

## DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO DE FÍSICA : TORQUE E MOMENTO ANGULAR.

### META

Mostrar alguns exemplos simples de experiências que envolvam as quantidades físicas Torque e momento angular. Vamos mostrar, também, algumas das aplicações do teorema da conservação do momento angular. Trazer para discussão o papel dos textos, vídeos e filmes de divulgação científica no ensino de Física.

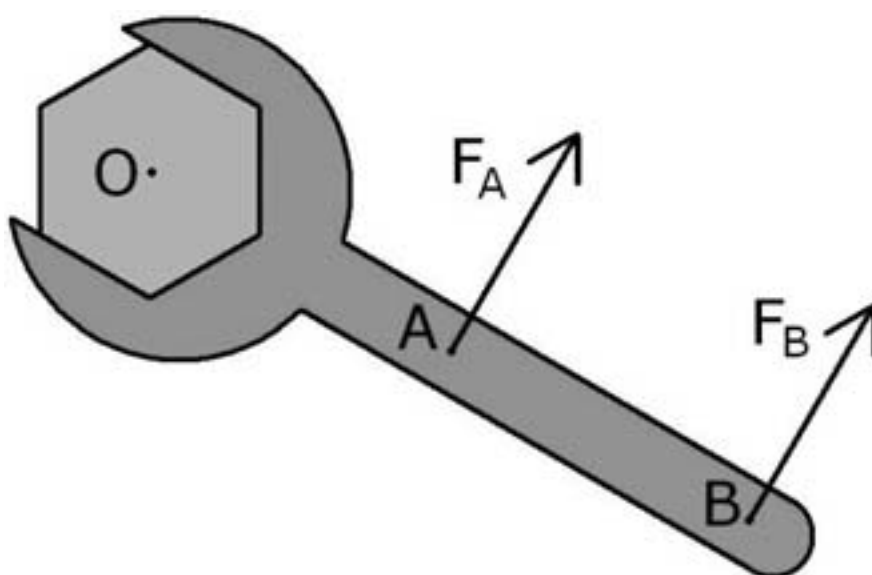
### OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

discutir quando devemos considerar a grandeza torque e porque ela desafia a nossa intuição. mostrar a conservação do momento angular. Esclarecer as características do vetor momento angular. Ilustrar o princípio de funcionamento do giroscópio. Fazer que os alunos e futuros professores vejam a importância dos textos, vídeos e filmes de divulgação científica e dos riscos que esses tem de transmitir conceitos errados de física.

### PRÉ-REQUISITOS

Os alunos devem ter cursado as disciplinas Física I e II.



(Fontes: <http://upload.wikimedia.org>)

### INTRODUÇÃO

Dentre todas as grandezas físicas da Mecânica o torque e o momento angular são as que possuem maior aplicação em engenharia (Mecânica e Civil). Como exemplo tem o torque dos motores, alavancas de guindastes, pá de empilhadeira, giroscópios e etc. Em feiras de ciências, e agora na Internet, encontramos giroscópios, a experiência da roda de bicicleta com ou sem a cadeira giratória, assim como outras. Escolhemos, aqui, a experiência da roda de bicicleta para ilustrar o princípio de conservação angular e o efeito que o torque possui sobre o movimento desta.

Como tema para discussão sobre os recursos para didáticos que o professor tem ao seu dispor, vamos analisar com vocês o papel e a importância dos materiais de divulgação científica que temos ao nosso dispor. Como vimos nos projetos de ensino de física, os laboratórios e os filmes de divulgação científica tinham um papel central na estrutura do método de ensino deles. Hoje em dia, com o advento da internet e das filmadoras portáteis temos uma grande variedade desses materiais on-line. Como na aula anterior, vamos ver se existem alguns parâmetros definidos de como esse material pode ser analisado e classificado.



Reflexões sobre as potencialidades da divulgação científica e suas contribuições para o ensino têm sido foco de investigações em pesquisas na área de Ensino de Física. Essas investigações são pautadas por intenções e objetivos variados, tais como o levantamento das possibilidades de uso de materiais de divulgação no ambiente de sala de aula; a introdução de novos conteúdos e abordagens no ensino de Física; o desenvolvimento da prática de leitura e interpretação de textos veiculados pela mídia; a complementação dos materiais didáticos; o desenvolvimento de um olhar crítico para os meios de comunicação; a aproximação entre a ciência escolar e aquela veiculada pela mídia etc.

Uma experiência interessante de ser feita é sentar em uma cadeira de secretária, segurando dois halteres perto do seu corpo. A cadeira é girada. Depois de alguns segundos, estendem-se os braços, provocando uma redução na velocidade da cadeira. Recolhendo novamente os braços a cadeira volta a girar mais rápido. Isso se deve a conservação do momento angular.

## O PAPEL DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO

### A DIVULGAÇÃO NA PESQUISA EM ENSINO

A divulgação científica [Santos] compreende um processo de veiculação de informações sobre ciência e tecnologia, destinada a um público completamente geral, sem restrições, através de recursos, técnicas e meios diversificados. Nesse texto, é adotado como quadro conceitual uma delimitação elaborada por Bueno (1988) que situa a divulgação científica como uma espécie de gênero da difusão científica, juntamente com a disseminação e o jornalismo de ciência. Dado que a divulgação científica pode ser feita de diferentes formas e também em diferentes âmbitos (museus, programas televisivos, cinema, espetáculos teatrais, novelas, revistas, jornais, livros etc.) selecionamos como recorte as pesquisas que têm como objeto de estudo a divulgação científica realizada por diferentes mídias impressas. Dessa forma, trataremos de informações sobre ciência e tecnologia publicadas em jornais e revistas destinados a um público de não especialistas.

A recente discussão sobre a incorporação de textos de divulgação científica como recurso educacional no ensino médio aflora como reflexo das novas tendências curriculares, assim como de novas concepções sobre o ensino de física e sobre a educação científica. Essas concepções apontam para a necessidade de renovação dos conteúdos culturais escolares e para a elaboração de metodologias as quais possibilitem o desenvolvimento também cultural dos estudantes, contemplem uma educação para a cidadania e propiciem, no que diz respeito ao conhecimento científico, uma reflexão sobre os valores associados à ciência, às suas motivações e suas conseqüências em nossa sociedade.

