

UMA PROPOSTA PARA O USO DO GIROSCÓPIO NO ESTUDO DA CONSERVAÇÃO DO MOMENTO ANGULAR

A proposal for the use of the Gyroscope for study Conservation of the Angular Moment

Jucelino Cortez [jucelinocortez@gmail.com]

Cassiano Zolet Busatto [135304@upf.br]

Universidade de Passo Fundo

Passo Fundo – RS

Resumo

Apresentamos neste trabalho uma proposta metodológica de ensino de Física, para o estudo da conservação do momento angular, apoiada no uso do giroscópio. Utilizamos como referencial teórico as teorias construtivistas de David Ausubel e de Marco Antônio Moreira destacando alguns princípios da chamada Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Significativa Crítica que serviram como balizadores para a proposta. Com estes princípios, sugerimos uma sequência didática para abordar, no ensino médio, de forma qualitativa e quantitativa, alguns tópicos sobre rotações de corpos rígidos. Procuramos utilizar um modelo que descreva simplificada alguns fenômenos observados no cotidiano dos educandos, bem como, o comportamento do giroscópio. Junto a proposta, apontamos uma sugestão para a construção do equipamento e abordamos uma revisão conceitual adaptada para o ensino médio.

Palavras-chave: Ensino de Física; Aprendizagem Significativa; Rotações de corpos rígidos.

Abstract

In this study, we present a methodological proposal for the teaching of Physics, aiming at the study of conservation of the angular moment based on the use of the gyroscope. We have used the constructivist theories of David Ausubel and Marco Antônio Moreira as theoretical reference highlighting some principles of the so called Significant Learning and Critical Significant Learning which served as support for the proposal. With these principles, we suggest a didactic sequence to approach some topics about rotations of rigid bodies in high school, in a qualitative and quantitative way. We try to use a model, which can describe some phenomena observed in students' daily life in a simplified way, as well as the behavior of the gyroscope. Together with the proposal, we describe a suggestion for the construction of the equipment and we also approach a conceptual review adapted for high school.

Keywords: Physics Teaching; Significant Learning; Rotations of rigid bodies.

Introdução

O ensino de física na educação básica caracteriza-se por ter um perfil descontextualizado e fragmentado, sendo que para os alunos do ensino médio a Física proposta na escola é vista como

um complexo conjunto de fórmulas que, na maioria das vezes, está destinada somente a resolver problemas que só aparecem em provas e em vestibulares (CHIQUETTO, 2011). Para Chiquetto:

Os estudantes não veem ali uma descrição do mundo e também não veem como tirar proveito daquilo. Pior ainda, a imensa maioria não consegue nem manipular as fórmulas, sentindo frustração e incompetência (CHIQUETTO, 2011, p. 3).

Rosa e Rosa corroboram com esta ideia, afirmando que existe uma forte tendência nas escolas em utilizar a física para resolução de problemas. Os temas propostos nesta disciplina, para estes autores “normalmente estão recheados de cálculos, fortemente influenciados pelo uso do livro didático” (ROSA E ROSA, 2005, p. 2), sendo que, geralmente, estes livros valorizam o treino em situações envolvendo matemática e dando um caráter imutável para a física.

Este perfil com características de um repasse de informações de forma bancária e desconectada com a realidade do educando precisa ser alterado. Para Cachapuz, Praia e Jorge, o ensino de física precisa ser contextualizado. Estes autores apontam que,

contextualizar implica valorizar, em primeiro lugar, a conceitualização das situações, o que exige cuidados no estudo qualitativo das mesmas. A questão não é desvalorizar o quantitativo nem o disciplinar. Bem pelo contrário. É perceber quão importante ele é, mas em diálogo com o qualitativo (CACHAPUZ, PRAIA E JORGE, 2004, p. 374).

Em relação a este panorama, os documentos oficiais criados pelo governo federal para orientar escolas e professores acerca dos parâmetros e diretrizes que caracterizam a educação básica, citam também a necessidade de contextualizarmos as situações criadas em sala de aula, relacionando princípios físicos com eventos concretos que os alunos vivenciam fora do ambiente escolar. Os Parâmetros Curriculares Nacionais, divulgados em 2002, orientam que:

Nessa abordagem, a Mecânica permite desenvolver competências para lidar com aspectos práticos, concretos, macroscópicos e mais facilmente perceptíveis, ao mesmo tempo que propicia a compreensão de leis e princípios de regularidade, expressos nos princípios de conservação. Fornece, também, elementos para que os jovens tomem consciência da evolução tecnológica relacionada às formas de transporte ou do aumento da capacidade produtiva do ser humano. E, para explicitar essas ênfases, o estudo dos movimentos poderia constituir-se em um tema estruturador (BRASIL, 2002, p. 17 e 18).

Já as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica, de 2013, orientam para que seja privilegiada a dimensão cognitiva do educando, valorizando também, as dimensões física, social e afetiva. Desse modo, as DCNs sugerem para o uso de práticas pedagógicas problematizadas que valorizam a participação e os conhecimentos que os alunos trazem consigo (BRASIL, 2013).

