

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
LICENCIATURA EM FÍSICA
FIS 99001 – ESTÁGIO DOCENTE EM FÍSICA

**UMA EXPERIÊNCIA DOCENTE: PLANEJAMENTO, ELABORAÇÃO E
EXECUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA
DESENVOLVIDA COM ESTUDANTES DO NÍVEL BÁSICO DE ENSINO**

Marcelo Poletto Franco

Porto Alegre

2016

Marcelo Poletto Franco

**UMA EXPERIÊNCIA DOCENTE: PLANEJAMENTO, ELABORAÇÃO E
EXECUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA
DESENVOLVIDA COM ESTUDANTES DO NÍVEL BÁSICO DE ENSINO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado ao Instituto de Física da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial
para a obtenção do título de licenciado em Física.

Área de habilitação: Licenciatura em Física

Orientador: Prof. Dr. Ives Solano Araújo

Porto Alegre

2016

SUMÁRIO

1. Introdução	4
2. Fundamentação teórico-metodológica	5
2.1 Objetivos gerais	5
2.2 Perspectivas de ensino adotadas	6
2.3 Perspectiva de aprendizagem adotada	9
3. Observação e monitoria	11
3.1 Caracterização do contexto escolar vivenciado	11
3.2 Caracterização do tipo de ensino	14
3.3 Relatos das observações e monitorias	16
4. Planejamento.....	30
4.1 Desenvolvimento do plano de ensino	30
4.2 Planos de aula	32
5. Regência.....	39
5.1 Primeira aula.....	39
5.2 Segunda aula.....	41
5.3 Terceira aula	44
5.4 Quarta aula.....	46
5.5 Quinta aula.....	48
5.6 Sexta aula.....	50
5.7 Sétima aula	53
5.8 Oitava aula.....	54
6. Considerações finais	56
7. Referências bibliográficas.....	59
Apêndice A – Cronograma de Regência.....	61
Apêndice B – Material Didático	64
B.1 - Textos.....	65
B.2 – Material utilizado nas atividades experimentais	74
B.3 – Questões conceituais abordadas utilizando o método IpC	75
B.4 – Avaliação final	78

“[A educação popular é] a mais criadora de todas as forças econômicas, a mais fecunda de todas as medidas financeiras”

(Rui Barbosa, 1883)

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho é uma descrição da elaboração e aplicação de uma sequência didática para o ensino de física, desenvolvida com alunos da educação básica durante a realização do estágio em docência do curso de licenciatura em física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Esta atividade didática foi desenvolvida durante oito semanas totalizando 16 horas-aula, sendo que o cronograma de regência havia sido planejado considerando 14 horas-aula.

Os aspectos que se desejou destacar das questões discutidas, tratadas através das abordagens de ensino adotadas, são os que constituem o que acreditamos ser um ensino significativo, contextualizado, de relevância social, crítico e problematizado. Um ensino que abranja tais aspectos é considerado como fundamental para que a educação cumpra seu papel mais elementar, e esta atividade foi realizada buscando esse fim, dentro das circunstâncias existentes, desde o desinteresse de parte dos sujeitos da aprendizagem até o tempo durante o qual a demanda educacional para esta disciplina específica deve ser cumprida no âmbito da educação básica.

Para a elaboração da atividade foi necessário conhecer a realidade e as condições dentro das quais se atuaria. Foi elaborada com base em observações de aulas ministradas para alunos do nível básico de ensino, na monitoria a eles realizada, assim como nas características gerais da instituição de ensino visitada. Os relatos serão aqui apresentados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

2.1 Objetivos gerais

Se pretendeu com esse trabalho planejar e aplicar o ensino de um assunto em particular, dentro do domínio da Física, escolhido de acordo com a necessidade do cumprimento da continuidade de um cronograma de ensino previamente estabelecido pelo Departamento de Ciências Exatas e da Natureza da instituição de ensino onde este estágio em docência foi realizado. O assunto tratado foi movimentos de rotação.

Para que se possa introduzir esta parte do presente trabalho que se inicia situando a abordagem de ensino que se acredita ser adequada é preciso ter em vista a questão da finalidade da educação científica, sobretudo das ciências da natureza. A ciência é encarada aqui como uma construção gradual de um conhecimento sistematizado que se desenvolve por fatores diversos. É encarada como uma atividade que é influenciada pelo *meio* em que é produzida e que ao mesmo tempo o transforma.¹ Entende-se que, hoje, através do processo de globalização, as proporções das transformações incitadas pela ciência e pelos avanços tecnológicos são ampliadas.

Da escola tradicional herdou-se um ensino científico excessivamente técnico, percebido até hoje no ambiente escolar, dado como se a ciência fosse um corpo de conhecimentos finalizado, inibindo assim o questionamento das conclusões científicas, das suas questões não solucionadas e das aplicações da ciência e da tecnologia. Em geral, um ensino desvinculado da realidade, pelo qual se produz um conhecimento pouco abrangente, abordados sem contextualização com o momento e com os determinantes do desenvolvimento científico ou tecnológico em análise relacionado ao “conteúdo” ensinado, e muitas vezes não abordados na dimensão social da utilização dos conhecimentos científicos e das consequências das tecnologias a eles relacionadas.

Neste planejamento é adotada uma abordagem pela qual se tenta cumprir duas funções; a de compartilhar o conhecimento científico formal e a de incitar o questionamento de seu surgimento e da utilização deste conhecimento e das tecnologias relacionadas. Tenta-se evitar ênfase exagerada ao primeiro dos papéis da educação científica acima mencionados, com o intuito de evitar um conhecimento limitado a uma perspectiva pouco abrangente. O

¹ O *meio* é entendido no âmbito social e ambiental.

conhecimento científico pode ser compreendido dialeticamente a partir dos aspectos *social, histórico e filosófico*. Esperou-se que isso pudesse contribuir para mostrar que o conhecimento científico é uma espécie de aprimoramento do conhecimento humano e com isso torná-lo mais acessível às pessoas.

2.2 Perspectivas de ensino adotadas

A abordagem sobre os temas motivadores do assunto tratado se apoiou sobre a *pedagogia histórico crítica* e o ensino CTS (*Ciência-Tecnologia-Sociedade*). Nesta última, está abrangida também a questão ambiental, tangenciada com a abordagem adotada. Tal abordagem permite que se trabalhe interdisciplinarmente, o que possibilita ao aluno compreender as questões sob uma perspectiva mais abrangente, compreendendo a real dimensão da ciência. Se tratam de perspectivas educacionais pelas quais se pode encarar a ciência e a tecnologia de uma forma mais ampliada, socialmente, politicamente e filosoficamente analisadas, evitando ao menos um reducionismo exagerado.

A *pedagogia histórico-crítica* se firmou no ano de 1979 como uma corrente pedagógica com ênfase na questão educacional com base no desenvolvimento histórico objetivo. Demerval Saviani, seu principal idealizador, argumenta que a concepção pressuposta nesta visão da pedagogia histórico-crítica é o materialismo histórico, isto é, a compreensão da história a partir do desenvolvimento material, da determinação das condições materiais da existência humana (SAVIANI, 2011, p. 5).

[A pedagogia histórico-crítica] trata-se de uma abordagem centrada mais no aspecto polêmico do que no aspecto gnosiológico. [...] Não se trata de uma exposição exaustiva e sistemática, mas da indicação de caminhos para a crítica do existente e para a descoberta da verdade histórica.

(SAVIANI, 2011, p. 5)

Cabe salientar, entretanto, que o aspecto gnosiológico é também considerado, apesar de o aspecto social ter grande ênfase, pois nunca pode ser evitada uma reflexão sobre a própria natureza do conhecimento científico, sobre sua precisão e sua verdade objetiva, centrando este aspecto em uma perspectiva realista crítica. Entretanto, não se pretende, com esta abordagem, prender a análise, no sentido gnosiológico, a alguma epistemologia da ciência específica, isto é, analisar a epistemologia do conhecimento científico sob uma perspectiva particular. Considera-se, neste trabalho, que as epistemologias da ciência possam servir para uma reflexão

aberta sobre o conhecimento científico, sem que uma epistemologia em particular seja adotada – pelo menos conscientemente – por acreditar que isso possa restringir o domínio transitável de análise da ciência. Diversificando as perspectivas, esse domínio se amplia e possibilita o debate.

O movimento CTS surgiu na Europa, Estados Unidos, Canadá e Austrália. Os motivos que propiciaram o surgimento das propostas de ensino CTS foram o agravamento dos problemas ambientais pós-guerra, a tomada de consciência de muitos intelectuais com relação às questões éticas, a qualidade de vida da sociedade industrializada, a necessidade da participação popular nas decisões públicas, estas cada vez mais sob o controle de uma elite que detém o conhecimento científico e, sobretudo, o medo e a frustração decorrentes dos excessos tecnológicos (WAKS, 1990). Educação científica com ênfase em CTS é aquela que tem como foco, entre outras coisas, abordar o conhecimento científico no seu contexto social, econômico e político.

O conteúdo dos currículos de CTS tem um caráter multidisciplinar (SOLOMON, 1993b). Os conceitos são sempre abordados em uma perspectiva relacional, de maneira a evidenciar as diferentes dimensões do conhecimento estudado, sobretudo as interações entre ciência, tecnologia e sociedade (SANTOS e MORTIMER, 2002).

Pode-se perceber que essas duas perspectivas educacionais – a *pedagogia histórico-crítica* e o *movimento CTS* – dão suporte para que se atinja um dos objetivos mencionado no início deste capítulo, isto é, a ciência abordada como uma construção social e gradual de um conhecimento sistematizado, que é impulsionado por fatores diversos.

A ciência se converte em cientificismo quando esquecemos de seus condicionantes sociais, econômicos ou políticos [...]

(DAMKE, 1995, p. 65)

Tudo se passa como se fazer ciência fosse algo desconectado da realidade, como se o saber científico não tivesse raízes em meios sociais e ideológicos, como se a produção científica nunca respondesse a motivações sócio-políticas e/ou instrumentais, como se não contemplasse temas da atualidade, como se não tivesse utilidade social ou essa utilidade se restringisse a uma porta de acesso a estudos posteriores.

(SANTOS, 1999)

Uma forte relação entre as duas perspectivas educacionais adotadas é a ênfase na prática social. Tanto em uma como na outra, a prática social é o ponto de partida e o ponto de chegada do processo de ensino. Escolheu-se uma questão relevante e em seguida tecnologias a ela relacionadas seriam discutidas e analisadas. Com isso, planejou-se abordar conhecimentos científicos por trás das tecnologias analisadas relacionados ao assunto de Física tratado nas aulas, que são retomadas e analisadas posteriormente com outro grau de entendimento por parte do aluno. Por fim, a questão inicial é rediscutida, esperando assim que se tenha desenvolvido uma outra perspectiva a respeito.

Planejou-se iniciar uma discussão sobre o movimento de satélites e a questão da tecnologia espacial. Isso serviria como um ponto de partida do processo educacional pretendido. Tentando partir de experiências vivenciadas pelos alunos, questões iniciais foram incluídas com o intuito de fazê-los perguntarem-se se viam alguma relação da tecnologia espacial com suas vidas, discutindo assim o uso social dessas tecnologias e as transformações ocasionadas na sociedade moderna.

Para tentar desenvolver um ambiente durante as aulas que possibilitasse a interação entre os alunos, podendo assim discutir sobre os assuntos tratados em aula, foi utilizado em algumas das aulas o método de *Instrução pelos Colegas (IpC)*, desenvolvido por Eric Mazur. Consiste em lançar à classe questões conceituais de múltipla escolha para que, após analisarem individualmente e escolherem uma resposta e uma justificativa para a escolha, é feita uma verificação das suas respostas por meio de cartões contendo as letras correspondentes a cada alternativa. No caso de haver um número significativo de respostas erradas, é planejado iniciar mais um curto período de tempo para que os alunos discutam entre si, preferencialmente com colegas que marcaram respostas diferentes, para que tentem se convencer uns aos outros. Se, na primeira votação, cerca de 75 % dos alunos acerta a resposta, é feita uma explanação sobre a solução e logo passa para a questão seguinte. A principal meta que se deseja atingir com este método é promover a aprendizagem dos conceitos fundamentais do assunto em estudo, através da interação entre os estudantes (ARAÚJO e MAZUR, 2013). Esse método permite que a aprendizagem se dê de forma dialogada e discutida com exposição de ideias por parte dos alunos, sendo uma estratégia para turmas de alunos que conversam demais. Através desse método tentou-se fazer com que a constante necessidade de comunicação por parte dos estudantes em sala de aula se transformasse em algo construtivo para o processo de ensino-aprendizagem.

2.3 Perspectiva de aprendizagem adotada

Ambas as metodologias de ensino centram o processo de ensino-aprendizagem em questões tomadas como ponto de partida que possibilitem partir de algo concreto, preferencialmente que sejam socialmente relevantes frente aos problemas do mundo moderno e que tenha relação com a vida do estudante, senão, incitar o questionamento dessa relação. Isso possibilita que possamos esperar uma aprendizagem significativa, que faça sentido na vida do estudante. Portanto, foi considerada como sustentação à metodologia pretendida a Teoria da Aprendizagem Significativa do pesquisador norte-americano David Paul Ausubel, com a qual sustentava que o ensino ideal ocorre quando os novos conhecimentos têm relação com os conhecimentos prévios do aluno. Assim, segundo Ausubel, espera-se que o aluno, estimulado por alguma situação concreta trazida pelo professor, amplie e reconfigure a informação anterior – seu entendimento anterior – a respeito transformando-a em nova informação (MOREIRA e MASINI, 2002). Um conceito novo, portanto, que seja ensinado em sala de aula, não irá substituir os conhecimentos prévios, mas sim ampliá-los e, nas palavras de Ausubel, reconfigurá-los. Para isso, se torna necessário considerar o contexto em que o aluno está inserido, assim como a relação social da questão trazida pelo professor, podendo com isso saber como o aluno pensa a respeito de determinada situação facilitando e dando significação à aprendizagem.

Muitas vezes o processo de ensino-aprendizagem acaba se dando sobre a perspectiva de que, para entender os novos conceitos, o aluno deve abandonar seus conhecimentos prévios, constituindo assim um processo em que a assimilação ocorre a partir de algo em geral subjetivo do ponto de vista do aluno, tendo consequências que possivelmente explicam em parte o insucesso de muitos estudantes.

As metodologias de ensino adotadas e a sustentação teórica do processo de ensino-aprendizagem buscado durante a realização deste estágio convergem para um ponto em comum em relação ao ensino de ciências: a aprendizagem deve trazer significado para o sujeito que está aprendendo, de forma que ele compreenda a real dimensão das questões tratadas, trazidas pelo professor.

A teoria da aprendizagem de Ausubel foi apresentada no contexto educacional em um momento em que as ideias behavioristas predominavam, no ano de 1963. Vai frontalmente

contra tais ideias predominantes. Trazia o argumento de que o fator isolado mais importante que influencia o aprendizado é o conhecimento prévio do estudante, enquanto predominava a ideia de que para ensinar se desconsidera o que o estudante já sabe (MOREIRA e MASINI, 2002). Tal concepção de ensino pode resultar em uma aprendizagem ambígua, ou mesmo arbitrária, possibilitando a coexistência de concepções distintas sobre um mesmo objeto de estudo, do ponto de vista do estudante.

Para tentar fugir de tal linha de ensino, tentando-se com isso evitar uma aprendizagem mecânica, a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel foi considerada durante o planejamento e a execução deste estágio em docência. Na primeira aula do período de regência, como já mencionado, planejou-se iniciar uma discussão sobre fenômenos e tecnologias relacionados ao assunto de Física que os alunos estariam estudando nas aulas seguintes. Assim, esperava-se que isso possibilitasse que os alunos trouxessem suas concepções prévias em relação ao entendimento que tinham sobre tais questões e se questionassem a respeito do uso social e das influências dessas tecnologias na sociedade moderna. Entretanto, como será descrito mais adiante, esta abordagem de ensino acabou ficando comprometida frente ao período de tempo durante o qual o cronograma mínimo de tópicos dentro do assunto geral deveria ser cumprido.

3. OBSERVAÇÃO E MONITORIA

3.1 Caracterização do contexto escolar vivenciado

A instituição de ensino em que foi realizado este estágio em docência é o Colégio de Aplicação, vinculado à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, localizado em Porto Alegre/RS.

Instituído através do Decreto Lei 9.053/46, o Colégio de Aplicação da UFRGS foi criado, em 1954, com a finalidade de



Colégio de Aplicação/UFRGS

proporcionar prática docente aos alunos dos cursos de licenciatura da Faculdade de Filosofia, o que viria a ocorrer em outras Faculdades de Filosofia das universidades federais do País. O primeiro regulamento da instituição tinha por finalidades: “ministrar o ensino secundário a seus alunos; servir à prática docente e aos estágios dos alunos do curso de licenciatura; servir de campo de investigação pedagógica para a Faculdade de Filosofia”. No final de 1959 a Universidade e o Inep firmaram um acordo para a manutenção do Centro Regional de Pesquisas Educacionais (CRPE), que estaria integrado ao Departamento de Educação da Faculdade de Filosofia e ao Colégio de Aplicação (ALMEIDA, 2015).

Os alunos do Colégio de Aplicação provinham de uma determinada elite intelectual de Porto Alegre, muitas vezes provenientes de escolar particulares. O ingresso se dava por prova de conhecimentos, em que apenas os melhores eram classificados. Atualmente, a prática de seleção para ser aluno da instituição é sorteio, adotado a partir de 1982 (ALMEIDA, 2015).

Com isso, como pode-se observar, foi possível a inserção de outras camadas sociais, tendo hoje, inclusive, educação de jovens e adultos (EJA). Entretanto, em 2003, predominantemente frequentavam alunos provenientes de famílias em boa situação econômica e com bom grau de escolaridade. Aparentemente a escola é frequentada por alunos de famílias que procuram especificamente qualidade de ensino, pelo reconhecimento que a escola tem no contexto educacional de Porto Alegre (ALMEIDA, 2015).

Segundo informações coletadas no site da instituição², ao longo dos anos, o Colégio de Aplicação vem desenvolvendo novas propostas pedagógicas, sendo pioneiro, no trabalho com classes experimentais, conselho de classe, conselho de classe participativo, professores especialistas nas disciplinas de Educação Física, Música e Línguas Estrangeiras nas séries iniciais, ensino por níveis de Língua Inglesa e também o oferecimento de Espanhol, Francês e Alemão como partes integrantes do currículo, implantação de laboratórios de ensino, desenvolvendo estudos especiais e atendimento às diferenças individuais, tendo em vista a recuperação e aceleração do ensino, opção por modalidades esportivas, projeto interdisciplinar em 5ª e 6ª séries do ensino fundamental, oferecimento de Artes, Teatro e Música em todas as séries da educação básica e outros projetos de pesquisa e extensão, em anexo. Além disso, é também responsável pela formação inicial (estágios) e continuada de professores. O Colégio constitui-se em um centro de investigação educacional que atende objetivos de um saber reflexivo consonante com as necessidades da sociedade em que está inserido. A Educação de Jovens e Adultos (EJA) do Colégio de Aplicação da UFRGS atualmente conta com cerca de 100 alunos no Ensino Médio. Alguns destes alunos fazem parte do quadro de servidores da Universidade e atuam em diversas áreas; outros trabalham para empresas, onde desempenham funções variadas e alguns são autônomos. A modalidade trabalha por componentes curriculares e não por disciplina, na busca pelo ensino multidisciplinar e não compartimentalizado. A metodologia utilizada contempla aulas práticas e expositivas, privilegiando o conhecimento prévio que o aluno adulto já possui. Os professores permanentemente instigam o diálogo, o qual promove a inserção do aluno na sua própria construção do conhecimento.

A instituição tem grande porte e possui salas próprias para o ensino de cada área do conhecimento; possui os departamentos de Comunicação, Ciências Exatas e da Natureza, Expressão e Movimento e o departamento de Humanidades.

Notoriamente, é uma instituição de ensino com uma estrutura física e organizacional privilegiada em relação às demais escolas públicas da região. Cabe salientar que se trata de uma escola vinculada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o que a diferencia das demais escolas públicas, e mesmo pela sua história, marcada por uma postura educacional mais crítica ao colocar em prática metodologias de ensino incomuns aos padrões da época em que surgiu. Conforme pesquisa indicada, realizada em 2003, a questão do trabalho se mostrava importante na representação que os alunos da instituição fazem de seu futuro. A pesquisa mencionada

² www.ufrgs.br/colégiodeaplicacao/

mostra que boa parte dos alunos da instituição tem grande preocupação com desemprego e satisfação profissional, o que mostra que a perspectiva de vida está bem presente na comunidade discente da escola, levando em conta que o perfil dos alunos deva ainda ser o mesmo.

Em relação ao corpo discente com quem foi possível conviver durante a realização desse estágio em docência, além dos aspectos observados na pesquisa acima mencionada, mesmo tendo sido realizado há mais de uma década, foi observado um grau de envolvimento político bem elevado por parte de um grande número de alunos. Tanto é que em um dos dias em que uma das aulas de regência seria realizada, uma grande parte dos alunos aderiu a manifestações políticas e protestos de âmbito nacional e assim a aula foi adiada para a semana seguinte.

A maior parte do corpo discente do nível médio de ensino era constituída por alunos que haviam iniciado a educação básica na própria escola. Sendo assim, já estavam habituados com o seu contexto, que possibilitava acesso dos alunos a plataformas digitais de apoio à aprendizagem, o que inclusive facilitou a execução deste estágio em docência.

As observações das aulas que antecederam a regência possibilitaram caracterizar genericamente as turmas. Foram observadas aulas de Física para as duas turmas do primeiro ano de ensino médio. Uma delas era a turma 102, com a qual este estágio em docência foi efetivamente desenvolvido e que será descrita com mais detalhes a seguir. Todos os alunos dessas turmas tinham idade adequada à série em que se encontravam; entre 14 e 15 anos de idade. Notoriamente, alguns com sérias dificuldades em se comportar em um ambiente de sala de aula, o que comprometia o aprendizado dos demais. Como já mencionado, uma grande parte apresentava uma boa perspectiva de vida, objetivando a continuação dos estudos com posterior ingresso no ensino superior. Tinham forte vínculo com o contexto acadêmico por estarem em uma instituição que faz parte de uma universidade, o que possibilitava que vislumbrassem alguma escolha profissional.

Também foram observadas duas turmas do programa de Educação de Jovens e Adultos (EJA), oferecido pela instituição, que eram formadas, entre outros, por funcionários da universidade. A maior parte dos alunos dessas turmas tinham entre 30 e 50 anos de idade; havia uma minoria de pessoas mais jovens. Certamente o tipo de ensino era distinto em relação às aulas destinadas às turmas do ensino médio, formadas integralmente por adolescentes. Entretanto, certas estratégias de ensino são adequadas para qualquer público e, assim, tais observações acabaram sendo relevantes para o desenvolvimento não só deste estágio, mas também a formação profissional.

3.2 Caracterização do tipo de ensino

Com todas as turmas o tipo de ensino do professor supervisor deste estágio, que lecionava para a turma com a qual a regência de classe foi realizada, transitava entre o tradicional e o construtivista. O comportamento impaciente por parte de boa parcela dos alunos era aproveitado por ele como meio de aprendizagem, pois assim eram estimulados a fazerem da constante necessidade de comunicação durante as aulas uma forma de aprenderem conjuntamente, por meio de discussões focadas nos assuntos apresentados pelo professor. As conversas entre os alunos não eram reprimidas, mas direcionadas para o objetivo de aprendizagem de cada aula. O tipo de ensino observado pode ser caracterizado pela tabela abaixo. Os números indicam uma escala em que o número 1 corresponde a um comportamento mais próximo do negativo e o número 5 mais próximo do positivo.

Comportamentos negativos	1	2	3	4	5	Comportamentos positivos
Parece ser muito rígido no trato com os alunos					X	Dá evidência de flexibilidade
Parecer ser muito condescendente com os alunos					X	Parece ser justo em seus critérios
Parece ser frio e reservado					X	Parece ser caloroso e entusiasmado
Parece irritar-se facilmente				X		Parece ser calmo e paciente
Expõe sem cessar, sem esperar reação dos alunos					X	Provoca reação da classe
Não parece se preocupar se os alunos estão acompanhando a exposição					X	Busca saber se os alunos estão entendendo o que está sendo exposto
Explica de uma única maneira			X			Busca oferecer explicações alternativas
Exige participação dos alunos				X		Faz com que os alunos participem naturalmente
Apresenta os conteúdos sem relacioná-los entre si				X		Apresenta os conteúdos de maneira integrada
Apenas segue a seqüência dos conteúdos que está no livro					X	Procura apresentar os conteúdos em uma ordem (psicológica) que busca facilitar a aprendizagem
Não adapta o ensino ao nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos					X	Procura ensinar de acordo com o nível cognitivo dos alunos
É desorganizado					X	É organizado, metódico
Comete erros conceituais					X	Não comete erros conceituais

Distribui mal o tempo da aula					X	Tem bom domínio do tempo de aula
Usa linguagem imprecisa (com ambigüidades e/ou indeterminações)					X	É rigoroso no uso da linguagem
Não utiliza recursos audiovisuais				X		Utiliza recursos audiovisuais
Não diversifica as estratégias de ensino				X		Procura diversificar as estratégias instrucionais
Ignora o uso das novas tecnologias				X		Usa novas tecnologias ou refere-se a eles quando não disponíveis
Não dá atenção ao laboratório				X		Busca fazer experimentos de laboratório, sempre que possível
Não faz demonstrações em aula				X		Sempre que possível, faz demonstrações
Apresenta a Ciência como verdades descobertas pelos cientistas			X			Apresenta a Ciência como construção humana, provisória
Simplesmente “pune” os erros dos alunos				X		Tenta aproveitar erro como fonte de aprendizagem
Não se preocupa com o conhecimento prévio dos alunos				X		Leva em consideração o conhecimento prévio dos alunos
Parece considerar os alunos como simples receptores de informação					X	Parece considerar os alunos como perceptores e processadores de informação
Parecer preocupar-se apenas com as condutas observáveis dos alunos					X	Parece ver os alunos como pessoas que pensam, sentem e atuam

3.3 Relatos das observações e monitorias

Dia 22 de agosto de 2016

Aula de Física - 1º ano/Ensino Médio (Turma 101)

1 período – 15h00 às 15h45

Assunto: Mecânica

Ao chegar com antecedência ao laboratório de ciências, onde seria ministrada a aula de física da turma 101, encontrei o professor regente da disciplina preparando o projetor de *slides* que seria usado naquela aula. Junto ao professor alguns alunos da turma já aguardavam o início.

Ao iniciar o período, o professor passou uma folha para que os alunos assinassem, a fim de ser usada como controle de presença na aula que iniciava, chamando a atenção para que não assinassem em nome de outros colegas ausentes. A média de idades da turma era de 15 anos de idade.

O professor começou discutindo com a turma o dia da prova de recuperação que muitos deles teriam de fazer. Nesse momento já havia cerca de 30 alunos, aproximadamente 15 meninas e 15 meninos, já posicionados nas mesas, escutando o professor concluir as combinações sobre a prova.

Em seguida, o professor começou a falar sobre o desempenho dos alunos na última prova que haviam realizado. Chamou à sua mesa os alunos, um a um, para que tomassem ciência do seu desempenho na prova feita podendo assim verificar a necessidade de recuperação ao longo da disciplina. Nesse meio tempo havia bastante conversa e assim seguiu até a conclusão do atendimento do professor aos alunos.

A turma só fez silêncio quando o professor começou a abordar o assunto da aula. Contudo, começaram algumas batidas na parede, pelo lado de fora, pois havia reforma sendo executada no prédio. O barulho tirou um pouco da atenção dos alunos e do próprio professor, que relevou a situação, pois eram serviços necessários ao prédio da instituição.

O professor seguiu a aula dizendo aos alunos que eles são diferenciados, pois estudam em uma instituição que os prepara de forma integral, mas que precisavam estudar mais, por terem competência suficiente. Seguiu mostrando as resoluções das questões da prova realizada

anteriormente, através do projetor de *slides*, chamando a atenção dos alunos para as grandezas fundamentais da física, abordadas na primeira questão da prova. Verificou junto aos alunos, exemplificando por meio da questão analisada, a diferenciação entre grandezas vetoriais e escalares.

Exemplificando por meio de uma questão, verificou o entendimento dos alunos quanto ao princípio da conservação da quantidade de movimento. Na questão pedia-se para que os alunos comentassem uma situação em que era tratado tal princípio. O professor concluiu a análise da questão chamando a atenção para as ideias fundamentais, como meio de recapitular aulas já desenvolvidas até então.

O professor seguiu a análise da prova mostrando que a questão seguinte havia sido retirada do material de estudo que os alunos acessavam em plataforma digital, de apoio às aulas de física, em que eram abordadas diferentes situações em que era tratado o princípio da conservação da quantidade de movimento. Discutiu os cálculos para as situações tratadas na questão e logo passou para a questão seguinte, mostrando que, para respondê-la, os alunos poderiam utilizar exemplos tratados em aula. Pediu silêncio, leu o enunciado e começou a resolvê-la no quadro. Tratava-se de uma situação em que envolvia uma colisão, e os alunos deveriam ser capazes de analisá-la sob o ponto de vista do princípio da conservação.

Com tímidas manifestações dos alunos, apesar de o professor facilitar e estimular a participação da turma, todos os alunos acompanhavam a explicação do professor e, aparentemente, uma boa parte precisava recuperar a prova, porém parecia compreender bem a ideia central por trás da resolução da questão em análise.

Para concluir a aula, mostrando-se sensível à condição cognitiva do educando, o professor discutiu com os alunos a necessidade de exercitar as resoluções dos problemas de física. Vendo ele resolvê-los no quadro, argumentou ele, poderia parecer-lhes fácil e natural, enfatizando que o domínio de conhecimento quanto aos assuntos de física deles é diferente do domínio do professor. Com isso, percebeu-se expressões verbais e faciais que indicavam a conscientização dos alunos quanto à sua condição, o que certamente deveria resultar em um maior comprometimento deles próprios com a sua aprendizagem. Em seguida a aula foi encerrada.

Dia 22 de agosto de 2016

Aula de Física - 1º ano/Ensino Médio (Turma 102)

2 períodos – 16h00 às 17h30

Assunto: Mecânica

O professor iniciou o período conversando com os alunos sobre a próxima prova que teriam de fazer. Logo após, chamou-os individualmente à sua mesa para que verificassem seu desempenho na prova que haviam realizado na aula anterior. Enquanto isso, os alunos discutiam entre si, moderadamente.

Como o planejamento da aula daquele dia foi o mesmo da aula da turma dos períodos anteriores, estava tudo preparado no momento em que cheguei à sala de aula. Através de um projetor, o professor discutiria a resolução da prova realizada na semana anterior, como preparação para a recuperação, combinada no início da aula.

O professor começou apresentando no projetor a primeira questão resolvida, chamando a atenção para o assunto que seria o mesmo. Destacou que, quando os alunos veem o professor resolvendo no quadro, pode parecer-lhes fácil, mas argumenta que é porque o professor tem o domínio do assunto, já eles não têm esse domínio, pois estão aprendendo o assunto pela primeira vez.

Comentou que, na última prova, a maioria da turma não tinha ido bem, de forma que precisavam “aprender” a fazer prova, mantendo inteligência emocional, controlando o nervosismo.

O professor seguiu a aula comentando a primeira questão. Tratava-se de caracterizar grandezas físicas, ou seja, grandezas envolvidas nas equações abordadas no estudo de física. Perguntou se a quantidade de movimento é uma grandeza escalar ou vetorial, assim como para os conceitos de impulso, força e aceleração. Perguntou sobre as medidas adequadas à cada grandeza. Perguntou também sobre algumas medidas alternativas para grandezas como massa e impulso. Salientou que era importante não confundir grandeza física com unidades de medida ou com instrumentos de medida. Questionou aos alunos quais são as grandezas fundamentais e quais são as derivadas. Disse que uma parte da turma acertou, e a outra não.

Passando à análise da questão seguinte, o professor salientou que poderia ser respondida de formas alternativas. Tratava do princípio da conservação da quantidade de movimento. Salientou a necessidade de estudar de forma autônoma, com base nas aulas desenvolvidas.

O professor seguiu a aula abordando a conversão de unidades de medida para o Sistema Internacional de Unidades. Perguntou qual a unidade da quantidade de movimento. Uma aluna respondeu corretamente e perguntou: “Como converter *quilômetros por hora* para *metros por segundo*?”. O professor prontamente respondeu, motivando os alunos que sabiam a responder. Estendendo a análise, o professor perguntou: “Quanto é 300 gramas em quilogramas?”. Alguns alunos timidamente responderam, corretamente.

Uma aluna perguntou se cairia uma situação específica. O professor disse que precisariam estar preparados, estudando todo o assunto. Em seguida o professor passou discutir uma situação em que ocorria uma colisão elástica. Explicou a análise física: um caminhão colide com um carro, transferindo toda a quantidade de movimento. Em suma, explicou a análise física sob a perspectiva do princípio da conservação. Após uma análise puramente conceitual, começou a tratar quantitativamente a situação, dizendo que o cálculo poderia ser feito “de cabeça”. Mas, mesmo assim, fez o cálculo no quadro para mostrar que a análise quantitativa leva à mesma conclusão obtida diretamente. Mostrou que os problemas da prova haviam sido tirados da lista de exercícios de preparação.

O professor salientou que os alunos deveriam estudar e entender a lógica dos exercícios, para estarem preparados para qualquer tipo de problema, tendo o máximo de domínio do conteúdo.

O professor seguiu a aula abordando o princípio da conservação através de uma questão da prova em que era tratado um projétil de massa e velocidade conhecida. Perguntou aos alunos quanto seria a quantidade de movimento dos corpos envolvidos. Perguntou sobre os cálculos que deveriam ser feitos ao longo da resolução. Em seguida, falou aos alunos que todo o assunto da prova foi previamente discutido em aula, podendo os alunos fazerem a prova com sucesso.

Um aluno sugere uma atividade avaliativa diferente, como uma atividade que eles pudessem realizar em casa. O professor então colocou a sugestão para toda a turma, o que gera bastante discussão e animação pela possível oportunidade de serem avaliados por meio de algo que substitua uma prova sem consulta. Comentou com os alunos que eles estão estudando pouco, insuficiente para terem um bom desempenho na avaliação. Discutiu com os alunos deixando claro que a forma de avaliação sugerida pelos alunos não é adequada, pois depois de concluir a escola enfrentarão dificuldades da vida, sendo necessários o esforço e a dedicação. Entretanto, o professor acabou aceitando a avaliação alternativa sugerida. Destacou que só poderia fazer uma avaliação que gere o aprendizado deles. Uma aluna se opôs: “Com prova é mais produtivo do para a nossa aprendizagem”. Assim, o professor decidiu que a tarefa

avaliativa alternativa sugerida poderia ser feita valendo vinte por cento da nota total, que consistia na resolução de uma lista de exercícios. Colocou que a sugestão pode ser acatada, ponderando que a nota da prova será preponderante. Logo após, me ausentei da sala enquanto o professor complementava o que tinha a dizer naquela aula.

Dia 24 de agosto de 2016

Aula de Física - 1º ano/Ensino Médio (Turma 101)

1 período – 15h00 às 15h45

Assunto: Mecânica

Ao chegar na sala de aula juntamente com o professor regente, onde seria realizada a aula de física daquele dia, os alunos saíram da sala ao lado, onde haviam tido atividades no laboratório de ciências biológicas, para assistir à aula de física. O professor iniciou a aula definindo o dia da prova, portanto reservou-a para tratar das dúvidas dos alunos quanto a resolução de problemas.

Assim que os alunos se ajeitaram nas mesas, o professor logo já foi colocando-me à disposição deles para que eu prestasse um auxílio. Pouco tempo se passou e um aluno levantou a mão, me chamando, pois estava com dúvida em uma questão da lista de exercícios que os alunos acessavam em uma plataforma digital de apoio à disciplina. Tratava-se de um problema sobre conservação de momentum linear. Este aluno estava com dificuldade no equacionamento da questão. Comecei ajudando-o com base nas aulas desenvolvidas até então pelo professor regente, tentando fazê-lo recapitular os conceitos principais envolvidos na questão, tendo o cuidado de usar os mesmos símbolos usados pelo professor para representar as grandezas físicas envolvidas. Logo ele compreendeu o detalhe que lhe havia deixado de considerar e assim continuou junto aos seus colegas a resolução dos exercícios.

Ao me sentar novamente, um outro aluno, que preferia estudar sozinho no fundo da sala, me chamou. Tinha dúvidas quanto ao conceito de impulso. Expliquei a definição do conceito e logo chegou à ideia correta.

Nesse momento havia bastante conversa, pois eram cerca de trinta alunos conversando entre si, a maioria empenhado em resolver os exercícios em que tinham mais dificuldade. Foi quando uma aluna me chamou e me apresentou a sua resolução para uma questão sobre

conservação de momentum. Queria somente saber se o cálculo estava certo. Eu prontamente tentei com ela discutir conceitualmente a questão, para que aquela ajuda tivesse uma utilidade mais abrangente do que simplesmente saber se um cálculo específico estava certo, ao passo que ela acabou perdendo a paciência e chamando o professor regente. “Está certo”, disse o professor à aluna após olhar seu cálculo. “Sei mais que o professor”, respondeu ela em tom de brincadeira, em referência a mim.

Logo após me sentei ao fundo da sala à espera de algum pedido de auxílio. O período já estava quase encerrado quando duas alunas me chamaram. Tinham dúvida quanto a um problema em que teriam de usar o segundo princípio da dinâmica clássica e o conceito de impulso. Logo indicado o ponto a ser considerado na resolução da questão, terminou o período e a aula foi encerrada.

Dia 05 de setembro de 2016

Aula de Física - 1º ano/Ensino Médio (Turma 101)

1 período – 15h00 às 15h45

Assunto: Movimentos de rotação

Ao chegar à instituição de ensino onde está sendo realizado este estágio em docência fui informado que o professor regente da turma que seria observada naquele dia estava ausente por motivo de saúde. Ao entrar na sala de aula juntamente com o professor substituto, os alunos já estavam na sala aguardando o início da aula.

Como foi pego de surpresa, o professor substituto fez um levantamento dos assuntos de física já estudados pelos alunos até então. Logo após, indicou aos alunos um *site* da Universidade de São Paulo que fosse estudada uma questão sobre o novo assunto que veriam, pois já haviam concluído os assuntos do trimestre anterior estando, assim, aptos a iniciarem no novo assunto de física.

Como era uma situação atípica e havia apenas um período, a aula serviu mais como uma tentativa de possibilitar algum aproveitamento de aprendizagem em meio à eventualidade que ocorreu com o professor regente, com a falta de tempo hábil para que o professor substituto fosse antecipadamente solicitado para atender a turma. A questão discutida acessada pelos

alunos no *site* indicado pelo professor serviu como uma forma de introduzir o novo assunto e assim a aula foi encerrada.

Dia 05 de setembro de 2016

Aula de Física - 1º ano/Ensino Médio (Turma 102)

2 períodos – 16h00 às 17h30

Assunto: Movimentos de rotação

Substituindo o professor regente, ausente por motivos de saúde, o professor substituto inicia o período colocando no quadro uma questão para ser respondida após consulta em *site* indicado – não registrado no momento da observação. Tratava sobre movimentos de rotação aplicado à engenharia automotiva, e serviu como uma forma de introduzir o novo assunto de Física que seria desenvolvido com a turma. Vai passando nas mesas observando e aguardando a conclusão da atividade proposta. “Já sabem a resposta? ”, perguntou o professor. “O assunto do 3º trimestre é isso aí”, completou. Alguns alunos o chamam. O professor foi então resolvendo algumas dúvidas, e perguntando se já haviam conseguido responder à questão inicialmente colocada, solicitando que tentassem concluir a atividade. “Quem não assinou a lista”, perguntou o professor. Enquanto isso os alunos foram discutindo a questão; havia bastante conversa e, aparentemente, estavam focados na questão colocada pelo professor. A questão tratava sobre rotações, a física aplicada à engenharia, especificamente à indústria automobilística. Portanto, servia como uma questão motivacional para o assunto que veriam.