Quando se fala em divulgação científica (DC), surgem questionamentos das seguintes ordens: como? Por quê? O quê? Para quem? É possível? Qual a sua relação com a escola? Antes se pensar em como a DC deve ser feita, acreditamos que é necessário enfrentar o desafio dos outros questionamentos. No presente texto, vamos inicialmente nos ater aos dois últimos e, a seguir, aos primeiros, correlacionando-os com a perspectiva da alfabetização científica.

Divulgação científica: é possível?

Dentre os diversos textos que discutem a DC, destaco dois. Martins, nos seus artigos cujos títulos são Como distorcer a Física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica. 1 – Física Clássica (MARTINS, 1998a) e Como distorcer a física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica. 2 – Física Moderna

(MARTINS, 1998b), analisa o livro de Marcelo Gleiser, com certo destaque no mercado editorial brasileiro, A dança do universo: dos mitos de criação ao big-bang. Martins resume seus artigos assim:

Esse artigo discute a dificuldade de apresentarem-se conceitos físicos corretos em obras de divulgação científica. Apresenta-se como exemplo uma leitura crítica do livro *A dança do universo: dos mitos de criação ao big-bang*, analisando-se problemas conceituais da abordagem empregada naquela obra.

Mostra-se a existência de grande número de erros, provenientes de uma utilização descuidada de imagens e comparações, erros esses que poderiam ter sido evitados. (MARTINS,1998a, p. 243 e MARTINS,1998b, p. 265)

### ATIVIDADES



1. O que é divulgação científica?
2. Você já leu algum livro de divulgação científica? Qual? O que você achou?
3. Você concorda que a maior dificuldade de um texto de DC seja a da linguagem? Na sua opinião, a linguagem científica não é acessível ao público leigo ou infantil?
4. Você acha que o leitor não cientista percebeu o que Martins notou?

Enquanto esse autor aponta para as limitações da DC, Lins de Barros vai mais longe e discute a própria possibilidade da DC. O autor a compara com as versões que são feitas de clássicos da música tais como a Sonata Op.27 no2 em Dó sustenido menor de Beethoven:

O ouvinte reconhece a melodia. Mas o espírito original, a dramaticidade buscada por Beethoven bem como o caráter introdutório do movimento estão mutilados. A obra original está perdida e reduzida a uma peça ingênua e simples. (LINS DE BARROS, 1992, pg. 58-59)

Krapas, S.

Revista Eletrônica do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente 3

A ciência aparece, para ele [o público], pulverizada em certos tópicos isolados

[...] Certos conceitos mais elaborados ou são deixados de lado, pois exigiriam

um conhecimento mais profundo e mais abstrato, ou são tratados a partir de uma linguagem cheia de termos imprecisos procurando-se fazer analogias com idéias do senso comum. (LINS DE BARROS, 1992, pg. 60)

Referindo-se a outro reduto, a escola, Chevallard sustenta uma posição que vai de encontro às citadas:

Seu funcionamento [do sistema didático] (...) supõe que a “matéria” (professor, alunos, saber) que venha a ocupar um dos lugares, satisfaça a certos requisitos didáticos específicos. Para que o ensino de um determinado elemento de saber seja meramente possível, esse elemento deverá sofrer certas deformações, que o farão apto para ser ensinado. O saber-tal-como-é-ensinado, o saber ensinado, é necessariamente distinto do saber-inicialmente-designado-como-o-que-deveser-ensinado, o saber a ensinar. Este é o terrível segredo que o conceito de transposição didática põe em perigo. (CHEVALLARD, 1998)

Trazida para a educação não escolar, a perspectiva da transposição didática ameniza as críticas de Lins de Barros – a DC é encarada como saber original que difere daquele produzido no reduto da ciência –, mas não as anula. Como evitar que “conceitos mais elaborados” sejam deixados de lado e que “linguagem cheia de termos imprecisos” seja usada?

5. Questão: Qual é a diferença de se gostar de Física e saber Física?
6. Você concorda que a maior virtude dos TDC é o seu maior defeito. Que eles não são precisos e nem profundos. Será que é por esta razão que o público comum os lê?
7. Você concorda com o autor que os textos de DC possuem os mesmos problemas de transposição didática que os textos didáticos para o segundo grau.
8. Você concorda que a educação deve transcender a escola, o ensino formal e passar a ser também informal? Discuta.

### **DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA: QUAL A SUA RELAÇÃO COM A ESCOLA?**

Em conversa informal, Ernesto Hamburger, um divulgador da ciência de renome no país, certa feita disse: “A guerra é muito importante para ficar apenas nas mãos das Forças Armadas. A educação é muito importante para ficar apenas nas mãos da Escola”. Na mesma direção, Cazelli argumenta:

A educação tem sido destacada como recurso de indiscutível importância para enfrentar os novos desafios gerados pela globalização, pelo avanço científico e tecnológico e pela intensificação dos meios de comunicação. É também convocada a promover o acesso socioeconômico dos excluídos, a partir da criação de formas mais justas de inserção dos indivíduos em uma sociedade que se pretende igualitária. Deste modo, o conceito de educação que durante muito tempo esteve prioritariamente voltado para os processos de ensino, aprendizagem, exclusivo das unidades escolares formais, se amplia. Transpõe os limites da escola se alargando para outras instituições culturais e para outros espaços como o da casa, o do trabalho, o do lazer, etc. Com isso um novo campo da educação se estrutura: o da educação não formal. (CAZELLI, 2005)

No Brasil, esse espaço de educação tem experimentado crescimento e valorização expressivos. Basta constatar os números da IV Semana Nacional de Ciência e Tecnologia promovida em 2007 pelo Ministério da Ciência e Tecnologia: 8654 atividades foram organizadas por 1014 instituições em quase 400 municípios (BRASIL, Ensino, Saúde e Ambiente, v.1, n.1, p 2-11, ago.2008. ISSN 1983-7011, Revista Eletrônica do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente 4, 2008).

