



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
CIÊNCIAS DA VIDA E DA NATUREZA
(ILACVN)**

**CIÊNCIAS DA NATUREZA – BIOLOGIA,
FÍSICA E QUÍMICA**

**ENSINO DE FÍSICA COM ÊNFASE EM MOVIMENTO DOS CORPOS EM ROTAÇÃO:
EXPERIMENTOS DIDÁTICOS**

GABRIEL CANDIDO FARIAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciatura em Ciências da Natureza – Biologia, Física e Química.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Adriano Ribeiro da Silva

Foz do Iguaçu
2022



INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
CIÊNCIAS DA VIDA E DA NATUREZA
(ILACVN)

CIÊNCIAS DA NATUREZA – BIOLOGIA,
FÍSICA E QUÍMICA

TERMO DE APROVAÇÃO

ENSINO DE FÍSICA COM ÊNFASE EM MOVIMENTO DOS CORPOS EM
ROTAÇÃO: EXPERIMENTOS DIDÁTICOS

POR

GABRIEL CANDIDO FARIAS

Trabalho Final de Curso (TCC) apresentado à Banca Examinadora da Universidade
Federal da Integração Latino Americana - UNILA

Orientador: Dr. Ronaldo Adriano Ribeiro da Silva

Banca Examinadora:

Profa. Dra.: _____

Prof. Dr. _____

Data da defesa: ____/____/____.

Nota: _____

TERMO DE SUBMISSÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS

Nome completo do autor(a): GABRIEL CANDIDO FARIAS

Curso: LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA – BIOLOGIA, FÍSICA E QUÍMICA

Tipo de Documento	
(X) graduação	(.....) artigo
(.....) especialização	(X) trabalho de conclusão de curso
(.....) mestrado	(.....) monografia
(.....) doutorado	(.....) dissertação
	(.....) tese
	(.....) CD/DVD – obras audiovisuais
	(.....) _____

Título do trabalho acadêmico: ENSINO DE FÍSICA COM ÊNFASE EM MOVIMENTO DOS CORPOS EM ROTAÇÃO: EXPERIMENTOS DIDÁTICOS

Nome do orientador(a): Prof. Dr. Ronaldo Adriano Ribeiro da Silva

Data da Defesa: ____/____/____

Licença não-exclusiva de Distribuição

O referido autor(a):

a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que o detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade.

b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à UNILA – Universidade Federal da Integração Latino-Americana os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a Universidade Federal da Integração Latino-Americana, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo respectivo contrato ou acordo.

Na qualidade de titular dos direitos do conteúdo supracitado, o autor autoriza a Biblioteca LatinoAmericana – BIUNILA a disponibilizar a obra, gratuitamente e de acordo com a licença pública *Creative Commons Licença 3.0 Unported*.

Foz do Iguaçu, ____ de _____ de _____.

Assinatura do Responsável

Não há exemplo maior de dedicação do que o da nossa família. À minha querida família, que tanto admiro, dedico o resultado do esforço realizado ao longo deste percurso.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço ao meu professor orientador . Prof. Dr. Ronaldo Adriano Ribeiro da Silva não só pela constante orientação neste trabalho, mas sobretudo pela sua amizade.

Aos meus pais, Neiva Candido e Marcio Farias, que influenciaram diretamente em meu desenvolvimento pessoal e sempre estiveram presentes na minha vida.

À minha namorada Ana Letícia de Oliveira, que sempre esteve ao meu lado durante a graduação me dando apoio e suporte. Não tenho palavras pra descrever minha gratidão por tudo que fez por mim. Sem ela tenho certeza de que esse processo seria muito mais árduo e dificultoso.

À minha tia Mari Catarina Candido, que sempre torceu pelo meu sucesso e me fortaleceu com sua energia positiva e palavras de apoio.

Ao meu tio Carlos Candido , que sempre me incentivou e torceu pelo meu sucesso.

À Professora Dr.^a Catarina Costa Fernandes, pelo seu apoio e amizade ao longo de todos esses anos de curso.

Aos colegas de curso Alexandre Chen, Robinson Valdez e Eliane Garcia, pelo companheirismo em cada processo durante a graduação.

À Universidade Federal da Integração Latino-Americana, pelo acolhimento e oportunidade de vivenciar essa rica e inesquecível experiência.

E aos professores da banca, deixo aqui meus mais sinceros agradecimentos.

*“Demore o tempo que for para decidir o que você quer da vida,
e depois que decidir não recue ante nenhum
pretexto, porque o mundo tentará te dissuadir”.*

Friedrich Nietzsche

RESUMO

FARIAS, Gabriel Candido. “**Ensino de física com ênfase em movimento dos corpos em rotação: experimentos didáticos**”. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Ciências Da Natureza: Biologia, Física e Química. Universidade Federal Da Integração Latino-Americana. Foz do Iguaçu, 2022.

O presente trabalho objetivou elaborar sugestões para a utilização de experimentos práticos em sala de aula para professores do ensino médio utilizando materiais de fácil acesso como método alternativo de ensino e aprendizagem com intuito de despertar nos alunos o gosto pelo ensino de física. Para isso foram elaborados 3 experimentos didáticos, o mesmo com ênfase em movimento dos corpos em rotação onde se demonstra as sugestões de práticas e algumas perguntas para que o educador tenha um parâmetro de avanço nos conhecimentos do tema proposto resultante dos experimentos aplicados.

Palavras-chave: ensino de física; conservação do momento angular; velocidade; inercia; precessão

RESUMEN

FARIAS, Gabriel Cándido. **“Enseñanza de la física con énfasis en el movimiento de cuerpos giratorios: experimentos didácticos”**. Trabajo Final de Curso de Graduación en Ciencias de la Naturaleza: Biología, Física y Química. Universidad Federal de la Integración Latinoamericana. Foz do Iguazu, 2022.

Este trabajo tuvo como objetivo desarrollar sugerencias para el uso de experimentos prácticos en el aula para profesores de secundaria utilizando materiales de fácil acceso como un método alternativo de enseñanza y aprendizaje para despertar en los estudiantes el gusto por la enseñanza de la física. Para ello se elaboraron 3 experimentos didácticos, el mismo con énfasis en el movimiento de los cuerpos en rotación donde se evidencian las sugerencias de prácticas y algunas preguntas para que el educador tenga un parámetro de avance en el conocimiento del tema propuesto resultante de los experimentos aplicados.

Palabras clave: enseñanza de la física; conservación del momento angular; velocidad; inercia; precesión

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Movimentos com a bicicleta.....	18
Figura 2 – Movimentos com a bicicleta utilizando cadeira.....	18
Figura 3 – Corpo Rígido Eixo Fixo Eixo de Rotação.....	25
Figura 4 – Velocidade angular.....	22
Figura 5 – Movimento de corpo rígido (roda de bicicleta precessão).....	23
Figura 6 – Cadeira giratória e garrafas com água.....	23
Figura 7 – Colégio Estadual Barão do Rio Branco.....	27
Figura 8 – Professor executando o experimento com o auxílio de um aluno.....	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Segurando os dois apoios do eixo um em cada mão na posição horizontal, o que irá acontecer com o movimento da cadeira ?.....	31
Quadro 2 – ainda em posição vertical a frente do corpo. O que irá acontecer com o movimento da cadeira?.....	31
Quadro 3 – com as duas mãos ainda em posição horizontal acima da cabeça. O que irá acontecer com o movimento da cadeira?.....	32
Quadro 4 – O que acontecerá com a posição da roda quando soltarmos o outro apoio?.....	33
Quadro 5 – o que acontecerá com a posição da roda quando segurarmos o sistema apenas pela corda?.....	33
Quadro 6 – o que acontecerá com a posição da roda quando segurarmos o sistema apenas pela corda?.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Demonstração matemática do momento angular.....	19
Tabela 2 – Cronograma de abordagem de atividades em sala de aula.....	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
C.R.	Corpo rígido
ILACVN	Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
PET	Polietileno Tereftalato
UNILA	Universidade Federal da Integração Latino-Americana

