiverem ultrapassando, vão empurrar os que estão sendo ultrapassados. Os ultrapassados terão velocidade maior. Porém como estão todos em fila, os da frente da fila serão empurrados pelos de trás, de forma que toda a fila andarà mais rapidamente. Porém, quando os da frente, que estão ultrapassando andarem mais rapidamente, eles empurrarão ainda mais aqueles que eles estão ultrapassando. Dessa forma, os que ultrapassam empurram os que são ultrapassados e os ultrapassados empurram os da frente. O caracol girará cada vez mais rapidamente, como o rodaminho da pia.

O mesmo efeito aparece quando giramos de braços abertos e então os fechamos. Veja a seção 1.7.

1.5 Terceira lei de Newton

A terceira lei de Newton está presente em todas as danças, mas é, talvez, mais aparente no Tango. De fato, em algumas formas de tango, os pares estão apoiados um no outro. Assim, o cavalheiro está fazendo força na dama e a dama no cavalheiro, produzindo um par de forças de ação e reação. Se um dos dois não fizer força sobre o outro, o outro também não poderá fazer força.

Ainda no próprio andar da dança encontramos a terceira lei. Andamos porque empurramos

o chão para trás. Pela terceira lei, o chão nos empurra para a frente. Voltando então ao tango, do parágrafo anterior, tente explicar, como é possível o casal andar para frente ou para trás, se ambos estão fazendo forças de mesma intensidade um no outro.

A resposta não é simples. O par andarรก no sentido da frente do cavalheiro se a força que o chão faz no cavalheiro (que forma um par com a força que ele faz no chão) for maior do que a força que o chão faz na dama (que forma um par com a força que a dama faz no chão). É o mesmo que acontece em uma brincadeira de cabo de força. Outra maneira de ver isso é a seguinte, o cavalheiro andarรก para frente se a força que o chão faz nele (que forma um par com a força que ele faz no chão) for maior do que a força que a dama faz no cavalheiro (que forma um par com a força que o cavalheiro faz na dama).

1.5.1 A 3ª lei e condução

A condução na dança de salão é o que permite ao casal dançar em harmonia. Pode acontecer de diversas maneiras; aqui estamos interessados na condução corporal, mais especificamente, aquela que se dá pelo contato entre as mãos e braços do cavalheiro com o torso e mãos da dama.

Com as mãos e com os braços, o cavalheiro faz força no corpo da dama, indicando o movimento que a dama deve fazer. Para que essa força exista, é necessário, de acordo com a terceira lei de Newton, que a dama faça no cavalheiro, uma força de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto. Sem essa contrapartida da dama, o cavalheiro, por mais que quera, não consegue fazer força e portanto não consegue conduzir.

Saber o quanto resistir, *permitindo* que o cavalheiro faça força, e o quanto locomover-se, esvasiando a força do cavalheiro, é a grande arte da dama na dança de salão.

1.6 Primeira e Segunda leis de Newton

A utilização dessas leis é muito simples quando discutimos o movimento de caixotes sob a ação de forças. Porém, torna-se bastante mais complexa quando estudamos o andar humano ou de animais.

1.6.1 A 1ª e a 2ª leis e forças dissipativas

Esse talvez seja o conceito mais difícil. Como vimos na seção 1.5, andamos porque se empurramos o chão, este nos empurra (terceira lei). Porém, forças dissipativas anulam a força que nos empurra e, de acordo com a primeira lei de Newton, andamos com velocidade constante.

Por outro lado, se paramos de dispender energia, isto é, se paramos de empurrar o chão e esse então parar de nos empurrar, sobram apenas as forças dissipativas. Essas são suficientemente grandes para produzir, pela segunda lei de Newton, uma desaceleração também grande que nos pára quase que imediatamente.