9. Questão: Como você está vendo o surgimento do ensino a distância em que você está inserido?

Essas iniciativas, especialmente por conta dos recursos despendidos – humanos e financeiros –, levantam a questão de saber que tipo de aprendizagem se dá nesses espaços não-formais de educação. Ramey-Gassert e colaboradores (1994), apresentam um quadro síntese das características que diferenciam as aprendizagens nos dois ambientes:

APRENDIZAGEM NÃO FORMAL	APRENDIZAGEM FORMAL
Voluntária	Compulsória
Não estruturada	Estruturada
Não sequenciada	Sequenciada
Não avaliada	Avaliada
Fim é aberto	Fim é fechado
Comandada pelo aprendiz	Comandada pelo professor
Centrada no aprendiz	Centrada no professor
Contexto fora da escola	Contexto da sala de aula
Não baseada no currículo	Baseada no currículo
Muitos resultados não esperados	Poucos resultados não esperados
Resultados menos empiricamente mensuráveis	Resultados empiricamente mensuráveis
Relação social	Trabalho solitário
Não dirigida ou dirigida pelo aprendiz	Dirigida pelo professor

Dentre essas características, para nossos argumentos, destacamos algumas: voluntária, comandada pelo aprendiz, centrado no aprendiz, dirigida pelo aprendiz. Pelo fato de a educação não formal não ser compulsória, estabelece-se um processo de negociação muito mais intenso com os usuários do que aquele que se dá no reduto da escola. Assim, o que se visa é à educação, e não ao ensino; encontrando-se o usuário no centro das atenções, despertar motivação torna-se essencial; procede-se a sedução; promete-se diversão, entretenimento, fruição, deleite.

10. Por que a aprendizagem via DC é classificada como uma aprendizagem não dirigida, voluntária, não estruturada e com fim aberto?

Em situações extremas, esse processo de negociação se estabelece segundo uma lógica de mercado, com intuitos promocionais e estratégias de marketing. Na segunda Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, Malavoy se refere à lei quilométrica da morte:

No jornalismo, dizemos que quanto maior for a distância entre um acidente e um meio de comunicação, maior terá que ser o número de mortos para que a informação se torne notícia. É a lei quilométrica da morte. Assim, se uma morte acidental coberta por jornais locais, uma inundação que acontece a milhares de quilômetros precisa afogar vários milhares de pessoas para receber o mesmo espaço. (MALAVOY, 2005, pg. 10)

Dado o fascínio da DC, pode-se perguntar sobre a sua relação com esse reduto de educação compulsória que é a escola. Estatísticas sobre museus visitados (gráfico 1) e desempenho em matemática (gráfico 2) podem acirrar o debate.

Fonte: Puc-Rio – Pesquisa Ciência, Cultura, Museus, Jovens e Escolas: quais as relações?, 2004, apud Cazelli (2005). Analisando o gráfico, Cazelli comenta:

Podemos comprovar que, embora o valor do nível socioeconômico na rede municipal seja menor do que o valor do nível socioeconômico baixo da maioria das escolas da rede privada, o número médio de museus visitados pelas escolas municipais de nível socioeconômico baixo (5.17, próximo da média = 5.42) e alto (4.92, muito pouco abaixo da média) é maior do que o número médio das escolas particulares de nível socioeconômico baixo (3.27, abaixo da média).

Conclui-se daí que, pelo menos no que diz respeito ao município do Rio de Janeiro, o acesso dos estudantes a museus de ciência é relativamente democratizado. O mesmo não acontece com o desempenho em matemática no Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (gráfico 2).

Da mesma fonte, é possível inferir que quanto maior for o NSE da escola maior será o desempenho médio em matemática. Sobre esses dados, Cazelli comenta:

(...) ao contrário do que observamos em relação à promoção do acesso a museus, é mais vantajoso para os alunos estudar em escolas da rede privada de nível socioeconômico baixo do que pertencer à rede municipal. (CAZELLI, 2005)

Frente a esse contraste, pode-se advogar em favor da DC, lembrando que a educação a qual ela se propõe tem por meta a alfabetização científica<sup>1</sup> (AC). Coloca-se, então, a problemática da AC e, conseqüentemente, outras questões relativas à DC surgem: por quê? o quê? para quem?

Divulgação científica como alfabetização: por quê? o quê? para quem?

É visível o consenso acerca da necessidade da AC. Só para dar um exemplo, na

Conferência Mundial sobre a Ciência para o século XXI, sob os auspícios da UNESCO e do Conselho Internacional para a Ciência, em 1999, declara-se:

Para que um país esteja em condições de atender às necessidades fundamentais da sua população, o ensino das ciências e da tecnologia é um imperativo estratégico [...] Hoje, mais do que nunca, é necessário fomentar e difundir a alfabetização científica em todas as culturas e em todos os sectores da sociedade, [...] a fim de melhorar a participação dos cidadãos na adopção de decisões relativas à aplicação de novos conhecimentos. (DECLARAÇÃO DE BUDAPESTE, apud Praia, GIL-PÉREZ e VILCHES, 2007)

A literatura sobre o tema é vasta. Na vertente francofônica, é conhecido o nome de Gerard Fourez (1997). No Brasil, destaca-se o nome de Chassot, autor do conhecido livro *Alfabetização Científica: questões e desafios para educação* (CHASSOT, 2003).

Mas, o que se entende por AC? Admite-se hoje que AC é um termo polissêmico. Segundo Shamos, em tempos de pós-guerra nasce a noção que a AC significa “preparar estudantes para lidar inteligentemente com problemas sociais de base científica” (SHAMOS, 1995, p. 77). Mas o que significa “lidar inteligentemente”? Shen distingue três formas de AC:

- a prática proporciona “um tipo de conhecimento científico e técnico que pode ser posto em uso imediatamente, para ajudar a melhorar os padrões de vida” (SHEN apud LORENZETTI e DELOZOICOV, 2001, p. 5);
- a cívica, o cidadão é capacitado a “tornar-se mais informado sobre a ciência e as questões relacionadas a ela, tanto que ele e seus representantes possam trazer seu senso comum para apreciá-lo e, desta forma, participar mais intensamente no processo democrático de uma sociedade crescentemente tecnológica” (SHEN apud LORENZETTI e DELOZOICOV, 2001, p. 5);
- a cultural “é motivada por um desejo de saber algo sobre ciência, como uma realização humana fundamental; ela é para a ciência, o que a apreciação da música é para o músico. Ela não resolve nenhum problema prático diretamente, mas ajuda a abrir caminhos para a ampliação entre as culturas científicas e humanísticas” (SHEN apud LORENZETTI e DELOZOICOV, 2001, p. 5);