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2. 1. CONSERVAÇÃO DO MOMENTO ANGULAR	19
3. METODOLOGIA	25
3.1. INSTRUMENTOS DE COLETA DEDADOS	26
3.2.1 PARTICIPANTES DA PESQUISA	28
4. DISCUSSÕES E RESULTADOS	29
4.1 DESCRIÇÃO DO APARATO EXPERIMENTAL	29
4.2 AS RESPOSTAS DOS ALUNOS	31
4.3 - RESPOSTAS DO PROFESSOR PARA COM OS EXPERIMENTO	34
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
6. REFERÊNCIA	38
7. APÊNDICES	39
7.1 QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	39

1 INTRODUÇÃO

Minha aproximação com a temática deste Trabalho de Conclusão de Curso se deu a partir das observações do distanciamento do ensino da física com o cotidiano dos alunos. Assim sendo se propôs a construir um experimento de movimento de corpos de rotação para que os alunos compreendam o papel da variável de movimento.

Assim o estudo da física é muito importante, pois coloca os alunos frente a situações concretas e reais, situações essas que os princípios físicos podem responder, ajudando a compreender a natureza nutrindo e alimentando um gosto pela ciência.

A física se desenvolveu do objetivo em comum entre filosofia e religião, que buscavam compreender o universo. Ela se distancia das outras por usar uma linguagem matemática e investigação experimental. Desenvolve-se em função da necessidade do homem em conhecer o mundo natural e controlar e reproduzir as forças da natureza em seu benefício.

As primeiras descobertas em física ocorreram na Pré-história, mesmo não sendo conceitos conscientes, como tentativas de resolver problemas práticos ou facilitar tarefas. Como, por exemplo, utilizar um arco para atirar flechas a grandes distâncias. Descobertas fundamentais como a roda, arado e o uso controlado do fogo, foram importantes para o desenvolvimento inicial da física.

A principal contribuição dos egípcios, o calendário, e este utilizado pelos babilônicos foi um dos primeiros tratamentos científicos sistemáticos do mundo físico. Os babilônicos procuravam descrever os fenômenos astronômicos de forma precisa, alcançando, assim, um desenvolvimento matemático superior já em 2000 a.C. Os babilônicos desenvolveram a Astronomia motivados pela agricultura, religião, astrologia e confecção de calendários.

As observações astronômicas seguiam a tradição de observar e registrar essas observações cuidadosamente, caracterizadas hoje, como método científico.

No início do século VI a.C. surgiram novos modelos de pensamento, contrapondo-se a intervenção divina, que era tida como a explicação dos fenômenos naturais. Esses pensadores buscavam entender como as coisas eram feitas, quais suas origens e como ocorria o processo de mudança.

O primeiro que buscou entender a natureza sem invocar as divindades foi Tales, da cidade de Mileto. Ele afirmava que tudo se originou da água, dando uma origem puramente natural para o mundo. Acreditava que a Terra flutuava na água.

Anaximandro foi o primeiro a fazer experiências. Determinou a duração do ano e as estações examinando o movimento da sombra. Ao contrário de Tales, Anaximandro afirmava que a Terra estava no centro do Universo sem nenhum suporte. Esses pensadores se caracterizavam pela atitude crítica e pela liberdade de pensamento.

Com Pitágoras e seus seguidores, a ordem no cosmo era fundamentalmente matemática. Foram os primeiros a apresentar uma fundamentação quantitativa para a natureza. A concepção do mundo como construção geométrica foi formulado por Pitágoras e teve papel fundamental no desenvolvimento da ciência física.

No século V a. C., Leucipo de Mileto e, mais tarde Demócrito de Abdera apresentaram que o mundo era constituído de uma infinidade de pequenos átomos, invisíveis a olho nu, eternos, imutáveis e indivisíveis. Esses átomos podiam se combinar, explicando as diferentes substâncias existentes.

A física e as demais ciências ganharam maior impulso com Aristóteles. Ele apresenta um sistema compreensível do mundo que, partindo de suposições básicas se propôs a explicar, de maneira racional, todos os fenômenos físicos conhecidos. Aristóteles elaborou uma teoria de conhecimento segundo o qual o conhecimento é obtido por um processo que começa com a experiência, neste sentido nada pode ser conhecido a não ser pela experiência. O mundo de Aristóteles era organizado, ordenado, um mundo onde as coisas se moviam para fins determinados. Entre as suas contribuições estão às ideias sobre o movimento, queda dos corpos pesados e o geocentrismo.

Em 1510, Nicolau Copérnico rompe com mais de dez séculos de domínio do geocentrismo. No livro *Commentariolus*, diz pela primeira vez que a Terra não é o centro do Universo e sim um em outros tantos planetas que giram em torno do Sol. Essa nova ideia se consolida somente um século depois com as descobertas telescópicas e a mecânica de Galileu Galilei e as leis de movimentos dos planetas de Joannes Kepler. Copérnico revoluciona a ideia que o homem tinha de si mesmo e dá um novo impulso a todas as ciências ao colocar a observação e a experiência acima da autoridade e dos dogmas.

A mecânica newtoniana foi o primeiro sistema de conhecimento a alcançar o status de ciência teórica e empírica no sentido moderno. No universo newtoniano a física terrestre e a física celeste são identificadas e unificadas tornando-as interdependentes.

Issac Newton foi o primeiro a dar uma formulação completa das leis da Mecânica e a introduzir leis universais. Suas principais contribuições são: teoria geral da mecânica, com suas três leis; gravitação universal; cálculo diferencial e integral e também estudou a decomposição da luz. Em 1808, Jonh Dalton apresenta que cada elemento corresponde

um tipo de átomo. Mas é só em 1897, que Joseph John Thomsom identifica partículas de massa muito pequena – elétrons. Conclui-se que o átomo não é indivisível, como na Antiguidade, mas composto por partículas menores. Em 1911, Ernest Rutherford conclui que o átomo possui um núcleo (de carga positiva) em volta do qual orbitam elétrons. Esse modelo é aperfeiçoado por Niels Bohr.

A revolução industrial marca uma nova da Física. As áreas de estudos se especializam, e na Física temos a Termodinâmica, que estuda as relações entre calor e trabalho. Baseando-se em dois princípios: o da conservação de energia e o de entropia, conceitos já conhecidos anteriormente. Estes dois princípios são à base de máquinas a vapor, turbinas, motores de combustão interna e a jato e máquinas frigoríficas. A partir de uma máquina a vapor aperfeiçoada por James Watt, que Sadi Carnot estabelece uma das mais importantes sistematizações da termodinâmica, delimitando a transformação de energia térmica (calor) em energia mecânica (trabalho).

Na busca pela definição da natureza da luz surgiram, no século XVII, duas teorias sobre a natureza da luz: teoria corpuscular – a luz era composta por partículas; e a teoria ondulatória – a luz era uma onda. A primeira sendo inicialmente explicada e defendida por Newton, e a segunda teve seu maior defensor com Christian Huygens.

Um dos primeiros a empreender estudos acerca do Magnetismo e Eletricidade foi William Gilbert. Em 1745, Pieter Von Musschenbrook, inventou um dispositivo capaz de armazenar eletricidade, chamada de —garrafa de Leyden. No fim do século XVIII as pesquisas em eletricidade e magnetismo eram de caráter hipotético. Nos meados desse século, o uso das garrafas de Leyden e o aparecimento dos geradores de eletricidade deram um grande impulso na parte experimental.