As DCNs, em suas orientações, também propõem para a educação básica o uso de espaços fora da sala de aula e até mesmo fora da escola, diversificando o aprendizado e, com isso, valorizando de várias formas as relações entre os conteúdos do currículo e as vivências que cada indivíduo possui. Segundo este documento,

quanto à concepção e à organização do espaço curricular e físico, se imbricam e se alargam, por incluir no desenvolvimento curricular ambientes físicos, didático-pedagógicos e equipamentos que não se reduzem às salas de aula, incluindo outros espaços da escola e de outras instituições escolares, bem como os socioculturais e esportivo-recreativos do entorno, da cidade e mesmo da região (BRASIL, 2013, p. 27).

Um destes espaços para a promoção de um desenvolvimento pleno é o laboratório, seja ele em uma sala específica ou na execução de atividades experimentais em qualquer outro ambiente da escola. Nestas situações, educandos e educadores têm a possibilidade de criar oportunidades para

contextualizações e questionamentos que resgatam conhecimentos prévios dos alunos, permitindo através de atividades experimentais o interesse pela física. De acordo com Rosa e colaboradores,

[...] as atividades experimentais possibilitam a vivência de uma Física mais prazerosa, mais intrigante, mais desafiadora e imbuída de significados. Desse modo, a utilização de atividades experimentais nas aulas de Física estimula os estudantes, desperta sua curiosidade, rompe a sequência de aulas tradicionais tornando o sujeito ativo no processo de ensino, proporciona o envolvimento e a troca de saberes, contribuindo assim para a aprendizagem significativa (ROSA et. al., 2013, p. 84).

Diante desta realidade, buscamos uma proposta metodológica, norteada pelas teorias cognitivas de David Ausubel e Marco Antônio Moreira, utilizando a construção de um giroscópio como atividade experimental, visando abordar a conservação de momento angular no ensino médio.

Justificamos a escolha do tema “Conservação de Momento Angular” por ser um conteúdo que raramente aparece nos livros didáticos do ensino médio e também pelo fato de que este estudo ajuda a entender diversos fenômenos que podem ser observados no cotidiano de nossos educandos. Com base nos Parâmetros Curriculares Nacionais de 2002, faz-se necessário:

[...] a partir da observação, análise e experimentação de situações concretas como quedas, colisões, jogos, movimento de carros, reconhecer a conservação da quantidade de movimento linear e angular, e, através delas, as condições impostas aos movimentos (BRASIL, 2002, p. 21).

Na perspectiva de auxiliar na construção sólida de um ensino de física, caracterizado pela contextualização e pela valorização de conhecimentos prévios dos alunos, objetivamos com este estudo, oferecer condições para que professores e educandos possam desenvolver um estudo qualificado e envolvente acerca da conservação do momento angular e do funcionamento do giroscópio.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: inicialmente faz-se uma abordagem do referencial teórico escolhido; em seguida, apresenta-se a metodologia utilizada para o tema supracitado. Em sequência, propomos uma sugestão de construção do equipamento, conforme trabalho de Busatto, Giacomelli e Pérez (2016), e para ajudar na interpretação dos fenômenos, segue uma revisão conceitual com a fundamentação conceitual qualitativa e quantitativa do tema, encerrando com uma sugestão avaliativa. Por fim as considerações finais onde reafirmamos as intenções citadas, bem como, pontuamos algumas dificuldades encontradas e previstas para a atividade.

Ressaltamos que esta proposta não faz parte de um roteiro pronto, acabado e que deve ser executado nos moldes de um receituário. Pelo contrário, são sugestões inacabadas que devem ser construídas em conjunto com os atores que participam do processo de ensino.

Referencial teórico

Busca-se um referencial que ajude a romper com a sequência histórica de um ensino de física descontextualizado, fragmentado e de resultados passíveis de questionamentos. Para oferecer possibilidades de provocarmos uma mudança na forma de se ver a ciência num todo e em especial a física, utilizamos as teorias cognitivistas da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e da Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antônio Moreira.

A teoria ausubeliana propõe quatro tarefas fundamentais para o professor: a primeira consiste em criar uma estrutura conceitual de maneira que os conceitos estejam hierarquicamente organizados. A segunda tarefa, de grande relevância, trata de identificar nos educandos, quais os subsun-

çoes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado (Ostermann e Cavalcanti, 2010). Os subsunçores são aqueles conceitos que os alunos já carregam e servem de suporte para novas aprendizagens (Moreira, 2011).

A terceira tarefa para o professor, visando às relações necessárias para dar significado ao estudo, é de identificar quais destes subsunçores estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno, para que a partir disso, seja possível introduzir a quarta etapa que é caracterizada por utilizarmos meios e estratégias que criem novas concepções na estrutura cognitiva destes (Ostermann e Cavalcanti, 2010).

Segundo Moreira, este processo caracteriza a aprendizagem significativa, pois confere a identificação do que Ausubel chama de organizadores prévios, que são os materiais introdutórios para facilitar a aprendizagem. Também oferece a chamada diferenciação progressiva, quando o aluno percebe novas ideias que alteram concepções antigas a cerca de um determinado assunto. Para este autor, “Uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa é que o material a ser aprendido seja relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal” (Moreira 2011, p. 164).