1.6.2 A 1ª e a 2ª leis, forças dissipativas e condução

A discussão anterior aparece claramente na condução entre o cavalheiro e a dama. Durante a dança, o cavalheiro está constantemente conduzindo a dama a determinados movimentos. Há um momento inicial onde, a força do cavalheiro coloca a dama em movimento, pela segunda lei de Newton. Posteriormente, devido às forças dissipativas e à primeira lei, a dama desloca-se com velocidade constante. Cessando a condução, as forças dissipativas e a segunda lei fazem a

dama parar quase que imediatamente. Na realidade há muito mais por trás disso, que discutirei em outra versão.

1.7 Torque ou momento de uma força

Uma força tende a produzir tanto mais rotação em um corpo quanto mais longe do eixo de rotação ela estiver sendo aplicada. Essa tendência, maior ou menor, é o que chamamos de torque de uma força ou momento de uma força. Experimente abrir e fechar uma porta pela maçaneta ou perto da dobradiça; veja a diferença.

O conceito de torque é fundamental nos giros. De fato, giramos sobre um eixo. Se estamos na ponta do pé, as forças de atrito agirão bem perto do eixo de rotação, tendo pouco torque, de forma que giramos com facilidade. Por outro lado, se o pé todo está no chão, então as forças de atrito agirão mais longe do eixo e terão torque maior. Será então mais difícil girar; não experimente isso, pois pode até causar lesões no joelho. Portanto, o torque gerado pelo atrito diminui quando o bailarino está na ponta do pé. Por outro lado, com os dois pés no chão o torque é tão grande que dificilmente conseguimos girar.

Conceitos semelhantes podem ainda ser observados ao girarmos de braços abertos ou fechados. Esse tipo de giro pode ilustrar, para alunos mais adiantados, a conservação do momento angular. Porém, pode ser tratado utilizando-se a primeira lei de Newton e as idéias sobre giro da seção 1.3, ou então a força de Coriolis da seção 1.4.1.

1.8 Equilíbrio

Este é assunto do final da primeira série. Para uma corpo estar em equilíbrio, duas condições devem ser satisfeitas. A primeira vem da, já conhecida, primeira lei de Newton; assim, para que a aceleração seja nula a soma de todas as forças sobre o corpo deve ser nula. A segunda condição é que a soma dos torques (ou momento de uma força) de todas as forças sobre o corpo seja nula. Veja a seção 1.7 onde discutimos mais sobre torque.

Por exemplo, se estamos na ponta de um pé e extendemos a outra perna para trás, devemos inclinar o corpo para frente para que o torque do peso da perna somado ao torque do peso do corpo seja nulo.

1.9 Ondas

O movimento ondulatório pode ser artisticamente observado em uma sequência de bailarinos, cada um imitando os movimentos do bailarino imediatamente à frente. Nesse exercício, é muito importante que cada um imite, gentilmente, o movimento da pessoa imediatamente à frente, sem se importar com os demais. O pequeno atraso causado por essa condição produzirá o belo movimento ondulatório, isto é, a propagação suave do movimento do primeiro da fila até o último.

Será que podemos executá-lo em circunferência? Formaríamos uma onda estacionária? Analisamos mais detalhes em próximas versões.

Esses exercícios podem ser acompanhados pelo mantra “OM”, produzindo um efeito bem interessante. Melhor ainda se alguns produzirem “A”, outros “U” e outros “M”, em diferentes intensidades, dependendo do movimento. Deve soar, todos juntos, como “OM”. Podemos,

também, aproveitar as danças de quadrilha da festa junina, onde aparecem diversos movimentos ondulatórios. Pode-se ainda fazer uma roda e o jogo dos apertos de mão.

Pode-se mostrar ondas transversais, longitudinais e mistas; produzindo-se belos efeitos.