Benjamin Franklin fazendo experiências com a garrafa de Leyden chegou a conclusão de que a eletricidade estava presente em toda matéria, sendo transferida de um corpo a outro e não sendo criada a partir do atrito, como se pensava antes.

Em 1807, Hans Christian Oersted apresenta a relação entre magnetismo e eletricidade, com base nos seus estudos de como a ação da corrente elétrica alterava o movimento da agulha de uma bússola.

Michel Faraday, considerado um dos maiores físicos experimentais, fez várias experiências simples com aparelhos elétricos. Descobriu a decomposição química por meio da corrente elétrica – eletrólise, e no estudo desse fenômeno concluiu que os átomos deviam estar associados com a eletricidade. Faraday insere o conceito de linhas de força para a explicação de ação a distância entre as cargas elétricas e ímãs. Essa ideia é mais tarde, expressa matematicamente, por James Clerk Maxwell.

Em 1896, Heinrich Rudolf Hertz se propôs a detectar ondas eletromagnéticas, além da luz, e a medir suas velocidades. Em 1894, o físico Oliver Joseph Lodge usa as ondas de Hertz para a telegrafia sem fio. E mais tarde é feita a primeira comunicação transatlântica, utilizando as ondas de Hertz.

Albert Einstein lançou as bases da teoria atômica e da física quântica, além de ter contribuído em outras áreas da física. A sua teoria da relatividade surge em duas etapas e altera as noções de espaço e tempo. A Teoria da Relatividade Restrita (1906), segundo a qual a distância e o tempo podem ter diferentes medidas segundo observados diferentes. Dez anos depois, Einstein com a Teoria Geral da Relatividade (1916), estende a noção de tempo-espaço à força da gravidade, apresentando uma teoria da gravidade que é capaz de explicar a força de atração pela geometria tempo-espaço.

Dois desenvolvimentos do século XX colocaram em xeque a ideia de um Universo se comportando de maneira determinada. A Mecânica Quântica e o Caos.

A ideia de *caos* já estava presente nos trabalhos de Poincaré. O Caos é um estado complexo caracterizado pela aparente imprevisibilidade do comportamento de um sistema e por grande sensibilidade a pequenas mudanças.

A Mecânica Quântica é a grande revolução que leva a Física à modernidade, forma a base da Física Atômica, Física Nuclear e de toda a Química Moderna. Permite-nos explicar fenômenos como a existência de elementos radioativos e funcionamento de lasers, entre outros. A origem da Mecânica Quântica é associada ao físico Max Planck, que define o conceito fundamental da teoria – o quanta. Mas a teoria geral é de autoria de um grupo de físicos, entre eles: Niels Bohr, Louis De Broglie, Erwin Shrödinger, Werner Heisenberg, entre outros. A grande marca da Mecânica Quântica é a introdução do conceito de dualidade e o Princípio de Incerteza. Para a Mecânica Quântica, o universo é não determinístico, oferecendo um conjunto de prováveis respostas, sendo contrária a Mecânica Clássica, que previa um universo determinístico.

A ciência fez enorme progresso desde a Antiguidade, nosso conhecimento sobre o Universo é incomparavelmente maior. Desenvolvemos técnicas matemáticas e equipamentos de medida sofisticados. Porém, nossas ideias básicas continuam as mesmas e muitas perguntas continuam sem respostas. A história da Ciência não é formada apenas por teorias que deram certo. Muitas hipóteses e teorias que não funcionaram foram deixadas de lado e no lugar destas surgiram outras, levando no desenvolvimento da ciência. O princípio da Física não é a afirmação de que sabemos tudo, que podemos explicar tudo, mas que o Universo é ordenado e governado por leis naturais, universais e imutáveis.

Com o histórico do desenvolvimento da Ciência, em destaque a Física, passando por hipóteses e teorias refutadas, experimentos que não deram certo, outras barreiras impostas para o seu desenvolvimento, o Ensino de Física no ensino básico pode e deve ser mais que só fórmulas e um livro, deve ser uma abertura para o pensamento crítico e um desenvolvimento científico produzido pelos alunos. Eles devem ser participantes ativos desse desenvolvimento e devem conseguir com isso associar a teoria com situações da vida cotidiana, construindo assim um saber fundamentado e não somente fórmulas e conceitos decorados em sala de aula.

A abordagem tradicional, como lembra Mazur (2009), tem apresentado como reflexo uma baixa compreensão dos conceitos e conteúdos, e uma desmotivação em relação à escola, contribuindo para elevar a taxa de evasão escolar. No caso da Física, foco de análise do autor, essa abordagem tem auxiliado para aumentar as crenças e atitudes negativas em relação a essa ciência.

Enfatizar que o aluno é agente de sua aprendizagem e, portanto, necessita participar ativamente das discussões em sala de aula, tem sido apontada como alternativa para resignificar o ensino. Neste sentido, as metodologias centradas no aluno ganham espaço nas pesquisas e aos poucos vão chegando à sala de aula como forma de ressignificar o processo educacional (MOREIRA, 2010).

Diante do exposto apresenta-se o problema de pesquisa: *Como a experimentação voltada a ênfase em movimento dos corpos em rotação pode despertar nos alunos do 1º ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Barão do Rio Branco/ Foz do Iguaçu-Paraná o gosto pelo ensino de física?*

Mobilizo esse questionamento para proposta didática elaborada teve como tema norteador a importância da experimentação no ensino de física, assim optou-se pela organização de uma sequência didática estruturada a partir de uma situação problematizadora e que envolvesse a participação ativa dos alunos, o que passa a ser objeto de discussão deste texto.

O *objetivo geral* desse trabalho de conclusão de curso (TCC) é: - Demonstrar como a experimentação voltada a ênfase em movimento dos corpos em rotação pode despertar nos alunos do 1º ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Barão do Rio Branco/ Foz do Iguaçu- Paraná o gosto pelo ensino de física.

Os *objetivos específicos* se desmembram em :

- Envolver os aspectos teóricos do conteúdo desenvolvido em sala de aula , para atividade experimental;

- Enfatizar a necessidade de que a física no 1º ano do ensino médio parta de situações vivenciadas pelos estudantes;

- Abordar o conteúdo relacionado o *movimento dos corpos em rotação* a partir da situação-problema trazida pelos alunos.

Esta pesquisa se justifica por sua relevância pois importância das atividades experimentais no processo de construção dos conhecimentos, representa a atividade principal da sequência didática estudada. Em termos da importância das atividades experimentais como mecanismo favorecedor da aprendizagem, destaca-se que elas têm sido utilizadas nas escolas como recurso para tornar as aulas atrativas. Essas situações podem contribuir de forma que os alunos possam ter contato com materiais e dispositivos que estão associados ao conteúdo do assunto estudado.

Para tanto esse TCC se organiza em 3 partes. Sendo a primeira parte a Introdução a qual se apresenta a: Introdução onde se faz uma breve apresentação do tema, o problema de pesquisa os objetivos geral e específicos e a justificativa do tema escolhido.

A segunda parte trata-se da fundamentação teórica. Apresentando os seguintes temas: Conservação do momento angular; Velocidade; Inércia; Precessão.

A terceira parte trás a metodologia estudo de caso. A quarta parte a apresentação dos resultados. E finalmente as considerações finais apresentando as conclusões geradas pela pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONSERVAÇÃO DO MOMENTO ANGULAR

O momento de inércia é uma grandeza associada ao movimento de rotação de um corpo, dependendo da massa do corpo e da distância desta massa ao eixo de rotação,

quanto mais distante está a massa do eixo de rotação, maior será o momento de inércia. Por outro lado, o momento angular de um corpo é uma grandeza que relaciona o seu momento de inércia com sua velocidade angular e é dado pelo produto destas duas grandezas.

Há uma importante propriedade relacionada que nos diz que, quando o torque associado ao eixo de rotação é nulo, o momento angular do corpo é conservado.