Há consenso, mas não há hegemonia quanto à exequibilidade da AC. Está entre os que mais se apartam desse consenso Shamos, autor do



conhecido livro *The Myth of Scientific Literacy*. Problematizando a AC, Shamos (1995, p. xv) pergunta: “(a) é [a AC] realmente essencial para o bem público, (b) é atingível com razoável esforço e (c) o que realmente significa ser alfabetizado em ciência? É um problema educacional, como muitos a vêem; um problema social, o que é o mais provável; ou uma combinação de diversos e discretos problemas, que eu acredito ser este o caso? ”.

Sobre a alfabetização cívica, especialmente aquela desenvolvida pelo movimento CTS, Shamos (1995, p. 140) afirma que “é mais uma ciência social do que ciência natural”; não é muito fácil de realizar, quando não se tem nenhuma experiência com ela em grande escala (SHAMOS, 1995, p. 217). Entre as razões para ver a AC como um mito destacam-se:

- a desconsideração da complexidade do conhecimento científico, tanto do ponto de vista da quantidade (Fensham apud Praia, Gil-Pérez e Vlches, 2007) como da qualidade ;
- a crença no fato de que cidadãos alfabetizados tomam suas decisões com base na razão;
- a crença em que a ciência é a vertente racional preponderante na tomada de decisão dos cidadãos;
- a crença em que profundos conhecimentos específicos, como dos experts, garantem decisões adequadas;
- o desprezo por posições contra-cultura / pós-modernistas;
- a desconsideração de que cidadãos consideram baixa a taxa custo/benefício no investimento em AC;
- a crença em que a AC adquirida na idade escolar se mantém na idade adulta. Shamos (1995), ao discutir a crise da educação científica, propõe que se redimensione as metas da AC: do *public understanding of science* – entendimento da ciência pelo público em geral – para o *science awareness* ou *science appreciation* – consciência/apreciação da ciência. A nova meta da educação científica para o público em geral é a tomada de consciência do empreendimento científico, é a apreciação sobre esse empreendimento.

Ao distinguir três níveis de AC, a cultural, a funcional e a “verdadeira” AC, Shamos indica solução para a problemática da quantidade versus qualidade de conhecimento científico a ser veiculado. Enquanto na AC cultural, os letrados “reconhecem muitos dos termos básicos (o jargão) usado na mídia, que é sua única exposição à ciência” (SHAMOS, 1995, p. 88) e na AC funcional, “o indivíduo não somente domina um léxico científico, mas também é capaz de conversar, ler, escrever coerentemente, usando tais termos talvez em um contexto não técnico, mas apesar disso significativo” (SHAMOS, 1995, p. 88), na “verdadeira” AC não é necessário que se tenha “na ponta da língua uma abundância de fatos, leis, ou teorias (a maioria dos esquemas conceituais em ciência podem virtualmente ser contados nos dedos das mãos), ou que se tenha a capacidade de resolver problemas quantitativos” (SHAMOS, 1995, p. 90).

Com as novas metas da AC, qualquer novo currículo deveria girar, segundo Shamos (1995, p. 221), em torno da seguinte questão: “o que faz o empreendimento científico funcionar, particularmente como e por que nós acreditamos que coisas sobre a natureza são verdades. Em poucas palavras, a que se deve o êxito da ciência?”. Sua resposta vai no sentido de direção se considerar a natureza da ciência, caracterizada pelos seguintes tópicos (SHAMOS, 1995, p. 223-4) :

- o propósito da ciência;
- o propósito da tecnologia;
- ciência e tecnologia são necessárias?;
- o significado de “fatos” científicos;
- o significado de “verdades científicas”;
- o papel da teoria na ciência;
- o papel de esquemas conceituais em ciência;
- o papel da experiência em ciência;
- o papel da matemática na ciência;
- o papel complementar da ciência e tecnologia;
- a história da ciência, especialmente da tecnologia;
- a natureza cumulativa da ciência;
- os horizontes da ciência; suas potencialidades e limitações;
- a ameaça da anti-ciência e movimentos da ciência contracultura;
- o impacto social da ciência e tecnologia;
- o papel da estatística;
- o papel da análise risco-benefício na ação de decidir;
- o uso apropriado dos conselhos de experts.



### ATIVIDADES

11. Segundo o autor Shen quais são as três formas de alfabetização científica?
12. Quais são as razões para ver a AC como um mito?
13. O que caracteriza a AC funcional?
14. Cite cinco características fundamentais da ciência citada por Shamos que você acha mais importante.

Agora que você já possui uma idéia de quais são as exigências mínimas que uma revista de divulgação científica tem que ter

T15 – Faça uma análise de um texto da revista superinteressante

## MOMENTO ANGULAR

Para uma partícula de massa  $m$  e velocidade  $v$ , define-se o momento angular  $l$  em relação a um dado ponto  $O$  por:

$$l = m \mathbf{r} \times \mathbf{v}$$

onde  $\mathbf{r}$  é o vetor que vai do ponto  $O$  até a partícula e  $\mathbf{r} \times \mathbf{v}$  representa o produto vetorial dos vetores  $\mathbf{r}$  e  $\mathbf{v}$ .

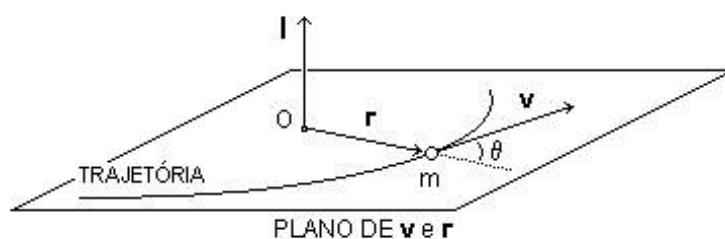


Figura1 – Plano de  $\mathbf{v}$  e  $\mathbf{r}$ .  
(Fonte: GEF).