Além de provocar esta diferenciação de forma progressiva, a teoria propõe que estas novas ideias que vão sendo conectadas criem uma reconciliação dos conceitos, visando à integração dos conhecimentos adquiridos. Esta é a Reconciliação Integradora de Ausubel.

Além da teoria de Ausubel, consideramos nesta proposta a chamada Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira, elaborada pelo Professor Marco A Moreira. Ele afirma que:

[...] a aprendizagem deve ser não só significativa, mas também subversiva. Meu raciocínio é o de que aprendizagem significativa subversiva é uma estratégia necessária para sobreviver na sociedade contemporânea (MOREIRA, 2000, p. 2).

E ainda:

Aprendizagem significativa crítica é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela (Moreira, 2011, p. 226).

A Aprendizagem Significativa Crítica defende que para o aluno evoluir cientificamente, ele deve ter uma visão clara de sua capacidade de influenciar em seu desenvolvimento, administrando realidades que não precisam ser prontas e nem acabadas. Por meio dessa aprendizagem o educando poderá, conforme Moreira:

[...] trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças, com a ideia de que o conhecimento é construção (ou invenção) nossa, que apenas representamos o mundo e nunca o captamos diretamente (MOREIRA, 2000, p. 7).

Diante desta teoria, procuramos seguir alguns princípios que consideramos pertinentes para nossa proposta:

- Princípio da interação social e do questionamento

Visando desenvolver no educando a capacidade de aprender através da busca por perguntas ao invés de respostas junto ao seu ambiente de vivências.

- Princípio da não centralidade do livro de texto

Propõe a utilização do uso de ferramentas variadas como jogos, passeios/visitas para pesquisas de campo, internet, ferramentas computacionais e experimentação. Tudo isso, somado ao uso do livro texto, diversifica e contextualiza de uma forma mais interessante o estudo da física.

- Princípio da não utilização do quadro-de-giz. Da participação ativa do aluno

Este princípio valoriza a contextualização dos fenômenos, criando um elo entre os conteúdos e situações do cotidiano do aprendiz. Junto com o princípio da não centralidade do livro texto, forma-se aqui uma excelente maneira de socializar o educando, tornando úteis os conceitos desenvolvidos na escola.

Proposta metodológica

Primeira Atividade

Para introduzirmos a discussão referente à conservação de momento angular, convidamos a turma, primeiramente, para observar um motociclista trafegando em uma rua, ou um ciclista andando com sua bicicleta. É possível também, fazer esta observação com o uso de um vídeo que pode ser feito pelos próprios alunos ou até trechos de algum filme encontrado na internet. É necessário que, durante as observações, o condutor observado realize pelo menos uma parada. Provavelmente observaremos que este, colocará um pé no chão para não cair.

Deste fato observado, propomos a discussão acerca do equilíbrio que o condutor tinha enquanto andava e quais os motivos para ele ter que recorrer ao “pé no chão”.

Esta etapa da proposta metodológica faz-se necessária para que os educandos tenham a contextualização e, com isso, despertem o interesse pelo assunto, ao observar a física sendo aplicada no cotidiano. Nesta etapa já começam a aparecer as primeiras explicações para a falta de equilíbrio do condutor.

Retomando as referências teóricas, esta primeira atividade torna-se coerente no sentido de oferecer possibilidade de identificação dos chamados subsunçores, bem como começar a balizar os organizadores prévios. Este evento também serve para evidenciarmos alguns princípios da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira, ao proporcionarmos a interação social com situações do cotidiano e o convite ao questionamento e discussão de hipóteses que tragam a solução.

Segunda Atividade

Após este primeiro contato com os fenômenos citados, na sala de aula ou no laboratório, oferecemos aos educandos a possibilidade de novas observações do tema proposto. Nesta oportunidade, com o uso de uma moeda ou de um pião de brinquedo sobre uma mesa, fazemos uma força no corpo, criando movimento rotacional. Novamente discute-se o motivo da manutenção da rotação e a posterior queda do corpo após diminuir a velocidade angular.



Figura 1- Pião de brinquedo Girando

Fonte:

<http://www.deusaindafala.com/wp-content/uploads/2016/09/pi%C3%A3o.jpg>



Figura 2 - Moeda rolando

Fonte : Autores, 2016.

Esta atividade possui cunho qualitativo e também serve para balizarmos os organizadores prévios como as grandezas e as características não mensuráveis do movimento circular.

Terceira Atividade - Construção do equipamento

Sugerimos aqui, a construção do giroscópio para que o mesmo possa ser usado nas aulas a fim de proporcionarmos a diferenciação progressiva, seguindo também princípios da não centralidade do livro texto, da participação ativa do aluno e da não utilização do quadro para exposição tradicional de conteúdos.

Para a construção do giroscópio de Foucault há uma sequência de passos, que visam nortear a montagem do equipamento. Não se pretende aqui, criar um receituário para ser seguido, pois destacamos que existem outras formas de construção, com materiais diferenciados destes apresentados nesta proposta.