Momento angular: é definido pelo produto vetorial conforme na tabela abaixo:

Tabela 1: Demonstração matemática do momento angular:

Relação entre momento angular e torque:
$\frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d}{dt}(\vec{r} \times m\vec{v}) = \left(\frac{d\vec{r}}{dt} \times m\vec{v}\right) + \left(\vec{r} \times m\frac{d\vec{v}}{dt}\right)$ $= \underbrace{(\vec{v} \times m\vec{v})}_0 + (\vec{r} \times m\vec{a}) = \vec{r} \times \vec{F} = \vec{\tau}$

Fonte: O autor, 2022

Esse tipo de movimento está presente em nossos cotidiano, como por exemplo uma bicicleta, que por sua vez possui duas rodas presas a uma estrutura (quadro) e o indivíduo que a guia fica posicionado próximo ao centro distribuindo sua massa pelo sistema dividindo assim sua massa entre os eixos de rotação. Observa-se que ao utilizar a bicicleta, o condutor tem maior dificuldade de equilíbrio em baixa velocidade, assim fazendo com que o corpo tenha menor inércia, outrora, em maior velocidade nota-se o contrário, o condutor tem facilidade de equilíbrio (em um sistema perfeito, com massa bem distribuída e um bom alinhamento entre eixos) o sistema estará em inércia e somente as rodas estarão se movimentando.

¹ Introdução à Dinâmica de Rotação Clássica. Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em

<https://repositorio.unesp.br> (Acesso em 13 de dezembro de 2022)

Figura 1: Movimentos com a bicicleta



Fonte: <https://sites.google.com/site/sed695b3/projects/discrepant-events/angularmomentum-bike-tire---katieflanagan>. (Acesso em 13 de dezembro de 2022)

Para elucidar esse tipo de movimento iremos apresentar três atividades práticas. com o intuito de aprimorar os conhecimentos sobre o momento de inércia. Por sua vez é a inércia rotacional do corpo. Ele indica a resistência que o corpo oferece às modificações do seu movimento de rotação. É o análogo rotacional da massa.

Figura 2: Movimentos com a bicicleta utilizando cadeira



Fonte: O autor, 2022

Para Júnior (2019), inércia linear é a dificuldade imposta a uma partícula ao seu movimento. Ela começa a ser entendida na primeira lei de Newton, mas com a segunda lei, ela pode ser exposta matematicamente através da massa da partícula,

que funciona como um obstáculo à mudança de movimento (variação da velocidade).

A inércia angular, também conhecida como momento de inércia, foi criada para que as equações de movimento de corpos que giram tenham similaridade com as equações de movimento do caso linear. O momento de inércia de uma partícula de massa m que gira em torno de um eixo a uma distância r é definido como:

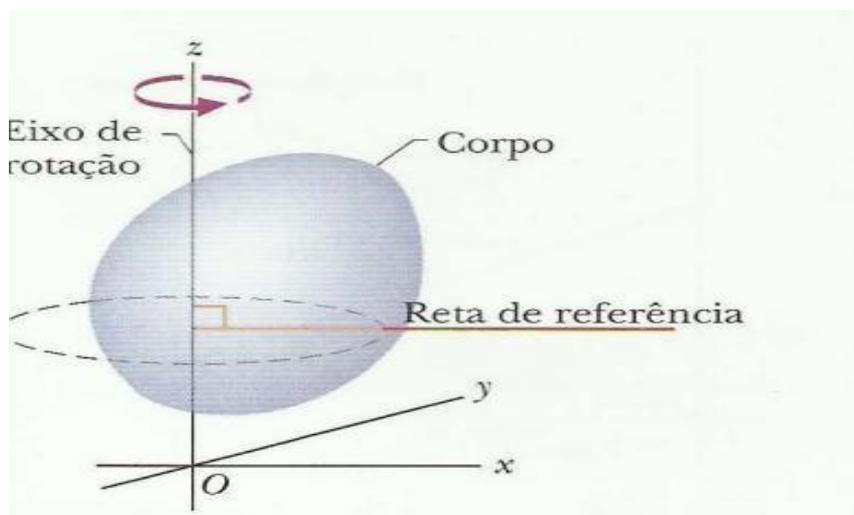
Para partículas de massas e momentos de inércia constantes, compara-se a similaridade das equações: Caso linear - Caso angular.

O momento de inércia de um corpo depende da distribuição da massa no seu interior em relação ao eixo de rotação.

Quanto mais distante do eixo estiverem as porções de massa que compõem o corpo, maior será o seu momento de inércia em relação àquele eixo.

O momento de inércia, diferentemente da massa (que é propriedade intrínseca do corpo), depende da forma do corpo e da localização do eixo de rotação. Conforme figura abaixo;

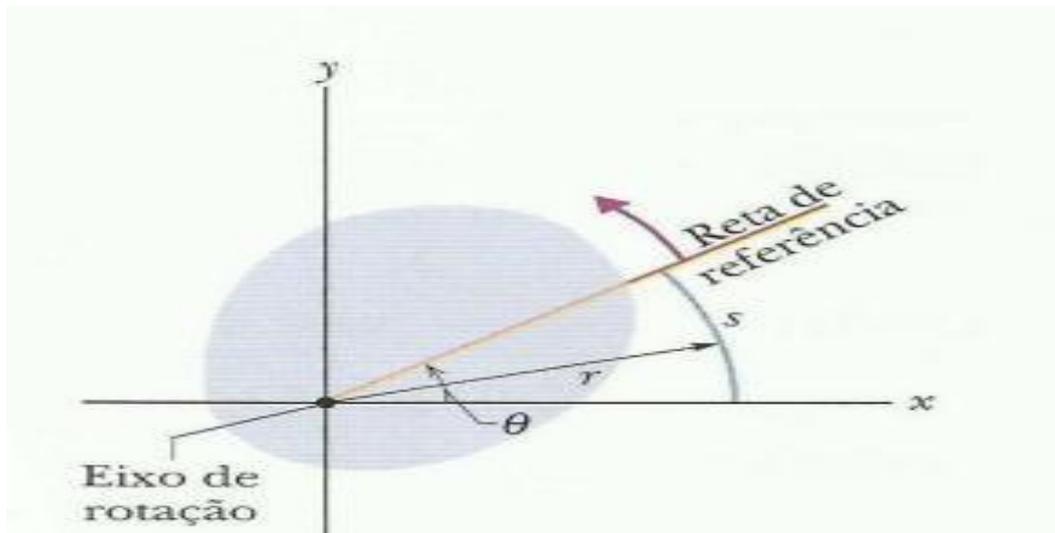
Figura 3: Corpo Rígido Eixo Fixo Eixo de Rotação



Fonte: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/131949/mod_resource/content/1/9-Rotacao_inercia.pdf.
(Acesso em 13 de dezembro de 2022)

Assim, um corpo rígido de massa M , que gira em torno de um eixo fixo. Cada ponto deste corpo descreve um círculo, cujo raio r_i é a distância entre o ponto e o eixo de rotação. A posição angular dessa reta é o ângulo que a reta de referência faz com a reta fixa. $d\theta = \frac{ds_i}{r_i}$. Posição angular Cinemática Rotacional Conforme figura abaixo

Figura 4: Velocidade angular



Fonte: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/131949/mod_resource/content/1/9-Rotacao_inercia.pdf
 (Acesso em 13 de dezembro de 2022)

O ângulo é medido em radianos. Deslocamento angular θ é positivo no sentido antihorário. Quando o corpo gira de um ângulo $d\theta$, o ponto descreve um arco de comprimento $ds = r d\theta$.