O momento angular é perpendicular ao plano de  $\mathbf{r}$  e  $\mathbf{v}$ .

Sendo  $\theta$  o ângulo entre  $\mathbf{r}$  e  $\mathbf{v}$ , o módulo do momento angular é:

$$l = m r v \sin \theta$$

## CORPO RÍGIDO

Seja o caso particular de um corpo rígido que gira com velocidade angular  $\omega$  ao redor de um eixo fixo.

A cada partícula que constitui o corpo pode-se associar um ponto sobre o eixo, ponto esse definido de modo que a linha que o une à partícula é perpendicular ao eixo.

Se o momento angular de cada partícula é calculado em relação ao correspondente ponto associado sobre o eixo, os momentos angulares de todas as partículas que compõem o corpo são vetores paralelos ao eixo.

O momento angular do corpo,  $L$ , é a soma dos momentos angulares de todas as partículas que o constituem. Então, o momento angular do corpo também é um vetor paralelo ao eixo e mais, tem um módulo que é dado, simplesmente, pela soma dos módulos dos momentos angulares das partículas.

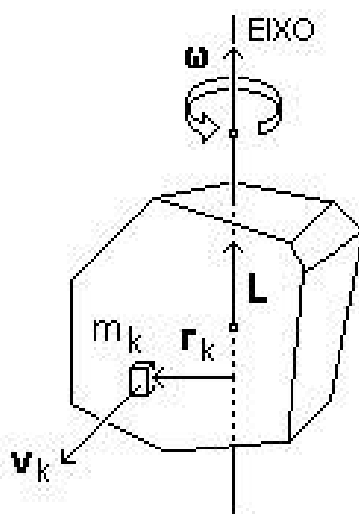


Figura2 – Corpo rígido.  
(Fonte: GEF).

Para cada partícula, os vetores  $r$  e  $v$  são perpendiculares entre si e o módulo do seu momento angular fica dado por  $l = mrv$ . E, usando a relação  $r\omega = v$ , pode-se escrever:

$$L = [ m_1r_1^2 + m_2r_2^2 + \dots + m_kr_k^2 + \dots ] \omega$$

A soma entre colchetes se estende sobre todas as partículas do corpo e é o que se chama de momento de inércia do corpo em relação ao eixo escolhido. Com a notação:

$$I = m_1r_1^2 + m_2r_2^2 + \dots + m_kr_k^2 + \dots$$

o momento angular do corpo pode ser escrito:

$$L = I\omega$$

## TORQUE DE UMA FORÇA [2,3]

O Torque de uma força com relação a um eixo é uma medida da capacidade da força em produzir uma rotação em torno deste eixo. Definimos como braço de alavanca como sendo a distancia entre o ponto de aplicação da força ao eixo no qual o sistema gira. Este ponto é conhecido como ponto pivô ou ponto de rotação. Matematicamente, o torque é definido como sendo o produto do braço de alavanca pela componente vertical da força a este braço de alavanca. Ver figura abaixo. No caso da força ser aplicada verticalmente ao braço de alavanca temos:

$T = F \cdot d$  (dado em N.m, no sistema internacional de unidades)

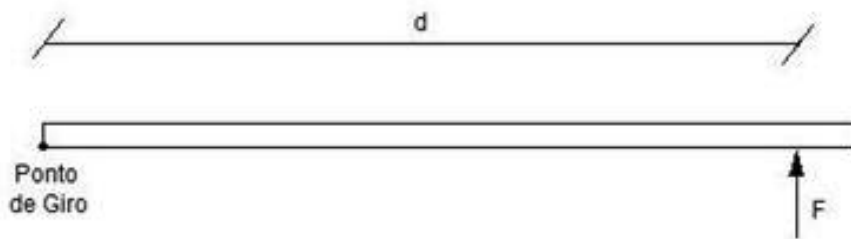


Figura3 – Braço de alavanca.  
(Fonte: Minha figura).

Onde  $d$  é o braço de alavanca. No caso geral temos:

$$T = F \cdot d \cdot \sin\theta$$

Onde  $\theta$  é o ângulo entre o vetor  $F$  e o vetor braço de alavanca  $d$ .



Figura4 – Braço de alavanca.  
(Fonte: Minha figura).

Na literatura o torque também é conhecido como: Binário, momento estático, momento de alavanca ou simplesmente momento (deve-se evitar este último termo, pois o mesmo pode referir-se também ao momento angular, ao momento linear ou ao momento de inércia), é uma grandeza vetorial da Física.

Em linguagem vetorial o torque é definido pela relação:

$$\vec{T} = \frac{d}{dt} (\vec{r} \times \vec{p}) = \vec{p} \times \frac{d\vec{r}}{dt} + \vec{r} \times \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Pela segunda lei de Newton e, considerando a distância ao ponto pivô constante,  $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$ , tem-se então

$$\vec{T} = \vec{r} \times \vec{F}$$

na qual é o produto vetorial ou externo.