1.10 Lógica

Podemos discutir muitos assuntos de lógica, formando um círculo onde cada um está sentado no colo do anterior. Note que uma pessoa, “A”, estará sentada no colo de alguém, que por sua vez estará sentado no colo de outro e, continuando até chegar a alguém sentado no colo de “A”. Assim, de certa forma, cada um está sentado em seu próprio, e diversas vezes. Como pode? Além de ser curioso, podendo ser muito bonito, tal exercício permite discutir sobre diversos aspectos da Física, entre eles, a lógica e as definições recursivas, ou seja, conceitos que são definidos a partir deles mesmos.

1.11 Termologia

Em muitas danças, é costume estarem todos a volta de uma fogueira, que fornece luz, calor e diversão e essas três coisas estão relacionadas fisicamente. De fato, luz consiste em ondas eletromagnéticas visíveis, enquanto que o calor pode propagar-se de três maneiras: radiação, condução e convecção. Na radiação, o calor é constituído também por ondas eletromagnéticas, invisíveis ou visíveis, portanto a luz também é calor. Quando estamos próximos a uma fogueira, é essa forma de calor que sentimos, ou seja, radiação. Na condução, o calor se propaga de átomo para átomo. Imagine uma cebola em um espeto de metal, dentro da fogueira. O calor absorvido pelo espeto se propaga por condução através do espeto e poderia queimar nossa mão. Por isso o espeto tem um cabo de madeira, pois o metal é bom condutor de calor e a madeira mau condutor. Já na convecção, o ar aquecido pela fogueira fica menos denso e sobe, criando correntes de convecção, que propagam o calor para cima. A elevação do ar favorece sua circulação dentro da fogueira, alimentando o fogo com oxigênio.

Um balão funciona de maneira análoga às correntes de convecção. O gás hélio é menos denso que o ar, portanto um balão cheio de hélio sobe. Se não tivermos gás hélio, podemos aquecer o ar dentro do balão para torná-lo menos denso. Faz-se isso em geral com uma bucha em chamas dentro do balão. O problema com esses balões é que, ao caírem, suas buchas provocam incêndios e mortes. Devemos ter em mente que fogo é uma reação química entre o gás oxigênio do ar e substâncias encontradas na madeira, papel, tecidos etc. Essa reação libera grande quantidade de calor, que por sua vez mantém reação a alta temperatura. A constante entrada do oxigênio e a alta temperatura da madeira são condições necessárias e suficientes para o fogo. Assim, para apagar um incêndio pode-se abafá-lo (cortar o fornecimento de oxigênio) com cobertores ou diminuir sua temperatura com água. Atualmente já são feitos balões com grandes sacos pretos. A cor preta absorve a luz solar aumentando a temperatura do balão, tornando desnecessária a bucha em chamas.

Capítulo 2 - Ioga

Ioga é Física!

A Ioga é uma atitude perante o mundo. O desenvolvimento dessa atitude requer em geral aulas de Ioga. Estas consistem em discussões com o mestre e outras atividades mentais além de atividades corporais. A Física está presente em todas essas atividades.

2.1 Física e Vedanta

O texto dessa seção surgiu a partir do curso sobre a relação entre Física e Vedanta (Ioga), ministrado por mim e pelo meu professor de Ioga, Luiz Estellita Lins, no Saraswati Estúdio de Ioga do Leblon em 2006. Vedanta (junto com a Bhagavadgita) são os textos básicos onde a Ioga está apresentada. Em próximas versões faremos uma discussão mais ampla sobre o assunto. Tal discussão passaria por parábolas retiradas do Mahabharata, do Ramaiana, da Bhagavadgita e outros textos indianos ou não. Entre outros, a história do guerreiro Karna disfarçado de sábio e do ditado popular: “pimenta nos olhos dos outros é refresco”. A história da evolução dos modelos físicos desempenharia também um papel fundamental. Um ou outro exemplo prático da ineficiência dos modelos seria também utilizado (O problema dos anéis).

A seguir resumimos as principais conclusões do curso de 2006 em cinco itens. Os três primeiros mostram a semelhança entre a Física e o Vedanta (Ioga). O quarto item mostra a sutil diferença. O quinto conclui.