Vamos nomear o primeiro experimento de Momento angular e a cadeira giratória, temos o eixo fixo ao centro da estrutura, logo sua inércia rotacional ou momento de inércia é centralizado no eixo e quando (levamos as garrafas com líquido abrindo os braços durante a rotação) forçando a massa sair do eixo de concentração influenciará na sua velocidade de rotação, sendo assim, quanto mais distante está a massa do eixo de rotação, maior será o momento de inércia.

Nesse experimento mostramos da Velocidade e momento angular utilizando cadeira giratória e roda de bicicleta para evidenciar que o sistema como um todo irá reduzir sua velocidade angular ou de rotação e que para de girar, em relação ao solo, quando o eixo da roda ficar na posição horizontal.

Quando é virado o plano da roda no mesmo sentido anterior, começa a girar em relação ao chão, porém em sentido oposto ao anterior, atingindo a máxima velocidade angular quando o eixo ficar novamente na posição vertical. Já no experimento de movimento de corpo rígido (roda de bicicleta precessão). Essa ideia surgiu para ressaltar que neste ponto no início do movimento a roda de bicicleta girando com alta velocidade se mantém praticamente na vertical.

À medida que sua velocidade diminui com o atrito, a roda se inclina, sofre precessão e, finalmente, cai. Neste momento é importante confirmar que o movimento de precessão ocorre quando o eixo de rotação da roda passa a girar em torno de um eixo externo a ele.

Figura 5: Movimento de corpo rígido (roda de bicicleta precessão)

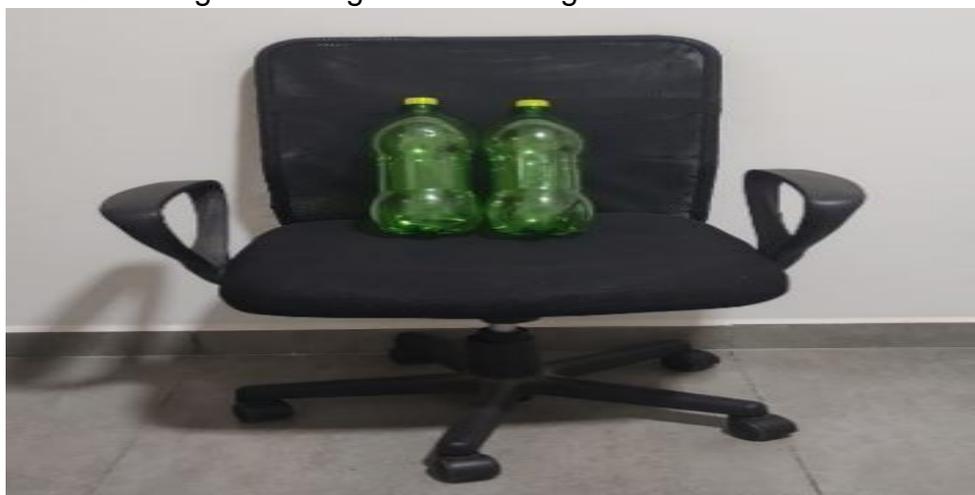


Fonte: O autor, 2022

No estudo da cinemática de um corpo rígido existe um vínculo cinemático, bastante especial, que relaciona a velocidade de dois pontos quaisquer deste corpo. Este vínculo é prontamente derivável da hipótese fundamental de um C.R. De forma geral pode-se dizer que este vínculo permite estabelecer, a cada instante, o campo cinemático (de velocidades e acelerações) que caracteriza um movimento rígido e será empregado neste texto repetidas vezes, nas diversas deduções e teoremas que seguirão. Através do vínculo cinemático de C.R., basta o conhecimento da velocidade.

A figura abaixo demonstra o movimento cinemático.

Figura 6: Cadeira giratória e garrafas com água



Fonte: O autor, 2022

Do ponto de vista cinemático, um Corpo Rígido (C.R.) pode ser definido como um corpo material que guarda a propriedade de invariância de distância relativa entre quaisquer pontos que o constituam. Esta é a propriedade fundamental de um C.R.. Trata-se, obviamente, de uma idealização, um modelo da realidade, porquanto inexistem, senso estrito, corpos materiais totalmente indeformáveis. Embora aparentemente bastante restritiva, a hipótese de C.R. encontra aplicações práticas de grande relevância.

3 METODOLOGIA

O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas mediante o emprego de procedimentos científicos (Costa (2019, p. 42)). O tipo de pesquisa a ser utilizado, assim como a forma de coleta de dados e os critérios adotados para a elaboração do questionário, estão descritos nos itens a seguir.

Segundo Fernandes (2020) existem diversas formas de classificar as pesquisas, porém, as formas clássicas de classificação são: quanto aos objetivos, quanto à forma de abordagem, quanto à natureza e quanto aos procedimentos adotados.

Quanto aos objetivos, a presente pesquisa pode ser classificada como exploratória, pois tem como finalidade desenvolver, esclarecer e explorar o tema escolhido. Segundo Costa (2019, p. 64), —As pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e idéias, tendo em vista, a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores.

Quanto à abordagem, a presente pesquisa pode ser classificada, segundo Sampieri (2013, p. 120), como qualitativa, pois —há um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números.

Já quanto à natureza, pode ser considerada uma pesquisa básica, que, de acordo com os mesmos autores, visa gerar novos e úteis conhecimentos para o avanço da Ciência, porém sem previsão de aplicação prática.

A classificação proposta quanto aos procedimentos técnicos adotados, a presente pesquisa apresenta um estudo de caso, pois objetiva a obtenção de conhecimento profundo e exaustivo de uma realidade delimitada. Yin (2016, p. 73) entende que o estudo de caso é um estudo empírico que pesquisa um —fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas e no qual são utilizadas várias fontes de evidência.

Ao se referir sobre o estudo de caso, Fernandes (2020) acrescenta o estudo de caso do tipo etnográfico. Segundo a autora, para que seja reconhecido como estudo de caso etnográfico, é preciso que este preencha os requisitos da etnografia, que seja um sistema bem delimitado, isto é, uma unidade com limites bem definidos.

E quando utiliza várias fontes de evidências para compreensão do objeto de estudo, no qual os comportamentos relevantes não podem ser manipulados, mas onde é possível se fazer observações diretas e entrevistas sistemáticas (YIN, 2015).

Portanto, o estudo de caso caracteriza-se não só pela capacidade de lidar com uma completa variedade de fontes de evidências na recolha de dados: documentação, registro em arquivos, entrevistas, observação direta, observação participante e artefatos físicos, mas ainda quando:

- 1) o pesquisador coloca as questões do tipo —*comoll* e —*por quell*;
- 2) o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos;
- 3) o foco de interesse se encontra em fenômenos contemporâneos que esteja ocorrendo num contexto da vida real.

O autor considera o estudo de caso um método eclético, em que se podem utilizar diferentes técnicas e métodos que facilitem a compreensão do objeto ou fenômeno em seu contexto (YIN, 2015, p.30).

Já Hernández (2010, p. 56) define o estudo de caso como —o estudo de um exemplo em ação, advertindo que o uso da palavra exemplo tem uma dupla significação. Ainda segundo Hernández (2010), em um estudo de caso a interpretação é feita no contexto estudado, e não fora dele, cujo foco de atenção é o caso.

Nessa direção, entende-se que o estudo de caso é uma alternativa para estudar sistemas ou organizações, mais do que indivíduos.

Com base nessas proposições, considerou-se pertinente fundamentar a presente investigação nos princípios do tipo estudo de caso, considerando que se pretendeu saber: *Como a experimentação voltada a ênfase em movimento dos corpos em rotação pode despertar nos alunos do 1º ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Barão do Rio Branco/ Foz do Iguaçu- Paraná o gosto pelo ensino de física? Esse foi tema selecionado para o estudo do caso.*

3.1 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Segundo Fernandes (2020, p. 33), —A definição do instrumento de coleta de dados dependerá dos objetivos que se pretende alcançar com a pesquisa e do universo a ser investigado. Quanto ao procedimento adotado para a coleta de dados, foram utilizados a pesquisa bibliográfica que, conforme Costa (2019,p.45) —abrange toda a bibliografia já tornada pública em relação ao tema estudado, desde publicações avulsas, boletins, jornais [...].