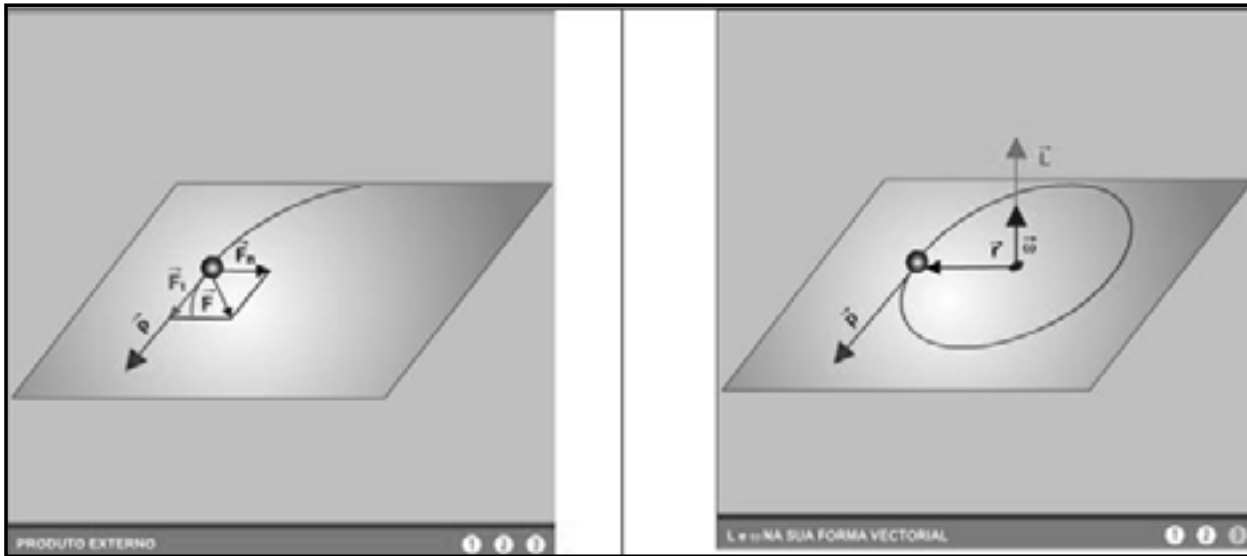


Figura5 – torque e momento angular.  
(Fonte: e-escola).

Fig8.1 – Figura do torque e momento angular. Ver applet [e-escola]

Exemplos:

1. Chave de roda e cano. Por que os caminhoneiros sempre têm um cano para ajudar a trocar a roda?



Figura6 – Pessoa trocando pneu.  
(Fonte: google fotos).

Fig8.3 – Pessoa trocando pneu

2. Tente fechar a porta empurrando-a na direção paralela. Quando você faz isso para onde vai a energia que você está gastando?
3. Tome uma roda de bicicleta e ponha a girar. Segure a com uma única mão. Por quê em vez dela cair ela passa a girar?

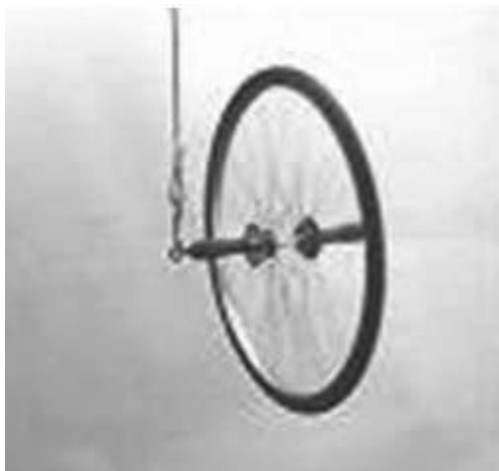


Figura6 – pneu de bicicleta. Fonte: google fotos  
Legenda: Sem legendas

## PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DO MOMENTO ANGULAR

A variação com o tempo do momento angular total de um sistema de partículas é igual à soma dos torques externos que atuam sobre o sistema:

$$\Delta L / \Delta t = \tau_{\text{ext}}$$

Se a soma dos torques externos é nula,  $\Delta L / \Delta t = 0$ . Assim, para um sistema isolado, o momento angular total é constante.

### ATIVIDADES

[GEF]

A seguinte atividade permite discutir o essencial do movimento de rotação, ou seja, o princípio de conservação do momento angular.

Um corpo é amarrado a uma das extremidades de um fio que passa pelo interior de um tubo oco. Segurando o tubo com uma das mãos e a extremidade livre do fio com a outra mão, coloca-se o corpo a girar na horizontal. Ao se puxar o fio, encurtando o raio da órbita do corpo, esse passa a girar com velocidade de módulo maior.



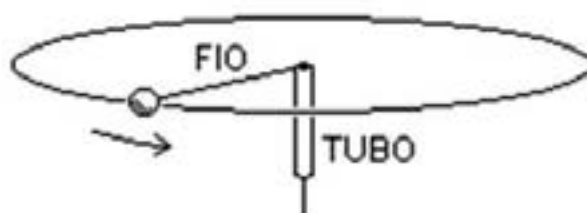


Figura7 – Peso girando em redor de um cano.  
(Fonte: GEF).

O aumento do módulo da velocidade, ou seja, da energia cinética do corpo, não pode ser atribuído ao trabalho da força que o fio exerce sobre o corpo porque essa força e essa velocidade são perpendiculares.

O aumento do módulo da velocidade deve ser atribuído à conservação do momento angular do corpo.

### O GIRO DA BAILARINA

Uma bailarina pula com os braços abertos, com uma certa velocidade angular de rotação ao redor do eixo do corpo, que é mantido na vertical.

Ainda no ar, a bailarina aumenta o módulo da velocidade angular de rotação aproximando os braços do eixo do corpo.

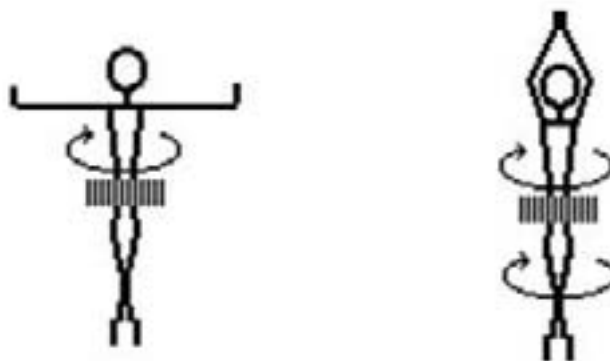


Figura8 – Bailarina.  
(Fonte: GEF).

O momento de inércia de um corpo depende da massa do corpo e de como ela se distribui em torno do eixo de rotação. Quanto mais próxima do eixo é essa distribuição, menor é o momento de inércia. Assim, aproximando os braços do eixo do corpo, a bailarina diminui o seu momento de inércia.

Ignorando a resistência do ar, a única força externa que age sobre a bailarina, enquanto ela está no ar, é a força peso. Mas, a força peso atua no centro de massa e o torque associado a essa força, em relação ao eixo do corpo, onde também se encontra o centro de massa, é, por isso mesmo, nulo.



Então, enquanto a bailarina está no ar, é nula a soma dos torques externos sobre o seu corpo e o seu momento angular não pode mudar. Em particular, o módulo desse momento angular,  $I\omega$ , não pode mudar.

Portanto, com a diminuição do seu momento de inércia, o módulo da sua velocidade angular de rotação aumenta.

Roda de Bicicleta e cadeira giratória [Ferraz].

Vamos nos referir à figura abaixo onde, por simplicidade de desenho convertemos a cadeira numa banqueta giratória e 'alongamos' o eixo da roda, para melhor visualização.

Para dar uma boa rotação à roda, convém dispor de um pequeno motor de indução (tipo motor de ventilador) que leva em seu eixo uma pequena roda (coisa de 4 a 5 cm de diâmetro) revestida de borracha (pneus de alguns brinquedos servem bem ao propósito). Para usar basta segurar o motor entre suas mãos e encostar essa rodinha na periferia da roda de bicicleta.

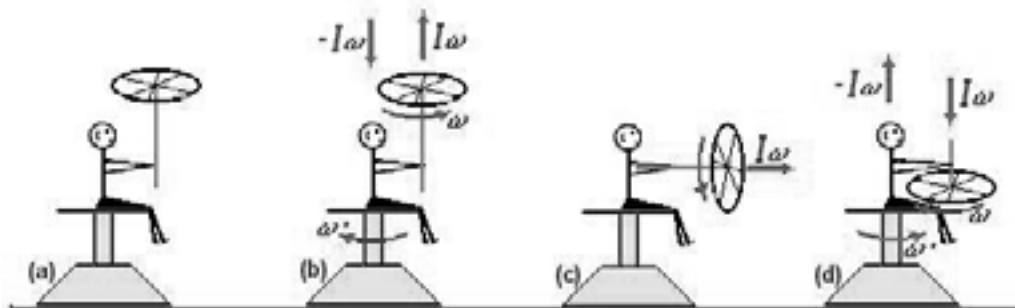


Figura10 – Roda de Bicicleta e cadeira giratória.  
(Fonte: [Ferraz Netto]).

Aplicando o motor contra a roda, ou mesmo através de impulsos dados pela mão, a roda de bicicleta adquire a velocidade angular  $\omega$  e um momento angular  $L = I\omega$  ( $I$  é o momento de inércia em relação ao eixo). Então, a cadeira giratória, para garantir a conservação da quantidade de momento angular no sistema que não recebe forças externas, tem que girar no sentido oposto ao da roda, com uma velocidade angular  $\omega'$  e momento angular igual a  $-I\omega$  [veja ilustração (b), acima].

Quando a roda tem seu eixo de rotação na posição horizontal [veja ilustração (c), acima], não há nenhum momento angular no sentido vertical e, por isso, a cadeira não gira.

Virando a roda é virada de outros  $90^\circ$  [veja ilustração (d), acima], ficando de 'cabeça-para-baixo', teremos um momento angular da roda dirigido para baixo (contrário à situação b), de modo que a cadeira deverá girar em sentido oposto. Observe as variações do experimento na ilustração abaixo.

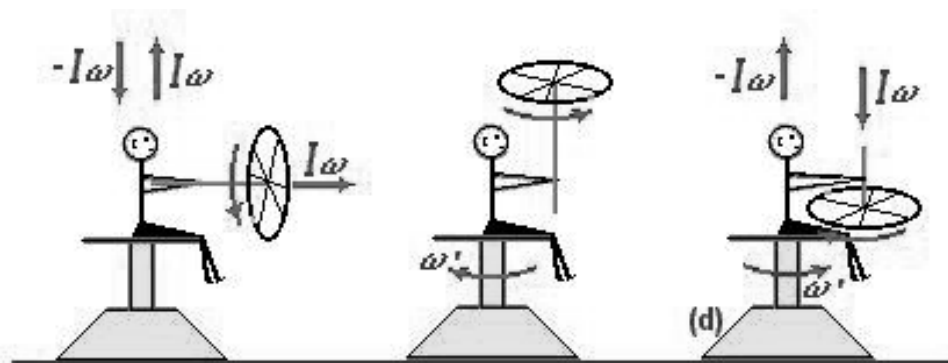


Figura11 – Roda de Bicicleta e cadeira giratória.  
Fonte: [Ferraz Netto]

Dando a roda já girando ao apresentador (como se ilustra abaixo), não haverá mudança no momento angular total do sistema (apresentador+cadeira+roda); assim, o apresentador e sua cadeira permanecem em repouso. A coisa muda se o apresentador girar o eixo de 90o e a rotação da cadeira dobra se ele girar outros 90o. Experimente!

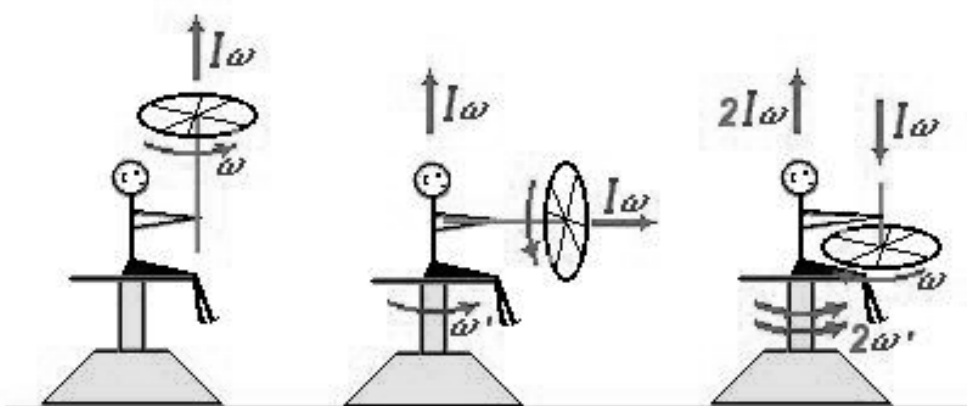


Figura12 – Roda de Bicicleta e cadeira giratória.  
(Fonte: [Ferraz Netto]).