Primeiro Passo – Materiais

- Um disco de metal com raio de 15 cm e massa de 1,2 Kg. (Este disco foi encontrado no núcleo de Engenharia Mecânica da Universidade de Passo Fundo e pode ser obtido também junto às serralherias ou em estabelecimentos que vendem sucatas).
- Um eixo de metal com 8 mm de diâmetro e 28 cm de comprimento. (Este eixo pode ser encontrado em impressoras).
- 16 Conexões tipo “joelho” de 45° de pvc (20 mm de diâmetro);
- 8 Conexões tipo “T” de pvc (20 mm de diâmetro);
- 4 Pedacos de cano (20) de 15 cm;
- 8 Pedacos de cano (20) de 7 cm;

- 4 Pedacos de cano (20) de 18 cm;
- 8 pedacos de cano (20) de 8 cm;
- parafusos;
- buchas de madeira.

Segundo passo – Montagem do rotor

O rotor é a parte fundamental do giroscópio e para seu perfeito equilíbrio é imprescindível que o furo por onde passa o eixo seja feito exatamente no centro do disco. Talvez para esta etapa seja necessário a ajuda de um torno mecânico ou outro equipamento capaz de perfurar o disco de metal com tal precisão. A fixação do eixo no disco pode ser feita com cola para metal ou solda. A construção do rotor pode ser visualizada na Figura 3.

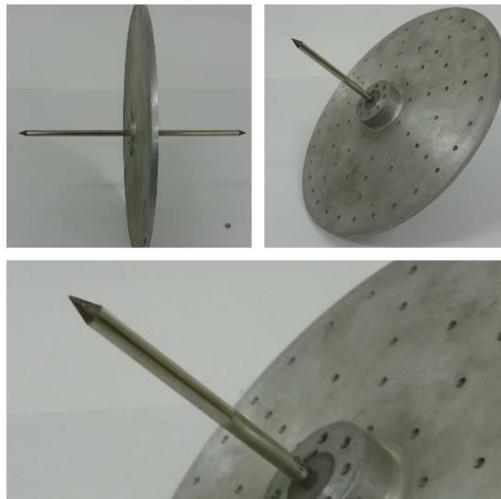


Figura 3 - Rotor.
Fonte: Autores, 2016.

Terceiro passo – Montagem dos anéis

Para a construção dos anéis foram usados canos e conexões de pvc (policloreto de vinila). Os anéis apresentam forma geométrica, idêntica a um octógono. Utilizou-se para a confecção do primeiro anel, 8 joelhos de 45°, 4 conexões tipo T, 4 tubos de 15 cm e 8 tubos de 7 cm. Em sua montagem, duas conexões tipo T foram direcionadas para dentro do octógono e duas para fora. Para o segundo anel, o processo utilizado foi o mesmo, porém com os tubos maiores, conforme ilustram as Figuras 4 e 5.



Figura 4 - Anel interno.
Fonte: Autores, 2016.

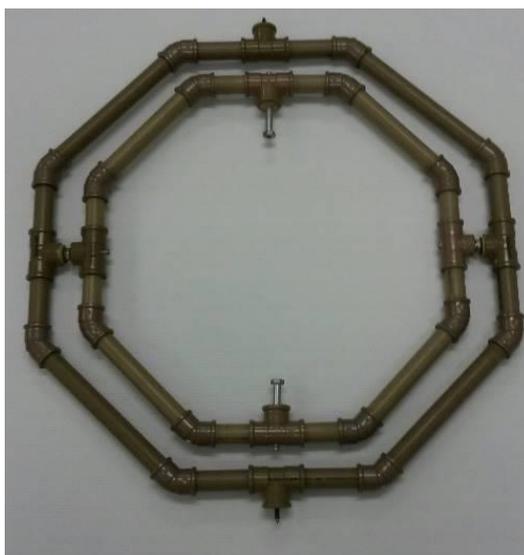


Figura 5 - Anel interno e externo.
Fonte: Autores, 2016.

Para os eixos foram usadas buchas de madeira (pedaços de cabo de vassoura) usinadas em um torno mecânico, parafusos e pregos. As buchas servem para dar sustentação aos parafusos e os pregos. Utilizaram-se parafusos sextavados (cabeça plana), o que facilita a execução da cavidade onde serão encaixadas as pontas dos pregos, mas nada impede de serem utilizados outros modelos. Os parafusos além de servirem como junção dos anéis e rotor, permitem o ajuste fino da folga entre o eixo e a cavidade da cabeça do parafuso. É de extrema importância que o sistema possua o menor atrito possível. As buchas de madeira foram acopladas nas conexões tipo T e as pontas dos pregos foram encaixadas na cavidade do parafuso. A Figura 6 demonstra esses passos.

Como suporte externo do giroscópio, utilizamos no primeiro momento canos de pvc, entretanto o suporte cedeu devido ao peso do rotor, por esse motivo, confeccionou-se uma estrutura metálica com tubos quadrados de 20x20 milímetros e 1,5mm de espessura, representada na Figura 7.