Para Sampieri (2013, p. 93), entrevista estruturada — é aquela em que o entrevistador segue um roteiro previamente estabelecido, testado a priori com um número *de 10 alunos do 1º ano do ensino médio do período matutino.*

Para os 10 alunos fez-se uma entrevista semi estruturada em horário de aula, com a anuência da direção da Unidade escolar e do professor da sala. A opção pela entrevista deu-se neste trabalho enquanto uma metodologia de investigação própria para captar o discurso dos sujeitos sociais sobre a realidade por eles vivida. A situação de entrevista supõe uma interação entre os sujeitos pesquisador e pesquisado. Por isso, essa interação durante a entrevista supõe a mútua influência entre os sujeitos participantes do processo.

Esta interação merece cuidado especial por parte do pesquisador na etapa do planejamento, no momento de sua execução e, ainda, na análise dos resultados colhidos com a entrevista. A partir dos itens apontados tem-se como imprescindível a entrevista estruturada para o desenvolvimento deste estudo de caso.

Tabela 2 : cronograma de abordagem de atividades em sala de aula

Período	Conteúdo de atividades propostas
1	Velocidade angular, momento angular, torque, inércia.
1	Caracterização de momento angular, caracterização de inércia
2	Conservação do momento angular, questionário, atividade experimental
2	Variação do momento angular (precessão), questionário, atividade experimental

Fonte: O autor, 2022

3.2 LOCAL DA PESQUISA

Colégio Estadual Barão do Rio Branco situado á Rua. Silvino Dalbó, 85 - Jardim Polo Centro, Foz do Iguaçu - PR, 85863-759

Figura 7: Colégio Estadual Barão do Rio Branco



Fonte: O autor, 2022

3.2.1 Participantes da pesquisa

A turma participante da pesquisa foram 10 alunos do 1^o ano do Ensino Médio de uma escola pública situada na cidade de Foz do Iguaçu – Paraná da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias do componente curricular Física . Sendo 07 do sexo feminino e 03 do sexo masculino com a faixa etária entre 15 e 16 anos.

Para a realização da pesquisa o pesquisador contatou o professor regente solicitando a autorização do mesmo e da direção para a aplicação da atividades experimentais de Física A atividade foi desenvolvida em duas aulas com os seguintes momentos : no primeiro momento o pesquisador realizou uma aula expositiva e dialogada revisando os os conceitos teóricos relacionados a temática de movimentos: momento angular, velocidade e precessão No segundo momento ocorreu a realização das atividades experimentais : a) momento angular e a cadeira giratória , b) velocidade e momento angular com o uso de cadeira giratória e roda de bicicleta c) movimento de corpo rígido. Para analisar dos conhecimentos prévios dos participantes, antes do início da realização das atividades experimentais, o pesquisador utilizou como instrumento de coleta de dados um questionário fechado constituído abordando experimento denominado Velocidade e momento angular utilizando cadeira giratória e roda de bicicleta , o experimento denominado de Movimento de corpo rígido (roda de bicicleta e precessão) e contribuição de atividades práticas para compreensão do tema .

4. DISCUSSÕES E RESULTADOS

4.1 DESCRIÇÃO DO APARATO EXPERIMENTAL

Na primeira atividade denominada Momento angular e a cadeira giratória: experimento didático utilizaremos os seguintes materiais: uma cadeira giratória , 02 garrafas PET e água. Objetivo do experimento é elucidar o conceito de momento angular.

Seguindo o roteiro experimental proposto por BONETTI (2016)

- 1) Encher duas garrafas PET com água (colocar o suficiente de água para que você consiga sustentar o peso);
 - 2) Segurar cada garrafa com uma mão;
 - 3) Providenciar uma cadeira giratória semelhante a da Figura 1
- Figura 1 . Cadeira giratória e garrafas PET. Fonte: Gabriel Candido Farias
- 4) Sentar na cadeira e manter os braços abertos;
 - 5) Segurar cada garrafa em uma mão;
 - 6) Pedir para um aluno girar a cadeira ou o aluno que está sentado na cadeira pode se impulsionar utilizando seus pés no chão;
 - 7) Quando estiver girando não deixe os pés encostarem no chão;
 - 8) Fechar os braços e depois de um tempo abra-os novamente e observe o que acontece com o movimento;
 - 9) Fazer um rodízio de alunos e repetir o experimento;

A figura 8 abaixo demonstra o professor executando o experimento com o auxílio de um aluno.



Fonte: O autor, 2022

No segundo experimento denominado Velocidade e momento angular utilizando cadeira giratória e roda de bicicleta: experimento didático foram utilizados os seguintes materiais : a cadeira giratória , uma roda de bicicleta com punhos (pedaleiras enroscadas no eixo). Objetivo do experimento é elucidar o conceito de momento angular. Seguindo o roteiro experimental proposto por NETTO (2011):

- 1) Um aluno senta na cadeira e segura a roda da bicicleta pelos seus punhos segurando pelas pedaleiras de apoio, na sua frente, de modo que o eixo da roda fique na vertical, conforme a Figura 1
- 2) O aluno dá um impulso na roda pondo-a a girar e ele mesmo começa a girar em sentido oposto ao da roda;
- 3) Vagarosamente o aluno deve virar o plano da roda, levando o eixo para a posição horizontal, conforme a Figura 1
- 4) Verificar o que ocorre com a velocidade de rotação da cadeira e do aluno;
- 5) Verificar o que ocorre com o sentido de rotação e com a velocidade angular (ω) se virarmos o plano da roda no mesmo sentido anterior;
- 6) Pedir para o aluno com uma das mãos frear suavemente a cadeira, diminuindo a rotação da roda e conseqüentemente o gira da cadeira começa a diminuir até parar; Evidenciar que tanto a cadeira giratória como o aluno irão reduzir sua velocidade angular (ω) ou de rotação e que o aluno para de girar, em relação ao solo, quando o eixo da roda ficar na posição horizontal.

A Figura 2 demonstra o professor executando o experimento

No terceiro experimento denominado movimento de corpo rígido (roda de bicicleta precessão): experimento didático usaremos os seguintes materiais : uma roda de bicicleta, uma corda amarrada em uma das extremidades da pedaleira de apoio presa ao eixo.

Objetivo do experimento é elucidar o conceito de precessão. Os procedimentos a seguir para executar o experimento são :

- 1) Segurar a corda e soltar a outra extremidade do eixo por causa da força peso aplicada no centro de gravidade da roda, ela irá cair com o eixo na direção vertical.
- 2) Em seguida giremos a roda num certo sentido de rotação e com certa velocidade angular segurando a roda apenas pela corda

A figura 5 demonstra o professor executando o experimento

4.2 AS RESPOSTAS DOS ALUNOS

01-.Ao sentar em uma cadeira giratória parada, segurando uma roda de bicicleta por apoios presos ao eixo e dar impulso em sentido horário para a roda girar. Depois sem encostar os pés no chão,

Quadro 1- Segurando os dois apoios do eixo um em cada mão na posição horizontal, o que irá acontecer com o movimento da cadeira ?

Alternativas de Resposta	FA	FR (%)
Permanecerá parada.	08	80%
Provocará um movimento em sentido horário	02	20%
Provocará um movimento em sentido anti-horário	00	00%

Fonte: O autor, 2022

Nesta primeira questão todos os alunos se equivocaram quanto ao real movimento físico do experimento. A cadeira se movimenta no sentido anti-horário.