1 - O objeto de estudo. O assunto da Física é a Natureza. Mas a Física reconhece o Homem como parte da Natureza, e mesmo, a parte mais importante, pois somos nós que observamos, pensamos e concluimos, não necessariamente nesta ordem. O assunto do Vedanta é o Homem. Mas o Vedanta considera o Homem como parte da Natureza, ou melhor, como a própria Natureza, ou, como costumamos dizer, o Ser Supremo.

No fundo, ambos estão estudando o Mundo. O Físico tem consciência de que o aspecto Homem da Natureza deve ser considerado enquanto que o Iogue tem consciência de que o aspecto Natureza do Homem deve ser considerado.

2 - O método de estudo. A Física analisa as diversas situações da Natureza, em um lugar e um momento. Estas situações estão ocorrendo também em outros lugares e ocorreram nesse mesmo lugar antes e vão ocorrer depois. O Vedanta analisa as diversas situações do Homem e mostra que elas acontecem com outras pessoas e já ocorreram com essa pessoa e vão ocorrer novamente.

No fundo ambos analisam situações que se repetem.

3 - A conclusão do estudo. A Física reduz o Mundo ao seu fundamento, do qual só conhecemos alguns aspectos e, sobre os quais elaboramos modelos de comportamento. Os modelos são apenas modelos que se parecem com a realidade, às vezes mais, às vezes menos e às vezes nada.

O Vedanta reduz o Mundo ao Ser absoluto, do qual usualmente lidamos com seus aspectos relativos. Criamos modelos de comportamento para nós e para os outros. Esses modelos pertencem ao relativo e portanto nem sempre funcionam.

4 - A apresentação do estudo. O físico tem consciência de que o absoluto não será conhecido a partir dos modelos. Mesmo assim, elabora cada vez mais os modelos de maneira a conhecer mais aspectos relativos do absoluto. O iogue se atém a apenas algumas características do relativo, visando atingir o absoluto.

5 - Conclusão. Assim, ambos estudam o Absoluto (a Natureza), pela análise de seus aspectos relativos (os modelos), concluindo que o relativo não é permanente (os modelos são apenas modelos). A diferença está em a Física caminhar em direção ao relativo, elaborando os modelos, enquanto que o Vedanta caminha em direção ao absoluto, desapegando-se do relativo.

2.2 Conceitos específicos de Física

Estudamos agora, de maneira mais técnica, alguns conceitos de Física aplicados às posturas da Ioga.

2.2.1 Equilíbrio

Nesta versão preliminar, consulte a seção 1.8 no capítulo sobre dança.

Capítulo 3 - Tai Chi Chuan

A Dança em câmara lenta!

O Tai Chi Chuan, também chamado de “arte da longa vida” ou “meditação em movimento”, é uma tradição milenar da China taoísta. Sua semelhança, tanto filosófica quanto corporal, com a tradição hindu da Ioga é notável. A prática inclui, além da já implícita meditação em movimento: a sequência de 108 movimentos usualmente vista nas praças públicas na China e mesmo no Rio de Janeiro; o “Qi Gong” ou “Chi Kun” que são exercícios semelhantes ao pranaiama (respiração) da Ioga; e o “Tui Shou” ou “pressão das das mãos”, feito em dupla e também uma forma de autoconhecimento; o Pa Kua.

Discutimos nas seções seguintes alguns conceitos de Física e verificamos como aparecem no Tai Chi Chuan. Quem estiver interessado em conhecimentos mais específicos sobre Tai Chi Chuan, pode consultar o texto [3] sobre a sequência de movimentos do Taj Chi Chuan.

3.1 Movimento circular

Podemos utilizar o Pa Kua, que está intimamente relacionado com o Tai Chi Chuan e cujo movimento básico é feito em roda, para estudar movimento circular. Colocando uma roda dentro da outra, podemos igualar as velocidades angulares ou as lineares. Assim mostramos a relação entre elas e o raio. Esse estudo está descrito na seção 1.3 do capítulo 1 sobre Dança.