O equipamento proposto é uma sugestão, e por esse motivo sugerimos um modelo de construção, que pode ser adaptado a outros materiais que estejam à disposição.

Quarta Atividade – Revisão Conceitual

Com o giroscópio construído, é possível discutir com os alunos as principais grandezas envolvidas na rotação de um corpo rígido.

Faz-se necessário uma abordagem inicial, resgatando brevemente o surgimento do aparelho, destacando que o termo “giroscópio” foi usado, pela primeira vez, segundo Saa (2004), pelo o físico Jean Bernard Léon Foucault, no século XIX, para determinar o movimento de rotação da terra.

Segundo Souza Júnior (2014), este aparelho completamente mecânico, é composto por um rotor balanceado que pode girar livremente em torno de seus eixos, mantendo fixo o centro de gravidade. Com este equipamento, é possível analisar, de forma qualitativa e quantitativa, as grandezas físicas relacionadas ao momento angular, ao torque e ao princípio de conservação do momento angular.



Figura 6 - Eixos que unem o equipamento.
Fonte: Autores, 2016.



Figura 7 - Giroscópio finalizado.
Fonte: Autores, 2016.

Para este autor são duas, as propriedades que esclarecem o funcionamento do giroscópio: a inércia giroscópica e a precessão.

A inércia giroscópica faz com que o rotor tenda a conservar sua direção no espaço, por mais variados que sejam os movimentos impostos à sua base. Em outras palavras, a inércia giroscópica (ou rigidez no espaço) é a propriedade que o giroscópio livre tem em manter seu eixo apontado sempre para um mesmo ponto no espaço, a despeito dos movimentos de sua base.

E:

precessão pode ser definida como o movimento resultante do rotor, quando é aplicada uma força que tende a alterar a direção do seu eixo de rotação. Em virtude desta propriedade, quando é aplicada ao rotor uma força tendendo a deslocar o eixo de rotação de sua direção no espaço, em vez do seu eixo se mover na direção da força, o fará num plano perpendicular à direção da força aplicada (SOUZA JÚNIOR, 2014, p. 5).

Logo, partimos da compreensão do conceito de inércia giroscópica como sendo a tendência de manter o eixo fixo no espaço, quando um corpo está livre da ação de torques externos.

O momento angular decorre da quantidade de movimento atribuída ao corpo quando este executa um movimento rotacional. Este momento angular é o resultado do produto vetorial do vetor posição (\vec{r}) pelo vetor momento linear (\vec{p}). Para representar, esse conceito se faz necessário uma análise em um plano tridimensional com eixos x, y e z. Partimos da ideia que uma partícula descreve um movimento no plano x e y, a uma certa distância dada pelo vetor posição (\vec{r}), com momento linear (\vec{p}), assim sendo obtém-se o vetor momento angular (\vec{L}), sendo ortogonal ao plano x e y. A Figura 8 representa essa explicação:

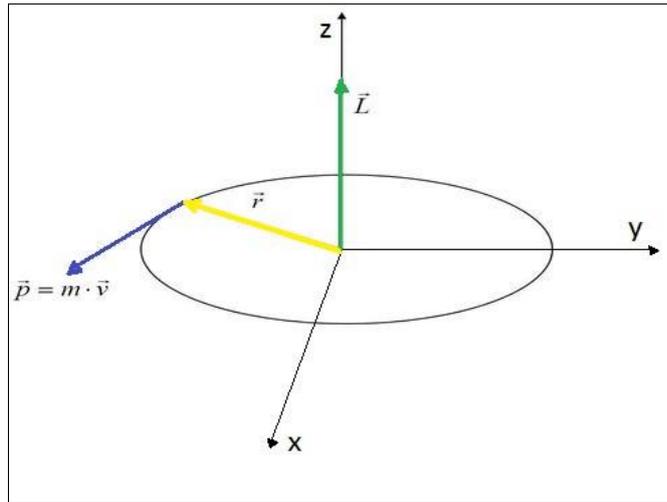


Figura 8 - Representação do momento angular.

Fonte: Autores, 2016.

Notas: Representa-se o vetor posição (\vec{r}) pela seta amarela; o momento linear (\vec{p}) pela seta azul; e, por fim, o momento angular (\vec{L}) pela seta verde. Observa-se que (\vec{L}) é perpendicular ao plano x, y.

Podemos associar a ideia de inércia giroscópica à grandeza física, momento de inércia. O momento de inércia de um corpo está relacionado com a quantidade de massa que o corpo tem e com a forma com que esta massa está distribuída. Não faz parte do escopo desta proposta analisar as possibilidades de distribuição de massa no corpo, passando então, simplesmente, a relacionar esta grandeza com o momento angular.

É importante associar nesta etapa que quanto maior o momento de inércia, maior será o momento angular, para uma mesma velocidade angular. Para um mesmo corpo, quanto maior a velocidade angular, maior será o momento angular.