No questionamento da pergunta 02, ao sentar em uma cadeira giratória parada, segurando uma roda de bicicleta por apoios presos ao eixo e dar impulso em sentido horário para a roda girar. Depois sem encostar os pés no chão, segurando um apoio preso ao eixo com as duas mãos.

Quadro 2- ainda em posição vertical a frente do corpo. O que irá acontecer com o movimento da cadeira?

Alternativas de Resposta	FA	FR (%)
--------------------------	----	---------

Permanecerá parada.	05	50%
Provocará um movimento em sentido horário	05	50%
Provocará um movimento em sentido anti-horário	00	00%

Fonte: O autor, 2022

Nesta segunda questão 50% dos alunos acertaram quanto ao real movimento físico do experimento. A cadeira permanece parada quando a roda gira no sentido vertical ao sistema. A terceira questão abordou a seguinte situação o sentar em uma cadeira giratória parada, segurando uma roda de bicicleta por apoios presos ao eixo e dar impulso em sentido horário para a roda girar. Depois, sem encostar os pés no chão, segurando um apoio preso ao eixo.

Quadro 3 - com as duas mãos ainda em posição horizontal acima da cabeça. O que irá acontecer com o movimento da cadeira?

Alternativas de Resposta	FA	FR (%)
Permanecerá parada.	03	30%
Provocará um movimento em sentido horário	04	40%
Provocará um movimento em sentido anti-horário	03	30 %

Fonte: O autor, 2022

Nesta terceira questão apenas 30% dos alunos acertaram quanto ao real movimento físico do experimento. A cadeira se movimenta no sentido anti-horário. Quando o aluno vira o plano da roda no mesmo sentido anterior, começa a girar em relação ao chão, porém em sentido oposto ao anterior, atingindo a máxima velocidade angular (ω) quando o eixo ficar novamente na posição vertical.

Caso o aluno gire a roda (dando vários impulsos com uma das mãos) enquanto ela se apresenta com eixo horizontal, nenhuma rotação se observará para a cadeira em relação ao solo. Mas, quando ele girar o plano da roda de modo a passar o eixo para a posição vertical, a cadeira girará em sentido oposto ao giro da roda. Virando novamente a roda, de outros 90o , levando novamente o eixo para a horizontal, a cadeira irá parar seu giro.

Quando o aluno sentado na cadeira giratória sem contato com o chão segura uma roda de bicicleta que gira no sentido anti-horário, por exemplo, o sistema cadeira – pessoa - roda possui certo momento angular (L) que é caracterizado pelo vetor velocidade angular (ω) no sentido anti-horário. Quando ele inverte a posição de roda, há uma variação do momento angular pelo fato de que a velocidade angular agora está no sentido horário. Para que haja conservação do momento angular o sistema gira no sentido horário.

Convém observar, porém, que tanto no caso do experimento denominado momento angular e a_cadeira giratória quanto no experimento denominado velocidade e momento angular utilizando cadeira giratória e roda de bicicleta, o que ocorre depende da conservação do momento angular (L), pois o momento angular se conserva porque o torque da força peso que age na vertical no sistema cadeira – pessoa – roda de bicicleta é nulo. Já em relação ao experimento denominado de movimento de corpo rígido (roda de bicicleta precessão): experimento didático. O questionário abordou a seguinte questão norteadora:

- 1- Se segurarmos uma roda de bicicleta por uma corda presa a um dos apoios fixos ao eixo.

Quadro 4 - O que acontecerá com a posição da roda quando soltarmos o outro apoio?

Alternativas de Resposta	FA	FR (%)
Irá ficar suspensa na horizontal	06	60%
Irá ficar suspensa na vertical	00	00%
Irá ficar suspensa na diagonal	04	40 %

Fonte: O autor, 2022

Nesta primeira questão 60% dos alunos acertaram quanto ao real comportamento físico do experimento. A posição da roda se manterá na horizontal.

- 2- Se segurarmos uma roda de bicicleta por uma corda presa a um dos apoios fixos ao eixo. Em seguida giraremos a roda em sentido horário de rotação,

Quadro 5 - o que acontecerá com a posição da roda quando segurarmos o sistema apenas pela corda?

Alternativas de Resposta	FA	FR (%)
--------------------------	----	---------

Irá ficar suspensa na horizontal	05	50%
Irá ficar suspensa na vertical	05	50%
Irá ficar suspensa na diagonal	00	00 %

Fonte: O autor, 2022

Nesta segunda questão 50% dos alunos acertaram quanto ao real comportamento físico do experimento. A posição da roda se manterá na vertical.

3- Se segurarmos uma roda de bicicleta por uma corda presa a um dos apoios fixos ao eixo. Em seguida giraremos a roda em sentido anti-horário de rotação,

Quadro 6 - o que acontecerá com a posição da roda quando segurarmos o sistema apenas pela corda?

Alternativas de Resposta	FA	FR (%)
Irá ficar suspensa na horizontal	03	30%
Irá ficar suspensa na vertical	04	40%
Irá ficar suspensa na diagonal	03	30 %

Fonte: O autor, 2022

Nesta segunda questão 40% dos alunos acertaram quanto ao real comportamento físico do experimento. A posição da roda se manterá na vertical.

Vemos que o disco não cai porém ele executa o movimento giratório em torno da corda chamado de movimento de pressão por causa do movimento de rotação da roda ele cria um momento angular que é representado por um vetor na mesma direção do eixo da roda, a força peso cria um torque sobre a roda que tende a mudar esta direção do vetor momento angular para compensar esta mudança a roda começa a pressionar se tirarmos a roda num sentido contrário agora com certa velocidade angular no sentido oposto.

Podemos ver que a roda passa a pressionar no sentido contrário este efeito chamado de conservação do momento angular explica porque é mais fácil se manter na vertical numa bicicleta quando as rodas estão girando quanto maior a velocidade angular das rodas mais difícil de cair com de mudar a direção do vetor momento angular.

Em relação a realização das atividades experimentais para o ensino de física , os participantes afirmaram em unanimidade que esse tipo de atividade é uma ótima estratégia de ensino que facilita a assimilação e compreensão do conteúdo abordado.

4.3 - RESPOSTAS DO PROFESSOR PARA COM OS EXPERIMENTO

Em relação ao experimento denominado Momento angular e a cadeira giratória: experimento didático pode-se observar que a partir do momento que a cadeira é posta a girar, estando com os pés não encostados no chão e desprezando a força de atrito do ar, o torque realizado é nulo. Enquanto os braços estão esticados segurando as garrafas PET, o aluno participante da atividade experimental possui um determinado momento de inércia, ao juntar seus braços observa-se o seu momento de inércia diminuindo, pois a massa está concentrada próxima ao eixo de rotação do corpo. Para que o momento angular se conserve, a velocidade angular do corpo deve, então, aumentar.

Em relação ao experimento denominado Velocidade e momento angular utilizando cadeira giratória e roda de bicicleta: experimento didático. Nesta primeira questão todos os alunos se equivocaram quanto ao real movimento físico do experimento. A cadeira se movimenta no sentido anti-horário.

No questionamento da pergunta 02 sobre ao sentar em uma cadeira giratória parada, segurando uma roda de bicicleta por apoios presos ao eixo e dar impulso em sentido horário para a roda girar. Depois sem encostar os pés no chão, segurando um apoio preso ao eixo com as duas mãos ainda em posição vertical a frente do corpo.

Nesta segunda questão 50% dos alunos acertaram quanto ao real movimento físico do experimento. A cadeira permanece parada quando a roda gira no sentido vertical ao sistema.

A terceira questão abordou a seguinte situação o sentar em uma cadeira giratória parada, segurando uma roda de bicicleta por apoios presos ao eixo e dar impulso em sentido horário para a roda girar. Depois, sem encostar os pés no chão, segurando um apoio preso ao eixo com as duas mãos ainda em posição horizontal acima da cabeça.