## COMENTÁRIOS SOBRE AS ATIVIDADES

Respostas à questões:

1. A divulgação científica [Santos] compreende um processo de veiculação de informações sobre ciência e tecnologia, destinada a um público completamente geral, sem restrições, através de recursos, técnicas e meios diversificados.
2. Resposta genérica
3. Sim, muitas vezes o autor não consegue fugir do jargão científico ou não consegue falar em linguagem popular.
4. De forma alguma.

5. Muitas pessoas podem gostar de ler e saber assuntos sobre Física, sem se preocupar em dominar todo o ferramental matemático, mas não estão dispostos a fazer um curso de física.
6. Certamente. Se eles fossem técnicos ninguém os leria.
7. Sim. Todos eles foram transcritos para uma linguagem menos técnica onde se perdeu parte de sua ciência e arte.
8. Certamente, adoro ler, assistir textos de divulgação.
9. Resposta genérica
10. Por que o leitor lê a hora que quiser, com a profundidade que quiser, ele pode pular capítulos e em geral ele lê por prazer.
11. A prática, a cívica e a cultural.
12. A desconsideração da complexidade do conhecimento científico, a crença em que a ciência é a vertente racional preponderante na tomada de decisão dos cidadãos, a desconsideração de que cidadãos consideram baixa a taxa custo/benefício no investimento em AC, o desprezo por posições contra-cultura /pós-modernistas, a crença em que a AC adquirida na idade escolar se mantém na idade adulta.
13. Na AC funcional, “o indivíduo não somente domina um léxico científico, mas também é capaz de conversar, ler, escrever coerentemente, usando tais termos talvez em um contexto não técnico, mas apesar disso significativo”
14. Por exemplo
  - o propósito da ciência;
  - o propósito da tecnologia;
  - ciência e tecnologia são necessárias?;
  - o significado de “fatos” científicos;
  - o significado de “verdades científicas”;

O estudante deve encontrar alguma dificuldade em se fazer a análise crítica da revista superinteressante. Para ajudá-lo segue abaixo dois exemplos de análise.

### **CARACTERIZAÇÃO DA REVISTA: NOVA ESCOLA E PÁTIO**

#### **REVISTA NOVA ESCOLA**

A revista Nova Escola é um veículo de divulgação científica da Editora Abril, mantida pela Fundação Victor Civita, distribuída mensalmente. É composta de editorial, artigos, entrevistas, reportagens, ilustrações, anúncios publicitários da própria Fundação e de produtos relacionados à educação ou direcionados, especificamente, ao professor. A Nova

Escola também contém um espaço para o leitor expressar sua opinião acerca de algum assunto tratado na revista ou mesmo sobre questões de educação e, mais especificamente, sobre a prática de ensino.

A rigor, o interlocutor dessa revista é o leitor-professor. Nela, os assuntos tratados estão destinados a uma audiência específica, representada pelo leitor-professor. Os temas divulgados em geral visam ao ensino e à formação docente, por exemplo, as “dicas de atividades”, os relatos de “experiências que dão certo” em diferentes contextos educacionais, os eventos que são programados na área, as reflexões sobre educação, artigos e pesquisas na área de educação. Trata-se, a rigor, de um gênero de divulgação e de popularização da ciência educacional, considerando que os conhecimentos, objetos de divulgação, são destinados a uma audiência não necessariamente especializada, ampla, heterogênea e muito mais interessada na aplicabilidade prática e imediata desses conhecimentos ou objetos no ensino de conteúdos e em práticas específicas de alfabetização, por exemplo

### **REVISTA PÁTIO**

A revista Pátio é um veículo de divulgação científica publicado há onze anos pela Editora Artmed e distribuída trimestralmente. Em seu conteúdo, o leitor encontra editorial, reportagens, notícias, artigos, anúncios publicitários de eventos voltados para a educação, anúncios da própria editora e algumas informações específicas para o professor. O diferencial desta publicação é o fato dela apresentar temas sobre educação, onde professores e pesquisadores de universidades do Brasil e de outros países apresentam artigos enfocando um aspecto sobre esse tema, dessa forma seu conteúdo é muito mais teórico, onde questões educacionais são problematizadas.

Trata-se, a rigor, de um veículo de semi-divulgação da ciência educacional, considerando que os conhecimentos pedagógicos são destinados a uma audiência especializada, restrita, e não muito interessada na aplicabilidade prática e imediata desses conhecimentos ou objetos, embora a inclua.

## CONCLUSÃO

Existem muitas razões para se incentivar os alunos a lerem textos de divulgação científica. Uma é só o fato de ler. A segunda é pelo fato do estudante tomar conhecimento de ciência sem a cobrança de provas. Terceiro que em geral os textos e os vídeos de divulgação científica possuem uma apresentação comercial que o professor não pode fazer.

A pesar de termos apresentado um pequeno resumo do das análises e críticas ao uso da divulgação científica como recurso didático, esperamos que, o estudante e futuro professor se sintam mais confiante para usar e selecionar este material.

Finalizamos com uma aula sobre torque e momento angular para convencermos aos nossos alunos de que não abrimos mão de uma aula simples e bem ilustrada com coisas do cotidiano.

## RESUMO

Apresentamos, aqui, um resumo de alguns textos sobre o papel da divulgação científica como material de apoio ao curso de Física. Com este material, o estudante poderá ter uma boa idéia do lado positivo e negativo deste meio. Convidamo-lo a fazer uma análise de um texto de uma revista de DC, a superinteressante, e discutir os pró e os contras deste texto.

Apresentamos uma aula sobre Torque e conservação do momento angular e continuamos a construir a nossa ludoteca.



## REFERÊNCIAS

C. B. dos Santos e M. P. de Almeida. POR UMA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EDUCACIONAL NA FORMAÇÃO DO EDUCADOR, GEF; GRUPO DE ENSINO DE FÍSICA, Universidade Federal de Santa Maria <http://www.ufsm.br/gef/Rotacoes06.htm>

L. Ferraz Netto; Roda de bicicleta e cadeira giratória (Conservação do momento angular), Prof. Luiz Ferraz Netto; [leobarretos@uol.com.br](mailto:leobarretos@uol.com.br), [http://www.feiradeciencias.com.br/sala05/05\\_78.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala05/05_78.asp)

e-escola. Instituto Superior Técnico. <http://www.e-escola.pt/topico.asp?id=102>