Sendo o momento linear perpendicular ao vetor posição, o momento angular será máximo. Desse modo, o momento angular pode ser reduzido à seguinte equação apresentada na Equação 1:

$$\vec{L} = I\vec{\omega} \quad (1)$$

Onde, o I é o momento de inércia e, $\vec{\omega}$ é a velocidade angular.

Assim, o momento angular pode ser usado no princípio fundamental da dinâmica de rotações e esse tratamento serve de base para formular o princípio de conservação do momento angular, que constitui uma lei geral na conservação, onde se torna válido desde escalas atômicas até ao movimento de galáxias. A conservação decorre diretamente da ausência de torques, ou seja, “quando o torque externo resultante que atua sobre um sistema é igual à zero, o momento angular do sistema permanece constante (se conserva)” (YOUNG et. al., 2008, p. 334). Este conceito, adaptado em um modelo para ensino médio é expresso matematicamente pela equação descrita na Equação 2:

$$\vec{T} = \frac{\Delta\vec{L}}{\Delta t} = 0 \quad (2)$$

Onde \vec{T} é o torque, $\Delta\vec{L}$ é a variação de momento angular e Δt é a variação de tempo.

Tendo consciência desses conceitos, mas principalmente do momento angular, pode-se aplicá-los tanto para o giroscópio quanto para um pião de brinquedo, onde através dele é possível analisar claramente o movimento de precessão.

É possível aqui, retomar o experimento realizado na segunda atividade analisando a capacidade de o pião manter-se na vertical, por mais que haja um pequeno movimento que forma um círculo em torno do eixo vertical. O que se quer dizer é que, além de girar em torno de si mesmo, o pião executa um movimento em torno do eixo z. Esse movimento é caracterizado como precessão.

A precessão que ocorre no pião é natural, ou seja, ela é consequência da ação da gravidade, pois seu centro de massa encontra-se ao longo do eixo z. Dessa forma, o produto vetorial dado pela força peso ($m\vec{g}$), pelo vetor posição (\vec{r}), gera um torque. Observa-se na Figura 9 que o torque é perpendicular a x e z e direciona-se ao longo do eixo y.

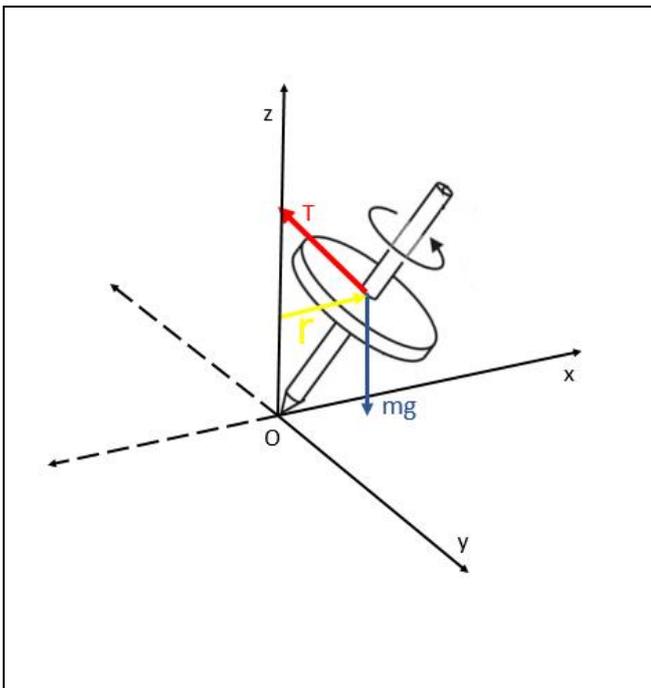


Figura 9 - Torque.
Fonte: Autores, 2016.

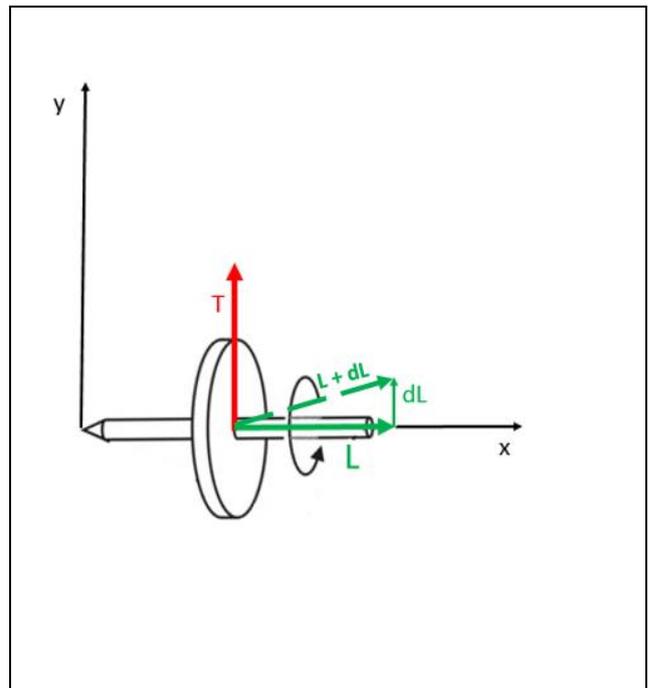


Figura 10 - Torque e momento angular.
Fonte: Autores, 2016.