Nesta terceira questão apenas 30% dos alunos acertaram quanto ao real movimento físico do experimento. A cadeira se movimenta no sentido anti-horário.

Quando o aluno vira o plano da roda no mesmo sentido anterior, começa a girar em relação ao chão, porém em sentido oposto ao anterior, atingindo a máxima velocidade angular (ω) quando o eixo ficar novamente na posição vertical.

Caso o aluno gire a roda (dando vários impulsos com uma das mãos) enquanto ela se apresenta com eixo horizontal, nenhuma rotação se observará para a cadeira em relação

ao solo. Mas, quando ele girar o plano da roda de modo a passar o eixo para a posição vertical, a cadeira girará em sentido oposto ao giro da roda. Virando novamente a roda, de outros 90o , levando novamente o eixo para a horizontal, a cadeira irá parar seu giro.

Quando o aluno sentado na cadeira giratória sem contato com o chão segura uma roda de bicicleta que gira no sentido anti-horário, por exemplo, o sistema cadeira – pessoa - roda possui certo momento angular (L) que é caracterizado pelo vetor velocidade angular (ω) no sentido anti-horário. Quando ele inverte a posição de roda, há uma variação do momento angular pelo fato de que a velocidade angular agora está no sentido horário. Para que haja conservação do momento angular o sistema gira no sentido horário.

Convém observar, porém, que tanto no caso do experimento denominado momento angular e a cadeira giratória quanto no experimento denominado velocidade e momento angular utilizando cadeira giratória e roda de bicicleta, o que ocorre depende da conservação do momento angular (L), pois o momento angular se conserva porque o torque da força peso que age na vertical no sistema cadeira – pessoa – roda de bicicleta é nulo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da abordagem proposta pode-se observar que as aulas práticas de física são importantes na vida escolar do aluno , criando uma ligação com a teoria e a prática contribuindo com a aprendizagem.

A utilização de aulas experimentais em sala de aula tornou-se um ferramenta indispensável para os educadores. Com este trabalho conseguimos provar que com materiais simples e de fácil acesso é possível desenvolver conceitos físicos e ao mesmo tempo atrair a atenção e interesse do aluno que por vezes não se alcança por completo em uma aula com abordagem completamente teórica, pois para os alunos a pratica é ter o conhecimento em suas mãos assim fazendo presente o conhecimento científico no seu cotidiano.

REFERÊNCIAS

ACERVO YOUTUBE (Física do Ensino Médio). **Conservação do momento angular: banqueta.** Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=ORauOfpmkJQ&ab_channel=F%C3%ADsicadoEnsinoM%C3%A9dio acesso em 20 de novembro de 2022.

ACERVO YOUTUBE (Física do Ensino Médio). **Experimentos - Roda de bicicleta: precessão.** Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=2iaQk4j6NRU&list=RDCMUFC5gm-yrOeDq1sSmEgCh0w&index=2&ab_channel=FisicaUniversit%C3%A1ria acesso em 20 de novembro de 2022.

ACERVO YOUTUBE (Física do Ensino Médio). **Movimentos do Corpo Rígido | Experimentos - Banqueta roda de bicicleta.** Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=DIQRatY1tdI&list=RDCMUFC5gm-yrOeDq1sSmEgCh0w&index=1&ab_channel=FisicaUniversit%C3%A1ria acesso em 20 de novembro de 2022.

COSTA, Arlindo. **Metodologia da Pesquisa.** Mafra (SC): Editora Nosde, 2019.

FERNANDES, Catarina Costa. **Metodologia da Pesquisa em Educação.** Mafra: Nitran, 2020.

COSTA, Jefferson Maia da. Proposta de uma metodologia para abordagem da conservação do momento angular no ensino médio. 2015. xii, 100 f., il. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física)—Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

<https://repositorio.unb.br/handle/10482/23350>

HERNÁNDEZ, Fernando. **Cultura visual, mudança educativa e projeto de trabalho.** Porto Alegre: Artmed, 2010.

OLIVEIRA, Claudinei **Gomes de.** **Uma proposta para a inserção do conteúdo de momento angular no ensino médio.** 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2019.

<http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4460>

RICARDO, Elio Carlos et al. **As Ciências no Ensino Médio e os Parâmetros Curriculares Nacionais: da proposta à prática.** [s.l.: s.n.], 2001. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/80406>. Acesso em: 20 de novembro de 2022.

SAMPIERI, R. H. **Metodologia de pesquisa.** 5ª. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

VIDEO. **Conservação do momento angular: banqueta.** Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=ORauOfpmkJQ&ab_channel=F%C3%ADsicadoEnsinoM%C3%A9dio acesso em 20 de novembro de 2022.

7 APÊNDICES

7.1 QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Esse questionário tem por objetivo analisar seus conhecimentos acerca das atividades experimentais realizadas em sua turma. Desde já agradeço sua participação e colaboração

- a) Sexo : () masculino () feminino
b) Idade : _____ anos
c) Ano de Escolaridade : _____

Experimento movimento de corpo rígido (cadeira giratória)

- 1) Ao sentar em uma cadeira giratória parada, segurando uma roda de bicicleta por apoios preso ao eixo e dar impulso em sentido horário para a roda girar. Depois sem encostar os pés no chão, segurando os dois apoios do eixo um em cada mão na posição horizontal. O que irá acontecer com o movimento da cadeira ?

Permanecerá parada.

Provocará um movimento em sentido horário

Provocará um movimento em sentido anti-horário

- 2) Ao sentar em uma cadeira giratória parada, segurando uma roda de bicicleta por apoios presos ao eixo e dar impulso em sentido horário para a roda girar. Depois sem encostar os pés no chão, segurando um apoio preso ao eixo com as duas mãos ainda em posição horizontal a frente do corpo. O que irá acontecer com o movimento da cadeira?

Permanecerá parada.

Provocará um movimento em sentido horário

Provocará um movimento em sentido anti-horário

3) Ao sentar em uma cadeira giratória parada, segurando uma roda de bicicleta por apoios presos ao eixo e dar impulso em sentido horário para a roda girar. Depois, sem encostar os pés no chão, segurando um apoio preso ao eixo com as duas mãos ainda em posição horizontal acima da cabeça. O que irá acontecer com o movimento da cadeira?

Permanecerá parada.

Provocará um movimento em sentido horário

Provocará um movimento em sentido anti-horário

Experimento movimento de corpo rígido (roda de bicicleta precessão)

1) Se segurarmos uma roda de bicicleta por uma corda presa a um dos apoios fixos ao eixo. O que acontecerá com a posição da roda quando soltarmos o outro apoio?

Irá ficar suspensa na horizontal

Irá ficar suspensa na vertical

Irá ficar suspensa na diagonal

2) Se segurarmos uma roda de bicicleta por uma corda presa a um dos apoios fixos ao eixo. Em seguida giraremos a roda em sentido horário de rotação, o que acontecerá com a posição da roda quando segurarmos o sistema apenas pela corda?

Irá girar suspensa na horizontal

Irá girar suspensa na vertical

Irá girar suspensa na diagonal

3) Se segurarmos uma roda de bicicleta por uma corda presa a um dos apoios fixos ao eixo. Em seguida giraremos a roda em sentido anti-horário de rotação, o que acontecerá com a posição da roda quando segurarmos o sistema apenas pela corda?

Irá girar suspensa na horizontal

Irá girar suspensa na vertical

Irá girar suspensa na diagonal

Com a realização do experimento você conseguiu ver e entender o funcionamento e a visualização do movimento de um corpo rígido (cadeira)?

Sim

Não

Você considera que esse tipo de atividade para aulas de Física é um bom recurso para entender o conteúdo :

Sim

Não