“Posso recolher? Já terminaram? “, perguntou o professor, se referindo à argumentação escrita dos alunos quanto à questão inicialmente colocada. Havia bastante conversa. O professor aguardou um pouco mais. Alguns alunos ainda pesquisavam no *site* indicado a questão colocada pelo professor. Outros não conseguiam acesso à internet.

Assim a aula foi sendo desenvolvida, com o intuito de introduzir o novo assunto de física. O professor então recolheu as respostas dos alunos e perguntou sobre o desempenho deles na disciplina. Alguns disseram que a maioria havia tido mau desempenho na disciplina. “Todos têm acessado o *moodle*? ”, perguntou o professor, se referindo a uma plataforma digital de apoio às aulas de física em que os alunos tinham acesso.

Seguindo a aula, o professor escreveu no quadro uma questão. Tratava da aplicação do princípio da conservação do momentum linear em uma colisão. Apresentou as alternativas, em que relacionava as velocidades antes e depois da colisão. Nesse momento, todos os alunos faziam silêncio com total atenção à explicação do professor. O professor então perguntou aos alunos como resolvê-la. Sugere a uma aluna resolvê-la no quadro. Ela imediatamente foi ao quadro e resolveu corretamente. Nesse ponto, o professor disse que só acredita que ela realmente sabe se explicar conceitualmente. A aluna respondeu, mas o professor julgou não ser suficiente. Sugeriu que dois alunos fossem no quadro explicar conceitualmente a questão. Assim, retoma o princípio da conservação da quantidade de movimento, com os alunos no quadro junto com o professor falando. “Qual é o princípio?”, perguntou o professor, em relação ao princípio da conservação do momentum linear. Os alunos respondem. Assim a aula foi encerrada.

Dia 26 de setembro de 2016

Aula de Física - 1º ano/Ensino Médio (Turma 102)

2 períodos – 16h00 às 17h30

Assunto: Movimentos de rotação

Após aguardar silêncio, o professor apresenta o novo assunto que seria tratado nas aulas de física. Para exemplificar, ligou os ventiladores da sala. Assim, ganhou atenção de toda a turma. “Qual é o sentido de rotação das pás?”, perguntou o professor. Discutiu o sentido de rotação. “Como saber se é horário ou anti-horário?”, complementou. “Tem uma forma de determinar o sentido de rotação independente do ponto de vista”, argumentou o professor. “Levantem a mão direita”, pediu o professor. Explicou a regra da mão direita.

O professor seguiu abordando movimentos de rotação exemplificando através de um relógio. Definiu nesse momento o conceito de período. Mencionando os movimentos dos três ponteiros de um relógio, pergunta: “Qual tem maior período?”. Os alunos responderam. “Muito bem. Entendido?”, completa o professor. “Período menor, velocidade angular maior. Essa é a relação”, argumenta o professor. “Vamos à frequência”, disse o professor, prosseguindo a abordagem sobre as grandezas envolvidas na descrição de movimentos de rotação. “O período

é o intervalo de tempo necessário para completar uma volta, certo?”, perguntou o professor. “Frequência é o número de voltas executadas em certo intervalo de tempo”, continua. Explica a unidade de frequência e a relação entre frequência e período. “Suponha que o período seja 2 segundos. Qual é o valor da frequência?”. Após explicar, perguntou quantas voltas são completadas a cada segundo. “Meia volta”, responderam alguns alunos. O professor então explicou de novo para quem não entendeu. Utilizando um toca-discos, o professor chamou os alunos e irem mexer e medir os valores de período e frequência. Assim seguiu a aula.

Após algumas perguntas sobre os dois conceitos abordados, o professor comentou a unidade padrão de frequência e seguiu falando sobre a falta de reconhecimento de mulheres na ciência, por ter naquele momento surgido por acaso tal assunto, o que agradou algumas alunas, manifestando que gostariam de ver palestra de uma cientista brasileira mencionada pelo professor. Assim a aula foi encerrada.

Dia 26 de setembro de 2016

Aula de Física - 1º ano/Ensino Médio (Turma 102)

1 período – 15h00 às 16h45

Assunto: Movimentos de rotação

O professor inicia a aula perguntando sobre algumas situações sobre movimentos circulares. “Um objeto que gira dá meia volta a cada dois segundos. Qual é o período de rotação?”, perguntou o professor aos alunos. “Quatro”, responderam alguns alunos. “Qual é frequência de rotação?”, perguntou o professor. “1/4”, respondeu um aluno. O professor perguntou novamente. “0,25”, respondeu outro. Logo em seguida, o professor explicou a unidade de medida de frequência. “Cinco voltas em 15 segundos”, disse o professor. “Qual é o período?”, perguntou ele. Os alunos responderam. “Quatro voltas em dois segundos”, disse o professor. “Dois”, disse um aluno. “0,5”, disse outro. “Qual é a frequência”, perguntou novamente o professor. “Tanto”, respondem alguns alunos. “Tanto o que?”, perguntou o professor.

Após essa discussão inicial, o professor aborda os conceitos discutidos considerando um prato de toca-discos, com uma frequência de rotação de 45 rpm. “Qual é a velocidade angular em radianos por segundo?”, perguntou ele. Indicou a direção e o sentido da grandeza resolveu

junto com os alunos a questão colocada, dizendo que precisavam saber das variáveis angulares para entender os próximos assuntos.

Seguindo a aula, o professor expôs as seguintes situações: “Um prato de toca-discos gira com um período de 2 segundos e outro com um período de 3 segundos”. “Um corpo em rotação tem uma frequência de 4 Hertz e outro com 6 Hertz. Qual é o mais rápido?”, perguntou ele. “Sempre que ficarem com dúvida, procurem lembrar do conceito”, complementa o professor.

Nesse momento, o professor colocou em cima da mesa uma toca-discos e chamou os alunos para mexerem e medirem o tempo de rotação. Alguns ficaram sentados. Após fazerem algumas medidas, o professor perguntou qual era a frequência. “A frequência é 1,25 Hertz”, diz um aluno. “0,4”, diz outro. “0,4 o que?”, perguntou o professor, se referindo à unidade de medida. “0,4 Hertz”, responde um outro aluno. O professor então acrescentou, perguntando qual era a frequência em *rpm*, e pedindo mais atenção à aula.

Já sabem o que é frequência e período, agora precisam saber o que é velocidade angular. A velocidade angular depende do ângulo. Se eu digo que a frequência é 2 Hertz, quantas voltas são completadas por segundo?”, disse o professor aos alunos. “Em cada volta, qual é o ângulo descrito?”, complementa ele. “360°”, responde um aluno. “Então, é descrito um ângulo de 720° por segundo”, conclui o professor com os alunos. Assim, relacionou frequência e velocidade angular.

Como a aula teve de ser desenvolvida em apenas um período, o professor explicou as unidades de medida da velocidade angular e logo encerrou a atividade daquele dia.

Dia 30 de setembro de 2016

Aula de Física – EJA

2 períodos – 19h00 às 20h45

Assunto: Eletrostática

Ao chegar na instituição de ensino, dirigi-me à sala de informática, onde seria realizada a aula de ciências exatas do EJA. Enquanto alguns alunos vão entrando na sala o professor começa verificando a presença. Eram cerca de 20 adultos de 20 a 50 anos, sendo homens e mulheres aproximadamente em mesma proporção.

Logo após, o professor orienta sobre a atividade que seria desenvolvida naquela aula. Os alunos teriam de pesquisar na *internet* sobre processos de eletrização. “O que são processos de eletrização e como são?”, perguntou o professor. Os alunos iniciaram fazendo a pesquisa em duplas para que, ao final da aula, entregassem um relatório.

Dada a orientação, o professor me coloca à disposição deles para que eu desse algum auxílio se necessário fosse. Alguns alunos iam chegando atrasados, e sentando junto a algum colega que sozinho estava. Todos já realizavam a pesquisa, e logo em seguida um aluno me chamou. Queria que eu verificasse seu texto, porém, em vez disso fiz uma rápida explicação dos processos de eletrização para que eles próprios tentassem explicar e assim escrever o relatório que deveriam entregar ao professor no final da aula.

Logo em seguida outro grupo me chamou. Perguntavam-me sobre como escrever o relatório. Disse-lhes que deveriam escrever o texto com as próprias palavras com base no entendimento deles após a pesquisa, dando-lhes também uma breve explicação sobre o assunto e assim deixando que eles próprios entendessem, pois essa era a orientação do professor. Logo após, duas alunas me chamaram, perguntando se o texto estava correto. Disse-lhes que deveriam reescrever o primeiro parágrafo e deixei-as fazendo sozinhas. Passada uma hora, alguns alunos já haviam enviado por e-mail o relatório ao professor, outros, que chegaram atrasados, ainda escreviam seus relatórios.

O professor então perguntou aos alunos o que é um processo de eletrização. As respostas dadas por eles não foram suficientes. Assim, pergunta novamente. “Quando dois corpos de carga negativa...”, diz um aluno. “A passagem de elétrons... não sei explicar direito”, diz outro. “O processo de eletrização resulta em quê?”, perguntou o professor, tentando fazê-los compreender tais fenômenos. Assim a aula foi encerrada.

Dia 07 de outubro de 2016

Aula de Física – EJA

2 períodos – 19h00 às 20h30

Assunto: Mecânica

Chegando ao laboratório de ciências, encontrei o professor e alguns alunos já no local. Outros iam chegando enquanto o professor ia verificando a presença dos alunos. O professor

iniciou a aula fazendo uma demonstração experimental: uma taça com uma bola de *ping-pong* dentro, sobre a qual havia sido despejada uma porção de milho; ao ir batendo com o dedo na borda da taça a bola subia até aparecer em meio aos grãos. “Por que isso acontece?”, perguntou o professor. Todos se surpreendem e a pergunta ficou em aberto.

O professor seguiu a aula dizendo que estariam estudando os movimentos dos corpos, perguntando sobre os estados de movimento dos corpos. “Quando um corpo está em movimento?”, perguntou o professor. “Quando está em repouso?”, complementou. O professor então segurou uma caneta e perguntou se ela estava parada ou em movimento. A maioria disse que está em repouso. “E se eu disser que está em movimento?”, disse o professor. “Eu digo que está em repouso”, diz uma aluna. Nesse momento todos riram. Um aluno disse que a caneta não estava em repouso por causa movimento da Terra. Assim o professor dá exemplos em que um corpo está em repouso para um referencial e em movimento para outro. Desenhou no quadro uma representação da Terra, após o aluno ter argumentado, estando na superfície da Terra, mesmo parados em sua superfície, podemos dizer que estamos em movimento porque ela gira e translada. “Em relação ao centro da Terra”, complementou o professor. O professor então seguiu a aula expondo a seguinte hipótese: um carro se movendo em uma estrada escura. Assim, argumenta que fica difícil perceber o movimento do carro, pois não vemos o referencial, isto é, a estrada.

Depois da primeira hora de aula, o professor voltou à demonstração experimental inicial, argumentando que, para um corpo sair do repouso, é necessária a ação de uma força. Ao seguir a explicação, dois alunos chegam. Ao que parecia, eram alunos novos. Após esperar alguns instantes, explicou os conceitos principais para a descrição dos movimentos. Explicou também as leis de Newton, tomando como exemplo um astronauta à deriva no espaço e com um motor de propulsão. Encerrou a aula discutindo com um aluno sua frequência nas últimas aulas.

Dia 07 de outubro de 2016

Aula de Física – EJA

2 períodos – 20h45 às 22h00

Assunto: Termodinâmica

Ao iniciar o período de aula, o professor começa mostrando a seguinte experiência: sobre quatro ovos dispostos em uma bandeja, colocou uma lâmina de isopor e, sobre ela, cerca

de 20 kg, mostrando assim que os ovos não quebram. Conseguida a atenção total dos alunos, seguiu a aula fazendo uma demonstração experimental da pressão atmosférica, em que colocava aproximadamente $\frac{2}{3}$ da área superficial de uma tábua deitada sobre uma mesa e sobre ela folhas de jornal, retirando ao máximo possível o de ar debaixo das folhas de jornal. Antes de cobrir a tábua, o professor mostrou aos alunos que, com um simples toque com o dedo sobre a parte que se encontrava sem apoio, era possível incliná-la e fazê-la cair no chão. Depois de cobrir a tábua com as folhas de jornal, o professor mostrou aos alunos que, mesmo com uma forte batida com mão sobre a parte não apoiada da tábua, algo a segurava e não permitia que se inclinasse, como acontecia na ausência das folhas de jornal. Isso causou espanto nos alunos. Alguns chegaram a se levantar e ir até a mesa verificar por eles próprios. Um dos alunos dava fortes batidas com mão, e se perguntava como aquilo era possível. Alguns outros fizeram o mesmo. “Querem entender isso? Então vamos à física”, disse o professor.

Começou então falando sobre a termodinâmica, lembrando dos conceitos de temperatura e calor. Iniciou então uma abordagem sobre a teoria cinético-molecular da matéria e a relação dela com o entendimento que temos da constituição de um gás. Falou sobre o tamanho e a velocidade aproximados de uma “partícula” constituinte de um gás e também do comportamento dessas partículas. “Qual a relação disso com a temperatura?”, perguntou o professor. “Quanto maior a agitação das moléculas, maior a temperatura”, responde um aluno do fundo da sala. “Isso”, diz o professor. O professor seguiu a explicação. “E se elas se chocam?”, perguntou um aluno após levantar a mão. O professor explicou. Falou sobre a velocidade média dos constituintes de um gás, dizendo que nem todos têm a mesma velocidade. Um aluno reconheceu que a velocidade das moléculas está relacionada com a temperatura.

O professor seguiu a aula desenhando no quadro dois recipientes com igual quantidade de moléculas. Disse que as duas tinham a mesma temperatura. “Portanto, o grau de agitação médio das moléculas de ambos os recipientes é o mesmo”, disse o professor. Como uma segunda situação, supôs que dois recipientes encostados um ao outro continham gás a temperaturas diferentes, um a 30°C e o outro a 50°C . Diz aos alunos que, por hipótese, a separação entre eles possa ser retirada. “Que temperatura terá o gás (misturado)?”, perguntou o professor. “ 80° ”, responde um aluno. “ 40° ”, disse outro. “Isso. Uma temperatura intermediária”, salientou o professor. “Assim, será atingido um estado chamado equilíbrio térmico”, continua. “Não entendi por que é 40°C e não 30°C ”, manifestou um aluno. O professor explicou fazendo uma analogia com duas massas de água a temperaturas diferentes sendo misturadas e falando em termos da energia cinética trocada durante as colisões entre as moléculas.

Logo após, o professor iniciou uma abordagem sobre o conceito de calor, argumentando que ele é entendido como a transferência de energia cinética ao nível microscópico durante as colisões entre as moléculas. Assim o professor concluiu dizendo que só há transferência de energia (“o calor”, salientou o professor) quando há diferença de temperatura.

4. PLANEJAMENTO

4.1 Desenvolvimento do plano de ensino

Seguindo o referencial teórico-metodológico adotado, o ensino do assunto a ser discutido deve partir preferencialmente de alguma questão socialmente relevante. Considerando que seja mais adequado escolher a questão a ser tratada a partir do assunto que se quer ensinar, até porque a realização deste estágio requer que seja cumprida uma demanda específica, de acordo com a necessidade de continuar um cronograma de ensino já iniciado pelo professor titular da turma, um planejamento cuidadoso deve de ser feito para que a questão tratada contemple o máximo de tópicos possível dentro deste assunto. O que se buscou foi discuti-los com base no referencial teórico-metodológico adotado.

Uma parte das observações e monitorias foram realizadas durante aulas de Física da turma com a qual a regência de classe descrita a seguir foi realizada. Essas observações, assim como as instruções dadas pelo professor titular, possibilitaram que fosse planejado o cronograma de regência (ver apêndice A). O momento em que se iniciaram as observações coincidiu com o final do segundo trimestre da escola; estavam fazendo as avaliações finais do trimestre. Nas aulas seguintes, o professor titular da turma introduziu então um novo assunto e logo iniciou-se a regência de classe, durante a qual o plano de ensino elaborado foi posto em prática (descrito a seguir).

Iniciava-se o terceiro trimestre do Colégio Aplicação. O professor titular já havia desenvolvido duas aulas sobre cinemática dos movimentos de rotação. Na terceira aula do trimestre corrente iniciou-se a aplicação do cronograma de regência elaborado e descrito aqui. Alguns conceitos já haviam sido desenvolvidos com os alunos nas duas aulas que antecederam a regência de classe, dadas pelo professor titular. Foi necessário, então, incluir um conceito ainda não muito bem estudado pelos alunos para um fechamento do assunto por ele iniciado. Para as aulas seguintes, foi planejada uma abordagem sobre dinâmica dos movimentos de rotação. Nesse momento uma dificuldade surgiu: compatibilizar os objetivos de ensino com o tempo destinado ao ensino de física no âmbito da educação básica.

Para tentar motivar o estudo da disciplina, foi planejada para a primeira aula uma discussão sobre os movimentos de rotação observados na natureza, tangenciando a dinâmica

dos movimentos de satélites e a questão da tecnologia espacial. Isso serviria como um ponto de partida do processo educacional pretendido. Tentando partir de experiências vivenciadas pelos alunos, questões iniciais foram incluídas com o intuito de fazê-los se perguntarem se viam alguma relação da tecnologia espacial com suas vidas. Após alguns minutos de exposição do assunto motivador do cronograma de regência planejou-se mostrar um curto vídeo sobre o primeiro satélite brasileiro lançado ao espaço, operado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e sua utilidade em monitorar a superfície do território brasileiro. Uma questão a ser colocada aos alunos era: como é possível colocar um satélite em órbita, e por que satélites artificiais e naturais permanecem em suas órbitas por longos períodos de tempo. A discussão será feita de modo abordar o máximo possível as influências da tecnologia espacial na sociedade moderna além, claro, do entendimento possibilitado pela ciência sobre a natureza como um todo. Seguindo o referencial teórico-metodológico adotado, era necessário identificar alguma relação da tecnologia considerada com a vida dos estudantes, alguma situação que experimentavam no seu cotidiano e pudesse servir como ponto de partida para o processo de ensino-aprendizagem buscado.

Foi planejado que essa discussão fosse realizada na primeira aula, tratando sobre questões que envolvem os assuntos de física que os alunos estudariam nas seguintes. Para as demais aulas, objetivou-se tentar ao menos tangenciar tais questões, pois elas constituíram o ponto de partida para a aprendizagem buscada, com referência às metodologias de ensino adotadas. Cabe salientar que, nos textos didáticos elaborados para os alunos (ver apêndice B.1), as questões motivadoras não foram efetivamente abordadas, pois se pretendia com eles fornecer a base conceitual para o entendimento dos fenômenos e tecnologias, que seriam discutidas em aula com auxílio de curtos vídeos. Também porque se tornavam textos curtos e objetivos, adaptados ao contexto limitador vivenciado. Entretanto, continham nesses textos problemas de física relacionados a esses fenômenos e tecnologias discutidos, que serviram como motivação para o estudo da Física.

4.2 Planos de aula

Primeira aula

Data: 10.10.2016

Assunto: Velocidade angular

Objetivo de ensino:

Criar condições para que os alunos reconheçam a relevância das questões relacionadas ao tema inicialmente discutido; definir a relação entre velocidade angular e velocidade linear; aplicar a relação entre velocidade angular e velocidade linear.

Procedimentos:

Atividade inicial:

A primeira aula será iniciada com uma apresentação de situações relacionadas ao assunto que será abordado – movimentos de rotação. E para motivar o estudo do assunto serão tomados inicialmente como objetos de estudo os satélites. A proposta é iniciar com uma discussão sobre o que são satélites, criando uma oportunidade para que os alunos se manifestem sobre a questão. Após isso, definir o que pode ser considerado um satélite.

Após definido o que é um satélite, será apresentado um vídeo de 16 minutos sobre satélites artificiais. Com este vídeo será apresentada uma aplicação do uso desses equipamentos, com reportagem sobre o primeiro satélite brasileiro lançado ao espaço, enfocando a questão do monitoramento ambiental no Brasil. Os dados sobre o movimento deste satélite apresentados no vídeo serão registrados no quadro para uma atividade que será proposta na segunda parte da aula. Além disso, através do vídeo será apresentada uma análise histórica do surgimento da tecnologia espacial, para que os alunos percebam a relação da ciência com questões sociais e políticas.

Desenvolvimento:

Será deduzida a relação entre velocidade linear e velocidade angular. Para isso, será desenhado no quadro o círculo trigonométrico, indicando aos alunos como converter medidas de ângulo. Será perguntado inicialmente aos alunos qual é o ângulo (em radianos) que um corpo em rotação descreve ao completar uma volta. Se houver dúvidas, será apresentada a definição de radiano. Ao retomar a questão com todos eles tendo entendido a definição, será definido o

conceito de velocidade angular, a partir da resposta esperada à questão inicial, mostrando assim a relação com o período de rotação. Feito isso, será definida a relação com a velocidade linear a partir da questão inicial colocada.

Fechamento:

Com dados do movimento do satélite brasileiro SCD-1 registrados na primeira parte da aula, mencionados no vídeo, os alunos terão de calcular o raio da sua trajetória tendo os valores da velocidade linear do satélite e do seu período de rotação, apresentados no vídeo. Em seguida, de posse do valor do raio da Terra, os alunos serão orientados a calcular a altitude do satélite. Após a conclusão do cálculo por todos os alunos, será verificado o valor da altitude da órbita do satélite no site do INPE*, que o opera, para comparar com o valor por eles calculado.

Por fim será indicado o texto sobre o conteúdo trabalhado em aula e uma lista de exercícios disponibilizados em plataforma digital para que os alunos leiam o texto e exercitem os novos conhecimentos desenvolvidos na aula.

Recursos: Projetor multimídia; quadro negro.

Avaliação: Não haverá avaliação.

Observações:

* Site do INPE: http://www.inpe.br/scd1/site_scd/scd1/osatelite.htm

Segunda aula

Data: 17.10.2016

Assunto: Cinemática dos movimentos de rotação

Objetivo de ensino:

Aplicar os conceitos de período, frequência e velocidade em problemas sobre movimentos de rotação.

Procedimentos:

Atividade inicial:

A aula será iniciada apresentando uma questão que trata da relação das velocidades angular e linear com o raio de um disco em rotação (*em relação à rotação de um disco, pode-se dizer que: a velocidade angular de um ponto qualquer depende do ângulo descrito e da*

distância ao eixo de rotação; a velocidade linear de um ponto qualquer só depende do ângulo descrito; a velocidade angular de um ponto qualquer só depende do ângulo descrito; a velocidade angular de um ponto qualquer depende somente da distância ao eixo de rotação).

Os alunos terão cartões com as letras correspondentes a cada alternativa, para que deem suas respostas individualmente após uns cinco minutos, possibilitando a interação entre eles e o confronto de respostas diferentes. Logo após, serão indicados problemas da lista indicada e disponibilizada previamente em plataforma digital, que serão resolvidos em aula.

Desenvolvimento:

A cada problema indicado será dado o tempo necessário para que os alunos o tentem resolver, com auxílio do professor que ficará circulando entre os grupos e dos próprios colegas.

Fechamento:

Resolução dos problemas no quadro pelo professor.

Recursos:

Lista de exercícios impressa; quadro negro.

Avaliação:

Não haverá avaliação.

Observações:

Terceira aula

Data: 24.10.2016

Assunto: Momento de inércia

Objetivo de ensino:

Desenvolver o conceito de momento de inércia com analogia ao caso linear; mostrar a dependência do momento de inércia com a distribuição de massa; retomar as situações em que há rotação colocadas na introdução do assunto, relacionando a elas o conceito de momento de inércia, para que os alunos assimilem a descrição física de tais fenômenos e compreendam que de fato são princípios que descrevem o funcionamento da natureza.

Procedimentos:

Atividade inicial:

Será demonstrado experimentalmente um movimento de rotação, mostrando o que ocorre com a redução de atrito. Será desenvolvido então o conceito de momento de inércia por meio de analogia com o conceito de inércia para movimentos lineares.

Serão mostrados dois pares de objetos – dois cilindros de mesmo diâmetro (um oco e outro maciço) e depois uma esfera e um cilindro oco de mesmo diâmetro – e, em relação a cada par de objetos, será perguntado qual deles chegará mais rapidamente ao final de um plano inclinado sobre o qual irão rolar, apresentando as três alternativas possíveis.

Desenvolvimento:

Será demonstrado experimentalmente o momento de inércia para os diferentes objetos que serão postos a rolar sobre o plano inclinado, demonstrando assim a dependência do momento de inércia com a distribuição de massa. Logo após, será trabalhada uma questão utilizando o IpC.

Fechamento:

Será apresentado um curto vídeo em que mostra um acrobata caminhando sobre uma corda. Será demonstrado experimentalmente o aumento do momento de inércia para um sistema de dois corpos que são distanciados do eixo de rotação e assim concluindo o desenvolvimento do conceito de momento de inércia.

Recursos:

Um objeto que gira em torno do seu centro de massa; projetor multimídia; quadro negro; um cilindro maciço; dois cilindros ocos de diâmetros diferentes; uma esfera; uma haste com dois pesos móveis acoplados.

Avaliação: Não haverá avaliação.

Observações: Não há.

Quarta aula

Data: 31.10.2016

Assunto: Momentum angular e sua conservação

Objetivo de ensino:

Desenvolver o conceito de momentum angular com analogia ao caso linear; explicar o princípio da conservação momentum angular com analogia ao caso linear; abordar situações em que o momentum se conserva; retomar as situações em que há rotação colocadas na introdução do assunto, relacionando a elas o conceito de momentum angular e o princípio da conservação, para que os alunos assimilem a descrição física de tais fenômenos e compreendam que de fato são princípios que descrevem o funcionamento da natureza.

Procedimentos:

Atividade inicial:

Será desenvolvido inicialmente o conceito de momentum angular por meio de analogia com o conceito de momentum linear. Será demonstrada a expressão matemática para o momentum angular tomando como exemplo um corpo rígido muito menor que sua distância ao ponto ao redor do qual ele gira, e assim mostrar a analogia entre massa e momento de inércia e velocidade linear e velocidade angular.

Desenvolvimento:

Explicação do princípio da conservação do momentum angular com demonstração experimental por meio de um voluntário que gira em uma cadeira abrindo e fechando os braços. Será colocada uma questão sobre esse tópico em que se considera que o momentum angular da Terra durante seu movimento de translação ao redor do Sol se conserva. Será questionado o que deve acontecer quando ela está se aproximando do periélio. Os alunos terão cartões, cada com as letras referentes às alternativas apresentadas (ver apêndice) e manifestarão após uma discussão em grupos a resposta que cada um considera correta. Se um percentual significativo não ter acertado a alternativa será explicada novamente a conservação do momentum angular por meio de aparato experimental que consiste num tubo fino através do qual uma corda com uma pequena barra de chumbo está presa a cada extremidade (ver apêndice). Segurando o tubo na vertical, é provocada a rotação de uma das barras de chumbo enquanto puxa-se verticalmente para baixo a outra suavemente, para que seja observada a relação entre o aumento de velocidade e a diminuição do momento de inércia por causa da diminuição do raio.

Fechamento:

Nesse momento serão retomadas as situações em que há rotação colocadas na introdução do assunto, relacionando a elas o conceito de momento angular e o princípio da conservação, para que os alunos assimilem a descrição física de tais fenômenos e compreendam que de fato são princípios que descrevem o funcionamento da natureza.

Recursos:

Quadro-negro; cadeira giratória.

Avaliação: Não haverá avaliação.

Observações: Não há.

Quinta aula

Data: 21.11.2016

Assunto: Torque e variação do momentum angular

Objetivo de ensino:

Desenvolver o conceito de torque com analogia ao caso linear; abordar situações em que o momentum angular não se conserva, com analogia ao caso linear.

Procedimentos:

Atividade inicial:

Será desenvolvido o conceito de torque por meio de analogia com a relação entre força e momentum linear. Será então demonstrada a expressão matemática para o torque em termos da variação do momentum angular.

A aula seguirá mostrando que é possível segurar com um dedo uma porta sobre a qual dois ou mais alunos empurram, em sentido contrário, numa posição da porta mais próxima às dobradiças. Será então demonstrado como calcular o torque em termos da força aplicada.

Desenvolvimento:

ATIVIDADE AVIALIATIVA: os alunos terão de prever as posições de dois pesos diferentes dispostos em lados opostos de uma haste larga apoiada em seu centro de massa que resulta em torque nulo.

Fechamento:

Para finalizar será discutido com a turma a próxima aula, que será reservada para preparação para o teste de conhecimento que farão, salientando que deverão ter resolvido as listas de exercícios para que tirem suas dúvidas durante a próxima aula.

Recursos:

Quadro negro; uma haste larga de 50 cm; objetos de chumbo de diferentes pesos; projetor multimídia.

Avaliação: Entrega escrita da atividade.

Observações: Não há.

Sexta aula

Data: 14.11.2016

Assunto: Rotações

Objetivo de ensino:

Auxiliar na resolução de problemas.

Procedimentos:

Atividade inicial:

Será feito um levantamento de quais são as dúvidas mais frequentes até o momento.

Desenvolvimento:

Com base nestas dúvidas mais frequentes serão indicados problemas da lista indicada e disponibilizada previamente em plataforma digital. A cada problema indicado, será dado o tempo necessário para que os alunos tentem resolver, com auxílio do professor que ficará circulando entre os grupos.

Fechamento:

Para finalizar serão resolvidas no quadro as questões indicadas, priorizando as mais complicadas do ponto de vista da maioria dos alunos.

Recursos: Quadro negro.

Avaliação: Não haverá avaliação.

Observações: Não há.

Sétima aula

Data: 21.11.2016

Assunto: Rotações

Objetivo de ensino:

Avaliar o grau de conhecimento dos alunos sobre movimentos de rotação.

Procedimentos:

Os alunos serão organizados em filas, sentados separadamente. Será entregue uma folha por aluno com questões sobre rotações para que resolvam até o final da aula.

Recursos: Quadro negro.

Avaliação: Prova escrita.

Observações: Não há.

5. REGÊNCIA

5.1 Primeira aula

10 de outubro de 2016

Aula de Física - 1º ano/Ensino Médio (Turma 102)

2 períodos – 16h00 às 17h30

Assunto: Cinemática das rotações

Ao chegar com antecedência ao laboratório de ciências, onde seria ministrada a primeira aula deste estágio em docência, encontrei o professor regente da disciplina com o projetor de *slides* que seria usado naquela aula. Foi me passando a lista de presença e orientando sobre algumas práticas habituais da escola. Ao iniciar o período, o professor me apresentou à turma, dizendo-lhes que, a partir daquela aula, eu seria o professor de física deles e, portanto, estava sob minha responsabilidade as avaliações daquele último trimestre que recém havia iniciado. Todos os alunos tinham idade adequada à série em que se encontravam; entre 14 e 15 anos de idade em média.

Comecei a aula cumprimentando a turma e logo perguntando o que estavam estudando em física. “Rotações”, disseram vários alunos. Comecei perguntando em quais situações há movimentos de rotação envolvidos. Alguns identificaram no movimento da Terra. Segui iniciando a apresentação de *slides* em que eram apresentadas situações nas quais há movimentos de rotação envolvidos, indagando-lhes como pode a Lua e os planetas estarem num movimento cíclico por tanto tempo sem cessar, e encaminhando a discussão para a questão da tecnologia espacial, perguntando-lhes se identificavam alguma relação nas suas vidas com equipamentos desse ramo da tecnologia. Exemplifiquei comentando sobre o Google Earth³, e perguntando se já haviam visto pequenos pontos no céu noturno se movendo mais rápido que o fundo de estrelas. Indaguei-os como pode comunicarmos com alguém muito distante, exemplificando com as missões Apollo, ao que uma aluna perguntou: “Qual é o DDD da Lua? ”. “Ainda não

³ <https://www.google.com.br/earth/>

tem”, respondi-lhe entrando na brincadeira, por saber que isso não iria comprometer a coerência da aprendizagem pretendida em tal ambiente – a sala de aula. Ao apresentar resumidamente a questão do lixo espacial, uma aluna perguntou: “Quantos satélites há em volta da Terra?”. “Milhares”, respondi, salientando que a maioria já não funciona mais. “Satélites são enviados ao espaço desde o início da corrida espacial” complementa um aluno à colega. “Exatamente”, disse eu. Com essa discussão inicial objetivou-se estimular o interesse pelo estudo da física, o que, pelo menos para alguns, funcionou.

Segui a aula apresentando um curto vídeo, em que mostrava uma matéria de noticiário televisivo tratando sobre o primeiro satélite brasileiro enviado ao espaço. No decorrer do vídeo, anotei no quadro dados do satélite, mencionados no vídeo. Eram os valores de período e velocidade aproximados do satélite, que seriam usados num segundo momento (descrito a seguir).

Concluído o vídeo, desafiei os alunos a preverem a altitude do satélite em relação à superfície da Terra. Para isso, retomei o conceito de velocidade angular, iniciado pelo professor regente, e relacionei-o com o conceito de velocidade linear – ou tangencial –, sempre tentando verificar o acompanhamento de raciocínio por parte dos alunos. Havia dispersão por parte de alguns, principalmente os do fundo da sala; era um grupo difícil de engajar na discussão.

Mostrei-lhes o círculo trigonométrico, o que causou desconforto em alguns. Tentei continuar abordando-o pois acreditava que já soubessem algo a respeito. Para isso mostrei a definição de radiano, e mostrei como converter a medida de um ângulo medido em graus. Perguntei-lhes, em relação a um movimento de rotação, qual é o ângulo descrito quando uma volta é completada. Vários alunos se manifestaram respondendo corretamente. “E o intervalo de tempo em que uma volta é completada?”. “É o período”, respondem alguns. Assim, expus novamente a expressão para a velocidade angular nas rotações.

Segui perguntando sobre a expressão matemática para o perímetro de uma circunferência. Alguns lembraram e disseram a fórmula, que escrevi no quadro e relacionei com a definição de radiano, mostrando a relação entre a velocidade linear e a velocidade angular. Após alguns esclarecimentos para alguns alunos que não haviam compreendido muito bem, segui a aula indicando que, agora entendida a relação entre as duas grandezas, tentassem prever a altitude do satélite apresentado no vídeo, mostrando-lhes os dados escritos no quadro anteriormente. Essa opção foi tomada para que houvesse mais atividade dos alunos, e não serem simplesmente submetidos a uma exposição dialogada.

Enquanto a maioria tentava iniciar o cálculo, fui circulando entre as mesas, onde em grupos os alunos desenvolviam a tarefa. Nesse momento verifiquei a presença, aproveitando para tentar memorizar os nomes dos alunos. Alguns já iam determinando as grandezas necessárias para o cálculo enquanto outros nem haviam iniciado; uns por dificuldade, outros por falta de vontade. Dúvidas sobre operações matemáticas foram apresentadas por alguns. Como restavam alguns poucos minutos para o término da aula, fui ajudando-os a desenvolver a tarefa. Por mais que uma parte não tenha conseguido realiza-la, mostrei passo a passo o desenvolvimento do cálculo, indicando-lhes o raio da Terra, e resolvendo no quadro o cálculo, pois com isso a intenção era mostrar que a física que estudam tem a utilidade de prever fenômenos – de movimento nesse caso. No final da aula o valor calculado da altitude do satélite foi comparado com o valor fornecido nas especificações técnicas do satélite, acessadas no *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais⁴, que o opera. Finalizei a aula indicando-lhes o texto com exercícios disponível em plataforma digital que acessavam como apoio de aprendizagem, em que tratava o principal do que foi discutido em aula.

5.2 Segunda aula

17 de outubro de 2016

Aula de Física - 1º ano/Ensino Médio (Turma 102)

2 períodos – 16h00 às 17h30

Assunto: Cinemática das rotações

Ao chegar com antecedência ao laboratório de ciências, onde seria ministrada a segunda aula deste estágio em docência, encontrei o professor regente da disciplina com o projetor de *slides*, que seria usado naquela aula. Preparei a apresentação e aguardei o início do período. Quando a maioria dos alunos já estavam na sala, iniciei a aula cumprimentando-os e dizendo-lhes que, naquela ocasião, a aula seria diferente da anterior, o que causou uma reação de satisfação em muitos deles. Isso porque, na aula anterior, tanto os alunos como o professor titular da turma manifestaram que o tratamento matemático que expus para tratar da relação entre os dois conceitos de velocidade não foram adequados. Comecei dizendo que faríamos

⁴ <https://www.inpe.br>

uma atividade pela qual eles iriam testar seus conhecimentos dos assuntos de física abordados nas últimas aulas.

Perguntei como se pode medir o quão rápido é um movimento de rotação. “Sabendo a velocidade angular”, respondeu uma aluna. Perguntei então se não poderíamos utilizar o conceito de velocidade linear (ou tangencial). Deixando a pergunta em aberto, tentei fazer com que recapitulassem a relação entre velocidade linear e angular, desenvolvida na aula anterior, e que foi motivo de desconforto por parte deles naquele momento. Com isso tentei mostrar que a relação é mais simples do que parecia ser, e ao ver que aparentemente a maioria havia entendido e lembrado a relação entre os dois conceitos de velocidade, iniciei uma série de quatro questões conceituais, sobre a relação entre as duas grandezas, abordadas utilizando o método IpC – Instrução pelos Colegas. As questões tratadas se encontram no Apêndice B.3.

Após distribuir cartões com as letras referentes às alternativas de cada questão, iniciei essa parte da aula, então, expondo aos alunos a primeira questão. Li e interpretei juntamente com eles, projetada em grande imagem para que todos pudessem ler. Fui discutindo cada uma das quatro alternativas da questão e, logo após, indiquei que tentassem deduzir a alternativa correta individualmente. Ao se passar uns dois minutos, indiquei que levantassem o cartão com a letra correspondente à alternativa que acreditavam ser a correta. Como uma grande parte da turma errou, indiquei que discutissem em grupos, preferencialmente com colegas que haviam optado por uma alternativa diferente. Mesmo indicando que, num primeiro momento, eles teriam que tentar concluir individualmente a resposta correta, havia muita discussão entre eles. Como estava difícil controlar a situação, deixei para enfatizar e fazê-los entender a proposta na segunda questão. Após mais uns dois minutos, verifiquei novamente a alternativa que cada um acreditava ser a correta. Uma grande parte acertou. Sendo assim, expliquei a resolução da questão e, ao ver que haviam compreendido, passei à próxima, que tratava da análise do movimento de uma motocicleta com rodas de diâmetros diferentes. Durante o tempo reservado para que tentassem deduzir qual seria a alternativa correta, um aluno me questionou sobre as avaliações que eles teriam de fazer para a disciplina de física, sugerindo outras atividades além da prova. Respondi-lhe que o combinado era uma prova ao final das seis aulas que eu havia planejado para aquela turma, e que iria posteriormente conversar com o professor da disciplina para verificar a possibilidade da sua sugestão, explicando-lhe que eu preferia seguir a forma de avaliação que o professor regente vinha utilizando.

Foi feito o mesmo procedimento realizado para a questão anterior. Porém, antes de iniciar a verificação das respostas, enfatizei alguns detalhes sobre a questão, mas deixando que

eles mesmos tentassem responde-la. Após uns três minutos, foi feita a verificação das respostas, e observei que a maioria dos alunos havia marcado a alternativa correta. Assim, expliquei-a utilizando o quadro negro e, ao perceber que haviam compreendido a resolução, passei à próxima questão, que tratava do movimento de dois satélites geostacionários a diferentes altitudes.

Nesta terceira questão apresentada, houve mais dúvidas, mesmo sendo um caso análogo ao tratado na primeira questão. Primeiramente expliquei, àqueles que desconheciam, o que é um satélite geostacionário. Feito isso, perguntei qual seria o período de rotação dos dois satélites. “Vinte e quatro horas”, responderam vários alunos. Com isso, solicitei que tentassem deduzir qual seria a alternativa correta, tendo apresentado e comentado cada uma das quatro. Dois minutos se passaram e verifiquei as respostas. Mapeando as duas alternativas mais optadas, perguntei aos alunos se poderia ser uma delas a resposta correta. Enfatizando ideias fundamentais para a análise da questão, aguardei que discutissem entre eles próprios e, ao refazer a verificação das respostas, percebi que uma grande parte havia acertado. Assim, expliquei a resolução e passei a última questão, que tratava de um sistema constituído por um disco ligado a um eixo que girava com certa velocidade angular e, com um eixo idêntico ao primeiro encostado na borda do disco, teriam de deduzir qual era a relação entre as velocidades angulares de cada componente do sistema.

Como já pareciam um pouco cansados da atividade, e por ser uma questão um pouco mais complicada para eles, havia pouca participação nesse momento – era o último período de um dia em que estavam tendo aula desde as oito da manhã, sendo aquele o último período do dia. Mesmo assim, o método desenvolvido para as outras questões foi realizado e, observando que a maioria havia entendido a relação entre velocidade linear e velocidade angular, combinei com a turma o dia e horário da monitoria que eu prestaria a eles. Para aqueles com dúvidas no entendimento dos conceitos abordados em aula, salientei a importância de comparecerem à monitoria da disciplina de física.

Faltando uns cinco minutos para o encerramento da aula, resolvi encerrar a atividade, não tendo conseguido concluir o que estava planejado para esta aula que se encerrava. Além das questões trabalhadas através do IpC, o objetivo era deixar que tentassem resolver a lista de exercícios disponibilizada juntamente com o texto da última aula, pois aparentemente ninguém havia lido, muito menos tentado resolver os exercícios, o que era fundamental para que na próxima aula eu pudesse já desenvolver o conceito de momento de inércia e assim iniciar a dinâmica das rotações. Portanto, enfatizei a importância de tentarem resolver os exercícios e

comparecerem à monitoria combinada com eles. Todos foram se deslocando à porta. Pedi que aguardassem o horário, para seguir as regras habituais da escola. Assim se encerrou a segunda aula de regência.

5.3 Terceira aula

31 de outubro de 2016

Aula de Física - 1º ano/Ensino Médio (Turma 102)

2 períodos – 16h00 às 17h30

Assunto: Momento de Inércia

Chegando ao laboratório de ciências, fui preparando o material para as demonstrações experimentais que seriam feitas naquela aula. Preparei também o projetor de *slides* e aguardei os alunos chegarem. Esta terceira aula era para ter sido realizada na semana anterior, mas por conta de manifestação do movimento estudantil da escola acabou sendo transferida.

Comecei cumprimentando a turma e perguntando como estavam. “A situação tá difícil”, diz uma aluna, se referindo à situação política do País. Dizia que era difícil se dedicar aos estudos com tudo que estava acontecendo, como reformas políticas contra as quais eles se manifestavam contra.

Logo que começou o horário de aula comecei desenhando no quadro dois prédios altos e uma corda esticada fixada no alto de cada um deles. Perguntei se seria possível ir de um prédio ao outro caminhando sobre a corda. Muitos pareceram não ter levado muito a sério a situação. Assim, mostrei um vídeo que mostrava o acrobata Nick Wallenda quebrando um recorde ao caminhar vários metros sobre uma corda de aço com auxílio de uma longa haste⁵. Finalizado o vídeo, indaguei-os como explicar essa possibilidade de, segurando uma longa haste, caminhar sobre uma corda esticada suspensa nas duas extremidades. Aparentemente, se tratava de uma situação não compreendida por eles.

Colocada esta situação motivadora para o ensino do assunto principal, segui a aula colocando sobre a mesa um plano levemente inclinado tendo à disposição dois pequenos

⁵ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=Yg7YT9ISdxM>

cilindros de aproximadamente mesma massa, porém um oco e outro maciço. Desafiei-os, então, a preverem se os cilindros, ao serem liberados do topo do plano inclinado, demorariam o mesmo tempo para entrar em rotação ou não e, nesse caso, qual deles demoraria mais. Diferentes respostas foram dadas pelos alunos. Então realizei a demonstração. “Por que o cilindro oco demorou mais para entrar em rotação?”, perguntei. Um dos alunos tentou argumentar, sendo que era possível entender que ele se referia à forma como está distribuída a massa do objeto, e isso ocasionava o que se observava. Não querendo ainda expor a explicação, peguei uma haste com dois pesos móveis acoplados. Com os pesos próximos ao centro de massa da haste, convidei uma aluna a fazê-la girar segurando-a em seu centro, de forma que o eixo de rotação estivesse perpendicular à haste. Afastei os pesos do centro de massa da haste e então pedi que tentasse girar da mesma forma como tinha feito antes. “O que foi possível notar?”, perguntei a ela, ao que ela responde que havia se tornado mais difícil para girar. “Mas a massa mudou?”, perguntei, tentando fazer com que percebessem que ao distribuir uma parte da massa mais distante do eixo de rotação, maior era a resistência a entrar em rotação.

Concluída a demonstração, expus por meio do projetor de slides uma tabela em que mostrava as expressões matemáticas para o momento de inércia de diferentes objetos, incluindo os usados na demonstração. Nesse momento a turma estava dispersa, e me vi sem saber o que fazer. Escrevi, então, uma questão no quadro em que considerava dois cilindros, um oco e outro maciço, com massa duas vezes maior que a do primeiro. Eles deveriam responder qual dos dois demoraria mais para entrar em rotação. Pouquíssimos alunos tentavam responder, o que foi suficiente para que eu tomasse a decisão de abandonar parcialmente o plano de aula e partisse para uma atividade que estimularia eles a levarem mais a sério a aula. Concluída a questão, com poucos alunos acompanhando a resolução, indiquei-lhes a providenciarem a lista de exercícios disponibilizada na última aula e tirarem suas dúvidas quanto à resolução dos problemas. Tratava apenas a cinemática dos movimentos de rotação. Acatando a sugestão dos alunos, indiquei-lhes que entregassem esta lista de exercícios resolvida até a próxima aula, que seria usada para compor o conceito deles ao final da regência, quando seria aplicada uma prova de conhecimentos sobre movimentos de rotação.

Após alguns minutos, a maioria dos alunos já estava tentando resolver os exercícios da lista e assim fui atendendo aqueles que tinham dúvidas. No fundo da sala percebi alguns alunos totalmente inativos, e então tentei verificar o motivo. Sugeri que estivessem presentes na monitoria que eu estava prestando à turma, para que tentassem resolver a lista e solucionassem qualquer dúvida. O restante do tempo da aula seguiu com a resolução de problemas da lista.

5.4 Quarta aula

07 de novembro de 2016

Aula de Física - 1º ano/Ensino Médio (Turma 102)

2 períodos – 16h00 às 17h30

Assunto: Momentum angular

Para esta quarta aula, tive de preparar um material específico, utilizado na aula anterior, por meio do qual eu iria retomar o conceito abordado na aula anterior – *momento de inércia* – e também introduzir o novo – *momentum angular*. Providenciei de antemão dois cilindros ociosos de massas aproximadamente iguais, sendo o diâmetro de um aproximadamente três vezes o diâmetro do outro, o que possibilitaria observar a diferença entre seus momentos de inércia quando colocados sobre um plano levemente inclinado. Assim comecei a aula.

Para isso, fui escrevendo no quadro a questão inicial, a ser tratada utilizando o método IpC (ver Apêndice B.3). Eles teriam de prever se ambos os cilindros demorariam o mesmo tempo para entrar em rotação, apesar de terem aproximadamente a mesma massa, ou se algum deles demora mais. Ao iniciar o horário da aula os alunos foram me entregando as resoluções da lista exercícios. Quando todos já haviam se sentado distribuí cartões com as letras referentes às alternativas da questão escrita no quadro e indiquei-lhes dois minutos para tentar deduzirem a alternativa correta formulando um argumento para tal escolha. Enquanto isso verifiquei a presença dos alunos naquele dia. Seis dos trinta e seis não estavam presentes. Voltando à questão, perguntei se já haviam decidido qual era a alternativa correta. Ao afirmarem que sim, pedi que levantassem os cartões com a alternativa que acreditavam ser correta. Com exceção de pouquíssimos, todos haviam previsto corretamente o que iria acontecer. Segui a aula demonstrando na prática a questão colocada. Fiz a primeira vez. “Todos viram? ”, perguntei. Na dúvida, repeti a demonstração. Alguns se animaram por terem acertado.

Seguindo a aula, indaguei-lhes sobre a inércia dos corpos na natureza, usando um exemplo idealizado de um corpo que pudesse ser arremessado numa região do espaço livre da influência de qualquer astro. “O que aconteceria? ”, perguntei. Muitos responderam corretamente, o que possibilitou concluir que haviam compreendido o princípio da conservação

do momentum linear, que foi o conhecimento prévio necessário para desenvolver o conceito principal da aula – *momentum angular*.

Tentei fazer com que eles dissessem como expressávamos matematicamente o momentum linear de um corpo. “Massa vezes velocidade”, alguns responderam. Escrevi a expressão no quadro. “E para as rotações, como ficaria?”, perguntei. Para isso questionei como podemos medir o quão rápido é um movimento de rotação. Assim, escrevi a letra usada para simbolizar o momentum angular e, comparando com a expressão do momentum linear, escrevi a velocidade angular no lugar da velocidade linear. Agora, precisei desenvolver um raciocínio que levasse eles a concluir que o momento de inércia é análogo à massa para os movimentos de translação. Para isso, argumentei que, se pudéssemos fazer de cada cilindro usado na demonstração experimental inicial dois cubos maciços, qual apresentaria mais resistência a se mover. “Eles teriam a mesma massa”, disse eu. Discuti nesse momento com eles o conceito de inércia para movimentos de translação. “Mas, mesmo tendo a mesma massa, por um ter a distribuição de massa mais afastada do eixo de rotação o cilindro maior tem uma “inércia rotacional” (o momento de inércia) maior. “Portando, para as rotações, a inércia de um corpo depende também da distribuição de massa, além da própria massa”, lembrei. Assim, completei a expressão do momentum angular no quadro, colocando o momento de inércia no lugar da massa em relação à expressão para o momentum linear.

Segui a exposição do assunto explicando que, assim como para os movimentos de translação, para os movimentos de rotação o princípio da conservação do momentum se aplica. Para isso, posicionei uma cadeira giratória num lugar onde melhor poderia ser vista pelos alunos. Perguntei então quem se dispunha a me fazer girar sentado na cadeira. Um aluno veio até mim. Pedi então que me empurrasse de forma que eu girasse. Para isso eu tinha dois objetos de grande peso em mãos. Ao iniciar o giro, encolhia e esticava novamente os braços. O torque aplicado pelo aluno foi suficiente para observar que, de fato, ao encolher os braços a velocidade angular tende a variar de acordo com a diminuição do momento de inércia. Aparentemente todos eles compreenderam que, na ausência de atrito, eu seguiria girando e, assim, o momentum angular se conservaria.

Concluída a segunda demonstração experimental da aula, escrevi no quadro uma questão que teriam de resolver com base no princípio da conservação do momentum angular. Tratava o movimento executado por uma patinadora no gelo. Considerava que, ao abrir os braços, seu momento de inércia aumentava numa dada proporção. Teriam de calcular a velocidade angular da patinadora, tendo a velocidade angular antes de abrir os braços. Salientei

que era uma situação idealizada, pois, por mais que o atrito com o gelo seja bem reduzido, ele causa diminuição do momentum, assim como o ar. Alguns alunos me questionavam como poderiam calcular o que se pedia sem o valor do momento de inércia. Só era dito que aumentada 1,5 vezes. Desafiei-os a calcular. Esperei alguns minutos e, enquanto isso, sugeri que poderiam usar a entrega da resolução como uma atividade adicional, além da lista de exercícios que já haviam entregado. Como havia bastante dificuldade por parte de alguns, preferiram que eu resolvesse no quadro e passasse um parecido para que eles entregassem resolvido. Porém, o horário da aula estava terminando e então expus no quadro a resolução da questão, recolhi os cartões distribuídos inicialmente e assim a aula foi encerrada.

5.5 Quinta aula

21 de novembro de 2016

Aula de Física - 1º ano/Ensino Médio (Turma 102)

2 períodos – 16h00 às 17h30

Assunto: Torque e variação do momentum angular

Chegando com antecedência ao laboratório de ciências, aproveitei para escrever no quadro o que ia ser discutido no início daquela quinta aula. Aguardei uns cinco minutos após iniciar o período e comecei dizendo aos alunos que naquela ocasião iríamos desenvolver uma tarefa, com base no novo assunto que seria abordado naquele dia: torque e variação do momentum angular. Frisei que tal tarefa constituiria a avaliação final que eu fazia deles a respeito dos assuntos abordados. Mesmo assim, muito não se preocuparam em cooperar para criar um ambiente propício à aprendizagem, para que não houvesse tempo perdido e consequentemente possibilitando a realização da tarefa proposta. Afinal foi uma sugestão deles próprios fazerem atividades que não fosse apenas provas. Mesmo assim, insisti para que cooperassem, argumentando-lhes que muitos colegas estavam sendo prejudicados pela atitude de ignorar minhas instruções naquele ambiente de sala de aula. Muito alunos se dispunham a eles próprios pedirem mais atenção à aula por parte dos colegas que excediam o tolerável naquele momento.

Segui a aula lembrando-os de um conceito que já conheciam: momentum angular. A partir deste conceito, eu desenvolveria o novo. Perguntei, então, como é a expressão do momentum linear. Escrevi no quadro o símbolo da grandeza, e tentei induzir que eles próprios tentassem lembrar. “Massa vezes velocidade”, disse uma aluna sentada na mesa da frente. “Sim”, disse eu. Vendo que pelo menos uma grande maioria havia lembrado do conceito, indaguei-os como poderíamos expressar a “inércia de movimento” para as rotações. “Para as rotações, qual grandeza faz o papel da massa nos movimentos em linha reta?”, perguntei. A resposta esperada era que reconhecessem que tal grandeza é o momento de inércia. Como já haviam passadas três semanas desde que haviam tido aula sobre momento de inércia, mais uma vez fui tentando induzi-los a concluírem sozinhos. Exemplifiquei com a demonstração experimental feita na aula em que foi ensinado tal conceito. Na ocasião, mostrei-lhes que dois cilindros ocios, de mesma massa, apresentam diferentes resistências a entrar em rotação, sendo que o de diâmetro maior demorava mais para entrar em rotação, devido à distribuição de massa, mais afastada do eixo de rotação. Sendo assim, escrevi ao lado da expressão do momentum linear a expressão do momentum angular, substituindo a massa pelo momento de inércia.

Perguntei, então, em relação aos movimentos de rotação, qual é a grandeza que corresponde à velocidade para os movimentos em linha reta. Identificada por eles que é a velocidade angular, escrevi-a no lugar da velocidade linear e, assim, foi concluída a expressão do momentum angular, a partir do qual iríamos tratar sobre a causa de um movimento de rotação qualquer.

Segui a aula tentando agora fazer com que lembrassem do que causa alteração no momentum linear de um corpo. “Impulso”, disse uma aluna ao fundo da sala. “Sim”, disse eu. Era necessário que lembrassem que a taxa de variação do momentum linear é igual à força resultante. Após alguns detalhes esclarecidos, isso foi lembrado por uma grande parte dos alunos.

Em vários momentos tive de interromper a discussão que acontecia durante a aula para chamar a atenção de alguns com comportamento que excedia o tolerável, lembrando-lhes que o tempo perdido seria prejuízo não só para eles, mas também para os demais colegas. Para alguns isso soou arrogância, mas relevei, pois, eram muito imaturos para compreender que tal solicitação faz parte do papel do professor, que demanda atingir objetivos de aprendizagem.

Expliquei que, assim como força resultante é igual à taxa de variação do momentum linear, para os movimentos de rotação a taxa de variação do momentum angular é igual a uma nova grandeza, que ainda não haviam estudado, o torque (ou momento de uma força). Me dirigi

à porta do laboratório, e desafiei a tentarem abri-la comigo segurando-a por dentro apenas com um dedo. Três alunas vieram e se posicionaram do lado de fora da sala. Pedi tentassem abrir a porta aplicando força sobre algum ponto entre o meio da porta e as dobradiças. Assim, foi mostrado que, apesar de as três alunas terem imprimido uma força maior que a minha, por ter sido aplicada a uma distância menor ao eixo de rotação da porta em relação ao ponto onde eu segurava (na maior distância possível ao eixo de rotação) foi possível anular essa força.

Nesse momento, boa parte dos alunos estavam dispersos. Então, antecipei a descrição da atividade que faríamos a seguir. Mostrei uma haste larga equilibrada em seu centro de massa. De posse de dois objetos de pesos diferentes, eles teriam de prever a posição de um para que houvesse equilíbrio sabendo a distância que o outro se encontrava do eixo de rotação (além das massas dos dois objetos medidas previamente).

Dada uma prévia da atividade a ser realizada, segui a aula discutindo como medir o torque. Esbocei no quadro um desenho da porta vista de cima, e uma força sendo aplicada numa direção não perpendicular ao braço de alavanca (tendo definido previamente o que é isso). Entretanto, quando fui mostrar que para determinar o torque precisaríamos abordar análise de vetores, e conseqüentemente trigonometria, uma boa parte da turma se sentiu desconfortável, alegando que veriam isso no ano seguinte. Para contornar tal problema, considerei uma força aplicada sobre a porta perpendicularmente ao braço de alavanca, e definido que o torque é essa força multiplicada pelo braço de alavanca, explicando seu caráter vetorial. Para isso, exemplifiquei através da demonstração da porta feita anteriormente, partindo da definição do vetor momentum angular.

Para concluir, iniciei a atividade combinada no início da aula. Peguei a haste e equilibrei-a sobre um objeto de apoio. O objeto de menor peso coloquei em uma das extremidades da haste e então medi o braço de alavanca do torque causado pela força peso desse objeto. Escrevi no quadro esse dado, além das massas dos objetos. Desafiei-os a determinarem quanto deve ser o braço de alavanca do torque causado pela força peso do objeto de maior massa quando colocado sobre a haste em lado oposto ao do outro para que haja equilíbrio, ou seja, para que o torque resultante seja nulo. Disso resultou uma atividade a ser entregue na aula seguinte, devendo eles chegarem ao valor esperado a partir do conceito de torque desenvolvido.

5.6 Sexta aula

28 de novembro de 2016

Aula de Física - 1º ano/Ensino Médio (Turma 102)

2 períodos – 16h00 às 17h30

Assunto: Movimentos de rotação

Chegando à sala onde seria a penúltima aula de regência encontrei o professor titular da turma e verifiquei se havia algum detalhe a ser corrigido na prova entregue previamente a ele, e que seria aplicada na aula seguinte. Resolvido isso, reformulei a prova com uma alternativa ao problema de haver questões de múltipla escolha, que posteriormente foi modificado mais uma vez por exigência do professor supervisor do estágio (para ver a versão final da avaliação escrita, elaborada para ser aplicada ao final do período de regência, consultar o apêndice B.3). Isso dava a possibilidade da fácil troca de informações entre os alunos, segundo seu professor. O professor saiu e alguns alunos foram chegando, preocupados e compromissados com a aula. Perguntaram sobre a prova. Retribuindo tal comprometimento, fui colocando no quadro antes do início da aula uma relação dos assuntos que deveriam ter compreendido. Assim, tinham um panorama geral dos assuntos da prova, o que possibilitava facilitar a aprendizagem.

Logo após, aguardei os alunos se sentarem e iniciei a aula. Eles foram me entregando a tarefa combinada no final da última aula. Verifiquei com eles se o valor esperado que haviam calculado correspondia com a experiência. Medi, coloquei o objeto na posição calculada por eles (ver aula anterior) e vimos que estavam certos. A turma ainda estava bem dispersa, de forma que, apesar dos meus pedidos para que fizessem mais silêncio, poucos acompanharam. A maioria dos alunos claramente fez a atividade apenas para evitar ser reprovado na disciplina.

Segui a aula dizendo aos alunos que durante os dois períodos trabalharíamos resolvendo sete questões sobre movimentos de rotação. As questões estavam em uma folha entregue por mim nesse momento. Após responder algumas dúvidas dos alunos sobre a prova que seria feita na aula seguinte, iniciei a primeira questão da lista. Tratava sobre momento de inércia. Para isso, precisei fazê-los lembrarem da aula em que foi discutido esse conceito, onde tiveram a oportunidade de observar o significado desse conceito através de demonstração experimental. Logo lembraram. Alguns perguntaram como formular a justificativa para a questão, e em seguida passamos à questão seguinte.

A questão tinha como objetivo avaliar se os alunos haviam compreendido o conceito de momentum angular e o princípio da conservação. Foi complicado o início da interpretação da questão, pois, havíamos feito poucos exercícios sobre o assunto. Além disso, havia um horário reservado todas as semanas em que eu ficava à disposição da turma para que me pedissem auxílio na resolução de alguma questão presente nas listas de exercícios disponibilizadas a eles, porém, das quatro monitorias realizadas, somente cinco alunos apareceram e em apenas uma ocasião.

Tentava-se fazer daquelas questões assuntos interessantes de serem tratados, como, por exemplo, prever a velocidade de um satélite e, assim, verificar a desproporcionalidade com velocidades que estamos habituados a experimentar. Mesmo assim, havia total desinteresse de uma parte da turma. E, além de estarem interessados no assunto, atrapalhavam a concentração dos demais colegas que, em respeito ao ambiente de sala de aula, participavam, tiravam suas dúvidas e apenas alguns pediam silêncio aos colegas que excediam o tolerável para uma sala de aula. Infelizmente tal comportamento é comumente observado no contexto da educação básica. Incrível a cultura com que lidamos e fazemos parte.

Se estabeleceu um ambiente desagradável nessa penúltima aula. Talvez porque os alunos estavam tensos com o dia da prova que se aproximava, pois a todo momento tentavam obter alguma informação dela para que se tranquilizassem. Foi difícil lidar com aquela situação, de modo que simplesmente eu disse ao final que, por causa de uma parte da turma, progredimos pouco durante a aula. Sendo assim, sugeri que, aqueles que estavam se sentindo inseguros quanto ao entendimento dos assuntos de física tratados, comparecessem à monitoria.

Durante a resolução de uma das questões houve muita dificuldade por parte dos alunos. Tentei explicar várias vezes. Alguns tinham dificuldade em entender a conversão de medida de ângulo. Como havia pouco tempo restante, acabei desconsiderando um problema específico da questão, por esperar que me procurassem no horário da monitoria daquela semana para que eu pudesse explicar individualmente a cada aluno que estivesse com dúvida, de acordo com a sua forma de pensar.

As demais questões resolvidas em aula tratavam também sobre momentum angular e sua conservação. Aproveitei nesse momento para fazer uma explicação da relação da terceira lei de Newton com os movimentos de rotação. Tal assunto estava dentro do cronograma mínimo que o professor titular havia me solicitado cumprir. A atenção por parte da maioria continuava baixa. Apesar disso, na conclusão da questão a maioria parecia ter entendido tal relação.

Finalizei somente mencionando algumas das questões não discutidas naquela aula, salientando à turma que certamente o que prejudicou o aproveitamento do tempo da aula foram os excessos de uma parte da turma, que não conseguia enxergar que há um limite num ambiente coletivo como aquele. Com um clima desagradável a lista de presença foi preenchida e assim a aula foi encerrada.

5.7 Sétima aula

03 de dezembro de 2016

Aula de Física - 1º ano/Ensino Médio (Turma 102)

2 períodos – 10h40 às 12h10

Assunto: Movimentos de rotação

A sétima aula de regência foi desenvolvida em um sábado letivo. Foi utilizada como preparação para a prova que os alunos fariam na segunda-feira seguinte. Poucos faltaram. Tínhamos uma lista de exercícios para resolver, mas optei por começar perguntando aos alunos qual é a velocidade, em relação ao centro da Terra, de um ponto parado na superfície sólida do planeta. Isso foi feito com a intenção de, mais do que se preparar para uma prova, fazer sentido na vida dos alunos os assuntos de Física tratados durante o período de regência.

Resolvida esta questão inicial, comecei tentando mapear as maiores dúvidas dos alunos quanto aos assuntos tratados. Havia bastante conversa e, claramente, muitos não sabiam o que estavam fazendo ali. Atrapalhavam todos os demais, o que me obrigou a fazer colocações desagradáveis. Mas concluí dizendo-lhes que eu era apenas um visitante, com uma obrigação de professor, sim, entretanto eles próprios deveriam se respeitar e estabelecer um ambiente propício à aprendizagem deles. As dúvidas eram muitas, e conforme foi possível abordei as principais e mais relevantes para a avaliação final.

A maioria das questões já haviam sido resolvidas, mas foram resolvidas novamente, juntamente com algumas outras trazidas pelos próprios alunos. Estava difícil o ambiente naquele momento. Alguns desentendimentos entre eles foram observados, mas como não excedeu o tolerável, deixei que se entendessem entre eles próprios. Segui explicando a

resolução de mais questões, que envolviam conceitos de velocidade linear e angular, momento de inércia, momentum angular e torque. Passado o primeiro período, alguns alunos já estavam exaustos. Alguns mexiam no celular, outros conversavam sobre outros assuntos, e assim aquela aula seguiu. Abordei novamente os conceitos mais importante dos assuntos que foram tratados no período em que me envolvi com eles. Foi uma aula mais expositiva. Estavam um pouco tensos, pois a prova seria dois dias depois. Assim a aula foi encerrada.

5.8 Oitava aula

05 de dezembro de 2016

Aula de Física - 1º ano/Ensino Médio (Turma 102)

2 períodos – 16h00 às 17h00

Assunto: Movimentos de rotação

Nesta última aula do cronograma de ensino foi aplicada uma prova, contendo questões sobre os assuntos abordados durante o período de regência. Antes de iniciar o período, já havia muitos alunos na sala de aula. Alguns tensos, e revisando o material de aula. Um chegou dizendo que estava muito nervoso e logo sentou. Tentei tranquiliza-lo dizendo-lhe que era só manter a calma e lembrar do que aprendeu nas aulas. Outra veio até mim e apresentou algumas dúvidas. Fiz o máximo que era possível naquele momento. Segui organizando a sala.

Ao chegar a última aluna, não havia mais cadeira. Então fui à sala ao lado e posicionei num local ainda não ocupado. Cumprimentei a turma, indicando que não poderiam usar celular, nem qualquer outro material que não fosse o de escrever e calcular. Disse também que a prova estava de acordo com o que havíamos discutido e aprendido nas aulas.

Feito isso, com os alunos sentados separadamente, eu e um professor assistente, que me acompanhava, distribuimos as provas. Perguntaram qual era o tempo mínimo para se retirar da sala. Para evitar afobação na resolução da prova, indiquei que, se quisessem, saíssem apenas quando iniciasse o segundo período de prova. Logo em seguida se estabeleceu silêncio. Já durante os primeiros minutos alguns alunos já me chamavam para tirar dúvidas quanto às questões. Eu não fazia mais do que ajudá-los a interpretar a questão. Entretanto, àqueles que já

havam iniciado alguma questão eu indicava algum detalhe. Assim se seguiu todo o primeiro período.

Passada uma hora, alguns já iam entregando a prova e assinando a lista de presença. Alguns poucos me chamavam várias vezes. Alguns deles eram justamente aqueles que eram mais dispersos nas aulas. A maioria não me chamou para tirar dúvidas, mesmo eu me dispondo a fazer isso. Mas fazia de forma que atrapalhasse o mínimo possível os demais, indo até o aluno e me aproximando o máximo possível. Todos estavam cientes que eu estava disposto a prestar auxílio quanto a alguma dúvida na interpretação das questões. Assim, alguns dos que não desistiam apesar das dificuldades começavam a me chamar algumas vezes. Continuei auxiliando de forma que eles pudessem testar seus conhecimentos.

Fui recebendo as últimas provas. Apenas um aluno continuava de cabeça baixa tentando resolver uma questão. Disse-lhe que precisávamos encerrar. Recolhi sua prova, coloquei-a com as demais em uma pasta e assim se encerrou a atividade daquele dia.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É evidente o potencial do trabalho docente em emancipar as formas de pensamento e o entendimento da natureza, dos avanços tecnológicos e da vida social. Mas é evidente também as dificuldades de equacionar a necessidade de cumprir a demanda educacional, o insuficiente tempo destinado ao ensino de Física no âmbito da educação básica, as deficiências de aprendizagem trazidas pelos estudantes do ensino fundamental e a falta de interesse de uma parcela deles. Quanto a este último fator, parece haver um componente cultural significativo na forma como se dá o envolvimento dos sujeitos da aprendizagem com o conhecimento científico.

É também evidente a necessidade da disposição do professor para adaptar uma explicação ao modo como o aluno pensa. Foi considerado o grande potencial que há em realizar o processo de ensino-aprendizagem a partir dos conhecimentos prévios dos alunos. Assim, é possível saber como cada aluno pensa e, a partir disso, criar as condições para que ele construa sua aprendizagem, mediante uma ação docente bem estruturada e planejada. Embasado no referencial teórico e nas metodologias de ensino adotadas neste trabalho, com o planejamento e a execução deste estágio em docência se procurou desenvolver uma aprendizagem que resultasse em uma compreensão mais ampla possível dos assuntos tratados. Com a finalização deste estágio em docência verificou-se a necessidade de contornar a tendência natural dentro do sistema educacional em uniformizar o ensino, desenvolvido muitas vezes desconsiderando a forma de pensamento individual de cada sujeito da aprendizagem.

Se pretendeu iniciar a regência com uma análise histórica do surgimento da tecnologia espacial, para que os alunos percebessem a relação da ciência com questões sociais e políticas, assim como o desenvolvimento do conhecimento científico relacionado, discutindo inclusive os passos iniciais de Isaac Newton para a compreensão dos movimentos dos satélites naturais e sua síntese teórica presente nos *Principia*. Entretanto, tal abordagem acabou ficando prejudicada pelo tempo limitador, como já mencionado. O que se conseguiu foi abrindo mão de parte do vídeo inicial apresentado em que era apresentado o desenvolvimento histórico da tecnologia espacial, discutir brevemente a relação das questões motivacionais para o estudo da Física com o seu uso social. Foi discutida a questão do lixo espacial, o que criou interesse em parte da turma. Esperava-se que, a partir dessa discussão inicial, as aulas seguintes serviriam como forma de compreender tais questões. Nesta primeira aula de apresentação do assunto (movimento de rotação), houve uma primeira dificuldade em relação aos conhecimentos prévios dos alunos. Para tratar tal assunto, era necessário que eles tivessem um maior domínio

de conceitos matemáticos, tais como relações trigonométricas. Para as demais aulas tentou-se contornar tal problema, fazendo uma abordagem carente de certos detalhes que envolviam tais conceitos.

O enfoque CTS que se pretendia desenvolver acabou ficando comprometido pois era preciso fazer uma escolha: criar a possibilidade de abordar durante o período de regência todos os conceitos incluídos no cronograma mínimo solicitado pelo professor titular, incluindo a avaliação final e aulas de exercícios, ou então abrir mão de alguns daqueles conceitos para poder trazer discussões de maior alcance no que se referia aos assuntos de Física tratados, incluindo uso de material audiovisual comentado pelo professor durante alguns momentos de cada aula.

Parece, portanto, que, em relação ao período que abrange todo o ensino médio da educação básica, uma saída seria fazer uma seleção mais criteriosa de conceitos da Física a serem abordados a este nível de ensino, considerando seu grau de relevância e significação, conforme o referencial teórico-metodológico adotado, para que se pudesse compatibilizar os objetivos de um ensino CTS com o tempo destinado à disciplina, além da defasagem de aprendizagem apresentada por uma parte dos estudantes do ensino médio.

Um dos aspectos da educação científica fica também evidente ao experimentar o ambiente de ensino. Ele se refere ao quanto o sujeito da aprendizagem consegue aproximar e articular a situação concreta – o ponto de partida – com o subjetivo. Pensando nisso, atividades experimentais foram desenvolvidas, e percebeu-se um grande potencial de aprendizagem, concluindo que o ensino de um conceito torna mais significativa a aprendizagem mediante demonstração de situações concretas. O grau de abstração incitado através das discussões sobre os temas deve ser gradualmente desenvolvido, a partir de situações reais.

Na execução da regência, discussões que relacionavam os novos conceitos às questões motivacionais iniciais acabaram ficando de curto alcance, vinculadas a situações corriqueiras, servindo ao menos para a compreensão dos conceitos, só que lamentavelmente sem o enfoque desejado. Mas, certamente, um dos fatores considerados como significativos em relação às dificuldades encontradas é a forma como lidar com a indisciplina por parte do corpo discente. Hesitei em tomar certas decisões frente a comportamentos que excediam o tolerável para uma sala de aula, por acreditar que seriam adequadas se fossem colocadas em prática pelo professor titular. Assim, relevei. Certamente esse fator prejudicou a aprendizagem de todos os alunos com quem me envolvi durante esse período de regência. Talvez, uma solução seria diminuir o número de alunos por professor. A turma com a qual foi desenvolvido este estágio em docência

era formada por 35 alunos. Diferentes dúvidas surgiam. Um aluno entendia algo tratado em aula com certa forma de explicar. Outro entendia com outra. A individualização do ensino se tornava difícil de ser desenvolvida em tal ambiente.

A dificuldade em fazer essa individualização da aprendizagem, além do processo de interação com os demais colegas, pode explicar o desempenho dos alunos durante o período de regência. Somente uma parte da turma conseguiu realizar a prova tendo um aproveitamento de pelo menos dois terços de acertos da mesma, e entre eles estavam aqueles que aproveitaram o projeto para o ensino de Física com eles desenvolvido durante a realização deste estágio indo às monitorias e respeitando o ambiente da sala de aula.

Este estágio em docência possibilitou encarar o trabalho docente com mais tranquilidade e de forma mais realista. A conclusão que se chega é que, se não soubermos realizar uma aula que agrade aos alunos, só será possível colocá-la em prática mantendo o controle da turma, o que deve ser evitado para que o processo de ensino-aprendizagem aconteça de forma espontânea e agradável, para garantir um ambiente que propicie o exercício de pensar. Como já mencionado, as aulas de Física desenvolvidas durante o período de regência ocorreram sempre nos últimos períodos do turno da tarde de um dia da semana em que os alunos tinham atividades na escola desde as oito horas da manhã. Alguns chegavam claramente exaustos, e discutir a Física requer abstração.

É possível notar certo desconhecimento por parte de alunos da educação básica quanto ao caráter histórico, social e filosófico dos conhecimentos científicos que estudam. Por isso uma intervenção didática em que estejam incluídos tais aspectos parece tão necessária, ao ponto de interrogarmo-nos se é suficiente continuar ensinando os conhecimentos científicos de uma maneira acrítica, desvinculados de aspectos que transcendem a ciência, como, por exemplo, o debate sobre o que, afinal, significa progresso científico e tecnológico.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D.; Lima, V.. O Colégio de Aplicação da Ufrgs e suas precursoras: memórias apagadas (1954-1996). CONJECTURA: filosofia e educação, América do Norte, 20, set. 2014

ARAUJO, I. S. MAZUR, E. Instrução pelos Colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 30, n. 2: p. 362-384, ago. 362 2013.

AUSUBEL, D P. NOVAK, J. HANESIAN, H. Psicologia Educacional. 625 págs., Ed. Interamericana

BARBOSA, R. Reforma do ensino primário e várias instituições complementares da instrução pública. Obras Completas de Rui Barbosa, v. X, 1883, tomo I. Rio de Janeiro: Ministério da Educação e Saúde, 1947. (Edição fac-similada comemorativa do 1º centenário dos pareceres apresentados na Câmara do Império em 1882. Fundação Casa de Rui Barbosa Fundação Cultural do Estado da Bahia/Conselho Estadual de Educação.)

DAMKE, I. R. O processo do conhecimento na pedagogia da libertação: as idéias de Freire, Fiori e Dussel. Petrópolis: Vozes, 1995.

GASPAR, Alberto. Física, Vol. Único - São Paulo: Ática, 2000

GASPARIN, João Luiz. Uma didática para a pedagogia histórico-crítica. 4.ª ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2007.

GEHLEN, Ivaldo; Soares, Maria Susana Arrosa; Rosenfield, Cinara Lerrer. Perfil e representações dos estudantes do Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: relatório final. Porto Alegre: Coordenadoria de Educação Básica e Profissional/UFRGS, 2003.

GRAF. Física 1 – Mecânica. 5ª Ed. São Paulo: EDUSP, 2005.

HEWITT, P. G, Física Conceitual. 9a Edição. Porto Alegre: Bookman, 2012

MOREIRA, M A. MASINI, E F S. Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel. 2ª Edição. São Paulo: Ed. Centauro, 2002

MORTIMER, E.; Scott, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. Investigações em Ensino de Ciências – V7(3), pp. 283-306, 2002

SANTOS, César Sátiro dos. Ensino de Ciências: Abordagem histórico-crítica. Campinas, SP: Armazém do Ipê (Autores Associados), 2005.

SANTOS, M. E. Encruzilhadas de mudança no limiar do século XXI: co-construção do saber científico e da cidadania via ensino CTS de ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2., 1999, Valinhos.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências. Volume 02, Número 2. 2002.

SAVIANI, Demerval. Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações. 11.^a ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2011.

_____. Escola e Democracia. Campinas, SP: Autores Associados, 2008.

TEIXEIRA, Paulo Marcelo. A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento C.T.S. no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 177-190, 2003

WAKS, L. J. Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos actuales. In: MEDINA, M., SANMARTÍN, J. (Eds.). *Ciencia, tecnología y sociedad: estudios interdisciplinarios en la univerridade, en la educación y en la gestión política y social*. Barcelona, Anthropos, Leioa: Universidad del País Vasco. 1990.

APÊNDICE A – CRONOGRAMA DE REGÊNCIA

Aula	Local	Data/Hora	Tópico	Objetivos de ensino	Estratégia
1	Laboratório de Ciências Exatas	10.10.2016 16h às 17h30	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidade angular 	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar situações relacionadas ao assunto que será abordado – movimentos de rotação • Deduzir e aplicar a relação entre velocidade angular e velocidade linear 	<ul style="list-style-type: none"> • Exibição de vídeo • Exposição dialogada • Resolução de problema
2	Laboratório de Ciências Exatas	17.10.2016 16h às 17h30	<ul style="list-style-type: none"> • Cinemática das rotações 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar os conceitos de período, frequência e velocidade em problemas sobre movimentos de rotação 	<ul style="list-style-type: none"> • Instrução pelos colegas • Resolução de problemas
3	Laboratório de Ciências Exatas	24.10.2016 16h às 17h30	<ul style="list-style-type: none"> • Momento de inércia 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver o conceito de momento de inércia com analogia ao caso linear • Mostrar a dependência do momento de inércia com a distribuição de massa 	<ul style="list-style-type: none"> • Exibição de vídeo • Exposição dialogada • Instrução pelos colegas • Demonstrações experimentais
4	Laboratório de Ciências Exatas	31.10.2016 16h às 17h30	<ul style="list-style-type: none"> • Momentum angular e sua conservação 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver o conceito de momentum angular com analogia ao caso linear 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição dialogada • Instrução pelas Colegas • Demonstrações experimentais

				<ul style="list-style-type: none"> • Explicar o princípio da conservação momentum angular com analogia ao caso linear • Abordar situações em que o momentum se conserva 	<ul style="list-style-type: none"> • Resolução de problema
5	Laboratório de Ciências Exatas	21.11.2016 16h às 17h30	<ul style="list-style-type: none"> • Torque e variação do momentum 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver o conceito de torque com analogia ao caso linear • Abordar situações em que o momentum não se conserva 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição dialogada • Demonstração experimental • Resolução de problema
6	Laboratório de Ciências Exatas	28.11.2016 16h às 17h30	<ul style="list-style-type: none"> • Rotações 	<ul style="list-style-type: none"> • Auxiliar na resolução de problemas 	<ul style="list-style-type: none"> • Resolução de problemas
7	Sala 103	05.12.2016 16h às 17h30	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação 	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar o grau de conhecimento dos alunos sobre movimentos de rotação 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de prova escrita

APÊNDICE B – MATERIAL DIDÁTICO

B.1 - Textos

MOVIMENTOS DE ROTAÇÃO



PARTE 1

MOMENTUM ANGULAR (ou quantidade de movimento angular)

Considere as seguintes situações: um planeta se movendo em torno do Sol, a Lua e os satélites artificiais se movendo em torno da Terra, ou mesmo o movimento de algo aqui na superfície da Terra como um pião girando no chão, que é análogo a um dos movimentos que a Terra executa e que dá origem ao ciclo noite-dia.

Um pião pode girar durante vários segundos. Alguns satélites artificiais já estão em órbita em torno da Terra há mais de uma década. E a Lua em torno da Terra, assim como os planetas em torno do Sol, já executam seus movimentos há cerca de 4,5 bilhões de anos (com base nas rochas mais antigas já estudadas).

Como entender esses fenômenos?

Velocidade angular

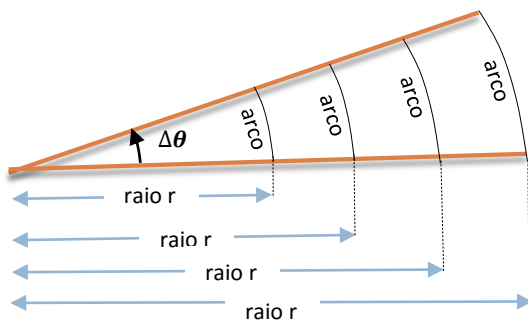
Sabemos que a grandeza que mede o quão rápido um corpo se move em relação a um referencial é representada por um vetor, o vetor velocidade. Mesmo que um corpo esteja se movendo em trajetória curva, podemos representar sua velocidade como no movimento em linha reta.

O vetor velocidade (que a partir de agora chamaremos de **velocidade linear v**) para um corpo que esteja em trajetória curva é representado sobre a linha tangente ao ponto da trajetória em que queremos medi-la.

Nos movimentos de rotação, podemos representar o quão rápido um corpo se move com um conceito mais adequado. Quando medimos a velocidade de um corpo em rotação em termos do ângulo $\Delta\theta$ por ele descrito em relação ao tempo t temos a **velocidade angular ω** , cujo módulo é

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

A medida de ângulo pode ser feita em graus ($^\circ$). Porém, utilizaremos a unidade adotada no Sistema Internacional de Unidades, o radiano (rad). Vejamos como converter grau em radiano, com base na figura abaixo.



Para um determinado ângulo $\Delta\theta$, a razão entre o comprimento do arco e o raio r correspondente é uma constante. Por definição, o valor dessa constante é o valor do ângulo em radianos.

$$\Delta\theta = \frac{\text{comprimento do arco}}{\text{comprimento do raio}}$$

Considerando uma volta completa ($\Delta\theta=360^\circ$), o comprimento do arco será o perímetro de uma circunferência. Assim, a expressão acima ficará

$$\Delta\theta \text{ (rad)} = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi$$

Portanto, $360^\circ = 2\pi \text{ rad}$, ou então, $180^\circ = \pi \text{ rad}$. Com isso, podemos converter uma unidade na outra pelas seguintes expressões:

$$\Delta\theta(^\circ) = \Delta\theta(\text{rad}) \frac{180^\circ}{\pi}$$

$$\Delta\theta(\text{rad}) = \Delta\theta(^\circ) \frac{\pi}{180^\circ}$$

Quando um corpo em rotação completa uma volta, terá descrito um ângulo de 360° , que é o mesmo que $2\pi \text{ rad}$, e o tempo em que uma volta é completada é chamado **período de rotação T** . Assim, a velocidade angular pode ser determinada pela expressão

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Analogamente, considerando que o arco descrito ao completar uma volta é o perímetro de uma circunferência, a velocidade linear pode ser determinada pela expressão

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad \text{ou seja,} \quad v = \omega \cdot r$$

Agora observe que o radiano é definido como a razão do comprimento do arco e o comprimento do raio correspondente, ou seja, a razão entre dois comprimentos. Portanto, a medida do ângulo em radianos é adimensional, não tem unidade.

Problema resolvido

O primeiro satélite brasileiro lançado ao espaço, chamado SCD-1, tem uma velocidade linear e um período de rotação de aproximadamente 27000 km/h e 99,7 min, respectivamente. Calcule a altitude do satélite, sabendo que o raio da Terra é de aproximadamente 6 371 km.

$$\text{A velocidade angular é } \omega = \frac{2\pi}{5982 \text{ s}} \approx 10,5035 \cdot 10^{-4} \text{ rad/s}$$

$$\text{A velocidade linear é } v = \frac{27\,000 \text{ km}}{3600 \text{ s}} \approx 7,5 \text{ km/s}$$

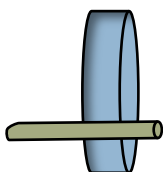
$$\text{Portanto, o raio da trajetória é } r \approx \frac{7,5 \frac{\text{km}}{\text{s}}}{10,5035 \cdot 10^{-4} \frac{\text{rad}}{\text{s}}} \approx 7\,140 \text{ km}$$

Subtraindo o raio da Terra, a altitude do satélite é aproximadamente

$$7\,140 \text{ km} - 6\,371 \text{ km} = 769 \text{ km}$$

- Um disco de 20 cm de raio gira descrevendo ângulos de 30° a cada 2,0 s.
 - Qual é o valor da sua velocidade angular? Ela é a mesma para todos os pontos sobre o disco?
 - Qual é o módulo da velocidade de um ponto situado na borda do disco? Ela é a mesma para todos os pontos sobre o disco?
- Se um ponto material executa um movimento circular com velocidade constante de 3,0 m/s cuja trajetória tem 6,0 m de raio:
 - Qual é sua velocidade angular?
 - Qual é o ângulo que ele descreve em 5,0 s?
- Uma polia ligada a um motor efetua 2400 rpm. Qual é a velocidade angular associada medida no S.I.?
- Se a roda de um automóvel tem um raio de 30 cm, qual é sua velocidade angular quando o automóvel está a 72 km/h? Ela tem o mesmo sentido nas quatro rodas do carro? Justifique.
- Uma roda de 25 cm de raio é encostada ao eixo de um motor de 2,5 cm de raio. A frequência de rotação do motor é de 3000 rpm.

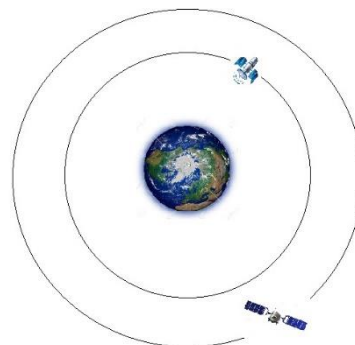
Considerando que não haja deslizamento entre a roda e o eixo, qual é a frequência de rotação da roda?



- Para pensar: se vemos sempre a mesma face da Lua, o que podemos dizer sobre seu movimento em torno da Terra?
- Em relação à rotação de um disco, pode-se dizer que, durante um intervalo de tempo:
 - ω depende da posição sobre o disco e v depende apenas do ângulo descrito
 - ω e v dependem somente da posição sobre o disco
 - ω depende apenas do ângulo descrito e v depende da posição sobre o disco
 - ω e v dependem somente do ângulo descrito
- Um satélite artificial descreve uma órbita circular a 1600 km de altitude, efetuando uma revolução a cada 2,0h. Qual é o módulo da velocidade linear do satélite? (O raio da Terra tem aproximadamente 6371 km)
- Qual é a velocidade de um ponto na superfície da Terra em relação ao seu centro devido à sua rotação?

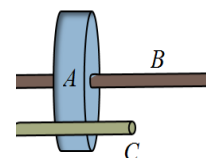


- Considere dois satélites geoestacionários a diferentes altitudes. Pode-se dizer que:



- eles têm a mesma velocidade tangencial e velocidades angulares diferentes
 - eles têm a mesma velocidade angular e velocidades tangenciais diferentes, sendo maior a do satélite de menor altitude
 - eles têm a mesma velocidade angular e velocidades tangenciais diferentes, sendo maior a do satélite de maior altitude
 - a velocidade angular e a velocidade linear são iguais para os dois satélites
- Se a roda traseira de uma motocicleta tem 50 cm de diâmetro e a dianteira 60 cm, quando ela está em movimento, desconsiderando qualquer deslizamento:
 - as duas rodas têm a mesma velocidade angular, porém a traseira tem uma velocidade tangencial maior na borda
 - as duas rodas têm a mesma velocidade tangencial na borda, porém a traseira tem uma velocidade angular menor
 - as duas rodas têm a mesma velocidade tangencial na borda, porém a traseira tem uma velocidade angular maior
 - a velocidade angular e a velocidade tangencial na borda das duas rodas são iguais
 - Considere um disco (A) com um eixo (B) acoplado ao seu centro. Se o eixo B estiver ligado a um motor girando a 300 rpm, e um outro eixo (C), com mesmo diâmetro de B, estiver encostado na borda do disco, desconsiderando qualquer deslizamento:

- $|\omega_A| = |\omega_B| = |\omega_C|$
- $|\omega_A| = |\omega_B| > |\omega_C|$
- $|\omega_A| < |\omega_B| = |\omega_C|$
- $|\omega_A| = |\omega_B| < |\omega_C|$



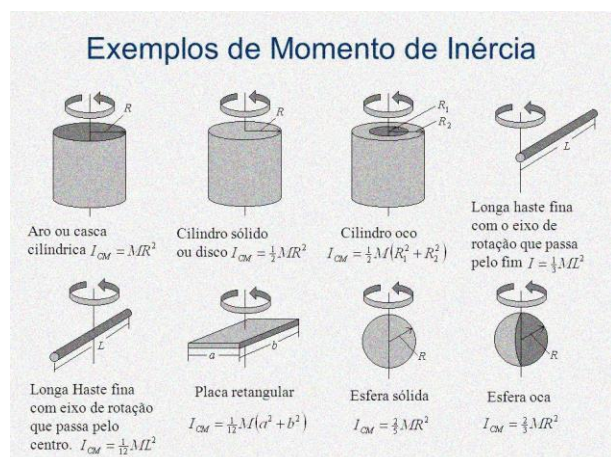
Inércia nas rotações

Os movimentos mencionados na introdução deste capítulo são todos aproximadamente circulares, que ocorrem em torno de um ponto fixo em relação a um ponto qualquer da trajetória. Nessas situações percebe-se que há uma tendência desses movimentos permanecerem se repetindo ciclicamente.

Assim como um corpo que esteja em movimento permanece em linha reta se a resultante das forças for nula, um corpo que inicia um movimento de rotação tende a permanecer assim (porém, com uma força sempre dirigida para o centro da trajetória, chamada *força centrípeta* e a aceleração causada é chamada *aceleração centrípeta* que, como sabemos, tem o mesmo sentido da força causadora).

Essa tendência dos corpos que giram em torno de algo permanecerem assim é chamada de **inércia rotacional** (ou **momento de inércia**, cujo símbolo é I), que é *análogo ao papel da massa no movimento linear*.

Para o movimento linear, a inércia de um corpo depende somente de sua massa. No movimento de rotação, a inércia rotacional depende não só da massa, mas também *da forma como está distribuída essa massa em torno do eixo de rotação*. A seguir, o momento de inércia para algumas distribuições de massa específicas.



Podemos dizer que, de forma geral, quanto mais distante do eixo de rotação estiver a distribuição de massa de um corpo, maior será sua resistência a entrar em rotação, isto é, seu momento de inércia. No caso de já estar em rotação, também maior será sua resistência a qualquer alteração no seu movimento.

Problemas

- Compare os momentos de inércia de dois cilindros de mesmo tamanho e mesma massa em relação ao giro que fariam estando deitados sobre um plano, sendo um oco de paredes finas e outro maciço.

Agora compare os momentos de inércia de duas esferas de mesmo tamanho e mesma massa em relação ao giro em torno de seus centros, sendo uma oca de paredes finas e outra maciça.

O que se conclui com isso?

- Como um plano inclinado o ajudaria a distinguir uma esfera oca de uma maciça, tendo as duas o mesmo peso e o mesmo tamanho?
- Sabe-se que o momento de inércia é diretamente proporcional à massa. Sendo assim, se a massa de um cilindro maciço for duas vezes maior que a de um cilindro oco, de mesmo diâmetro, o que podemos afirmar a respeito da aceleração que cada um irá adquirir ao serem liberados do topo de um plano inclinado ao mesmo tempo?
 - O cilindro maciço terá um aumento maior na sua velocidade durante a descida.
 - Irá depender do comprimento de cada cilindro.
 - O cilindro oco terá um aumento maior na sua velocidade durante a descida.
 - Os dois terão o mesmo aumento de velocidade durante a descida.
 - Irá depender do material que constitui cada cilindro.

Momentum angular (quantidade de movimento angular)

Agora vamos lembrar do que é a **quantidade de movimento** de um corpo. Enquanto a força resultante for nula, um corpo que já está em movimento permanece em linha reta com velocidade constante (1ª lei de Newton). Sendo m sua massa e v sua velocidade linear, a quantidade de movimento linear é

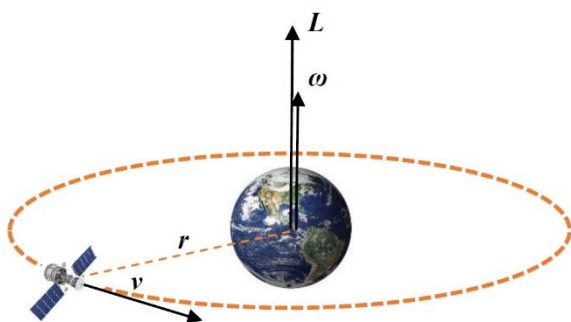
$$p = m.v$$



Para os movimentos de rotação podemos acabar pensando que, assim como no movimento em linha reta, a quantidade de movimento depende somente de sua massa e de sua velocidade. Mas isso é um equívoco. A experiência mostra que, para as rotações, a quantidade de movimento depende também de outro fator: a distância ao eixo de rotação. Ele é o que mais influencia na “inércia de movimento” de um corpo em rotação.

Para movimentos em linha reta temos a quantidade de movimento linear, para as rotações temos agora a **quantidade de movimento angular** (L), que é um vetor, com sentido dado pela regra da mão direita.

Para entender como medir a quantidade de movimento para as rotações observe a figura abaixo, que mostra (fora de escala) um exemplo de um movimento de rotação: um satélite orbitando a Terra a uma distância r de seu centro.



Para um corpo rígido que gira em torno de um eixo fixo, executando um movimento circular, o módulo de L será o produto da quantidade de movimento linear p e a distância r ao eixo de rotação,

$$L = r.p$$

e como $p = m.v$ e $v = \omega.r$,

$$L = m.r^2.\omega$$

Se considerarmos o momento de inércia desse corpo rígido como $I = m.r^2$,

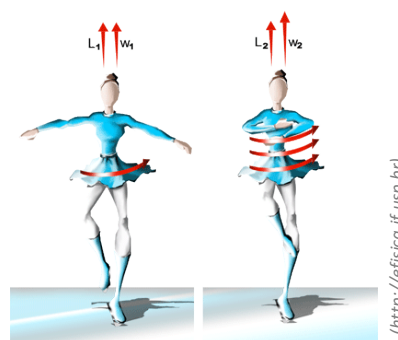
$$L = I.\omega$$

Nesse caso L e ω são vetores com mesmo sentido (dado pela regra da mão direita).

Conservação do momentum angular

Assim como para um movimento em linha reta, um corpo em rotação tende a permanecer em rotação. Disso resulta um princípio: a **conservação do momentum angular**. Para um corpo em rotação livre de interferências externas, a quantidade de movimento angular se conserva.

Isso pode ser observado no movimento realizado por uma pessoa que pratica patinação. Observe a figura abaixo.



Ao fechar os braços, a massa da patinadora fica mais distribuída próxima ao eixo de rotação diminuindo assim seu momento de inércia. Com isso, sua velocidade angular tende a aumentar exatamente para compensar a diminuição do momento de inércia. O momentum angular tende a se conservar.

Podemos agora resumir nosso conhecimento sobre os movimentos dos corpos na natureza da seguinte forma:

Inércia	Para a translação	Para a rotação
“de repouso”	m	I
“de movimento”	$p = m \cdot v$	$L = r \cdot m \cdot v$

Problemas

- Para observar a conservação do momentum angular na prática é preferível escolher situações em que o atrito seja reduzido. Por que?
- Se os planetas se movem no vácuo de espaço, que forma de atrito poderia haver sobre os movimentos de rotação de planetas, satélites e demais astros do sistema solar? Ao concluir a análise da questão, cite a consequência disso.
- Ultimamente diversos planetas estão sendo detectados ao redor de outras estrelas. Suponha que uma estrela tenha ao seu redor um único planeta, em órbita elíptica, de massa $m = 5 \cdot 10^{18}$ kg, e que esse sistema (estrela-planeta) possa ser considerado isolado. Desconsidere a rotação do planeta em torno do seu centro, somente a rotação em torno da estrela.
 - Suponha que a distância de máxima aproximação à estrela seja $r_1 = 7 \cdot 10^9$ m e a velocidade angular nesse ponto $\omega_1 = 2 \cdot 10^{-3}$ rad/h. Se a distância de máximo afastamento à estrela for $r_2 = 8 \cdot 10^9$ m, qual será a velocidade angular desse planeta no afélio?
 - Tomando um valor médio para a velocidade angular do planeta em torno da estrela, qual será o seu período de revolução?

(Obs.: considere que o momento de inércia do planeta devido ao seu giro em torno da estrela seja dado por $m \cdot r^2$)

- Considere o problema 4 da página 3. Suponha que, quando começam a girar, os dois satélites tenham a mesma quantidade de movimento angular.
 - Se satélite menor dá um giro completo a cada 0,5 segundo, qual será a velocidade angular do satélite maior?
 - Agora suponha que o satélite maior tenha perdido $1/3$ de sua massa por causa do desprendimento de um compartimento durante o giro. Considerando que não tenha havido interferência externa sobre ele, sua velocidade angular mudará? Se sim, qual será seu valor?
 - Com a perda de massa, como fica o momento de inércia do satélite maior em relação ao momento de inércia do outro satélite?
- A trajetória da Terra em torno do Sol é aproximadamente uma circunferência. No periélio a distância ao Sol é aproximadamente $147,1 \cdot 10^9$ m; no afélio é aproximadamente $152,1 \cdot 10^9$ m.

No periélio, a Terra tem uma velocidade angular de aproximadamente $2,05 \cdot 10^{-7}$ rad/s. Sendo assim, qual é a velocidade de translação da Terra no afélio?

Referências (adaptado de):

Gaspar, Alberto. Física, Vol. Único - São Paulo: Ática, 2000

Hewitt, P. G., Física Conceitual. 9ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2012

GRAF. Física 1 – Mecânica. 5ª Ed. São Paulo: EDUSP, 2005.

MOVIMENTOS DE ROTAÇÃO



PARTE 2

TORQUE E VARIAÇÃO DO MOMENTUM ANGULAR

Até agora tratamos sobre os movimentos de rotação em que a quantidade de movimento angular se conserva. Mas o que gera um movimento de rotação? Entender como surge um movimento de rotação nos leva a concluir que, assim como para os movimentos em linha reta, para colocar um corpo em rotação é necessária uma força.

Essa força atuará alterando o estado de movimento. Portanto, essa força responsável tanto por iniciar um movimento de rotação como por alterar um movimento rotacional já iniciado irá modificar a quantidade de movimento angular.

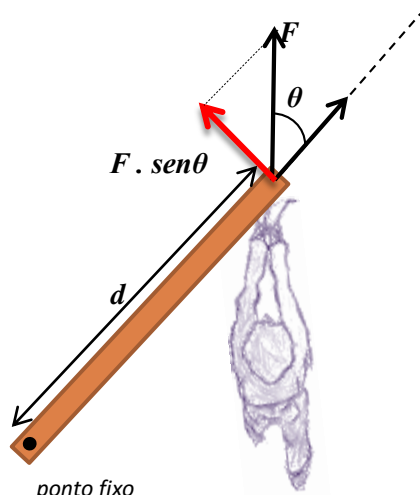
Torque (momento de uma força)

Até agora tratamos de situações envolvendo movimentos de rotação em que interferências externas podiam ser desconsideradas. Por interferência externa consideramos algum tipo de força, como a força de atrito, presente em qualquer situação aqui na superfície da Terra.

Sabemos que, quanto maior for o momento de inércia, mais difícil será colocar um corpo em rotação ou simplesmente alterar esse movimento se já iniciado. Para isso, como no movimento em linha reta, é necessária a ação de uma força.

Uma força que cause ou altere um movimento de rotação é chamada de **torque** (τ) e é definida da seguinte forma:

Considere uma força F aplicada sobre um corpo que passe então a girar em torno de um ponto fixo. Como exemplo, abaixo temos uma porta vista de cima e uma força sendo aplicada para abri-la.



A força pode ser separada em duas componentes, uma paralela e outra perpendicular ao raio de rotação. Essa componente perpendicular resulta no torque, multiplicando-a pela distância d ao eixo de rotação. Assim é definido o módulo do torque, que tem sentido dado pela regra da mão direita.

$$\tau = d \cdot F \cdot \text{sen}\theta$$

Podemos notar assim que, se a força F for aplicada perpendicularmente ao eixo de rotação, o torque será maior, apesar de a força ser a mesma, mas agora aplicada de forma que toda ela sirva para fazer a porta girar.

Além disso, quanto mais distante do eixo de rotação for aplicada a força, maior será o torque, como mostra a figura abaixo.



(<http://www.animations.physics.unsw.edu.au>)

Torque e variação do momentum angular

Sempre que houver componente da resultante das forças que seja perpendicular ao raio de rotação, haverá alteração da quantidade de movimento angular.

Quando a resultante das forças sobre um corpo for nula, a quantidade de movimento linear se conserva. Analogamente, quando a resultante dos torques sobre um corpo for nula, sua quantidade de movimento angular se conserva.

Se um corpo passa a girar, terá adquirido quantidade de movimento angular, ou seja, varia de zero a algum valor maior que zero. Se já está em rotação poderá ter sua quantidade de movimento angular diminuída ou aumentada.

Em ambos os casos, o que ocasiona isso é um torque, que é definido também como a taxa da variação do momentum angular em relação ao tempo, assim como a força resultante é a taxa de variação da quantidade de movimento linear.

Assim, o módulo do torque será

$$\tau = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

(Os vetores τ e L têm o mesmo sentido)

Para um sistema que mantenha seu momento de inércia constante, quanto maior o torque, maior será a velocidade angular. Portanto o torque gera uma aceleração, chamada de **aceleração angular** α , cujo módulo é dado por

$$\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

Assim como $F = m \cdot a$ (2ª lei de Newton), para as rotações teremos que o módulo do torque será

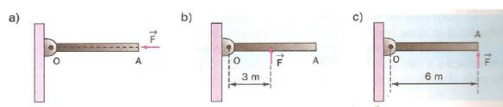
$$\tau = I \cdot \alpha$$

Vimos que as grandezas usadas para descrever movimentos de rotação têm correspondência com as grandezas usadas para descrever movimentos de translação. A tabela abaixo ilustra isso.

Movimentos de translação	Movimentos de rotação
Massa (m)	Inércia (I)
Velocidade linear (v)	Velocidade angular (ω)
Momentum linear (p)	Momentum angular (L)
Força (F)	Torque (τ)
Aceleração linear (a)	Aceleração angular (α)

Problemas

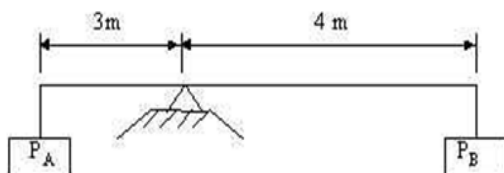
- Uma barra AO situada num plano vertical pode girar em torno de um ponto O. Determine o momento da força F (torque) de intensidade de 120 N nos três casos a seguir.



- Em cada caso representado abaixo, calcule o torque da força aplicada na barra, em relação ao ponto O.

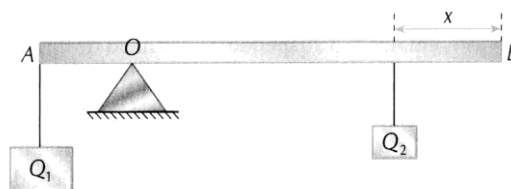


- A figura abaixo representa um sistema em equilíbrio estático. Sendo $P_A = 20$ N, o peso P_B deve ter valor de:

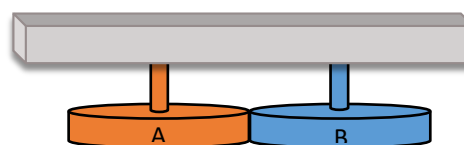


Dica: A soma dos momentos deve ser zero. O giro no sentido horário provoca momento positivo e no sentido anti-horário provoca momento negativo.

- Uma barra homogênea AB de peso $P = 10$ N e comprimento $L = 50$ cm está apoiada num ponto O a 10 cm de A. De A pende um corpo de peso $Q_1 = 50$ N. A que distância de x deve ser colocado um corpo de peso $Q_2 = 10$ N para que a barra fique em equilíbrio na horizontal?



- Um disco A, em rotação, suspenso por um eixo móvel fixo em seu centro com velocidade angular constante é encostado na borda de outro disco B, idêntico ao primeiro e livre para girar, inicialmente em repouso.



Desconsiderando qualquer interferência externa e considerando que não haja deslizamento entre os discos, é correto afirmar que:

- O momento angular total aumentará.
- A velocidade angular do disco A aumentará quando encostado no disco B.
- A velocidade angular do disco A permanecerá constante quando encostado no disco B.
- As velocidades angulares dos dois discos serão diferentes.
- A velocidade angular do disco A diminuirá quando encostado no disco B.

Referências (adaptado de):

Gaspar, Alberto. *Física*, Vol. Único - São Paulo: Ática, 2000

Hewitt, P. G, *Física Conceitual*. 9ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2012

GRF. *Física 1 – Mecânica*. 5ª Ed. São Paulo: EDUSP, 2005.

<http://estudando-fisica.blogspot.com.br>

B.2 – Material utilizado nas atividades experimentais

Imagem 1 – Objetos usados para introdução do conceito de momento de inércia



Imagem 2 – Objeto usado para introdução do princípio da conservação do momentum angular



Imagem 3 – Material usado para atividade de avaliação sobre o conceito de torque



B.3 – Questões conceituais abordadas utilizando o método IpC

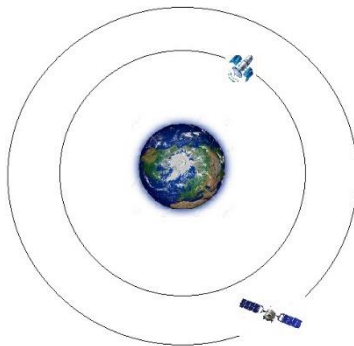
Atividade para a aula 2 – Instrução pelos Colegas

1. Em relação à rotação de um disco, pode-se dizer que, durante um intervalo de tempo:
- ω depende da posição sobre o disco e v depende apenas do ângulo descrito
 - ω e v dependem somente da posição sobre o disco
 - ω depende apenas do ângulo descrito e v depende da posição sobre o disco
 - ω e v dependem somente do ângulo descrito



ω depende apenas do ângulo descrito e v depende da posição sobre o disco

2. Considere dois satélites geoestacionários a diferentes altitudes. Pode-se dizer que:



- eles têm a mesma velocidade tangencial e velocidades angulares diferentes
- eles têm a mesma velocidade angular e velocidades tangenciais diferentes, sendo maior a do satélite de menor altitude
- eles têm a mesma velocidade angular e velocidades tangenciais diferentes, sendo maior a do satélite de maior altitude
- a velocidade angular e a velocidade linear são iguais para os dois satélites

Satélites geoestacionários são assim chamados porque orbitam a Terra de forma que abaixo deles está sempre um mesmo ponto da superfície do planeta. Sendo assim, os dois satélites têm a mesma velocidade angular, mas a velocidade linear do satélite de órbita mais alta é maior, porque para completar 360° no mesmo intervalo de tempo (24 horas), tem de percorrer uma distância maior. Olhando a figura isso fica claro.

3. Se a roda traseira de uma motocicleta tem 50 cm de diâmetro e a dianteira 60 cm, quando ela está em movimento, desconsiderando qualquer deslizamento:
- as duas rodas têm a mesma velocidade angular, porém a traseira tem uma velocidade tangencial maior na borda
 - as duas rodas têm a mesma velocidade tangencial na borda, porém a traseira tem uma velocidade angular menor
 - as duas rodas têm a mesma velocidade tangencial na borda, porém a traseira tem uma velocidade angular maior
 - a velocidade angular e a velocidade tangencial na borda das duas rodas são iguais

Sendo v_d a velocidade na borda da roda dianteira e v_t a velocidade na borda da roda traseira,

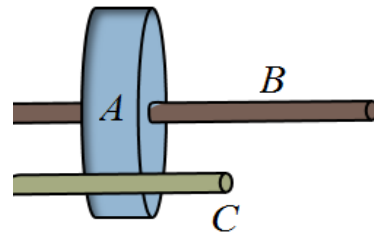
$$v_d = v_t$$

$$\omega_d \cdot r_d = \omega_t \cdot r_t$$

Como $r_d > r_t$ concluímos que $\omega_d < \omega_t$.

4. Considere um disco (A) com um eixo (B) acoplado ao seu centro. Se o eixo B estiver ligado a um motor girando a 300 rpm, quando um outro eixo (C), com mesmo diâmetro de B, estiver encostado na borda do disco A, desconsiderando qualquer deslizamento:

- $|\omega_A| = |\omega_B| = |\omega_C|$
- $|\omega_A| = |\omega_B| > |\omega_C|$
- $|\omega_A| < |\omega_B| = |\omega_C|$
- $|\omega_A| = |\omega_B| < |\omega_C|$



O primeiro detalhe a observar é que $\omega_A = \omega_B$.

Se A e C giram sem deslizamento,

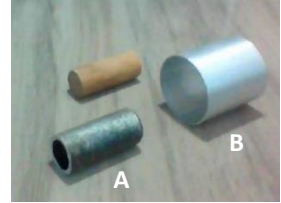
$$v_A = v_C \quad (\text{em relação à borda})$$

$$\omega_A \cdot r_A = \omega_C \cdot r_C$$

Como $r_A > r_C$, concluímos que $\omega_A < \omega_C$.

Atividade para a aula 4 – Instrução pelos Colegas

1. Os dois cilindros ociosos (A e B) da figura ao lado têm massas aproximadamente iguais, sendo o diâmetro de um aproximadamente três vezes o diâmetro do outro. Quando colocados sobre um plano levemente inclinado e liberados ao mesmo tempo, qual irá demorar mais para entrar em rotação?
- a) O cilindro A
 - b) O cilindro B
 - c) Nenhum



O cilindro B. Porque, apesar de ter a mesma massa do outro, a distribuição dessa massa está mais afastada do eixo de rotação. Então, seu momento de inércia, isto é, sua resistência a alterações em seu estado de movimento rotacional, é maior.

B.4 – Avaliação final



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Colégio de Aplicação
Departamento de Ciências Exatas e da Natureza
Área de Física

Ensino Médio

Nome do aluno:

Turma: 102

Avaliação (3º Trimestre) – 05/12/2016

Movimentos de rotação

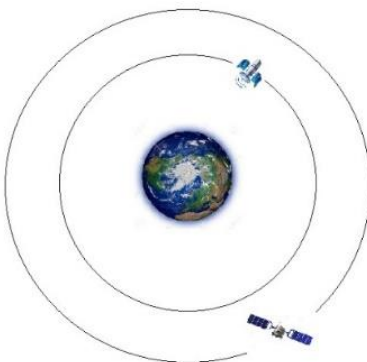
1. (10%) A Estação Espacial Internacional é um laboratório espacial, cuja montagem em órbita começou em 1998 e foi concluída oficialmente em 8 de junho de 2011. Encontra-se em órbita em torno da Terra com seis astronautas a bordo neste momento, a uma altitude de aproximadamente 360 quilômetros, orbitando a Terra num período de cerca de 92 minutos. **Sendo assim, qual é sua velocidade linear?** (O raio da Terra tem aproximadamente 6370 km)

$$v = \omega \cdot r$$

$$v = \frac{2\pi}{92(60)} \text{ rad/s} \cdot (6370 + 360) \text{ km}$$

$$v \approx 7,66 \text{ km/s}$$

2. (10%) Considere dois satélites geoestacionários a diferentes altitudes (representados fora de escala na figura abaixo).



Pode-se dizer que:

(Marque a alternativa correta e justifique)

() eles têm a mesma velocidade tangencial mas velocidades angulares diferentes.

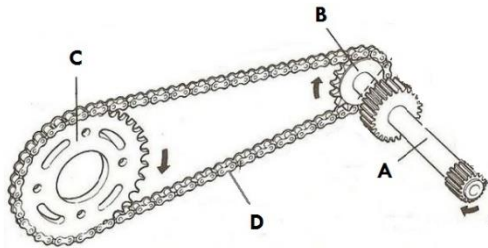
() eles têm a mesma velocidade angular mas velocidades tangenciais diferentes, sendo maior a do satélite de menor altitude.

(X) eles têm a mesma velocidade angular mas velocidades tangenciais diferentes, sendo maior a do satélite de maior altitude.

() as velocidades angular e linear são iguais para os dois satélites.

Satélites geoestacionários são assim chamados porque orbitam a Terra de forma que abaixo deles está sempre um mesmo ponto da superfície do planeta. Sendo assim, os dois satélites têm a mesma velocidade angular, mas a velocidade linear do satélite de órbita mais alta é maior, porque para completar 360° no mesmo intervalo de tempo (24 horas), tem de percorrer uma distância maior. Olhando a figura isso fica claro.

3. (20%) Já se sabe que uma das principais causas de morte no trânsito é o excesso de velocidade. Sendo assim, uma empresa fabricante de motocicletas resolveu projetar somente modelos que não ultrapassassem uma velocidade máxima de 72 km/h . A figura abaixo mostra o sistema de transmissão projetado.



O eixo (A) está ligado ao motor e, em sua extremidade, está fixado o pinhão (B). A ligação entre o pinhão e a coroa (C), que é fixada na roda traseira (não mostrada), é feita através da corrente (D). **O motor foi projetado para que o eixo A tenha um giro máximo de 3000 rpm .**

Se o diâmetro da coroa é 20 cm e da roda traseira 40 cm , **qual deve ser o diâmetro do pinhão** para que não se consiga uma velocidade maior do que a máxima desejada?

(Considere o giro máximo para quando o motor estiver em última marcha)

1º - Calcular a velocidade angular da roda traseira para a velocidade de 72 km/h :

$$v_{roda} = \omega_{roda} \cdot r_{roda} \quad \text{que resulta em} \quad \omega_{roda} = 100 \text{ rad/s}$$

$$\omega_{roda} = \frac{v_{roda}}{r_{roda}}$$

2º - Calcular a velocidade da borda da coroa (C) para essa velocidade angular:

$$v_{coroa} = \omega_{roda} \cdot r_{coroa} \quad \text{que resulta em} \quad v_{coroa} = 10 \text{ m/s}$$

3º - Calcular o raio do pinhão (B) para a velocidade angular de 3000 rpm :

$$v_{coroa} = v_{pinhão} \quad v_{coroa} = \omega_{pinhão} \cdot r_{pinhão}$$

$$r_{pinhão} = \frac{v_{coroa}}{\omega_{pinhão}} \approx 3,2 \text{ cm}$$

Portanto, é necessário um pinhão de aproximadamente $6,4 \text{ cm}$ de diâmetro.

4. (10%) Um ponto material percorre uma circunferência de raio igual a $0,1 \text{ m}$ em movimento uniforme de forma a dar 10 voltas por segundo. Determine o período do movimento.

$$f = 10 \text{ s}^{-1} \quad T = 1/f = 1/10 \text{ s}^{-1} = 0,1 \text{ s}$$

5. (10%) Veja a figura abaixo, que mostra uma patinadora realizando uma apresentação abrindo e fechando os braços. Em determinado momento, ela executa 4 voltas por segundo (ω_1) quando está com os braços abertos.



Ao fechar os braços, *desconsiderando qualquer forma de atrito*, se o momento de inércia I_1 da patinadora diminui em 50%, qual é a sua nova velocidade angular ω_2 ?

Se não houve interferência externa, seu momentum angular se conserva. Então

$$I_{\text{antes}} \cdot \omega_{\text{antes}} = I_{\text{depois}} \cdot \omega_{\text{depois}}$$



Como o momento de inércia diminui em 50%,

$$I_{\text{depois}} = 0,5 \cdot I_{\text{antes}}$$

então,

$$2 \cdot \omega_{\text{antes}} = \omega_{\text{depois}}$$

$$2 \cdot (4 \cdot 2\pi / 1s) = \omega_{\text{depois}}$$

$$16\pi/s = \omega_{\text{depois}}$$

6. (10%) Por mais imperceptível que seja, tremores de terra e a transposição de grandes rios para a construção de hidrelétricas ocasionam mudanças na rotação da Terra, e conseqüentemente uma leve mudança no seu período de rotação, praticamente impossível de medir.

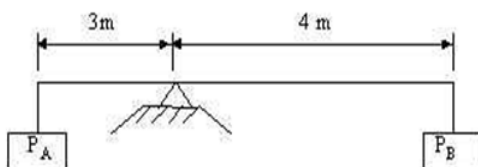
Podemos dizer que isso se deve a:

(Marque a alternativa correta e justifique)

- () Um aumento da massa da Terra.
 () Um aumento do momentum angular da Terra.
 () Uma diminuição do momentum angular da Terra.
 (X) Uma redistribuição da massa da Terra.

Com a movimentação de grandes porções da massa da Terra, há uma redistribuição de massa e conseqüentemente uma mudança no seu momento de inércia. Assim, como o momentum angular se conserva, há leves mudanças na velocidade angular do planeta.

7. (10%) A figura abaixo representa um sistema em equilíbrio estático. Sendo $P_A = 40 \text{ N}$, qual é o valor do peso P_B ?



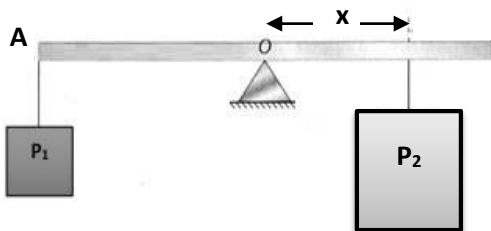
Como os torque causados pelos pesos P_A e P_B têm sentidos contrários, haverá equilíbrio quando o módulo desses torque for o mesmo, então

$$P_A \cdot 3 = P_B \cdot 4$$

$$40 \cdot 3 = P_B \cdot 4$$

$$30 \text{ N} = P_B$$

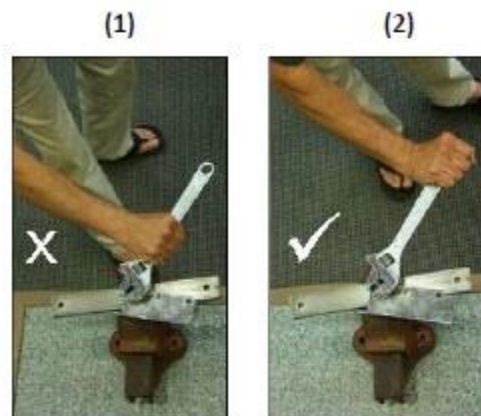
8. (10%) A figura abaixo mostra uma massa de peso $P_1 = 10 \text{ N}$ presa no ponto A de uma haste rígida de 50 cm de comprimento. O ponto A está a 25 cm do ponto O. Com a haste apoiada sobre esse ponto O, qual deve ser o valor de x para que uma segunda massa de peso $P_2 = 20 \text{ N}$ resulte em um torque resultante nulo?



Como os torque causados pelos pesos P_1 e P_2 têm sentidos contrários, haverá equilíbrio quando o módulo desses torque for o mesmo, então

$$\begin{aligned} P_1 \cdot 0,25 &= P_2 \cdot x \\ 10 \cdot 0,25 &= 20 \cdot x \\ 0,125 \text{ m} &= x \end{aligned}$$

9. (10%) A imagem ao lado mostra uma pessoa tentando “desrosquear” um parafuso com uma chave de duas formas diferentes. Considerando que em ambas as situações a força aplicada sobre a chave é a mesma, por que é mais fácil soltar o parafuso aplicando a força como na situação 2?



Porque, para uma mesma força, quanto maior a distância do ponto de aplicação dessa força ao ponto fixo ao redor do qual se dá o giro (o braço de alavanca), maior será o torque e, portanto, mais fácil será iniciar um movimento de rotação sendo maior a variação do momentum angular.

Fórmulas

$v = \omega \cdot r$	$\omega = 2\pi/T$	$L = I \cdot \omega$	$\tau = F \cdot d$ ($F \perp$ braço de alavanca)
----------------------	-------------------	----------------------	---

Tabela

Grau	0	45	90	135	180	270	360
Radiano	0	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{3\pi}{4}$	π	$\frac{3\pi}{2}$	2π