A partir do momento que o pião executa um movimento de rotação em torno de si mesmo dá origem ao momento angular, conforme demonstrado na Figura 10. E devido ao torque, esse sofrerá pequenas variações do momento angular ($\Delta\vec{L}$), que será no mesmo sentido do torque causado pela força peso, dando origem ao vetor $\vec{L} + \Delta\vec{L}$. Imagina-se que essa variação ocorre em pequenos intervalos de tempo, por esse motivo, a cada momento \vec{L} estará em uma posição diferente, dando origem ao movimento do pião em torno do eixo z.

Segundo Busatto, Giacomelli e Pérez:

como no pião, a precessão também ocorre no giroscópio. Entretanto, não sob a ação da gravidade, pois seu centro de gravidade está localizado na interseção dos eixos de simetria, como mencionado anteriormente. Dessa forma, ele apenas sofrerá variações no momento angular quando forças externas exercerem torque no sistema, exemplo disso é quando se empurram alguns de seus anéis. Sendo assim, as reações inusitadas, como o anel que não foi empurrado entrar em rotação, deve-se ao fato de que é preciso analisar o sentido do torque e não o sentido da força (BUSSATTO, GIACOMELLI E PÉREZ, 2016. p. 5)

Na Figura 11 e na figura 12 é possível comparar o movimento a reação do anel. No momento em que a força (\vec{f}) é aplicada na horizontal, como mostra a figura 11 o anel interno reage movimentando-se na vertical. Vamos analisar passo a passo, iniciando pela imagem 11. O resultado desse produto vetorial (\vec{f}) \times (\vec{r}) é o torque representado na figura 12 em vermelho. Logo, a variação do momento dado por $d\vec{L}$ é no mesmo sentido que o torque.

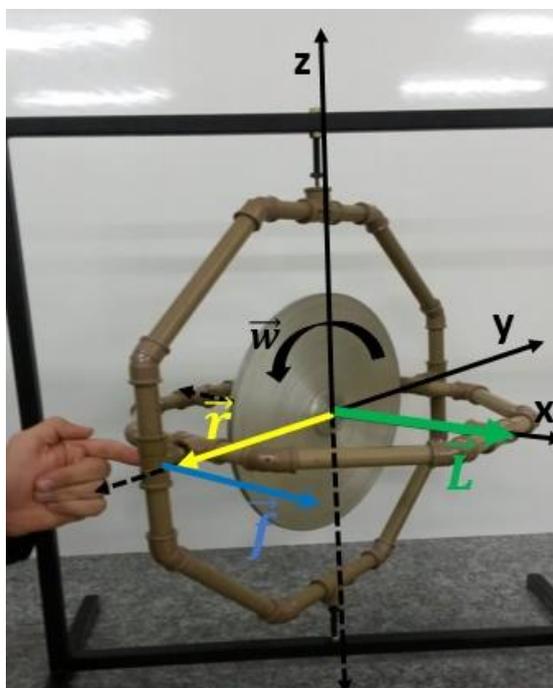


Figura 11 - Direções da força e do momento angular.

Fonte: Autores, 2016.

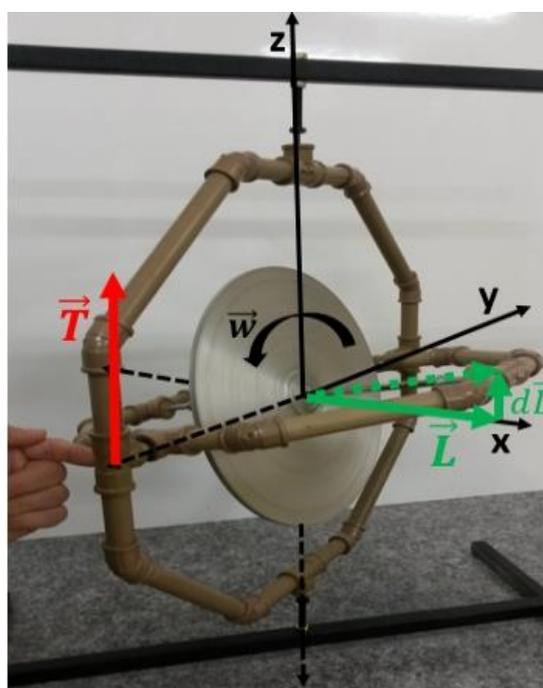


Figura 12 - Direções do torque, e variação do momento angular.

Fonte: Autores, 2016.

Quando a força é aplicada, a reação do equipamento é de manter fixo o anel externo e entrar em movimento o anel interno. Portanto, o que de fato acontece é o movimento de precessão idêntico ao pião, pois a variação do momento angular ($\Delta\vec{L}$) é no mesmo sentido do torque aplicado. Desse modo pode-se levar em consideração, para comparar ambos os equipamentos, o seguinte questionamento: qual a posição do centro de gravidade de cada dispositivo?