3.2 Equilíbrio

A sequência do Tai Chi Chuan é executada muito lentamente. Dessa forma, se o excutante parar de fazer força, as forças dissipativas imediatamente o colocam em repouso. Aproximadamente então, a soma de todas as forças e torques sobre o praticante são nulos. É isso que denominamos, em Física, de “equilíbrio”. Essa definição coincide com a noção cotidiana de equilíbrio. Veja as seções 1.6 e 1.8 do capítulo 1 sobre Dança.

Capítulo 4 - Música

A Física da Música e a Música da Física!

Analisamos alguns entre os diversos conceitos de Física que são fundamentais na Música. O leitor interessado pode aprender a tocar pandeiro no Curso de Pandeiro[4].

4.1 Tempo

Assim como na Mecânica Newtoniana, também na Música o tempo passa como um rio, ou seja, igual para todos. Todos os músicos tocam sobre a batuta do mesmo maestro, que marca o mesmo tempo para todos.

4.2 Ondas

Música é som. Produção de som por um instrumento e propagação som são estudos clássicos da mecânica ondulatória. Portanto não vamos nos aprofundar aqui. De fato, esse estudo pode ser encontrado em quase todo livro de Física. Saliento apenas aqui, que são estudos da física: o próprio som, sua produção por instrumentos de corda, sopro ou percussão, a acústica de uma sala de concerto, a afinação de um instrumento, o aperfeiçoamento de instrumentos, a construção de novos instrumentos, tanto acústicos como eletrônicos e, muito mais.

4.3 Definição das notas musicais

As notas musicais são construídas a partir de uma nota geradora, por exemplo, o dó central do piano (dó 3), a partir de frações da frequência da nota geradora. Verifica-se que são agradáveis os sons produzidos pelas frações que possuem numeradores e denominadores pequenos.

É um fato que a sequência de frações não forma um grupo fechado, isto é, chega um momento que as notas começam a ficar desafinadas em relação umas as outras. Portanto torna-se necessário deslocar-se as frequências obtidas. Há diversas maneiras diferentes para tal. Uma delas gera o que hoje chamamos de escala temperada.

Vou explicar esse assunto melhor em uma próxima versão.

4.4 Pandeiro

Em algumas técnicas para tocar pandeiro, o instrumento permanece oscilando em um movimento periódico, com uma determinada frequência, produzindo o som das platinelas. O polegar, por outro lado, percute a pele do pandeiro com outra frequência, produzindo um som grave. Na realidade, toda a música gerada pela percussão acontece por um superposição de diversas frequências de batidas. Mais detalhes sobre pandeiro em [4].

Em um grupo de pandeiristas, podemos observar fenômenos de ressonância. De fato, quando a pele de um pandeiro é percutida, a pele dos demais vibra.

A pele do pandeiro pode ser percutida de diferentes maneiras. Durante a percussão, podemos encostar um ou mais dedos na pele, de diversas formas. Unindo essas duas técnicas, podemos produzir diversos modos diferentes de vibração da pele, produzindo diferentes sons. Ainda

apertando um dedo contra a pele, alteramos sua tensão, mudando portanto sua frequência de vibração. Além disso, o pandeiro possui parafusos para aumentar ou diminuir a tensão da pele com facilidade, alterando assim sua frequência natural de vibração e portanto sua afinação.¹.

Capítulo 5 - Cordas e Nós

Um bom Nó em uma boa Corda!

É bastante óbvio que cordas e nós está relacionado com tensão e força de atrito. Nas próximas versões vou explorar mais esses aspectos. Por hora, vou me ater às novidades. É um fato notável que grande parte dos nós diminui em mais de 50% a resistência de uma corda. Assim, a arte de fazer nós baseia-se em três princípios: (1) o nó deve ser fácil de fazer; (2) fácil de desfazer; (3) diminuir o menos possível a resistência da corda.

Não é difícil perceber porque um nó diminuir a resistência da corda. De fato, um corda é formada por diversas fibras, de forma que a tensão na corda é dividida por todas as suas fibras. Para simplificar a explicação, imagine uma corda de duas fibras paralelas.

Se a tensão na corda for de $100N$, então cada fibra está sob uma tensão de $50N$. Se $100N$ for a tensão máxima que a corda aguenta, isso ocorre porque cada fibra aguenta no máximo $50N$. Quando fazemos um nó, a corda deve fazer as curvas do nó. No início do nó, a corda começa a primeira curva. A fibra do lado de fora da curva ficará mais esticada do que a fibra do lado de dentro, portanto estará sob um tensão maior. Se a tensão na corda for de $100N$, então a fibra de dentro terá uma tensão de, digamos, $49N$, enquanto que a de fora terá uma tensão de $51N$. Como a tensão máxima que cada fibra aguenta é de $50N$, então a corda arrebentará.

Existe toda uma ciência de inventar-se nós que não diminuam muito a resistência de uma corda. Em linhas de pescas, parece que o chamado “nó das vinte voltas” não diminui a resistência da linha (veja [1]).

5.1 Na engenharia

Há ainda problemas de engenharia muito relevantes. Por exemplo, como prender o cabo de aço de um bondinho (do Pão de Açúcar, por exemplo), de forma a não diminuir sua resistência. Dar um nó, já vimos que não podemos. Isso diminuiria sua resistência e para compensar, teríamos de utilizar um cabo muito mais grosso. Prender com parafusos, como faz-se em geral com cabos pequenos, geraria o mesmo problema. De fato, o parafuso deforma o cabo, no ponto em que o aperta, fazendo com que algumas fibras fiquem muito mais esticadas do que outras.

Uma solução consiste em enrolar, dando muitas voltas, o cabo em um cilindro de raio muito grande. Devido ao tamanho do cilindro, será muito pequena a diferença de tensão entre as fibras da corda. Dessa forma, a perda de resistência será muito pequena. Apresentarei mais detalhes em uma próxima versão.

¹Vamos explorar esses tópicos dessa seção sobre pandeiro e ainda outros tópicos sobre pandeiro, agora que iniciaremos o curso de pandeiro no CPII, toda quinta-feira 18:00h.

Capítulo 6 - Esperanto

Porque posso!

Não poderia deixar de falar na Língua Internacional Esperanto. As grandezas físicas estão relacionadas de maneira lógica, talvez por que a Natureza seja lógica, ou talvez por que os físicos assim prefiram. O mesmo não acontece com a maioria das línguas. Porém o Esperanto, por ser uma construção voluntária, satisfaz regras lógicas, assim como a Física. Isso, certamente torna o Esperanto uma linguagem ideal para o estudo da Física.

Fora esse aspecto tão particular do Esperanto, devemos salientar que toda língua tem uma íntima relação com a Física. De fato, utilizamos a linguagem, no cotidiano, para comunicar aspectos da Natureza que são por nós percebidos. Tal percepção leva a uma elaboração do que foi percebido; isso é Física. As línguas com que sou familiar, possuem tempos presente, passado e futuro, pois nossa percepção física da Natureza nos levou a conceber o Tempo. Deixo ao leitor, nesta versão, o privilégio de continuar buscando mais relações entre Física e linguagem.

Capítulo 7 - Física X não Física

Do que estamos falando, afinal!

Os conceitos físicos são aplicáveis de maneira muito criteriosa. Por exemplo, quando a terceira lei de Newton menciona “ação e reação”, está bem claro que trata-se de um par de forças (com o significado Newtoniano de força) que atuam em acordo com essa lei de Newton. Não trata-se portanto de ações e reações com significado mais amplo. Assim, se fulano age gritando, beltrano reage assustando-se, mas isso não tem nenhuma relação com a terceira lei de Newton.

É muito importante perceber a física no cotidiano, porém devemos fazer isso de maneira criteriosa. Outra confusão comum e bastante atual refere-se à Mecânica Quântica. Esta é uma teoria que estuda principalmente a estrutura microscópica da matéria. Nesta teoria, mostra-se que os conceitos de posição e velocidade e de maneira mais geral, os conceitos de experimento e medição devem ser revistos. Novos conceitos de distribuição probabilística dos resultados das medições devem ser considerados. Porém, a aplicação dos métodos e conceitos da Mecânica Quântica deve ser feita dentro do seu campo de validade. Devemos tomar o cuidado, portanto, de evitar misturar esses novos conceitos com assuntos completamente díspares. Tal procedimento, feito de forma inadequada, poderia levar-nos a crer, erroneamente, que a Mecânica Quântica explicaria situações completamente fora do âmbito Quântico.

Por outro lado, podemos, e até devemos, investigar como que, métodos que foram bem sucedidos em uma determinada área do conhecimento, poderiam ser bem utilizados em outras áreas. Essa é uma das mais belas características da Física, se bem utilizada.

Capítulo 8 - Teatro

Afinal, quem somos!

Este capítulo é um pouco diferente dos demais, aqui farei algumas considerações para auxiliar os alunos a preparar peças de teatro sobre os demais temas deste artigo.

8.1 Coisas da Física

Uma idéia que me atrai muito é a personificação da Natureza. É muito comum personificarmos alguns fenômenos da Natureza, como raios, o Sol e Lua, e mesmo algumas paixões e humores humanos criando deidades (deuses “menores”) que as controlam. Criamos então o Deus do trovão, o Deus Sol, o Deus do Amor, o Deus da Guerra etc. Para as maiores angústias humanas, as grandes questões transcendentes que nos afligem, criamos um Deus “maior”, ou simplesmente, Deus.

Criar deidades e Deuses consiste em dar características humanas às coisas da Natureza, para melhor interagirmos com elas, espiritualmente. É como se eu pudesse realmente dialogar com o Sol ou com minhas angústias. Não cabe aqui, neste artigo, discutir se esses Deuses e deidades realmente existem ou não, mas farei dois comentários a respeito:

1. creio que o sentimento religioso, e a própria religião, independem da existência real de Deus;
2. mas afinal, o que é existir? Alguma coisa, uma pedra, um sapato etc, realmente existe ou nós apenas concebemos sua existência para facilitar nossa interação com nossos próprios sentidos?

Porque então não ir além e personificar qualquer coisa: uma átomo, uma pedra, uma lei de Newton, uma força, uma energia etc? Essa é a idéia central das peças que proponho aos alunos. Que os personagens sejam Coisas da Natureza ou da Física; pode até haver algumas pessoas interagindo com essas coisas. Assim como é mais fácil orar a um Deus, pode ser que para alguns seja mais fácil pensar nas idéias físicas como sendo também Deuses, deidades etc.

A peça pode ter apenas coisas da Física ou pode misturar pessoas com coisas da Física. Pode começar com pessoas que no meio da peça começam a interagir com as coisas da Física, ou seja, com forças, leis etc, como em uma mistura de realidade com desenho animado. Então, a Física poderia ser realmente discutida, de forma animada, a um nível mais pessoal.

Alguns cuidados devem ser tomados. Não deixe que os personagens sejam coisas da Física à toa. Procure dar aos personagens, características pertinentes a sua natureza. Assim, faça as forças agirem como forças, e não apenas como adolescentes que são forças. A um personagem “lei”, dê características de lei, a um personagem “pedra”, dê características de pedra. Procure fazer com que vários tipos de personagens interajam. Nem todos precisam ser forças. Pode haver um que seja a terceira lei de Newton, outro pode ser uma unidade de medida (Newton por exemplo), alguém pode ser um sapato, outro uma força de atrito. Porém procure não fazer isso “gratuitamente”, utilize o personagem certo para o momento certo. Um professor de tango poderia ser a própria terceira lei de Newton, já uma pessoa que não sabe dançar poderia ser um neutron, que após aprender a dançar torna-se um próton atraindo vários elétrons, por exemplo.

8.2 Conteúdo

Procure fazer uma peça longa e com bastante conteúdo, tanto físico quanto dramático. Vocês viram a peça “Dhrama” de João Falcão. Seria bom se o grupo de teatro se reunisse para

conversar sobre o que viram. Qual a estrutura da peça? Como começa? Como os personagens são apresentados? Como se desenrola o conteúdo? Quais as mudanças de humores? Como a peça prepara seu final? Que recursos corporais são utilizados para cada situação? Pense nesses aspectos, para que a história não fique apenas uma “historinha”, procure passar alguma emoção para o público.

Solte sua imaginação ao máximo sem autocensura; vocês já conhecem bastante Física e bastante situações do cotidiano para poder misturar bem os conceitos.

8.3 Um exemplo de peça

Como exemplo de peça, sugiro ler e produzir a peça-musical para alunos do Ensino Médio que eu mesmo escrevi: “Coisas da Física” [2]. Esta peça discute o significado da Física, além de conter elementos de ioga e de mecânica apropriados para alunos da primeira e segunda séries.

Conclusão

Apenas o Começo!

Dançar é penetrar no coração da Física, é conhecer seus aspectos mais íntimos. Por outro lado, estudar Física é dançar ao som da melodia primordial. Vemos que realmente a Física aparece em tudo, basta olhar querendo ver. Interessante perceber que Física e a Ioga estudam o mesmo assunto, da mesma maneira, chegando à mesma conclusão. A diferença é sutil, enquanto a Física procura explicitar o mundo Relativo, a Ioga procura caminhar direto para o Absoluto.

Espero que essa leitura, mesmo em fase preliminar, tenha mostrado que a Física realmente está em toda a parte.

Agradecimentos

Gente Boa!

Agradeço aos meus alunos do Colégio Pedro II - Humaitá II, que gentilmente participam de minhas aulas de Física, de Dança, de Ioga, de Taj Chi Chuan, de Esperanto e de Cordas e Nós e produzem minhas peças teatrais; ao coreógrafo Jaime Arôxa pela belíssima palestra sobre a Física da Dança, proferida aqui no Pedro II em 2005; ao meu professor de Ioga, Luiz Estellita Lins, pela igualmente instigante palestra sobre Ioga apresentada no Pedro II em 2005; ao João Falcão, ao Luiz Estellita Lins, à Alinne Moraes, ao Osvaldo Mil, à Jô Abdu e toda a equipe da peça “Dhrama” pela excelente apresentação teatral da Ioga e pelo bate-papo com meus alunos.

Ao VEKCP II - Vin Esperanto Klubo Colégio Pedro II [6].

Bibliografia

- [1] Orozimbo José de Moraes, “*Guia de Nós para pesca*”, 2003, Centauro Editora, São Paulo, Brasil.
- [2] Filipe de Moraes Paiva, “*Coisas da Física - Peça-musical de Teatro para alunos do Ensino Médio*”, 2007, <http://br.geocities.com/prof.fmpaiva/lernantoj.html>
- [3] Filipe de Moraes Paiva, “*Sequência de movimentos do Taj Chi Chuan*”, 2006, <http://br.geocities.com/prof.fmpaiva/t-tabelo-p1.html>
- [4] Filipe de Moraes Paiva, “*Curso de Pandeiro*”, 2006, <http://br.geocities.com/prof.fmpaiva/pandeiro.html>
- [5] Kenneth Laws, “*The physics of dance*”, Editora New York: Macmillan, 1984. Obs.: pode ser encontrado na biblioteca do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas.
- [6] VEKCP II - Vin Esperanto Klubo Colégio Pedro II, o clube de Esperanto que espera por você, <http://br.geocities.com/vekcpii>