No caso do pião, ele encontra-se ao longo do eixo z, sendo possível a gravidade exercer a força peso. Já no caso do giroscópio, o centro de gravidade está fixo na intersecção dos eixos x, y e z, sendo impossível a gravidade exercer torque.

Esta parte da proposta deve ser feita com muita atenção, pois se trata de oferecermos aos educandos o que na teoria cognitivista de Ausubel é conhecida como diferenciação progressiva e não deve ser feita de maneira imposta e literal (MOREIRA, 2011).

Quinta Atividade – Avaliação da proposta

É importante que durante todas as atividades os alunos sejam convidados a participar das discussões, questionando e apresentando possíveis soluções para os eventos observados. Também se faz necessário, durante a execução da proposta, que os alunos sejam instigados a buscar outras situações do cotidiano e até fora deste, como situações tecnológicas e científicas que se relacionam com a conservação de momento angular. A participação, a contextualização e a interpretação dos fenômenos envolvidos por parte dos alunos podem servir como indicadores de qualidade da proposta, podendo estes itens serem usados também, para avaliar os mesmos.

Considerações finais

Alterar o perfil de nossa educação básica, apresentado no início desta proposta, não é uma tarefa fácil. Provocar esta mudança onera o professor em tempo para estudo, organização de novas metodologias e elaboração de equipamentos e atividades.

Os materiais utilizados estavam à disposição no campus da Universidade de Passo Fundo, portanto, arranjar materiais idênticos para uma nova construção torna-se uma tarefa dispendiosa. Acreditamos que a busca de novos materiais que sejam mais fáceis de ser encontrados, possam gerar novas atividades, melhorando assim a aplicabilidade da abordagem deste tema.

Mesmo assim, acreditamos que quando propomos novas abordagens para o ensino da física, alcançamos nosso objetivo, pois não estamos impondo a substituição de velhas práticas já consolidadas no veredito de muitos professores, estamos sim, proporcionando a diversificação dos estudos, tornando estes mais atrativos e contextualizados.

É importante ressaltar com esta proposta, a possibilidade que a mesma oferece de tratarmos, em sala de aula, de um tema que está totalmente relacionado com o cotidiano de nossos educandos e que raramente aparece nos livros didáticos de educação básica. Consideramos tal importância pelos exemplos utilizados no início da proposta, que possuem papel problematizante e questionador. Também consideramos nesta ação o perfil lúdico que a construção do experimento porta, motivando os alunos e abrindo novos ambientes de aprendizagem, despertando múltiplas formas de desenvolvimento do conhecimento.

Esta proposta não determina número de períodos nem impõe ano específico do ensino médio para trabalhar a conservação de momento angular. Pretende-se deixar a cargo do professor a escolha de quanto tempo será destinado para este estudo, bem como, quando e de que forma o tema será abordado.

Por fim, esperamos também que este estudo não seja feito de maneira descontextualizada, valorizando o “formulismo” em detrimento ao fenômeno e sua contextualização, pois acreditamos que a qualidade do ensino está na capacidade de criarmos novos horizontes para o desenvolvimento de nossos educandos, de forma significativa e conectada com sua realidade.

Bibliografia

BRASIL, (2002). *PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília: Ministério da Educação.

BRASIL, (2013). *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica*. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Conselho Nacional da Educação. Câmara Nacional de Educação Básica. Brasília: MEC, SEB, DICEI.

BUSATTO, C. Z.; GIACOMELLI, A. C.; PÉREZ, C. A. S. (2016). Construção de um Giroscópio para o Estudo do Momento Angular e a Precessão. *Anais do V Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia*. UTFPR. Ponta Grossa.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. (2004). Da Educação em Ciência às Orientações para o Ensino das Ciências: Um Repensar Epistemológico. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 3.

CHIQUETTO, M. J. (2001). O Currículo de Física do Ensino Médio no Brasil: Discussão Retrospectiva, *Revista e-curriculum*, São Paulo, v.7 n.1.

MOREIRA, M. A. (2000); *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid.

MOREIRA, M. A. (2011). *Física de Partículas: uma abordagem conceitual e epistemológica*. São Paulo: Editora Livraria da Física.

OSTERMANN, F. e CAVALCANTI, C. J. DE H. (2010). *Teorias de aprendizagem*, Instituto de Física, UFRGS.

ROSA, C. T. W. et al. (2013). Atividade experimental para demonstração dos fenômenos da reflexão, refração e reflexão total. *Rencima*, v. 4, n. 1, p. 75-85.

ROSA, C. W da e ROSA Á. B. (2005). Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio; *Revista Electrónica de Enseñanza delas Ciencias* Vol. 4 N° 1.

SAA, A. (2004). Arrasto de referenciais e o princípio de Mach. *Revista USP*, São Paulo, n. 62, p. 94-103, jun./ago.

SOUZA JÚNIOR, H. C. (2014). *Modelagem, simulação e controle de um giroscópio*. 2014. (Projeto de Graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

YOUNG, H D. et al. (Rev.) (2008). *Sears e Zemansky física: Mecânica – v. 1*. 12 ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley.