

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DANIEL FLACH

*Trabalho de Conclusão de Curso 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.*

*Orientador: Ives Solano Araujo*

Porto Alegre

2014/01



## ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Introdução .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>Referencial Teórico:.....</b>  | <b>6</b>  |
| A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel .....                     | 6         |
| <b>O método <i>Peer Instruction</i> ou Método de Instrução pelos Colegas.....</b> | <b>7</b>  |
| <b>Caracterização da Escola.....</b>  | <b>9</b>  |
| Caracterização do professor e do tipo de ensino.....                              | 10        |
| Caracterização da turma .....   | 12        |
| <b>Relatórios de Observação .....</b>   | <b>13</b> |
| Primeiro dia de observação.....   | 13        |
| Segundo dia de observação.....  | 19        |
| Terceiro dia de observação .....  | 23        |
| Quarto dia de observação .....  | 28        |
| Quinto dia de observação .....  | 30        |
| Sexto dia de observação.....  | 35        |
| Sétimo dia de observação .....  | 38        |
| Oitavo dia de observação.....   | 41        |
| Nono dia de observação.....   | 44        |
| <b>Planos de aula e relatos de experiência:.....</b>                              | <b>46</b> |
| Plano de aula (1 e 2).....  | 46        |
| Plano de aula (3 e 4).....  | 47        |
| Plano de aula (5 e 6).....  | 48        |
| Plano de aula (7 e 8).....  | 50        |
| Plano de aula (11 e 12).....  | 51        |
| <b>Relato de regência:.....</b>   | <b>52</b> |
| Aulas 1 e 2 .....   | 52        |
| Aulas 3 e 4: .....  | 56        |

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| Aulas 5 e 6: .....         | 61        |
| Aulas 7 e 8: .....         | 67        |
| Aula 9, 10 e 11: .....     | 73        |
| <b>Aulas 12 e 13:.....</b> | <b>75</b> |
| <b>Aulas 14 e 15:.....</b> | <b>77</b> |
| <b>Conclusões:.....</b>    | <b>80</b> |
| <b>Referências: .....</b>  | <b>82</b> |
| Apêndice A .....           | 83        |
| Apêndice B.....            | 84        |
| Apêndice C.....            | 85        |
| Apêndice D .....           | 86        |
| Apêndice E.....            | 87        |
| Apêndice F.....            | 89        |
| Apêndice G .....           | 90        |
| Apêndice H .....           | 94        |
| Apêndice I.....            | 95        |
| Apêndice J .....           | 98        |
| Apêndice K.....            | 100       |
| Apêndice L.....            | 103       |
| ANEXO 1 .....              | 107       |

## INTRODUÇÃO

Neste trabalho, apresento a minha experiência de estágio em docência em Física. No decorrer da disciplina de estágio, tivemos a oportunidade de discutir questões referentes aos desafios de ser professor, às atribuições da profissão, e ainda sobre questões políticas relacionadas à educação. Foram também discutidas questões referentes a diferentes perspectivas educacionais, sobre a importância de abordagens didáticas que apresentem alguma diversidade metodológica, e de como um planejamento bem fundamentado é vital para a prática docente. Além destas discussões, passamos por um período de observação em sala de aula e de planejamento didático, para daí chegar ao período de regência de turmas. A maior parte deste trabalho é referente ao período de regência, que só foi possível e estruturado devido a todas as etapas anteriores.

Realizei meu estágio no Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em um período que se estendeu de março à julho do ano de 2014. A primeira parte do estágio é referente ao período de observação, mencionado anteriormente. Ao todo foram realizadas dezoito horas de observação em duas turmas de primeiro ano da escola. À época eu só possuía disponibilidade para as observações nas quartas-feiras pela manhã, o que limitou bastante o número de turmas que eu poderia assistir. Este fato não foi um problema de todo ruim, pois tive a oportunidade de acompanhar a todas as aulas da turma 92, que foi a turma escolhida para o período de regência.

Durante o período de observações foi aplicado um questionário sobre *Atitudes em Relação à Física* (vide Apêndice A, p. 83), para conhecer um pouco sobre o perfil dos alunos e como eles veem a Física. Ainda neste período ocorreram (dentro da disciplina e não na escola) os chamados *micro episódios de ensino*, onde foram realizadas as primeiras apresentações dos nossos planos de aula. Neste período tivemos a oportunidade de receber o *feedback* do nosso orientador e dos colegas de aula sobre nossa abordagem, postura didática, entre outros aspectos envolvidos nas apresentações.

O somatório destes fatores (estrutura da disciplina, questionário de atitudes em relação à Física, observações, etc), resultou nos planos de aula e em toda a prática relatada nas páginas deste trabalho.

## REFERENCIAL TEÓRICO:

### A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

Segundo Moreira (2009, p. 31), a ideia central da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel é a aquilo que o aprendiz já carrega em sua estrutura cognitiva. Ainda de acordo com a visão de Moreira (2009), o professor deve levar este conhecimento em consideração durante o processo no processo de ensino, averiguar este conhecimento e ensinar o aprendiz de acordo são ações fundamentais para que haja aprendizagem significativa.

Durante o período de observações da disciplina de estágio em docência em Física, foi possível fazer um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos da turma 92. Ao todo foram assistidos 16 períodos de 45 min, na mesma turma, onde observei as relações que os alunos fazem com certos conceitos de Física, suas dificuldades e o tipo de abordagem que possibilitou uma melhor interação entre os alunos e o conteúdo abordado pelo professor e quais as estratégias tiveram mais efeito no processo de aprendizagem. Este levantamento foi levado em consideração durante o processo de preparação das aulas.

Na visão de Araujo (2007) a *aprendizagem significativa*, é um processo que leva em consideração a interação entre um novo conhecimento e aspectos relevantes pré-existentes da estrutura de conhecimento do indivíduo. Moreira (1999, p. 46) diz que para Ausubel, durante o processo de aprendizagem significativa a nova informação se relaciona, de maneira não-arbitrária e substantiva (não literal) à conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Estes conceitos foram denominados Conceitos Subsunoçores por Ausubel.

Em contraposição à aprendizagem significativa, que é a *aprendizagem com significado*, Ausubel definiu o conceito de *Aprendizagem Mecânica*. Onde o processo de aprendizagem ocorre sem que as informações se relacionem com elementos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (Moreira, 1999, p. 47). Neste tipo de aprendizagem o conhecimento não adquire significado para o indivíduo, sendo recebido de forma arbitrária e literal pelo indivíduo.

Para que haja aprendizagem significativa, é necessário que o novo conhecimento se relacione, então, de modo não arbitrário e substantivo com o conhecimento prévio do aprendiz. Ou seja, é preciso que hajam conceitos pré-estabelecidos na estrutura cognitiva que possam se relacionar de forma substantiva e não arbitrária ao novo conhecimento. Além disso, é

fundamental que o aprendiz possua disposição para relacionar o novo material aos conceitos já existentes em sua estrutura cognitiva (ARAUJO, 2007, p.1-5).

De acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, sempre que uma nova informação interage com um conceito subsunçor, o conhecimento adquire significado, ao mesmo tempo o conceito subsunçor que ancorou este novo conhecimento, se torna mais amplo. Este processo em que um conceito vai se modificando em função da interação com novos conhecimentos leva, muitas vezes à *diferenciação progressiva*, ou seja, o conhecimento prévio vai se tornando mais rico.

Por outro lado, estes conceitos ao serem diferenciados, podem adquirir novos significados à medida em que se relacionam entre si. À recombinação de conceitos que fazem parte da estrutura cognitiva do aprendiz, Ausubel chamou de *reconciliação integradora*. (Moreira, 2009, p. 34).

Durante o planejamento de aulas, com vistas no período de regência, procurou-se estabelecer alguns dos aspectos da teoria de Ausubel como ponto de partida para a elaboração das aulas. O planejamento detalhado se encontra no corpo do texto, seguido dos relatórios de regência, onde é possível observar alguns dos aspectos descritos aqui.

Além do referencial teórico, foi fundamental para o andamento das aulas, estabelecer uma metodologia de ensino diversificada de modo a tornar as aulas mais atrativas aos alunos. Entre os métodos utilizados está o *Peer Instruction* ou Instrução pelos Colegas, uma breve caracterização do método pode ser observada abaixo.

## **O MÉTODO *PEER INSTRUCTION* OU MÉTODO DE INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS**

Conforme Araujo & Mazur (2013) , o *Peer Instruction*, ou Instrução pelos Colegas (IpC) é uma metodologia de ensino que busca promover a aprendizagem com base no questionamento, onde os alunos passam mais tempo discutindo, pensando e interagindo, do que simplesmente assistindo passivamente a exposição do professor. Este método vem sendo desenvolvido desde a década de 90 do século passado pelo Professor Eric Mazur da Universidade de Harvard (EUA).

Basicamente, a aplicação do IpC está baseada no estudo prévio de materiais e na resolução de questões conceituais, em sala de aula. O método envolve a leitura, interpretação,

formulação de uma resposta e votação das alternativas propostas. Inicialmente, cada aluno recebe um conjunto de cartões de resposta (*flashcards*), identificados com as letras correspondentes às alternativas das questões apresentadas, ou um dispositivo eletrônico (*clicker*), que serão usados para a votação. A primeira votação é destinada às respostas individuais dos alunos, com base no seu próprio raciocínio. Depois da primeira votação, se o índice de acertos estiver entre 30% e 70% de acertos é promovida a discussão em pequenos grupos, onde os alunos devem convencer seus colegas de suas respostas. Depois da discussão é aberta uma nova votação e com base nesta o professor decidirá entre seguir para outra questão ou revisar os conceitos. Se mais de 70% da turma tiver acertado, o professor pode optar por uma pequena explicação e a aplicação de outra questão.

O diagrama abaixo é uma adaptação de Araujo & Mazur (2013, p.310) onde está representado o esquema de funcionamento do método IpC.

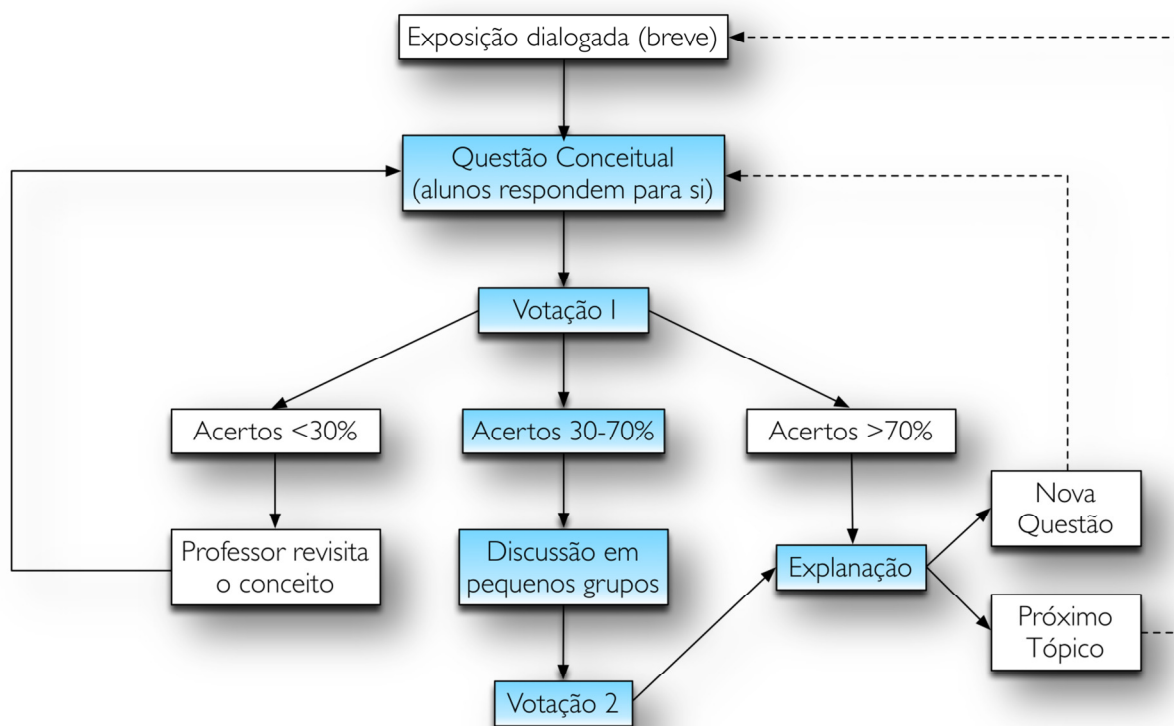


Diagrama 1: Esquema de aplicação do Método de Instrução pelos Colegas, adaptado de Araujo e Mazur (2013)



Durante o período de estágio, mais especificamente durante a minha regência na turma 92 do CAp, o método foi utilizado em três ocasiões. O motivo pelo qual optei utilizar o método vai ao encontro com a ideia fundamental do *Peer Instruction* que é promover uma dinâmica onde o aluno participe mais ativamente das aulas. Os resultados da aplicação do método durante o período de estágio estão descritos nos relatórios de regência no corpo do texto.

O texto que segue, apresenta a minha experiência de estágio no Colégio de Aplicação da UFRGS, desde os primeiros contatos com a escola e com o grupo de professores e alunos até o planejamento detalhado das aulas e estratégias de ensino.

## **CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA**

O Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, possui uma estrutura que possibilita aos professores enriquecer de diversas maneiras sua prática didática. A estrutura física da escola contempla salas de aula, laboratórios de ensino de ciências e informática, quadras de esporte, refeitórios, espaços destinados à atividades de extensão (onde são oferecidas atividades esportivas, culturais e educacionais), biblioteca. Além disso as instalações do CAp estão em ótimo estado de conservação. A escola ainda conta com serviço de vigilância patrimonial, o que confere maior segurança aos alunos e professores.

Ao chegar no Colégio de Aplicação na manhã do dia 19 de março, tive que passar na recepção para me apresentar aos seguranças e recepcionistas, pois nos horários em que eu havia estado no local anteriormente eram outras pessoas que estavam em serviço. Lá fui informado de que seria interessante que eu utilizasse o cartão de identificação da UFRGS, sempre em local visível, para passar direto pela recepção sem precisar informar qual a minha situação na escola, este procedimento faz parte do protocolo de segurança da instituição.

### **Sala dos professores**

No Colégio de Aplicação existe uma sala destinada para os professores de Física. Assim como para cada área do conhecimento. Isso é muito interessante, pois a sala dos professores de Física por exemplo, possui uma grande quantidade de experimentos que podem ser utilizados pelos professores, além de muitos livros sobre Física e materiais de escritório que podem ser acessados sem precisar passar pela secretaria, por exemplo. A sala dos professores

ainda conta com computadores, impressora, quadro branco, mesas, ar-condicionado e boas condições de iluminação, o que possibilita trabalhar sem maiores dificuldades.

### **Caracterização do professor e do tipo de ensino**

O Professor A possui Doutorado em Ensino de Física pela UFRGS, é coordenador de dois projetos de extensão no Colégio de Aplicação e orienta um grupo de bolsistas (alunos da escola) que participam dos projetos.

O Professor A possui um bom relacionamento com as turmas, suas aulas são bastante diversificadas metodologicamente e ele se mostra preocupado com a participação e aprendizagem dos alunos.

Suas abordagens didáticas são bastante focadas na parte conceitual dos fenômenos físicos, além disso o professor utiliza muitos exemplos relacionados ao cotidiano dos alunos, o que faz com que a participação da turma seja bastante intensa.

Entre as ferramentas utilizadas pelo professor está a plataforma Moodle. Neste ambiente são postados materiais destinados à leitura prévia dos alunos, as listas de exercícios, fóruns de discussão, vídeos, animações e outros recursos que auxiliem o estudo dos alunos. A grande maioria dos problemas propostos nas listas são problemas conceituais, que exigem que os alunos argumentem, raciocinem e formulem suas respostas, não havendo a necessidade de uma resposta única. Isso faz parte da estratégia adotada por ele. A literatura básica da disciplina de Física é o livro de Mecânica do GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física da Universidade de São Paulo - USP) que possui uma abordagem diferente da tradicional. Os primeiros capítulos apresentados aos alunos foram de Conservação da Quantidade de Movimento Linear e Angular, a parte de Cinemática é vista apenas no final do ano, como simplesmente a descrição matemática dos movimentos estudados até então.

O Professor A possui um excelente domínio de turma, é muito respeitado pelos alunos e se mostra sempre disposto a auxiliá-los em horários fora da aula, em ambientes virtuais (Moodle ou e-mail), nos laboratórios de ensino até mesmo nos horários de intervalo das aulas. Tal disponibilidade para ajudar os alunos, faz com que ele seja bastante rigoroso no que diz respeito aos prazos estabelecidos para as atividades.

A Tabela 1 apresenta alguns aspectos relativos ao tipo de ensino e perfil docente do Professor A. Os números indicam uma escala em que “1” corresponde a um comportamento mais próximo do negativo e “5” mais próximo do positivo.

**Tabela 1: Características didáticas do professor**

| 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                    |
| Simplemente “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 receptores 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              |

### Caracterização da turma

A turma 92 é uma turma de primeiro ano do ensino médio. É composta por 32 alunos, dois quais 19 são meninas e 13 são meninos. Aparentemente os alunos pertencem à classes sociais diversas, alguns não possuem acesso à internet e nem a um computador, de modo que o Professor A sempre entrega o material impresso para estes alunos. A grande maioria dos alunos reside na cidade de Porto Alegre, mas também existem alunos que residem nos municípios de Viamão, Alvorada e municípios vizinhos.

Um dos aspectos mais interessantes com relação à turma 92 é com respeito a participação. Os alunos aparentemente adquiriram o hábito de ler o material disponibilizado pelo professor na plataforma Moodle o que é perceptível com base nas perguntas que alguns fazem e também nas respostas que dão aos questionamentos do professor. Além disso, os alunos

respeitam-se mutuamente, não foi registrado nenhum caso de desrespeito durante o período de observação e de regência. Outro aspecto relevante é com relação às atividades propostas em sala de aula, como resolução de problemas em grupos, onde os alunos também demonstram comprometimento e responsabilidade. Há alguns alunos que eventualmente se dispersam, mas é a minoria e pelo que pude observar, mesmo para os mais dispersos, esta distração não se faz presente na maior parte do tempo, está mais para exceção do que para regra de comportamento.

O único problema é com relação ao medo da matemática. Em todas as situações em que foram apresentadas equações e números, os alunos ( a grande maioria ) demonstrou um certo receio.

De maneira geral, em todas as observações, a turma sempre me recebeu muito bem, e nos períodos de monitoria em sala de aula eu fui bastante solicitado para ajuda-los a resolver os problemas. Não há nenhum registro de alunos que tenham causado qualquer transtorno em toda a experiência no CAp.

## **RELATÓRIOS DE OBSERVAÇÃO**

### **Primeiro dia de observação**

**Data: 19/03/2014**

**Professor regente: Professor A**

**Turma 92**

**1º ano do Ensino Médio**

**Horário da aula: 10h40min às 12h10min**

**Local: Laboratório de Física do CAp.**

### **Relatório da observação**

O professor chegou na sala aproximadamente 15 min antes do início da aula para testar os equipamentos a serem utilizados: computador, projetor, material na plataforma Moodle.

Os alunos demoraram um pouco para chegar na sala, então o professor foi buscá-los no pátio. Eles levaram aproximadamente 5min para se acomodarem nos lugares e organizarem seus materiais. Em seguida o Professor Apresentou-me como estagiário à turma e explicou trabalho que eu estaria realizando ao longo das próximas semanas.

A aula começou com a apresentação da plataforma Moodle aos alunos e a explicação sobre os procedimentos que seriam adotados na realização das atividades propostas. A classe estava bastante agitada, pois os alunos estavam voltando do recreio, o que explica tal euforia. Alguns alunos mudaram de lugar por sugestão do professor, assim a bagunça acabou.

De volta ao Moodle, o professor explicou que todas as atividades desenvolvidas na plataforma seriam avaliadas e comporiam a nota do trimestre. Sugeriu ainda que as respostas fossem o mais completas e abrangentes quanto fosse possível. Incentivou os alunos a pesquisarem utilizando todas as ferramentas disponíveis na plataforma, na internet, em atendimentos individuais com professores, monitores, estagiários, outros professores, bibliotecas, etc.

Um aluno perguntou: “-Tem prazo máximo para responder as questões?”.

Resposta do professor: “-Não! Podem responder ao seu tempo.”.

Sugeriu que os alunos enriquecessem as respostas durante o período de postagem.

Sugestão do professor com relação à resolução das listas: “-Leitura, participação nas aulas, procurar pelo professor, monitor, etc. Mas não deixem passar o prazo!”.

Ao que tudo indica os questionários anteriores possuíam tempo individual para cada pergunta. Os questionários atuais possuem um prazo, mas as respostas podem ser editadas ao longo deste período.

O Professor ainda advertiu que as questões no Moodle terão um peso maior na composição da nota final, exigindo que os alunos adotem um sistema mais rigoroso de estudos. Principalmente aos que serão seus bolsistas. O Professor A é coordenador de projetos de extensão no CAP e na época das observações, estava selecionando seus futuros bolsistas.

O Professor avisou aos alunos que todas as informações da disciplina estarão no Moodle, em seguida mostrou a página para a turma. Os fóruns serão um importante meio de comunicação e interação, inclusive para as respostas dos questionários. Durante a navegação pelo site, uma aluna detectou um erro de português na página, houve um momento de descontração incentivado pelo professor.

Em seguida o Professor A passou a explicação em relação aos laboratórios de ensino, que ocorreriam nas tardes de terça e quinta-feira no horários das 15h30 até as 17h30. O objetivo destes laboratórios é a resolução de dúvidas dos alunos e não ministrar aulas de reforço.

Um aluno perguntou: “- O questionário respondido à mão é para passar para o Moodle?”.

Resposta do professor: “- Sim! Antes de encerrar o prazo. Depois não precisa.”.

Feitas as apresentações e tiradas as dúvidas com relação a plataforma Moodle, iniciou-se a discussão do primeiro material disponibilizado na plataforma, para a leitura prévia dos alunos. O material consiste em um texto do GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física da Universidade de São Paulo), cuja temática era *A Física do Cotidiano; Grandes áreas da Física*. O professor incentivou os alunos a debaterem sobre a leitura do material.

Pergunta do professor: “- Qual o foco da nossa disciplina?”.

Resposta dos alunos: “- Mecânica.”.

Pergunta professor: “- E a Física Térmica, o que estuda?”.

Respostas dos alunos: “- Clima, tempo, calor, eletrodomésticos, ar-condicionado...”.

Comentário de uma aluna: “- Sem a física térmica não há calor no meu corpo...”.

Pergunta professor: “- E a óptica?”.

Respostas dos alunos: “- óculos, telescópio, fotos, espelhos, refração, GTA 5 (jogo de computador, também disponível para console), lâmpada...”.

Pergunta de aluno: “- E o Eletromagnetismo, o que é?”.

O professor falou sobre eletricidade (citou alguns exemplos), magnetismo (ímãs, Terra). Ainda na discussão falou um pouco sobre história da ciência e o fato destas áreas serem tratadas individualmente no passado até as descobertas de Oersted.

Pergunta do professor: “- Mas, e então, Eletromagnetismo tem a ver com o quê?”.

O professor dirigiu a pergunta a uma aluna. A aluna disse que não sabia a resposta. Após a resposta da aluna o professor se aproximou dela e procurou leva-la a pensar sobre os momentos em que ela já ouviu falar sobre eletricidade e magnetismo.

Resposta da aluna: “- Luz, eletricidade, aparelhos elétricos...”.

Comentário de aluno: “Ímãs tem a ver com eletricidade”. Citou como exemplo as usinas hidrelétricas. Neste momento o Professor aproveitou o comentário do aluno para ressaltar a importância da participação dos alunos no processo de aprendizagem, sobre como eles carregam conhecimentos relacionados à ciência, mesmo sem perceber.

O professor propôs um experimento mental aos alunos, uma pequena dinâmica com a turma.

Professor: “- Imaginem que falte luz agora! O que acontece?”.

Alunos: “- A aula acaba, vamos pra casa.”.

Professor: “- Como? O portão é elétrico, não tem luz.”.

Aluno: “- Podemos sair pelo portão que tem cadeado.”.

Basicamente os alunos são conduzidos a pensarem no mundo sem luz elétrica. A discussão se estende até o momento de chegar em casa, ainda sem luz. O dia seguinte ainda sem luz. Os alunos foram propondo soluções, mas começaram a se dar conta de que todas as alternativas envolviam energia (lanternas, celulares, faróis, etc.). Em pouco tempo percebem que ocorreriam falha nas comunicações, dificuldades com alimentação. Consumo de enlatados.

Pergunta professor: “- E depois de uma semana sem luz?”.

Respostas: “- Caos! Crime! Hospitais parados! Pessoas morrendo!”.

Pergunta do professor: “- Depois de um mês sem luz, o que acontece com o dinheiro, *shopping*, carro, *GTA 5*, *Whatsapp*?”.

Respostas: “- Vamos para o campo, comeremos grama... Haverá canibalismo e coisas do tipo.”.

Professor: “- Esta é a importância da eletricidade! Isso é um campo de estudo da Física.”.

Houve uma breve reflexão sobre a diferença da vida no interior antigamente e as necessidades do homem moderno. O professor procurou mostrar a importância que a Física tem na vida dos alunos. Citou ainda exemplos da importância da física nas atividades diárias desde a infância (segurar a mamadeira, derrubar os brinquedos). Perguntou sobre os conceitos de Mecânica, Força, Equilíbrio. Ainda durante a explanação o professor pegou um dicionário de sua mesa e entregou a um aluno e pede para que o mesmo procure o significado da palavra Mecânica. O aluno leu cinco definições diferentes, o que serve de estímulo para a discussão. Uma aluna comentou sobre a mecânica do corpo humano e o professor explicou o funcionamento do sistema de equilíbrio humano e dos problemas causados por falhas neste sistema (os alunos batizam o problema de “desequilíbrite”).

Voltando ao conceito de mecânica, o professor passa a discutir alguns princípios fundamentais envolvidos, como: movimento, força, equilíbrio, aceleração, velocidade, etc. Fala sobre a diferença entre conceitos e a importância que eles possuem para o entendimento e discussões em física o significado que algumas palavras podem ter no dia-a-dia, p.ex. a palavra mecânica e seus diversos significados e o conceito de Mecânica para a Física.

Para falar sobre Força o professor pergunta quantas forças estão atuando sobre uma cadeira(sem nada encima). As respostas dos alunos foram diversas, das quais se destacam: gravidade, “força física”, “força térmica”. Quando indagados sobre o significado destas duas últimas respostas o aluno que respondeu “força física” se mostrou um pouco confuso com a



própria resposta e não quis falar a respeito, já o aluno que respondeu “força térmica” argumentou com base no fato de podermos medir a temperatura da cadeira.

Neste momento o professor realizou uma breve explicação sobre os conceitos de Força, Interação à Distância. Os alunos contribuíram citando exemplos ao longo da explicação, entre outras coisas falaram sobre a ação à distância entre a Terra e a Lua, os planetas e o Sol. Chegou-se a conclusão de que infinitas forças atuam sobre a cadeira e que cada aluno interage a distância com o objeto e entre eles. Uma nova discussão foi estabelecida, desta vez com relação à intensidade destas forças, discutiu-se sobre a relação entre massas e distância.

Um aluno perguntou: “- se todas estas forças estão atuando sobre a mesma cadeira, por que é que ela não se movimenta”.

A resposta do professor foi baseada no caráter vetorial da força, e explicou ao aluno o conceito de força resultante sobre um sistema sem entrar muito em detalhes. Mas falou que a resultante sobre a cadeira é nula e por isso ela não se movimenta.

Um aluno perguntou: “- É possível movermos objetos à distância (fazendo referência a superpoderes)?”.

Resposta do professor: “- Até onde sabemos, não”.

Chegamos à definição da Lei da Gravitação Universal onde o professor explicou melhor estas relações anteriormente discutidas e mostrou o quão pequena é a força que um corpo de massa da ordem de grandeza da massa humana exerce sobre um objeto como a cadeira.

Logo após as explicações a cerca da Gravitação Universal, a questão da força resultante nula voltou à tona. Desta vez o foco foi com relação às coisas que queremos que permaneçam paradas, Equilíbrio.

Pergunta professor: “- O que é desejável que esteja sempre parado?”.

Resposta alunos:”- Pontes, prédios, viadutos, placas, etc.”.

Estabeleceu-se uma breve discussão sobre o balanço dos prédios em dias de muito vento, rigidez de um corpo e ruptura de estruturas.

Depois da discussão destes pontos o professor perguntou: “- O que é movimento? O que está em movimento?”.

Resposta dos alunos: “- Terra, ventilador, os ponteiros de um relógio”.

Pergunta professor: “- Que tipos de movimentos são estes?”.

Resposta de um aluno: “- Rotação, como o movimento da Terra ao redor do Sol”.

O professor representou o sistema Terra-Sol no quadro, fez um comentário sobre as escalas e apontou aquela ilustração como mera representação para uma finalidade didática.

Pergunta do professor: “- Mas o que é rotação?”.

Um aluno respondeu fazendo uma analogia entre o movimento da Terra e um ventilador. Se o centro do ventilador (eixo) fosse o Sol, a Terra estaria na ponta da hélice, poderíamos representá-la com um ponto feito com caneta. Além desse movimento a Terra ainda gira em relação ao seu próprio eixo. (Este aluno foi um dos que estavam bagunçando e que foram convidados a trocar de lugar).

O professor elogiou a participação do aluno e mais uma vez falou sobre a importância desses momentos de participação dos alunos para a aprendizagem.

Um aluno perguntou: “- Rotação é algo que gira sobre seu eixo?”.

O professor passou a explicar com mais detalhes sobre os movimentos da Terra (rotação, translação, precessão), falou também sobre a inclinação do eixo de rotação do nosso planeta e comentou sobre a importância destes movimentos e desta inclinação para fenômenos naturais e as estações do ano.

Pergunta do professor: “- Que outras coisas se movem além do ventilador e da Terra?”.

Em seguida, fez uma rápida descrição das coisas que serão estudadas durante o ano, a saber:

- I. “Coisas” que se deslocam (translação);
- II. “Coisas” que giram (rotação);
- III. “Coisas” que geram movimentos;
- IV. “Coisas” que controlam movimentos;
- V. “Coisas” que ampliam forças;
- VI. “Coisas” que anulam forças (equilíbrio);

Pergunta do professor: “- Alguém já tentou cortar um arame com algo que não seja um alicate?”.

Um aluno respondeu: “- Sim, com uma faca, mas não deu”.

O professor explicou que o alicate é um exemplo de instrumento utilizado para ampliar a força e que isso é algo que se estuda em mecânica. Logo após, pediu para que os alunos citassem exemplos de coisas que podem controlar movimentos.

Respostas dos alunos: “- Controle remoto, controle de vídeo game, volante do carro”.

Logo em seguida tocou o sinal! Acabou a aula. Os alunos se despediram do professor, alguns chegaram a abraçá-lo próximos a porta de saída.

A próxima observação será com a mesma turma no dia 21 de março de 2014.

**Segundo dia de observação****Data: 21/03/2014****Professor regente: Professor A****Turma 92****1º ano do Ensino Médio****Horário da aula: 10h40min às 12h10min****Local: Laboratório de Física do CAP.****Tema da aula: Mecânica****Relatório da Observação**

Assim como na aula anterior o professor chegou antes dos alunos na sala de aula. Novamente teve que busca-los no pátio. Aproximadamente 10h45min todos os alunos já estavam presentes e em seus lugares. Desta vez não foi preciso trocar ninguém de lugar, a configuração da sala se manteve aparentemente a mesma da aula anterior, ao menos com relação aos alunos mais agitados, que sentaram-se mais próximos ao professor.

O professor iniciou a chamada. Um aspecto interessante é que enquanto fazia a chama, eram feitas perguntas aos alunos com relação à aula passada. Foi uma chamada bastante interativa e teve um caráter de revisão. Ao chamar uma aluna, o professor perguntou com o que está associado o Eletromagnetismo e a aluna responde que estava associado com a luz. Ao chamar outro aluno, o estudante é que faz uma pergunta (referente ao Moodle).

Pela primeira vez eu tive a impressão de que a chamada não precisa ser apenas parte de um protocolo, pois questões interessantes de revisão foram abordadas durante esse período.

Um aluno perguntou: “- Essa coisa de mecânica envolve aquela fórmula de força?”.

Pergunta do professor: “- Que fórmula de força?”.

Os alunos lembraram da equação de força referente à segunda Lei de Newton e surpreendentemente da relação entre a variação da quantidade de movimento linear.

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad \text{e} \quad \vec{F} = \frac{\Delta \vec{Q}}{\Delta t}$$

Um aluno perguntou: “-  $\Delta = (b^2 - 4 \cdot a \cdot c)$  ?” Referindo-se ao termo da equação de Bhaskara.

O professor diferenciou o  $\Delta$  da equação de Bhaskara do significado da letra para a Física e passou a discutir sobre as equações propostas pelos alunos.

Pergunta do professor: “- O que Força tem a ver com Mecânica?”.

Um aluno comentou: “- Mecânica tem a ver com Força, Equilíbrio e Movimento”.

O professor explicou que força, equilíbrio e movimento são conceitos físicos inventados pela mente “insana” do homem para explicar, compreender e prever fenômenos. Insistiu para que os alunos não confundissem conceitos físicos com objetos reais.

Neste momento ocorreu uma discussão um tanto filosófica sobre conceitos entre o professor e os alunos. Depois disso, um a um os termos da equação foram discutidos e explicados. O professor foi ao quadro e com a participação dos alunos construiu o seguinte esquema:

### **MOVIMENTO:**

Pode ser de:

Rotação – *Momentum Angular* (das coisas que giram)

Translação – *Momentum Linear* (que é a primeira coisa que iremos estudar)

Pergunta do professor: “- Me deem um exemplo de algo que translada!”.

Um aluno respondeu: “- A Terra!”.

Pergunta do professor: “- Algo que rotacional.”.

Um aluno respondeu: “- A Terra , o ventilador, um helicóptero”.

A última resposta gerou uma certa discussão a cerca do fato de que não é o helicóptero que gira sim suas hélices. Foi discutida a função da hélice vertical (a hélice da cauda) do helicóptero e o que aconteceria caso ela não existisse.

O professor prometeu construir um helicóptero junto com os alunos durante o decorrer da unidade, e ainda prometeu construir o robô da Tramontina.

Um aluno perguntou sobre o significado do “t” ao lado do “delta”.

Após a pergunta do aluno o professor falou sobre a diferença do delta da equação de Bhaskara e o delta com sentido de variação na física novamente. Depois disso ele falou sobre a diferença entre *instante de tempo* e *variação de tempo*. Seguindo a explicação, falou sobre as unidades de medida de tempo (seg., min., horas, semanas, meses, anos, décadas, séculos, milênios,...). E depois disso fez uma diferenciação entre tempo *meteorológico* e tempo *cronológico*.

Pergunta do professor: “- Qual a diferença entre um intervalo de tempo e um instante de tempo?”.

Nenhum aluno respondeu à pergunta. O professor perguntou em que parte da matéria estavam. Antes que alguém respondesse o professor voltou para a questão da cadeira (feita na aula passada).

Pergunta do professor: “- Quantas forças estão atuando sobre a cadeira?”

Um aluno respondeu: “- Tudo que tem massa interage com ela, mas o que está mais perto interage mais. Logo existem infinitas forças atuando sobre a cadeira”.

Depois disso o professor ressaltou, como na aula passada, a importância da participação e da frequência nas aulas.

Pergunta do professor: “- Se existem infinitas forças atuando sobre a cadeira, porque ela não se mexe?”.

Voltando para a equação e isolando a variável aceleração:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Chamou a atenção para o fato de que:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

É diferente de:

$$F = m \cdot a$$

Falou sobre a importância da notação vetorial e explicou o porquê a da cadeira permanecer em repouso, lembrou o conceito de *força resultante*. Prosseguiu falando sobre referencial, tomando como referencial o chão, a cadeira está em repouso.

Pergunta do professor: “- Mas ela está sempre em repouso se a resultante sobre ela for nula?”.

Uma aluna respondeu que dependendo do referencial que for adotado a cadeira pode estar se movimentando. Usou como exemplo um ônibus que passasse na rua com velocidade não nula ou uma formiga na hélice do ventilador. Disse ainda que para um observador no ônibus em movimento, a cadeira estaria, também, em movimento. Assim como para a formiga na hélice do ventilador, a cadeira estaria em movimento.

Ocorreu uma discussão sobre a posição relativa de um ponto sobre a hélice e a cadeira à medida que o tempo passa.

Definição do professor:

“Quando a posição relativa entre dois pontos varia com o passar do tempo, estes estão em movimento um em relação ao outro”.

Para exemplificar, o professor pede para que os alunos imaginem a situação em que as alunas de um grupo (aponta na direção do grupo) estão indo para casa de ônibus e veem o professor na parada. Ambos (professor e alunas) estão em movimento, mas as alunas podem estar em repouso uma em relação à outra. O professor ainda faz uma brincadeira dizendo que se as alunas gritarem algo que ele não goste, ele sairia correndo e acertaria uma pedra da na janela.

O professor se dirige ao estagiário e diz: “- Conselho para os estagiários: Melhor que definir é dar um exemplo!”.

Pergunta do professor: “- Qual a diferença entre Peso e Massa?”.

Ninguém arriscou responder, então o professor disse: “- Nunca confundam peso com massa. Peso é força, grandeza física vetorial e se mede em Newtons (N); Massa é uma grandeza física escalar cuja unidade é o quilograma”.

Depois disso perguntou a um aluno: “- Quanto você pesa?”

Resposta do aluno: “- Aproximadamente 600N”.

O professor parabenizou o aluno pela participação. Logo depois a aula foi interrompida pela professora de Educação Física que pediu uns minutos para fazer uma enquete sobre o interesse dos alunos quanto às seguintes atividades de extensão: dança e ritmo, capoeira ou defesa pessoal. A enquete não tomou mais do que 5 minutos da aula.

Depois disso virou bagunça. Muitas conversas aleatórias. O professor subiu na mesa para chamar a atenção da turma. Todos passaram a prestar atenção. De forma descontraída o professor disse que daria um bom exemplo de força peso e pulou da mesa.

Depois do salto disse: “- Peso, pessoal é a força com a qual a Terra me atraiu! Ela é apaixonada por mim!”.

O professor deu um exemplo numérico para ilustrar a força que a Terra faz sobre uma aluna de 45 kg de massa, considerando o módulo da aceleração local da gravidade como  $10\text{m/s}^2$ .

Definição de massa: é a medida da inércia de um corpo. “- Mas o que é Inércia? É a medida da resistência que um corpo oferece à variações no seu estado de movimento.”.

Exemplo: “- Dois caminhões descendo a serra de Caxias, um cheio de uva e um vazio. Qual é mais fácil de frear?”.

Ocorre uma certa divergência de opiniões entre os alunos, parte da turma diz que é o cheio e outra parte da turma diz que é o vazio.

O professor explicou que se um corpo tem mais massa ele possui uma maior inércia e assim uma maior resistência às variações no seu estado de movimento. Exemplificou de duas maneiras diferentes. Na primeira, pediu para que os alunos imaginassem que eles estão no segundo andar da escola com duas caixas de uva. Uma cheia e a outra vazia. Quando eles jogarem a caixa em alguém no térreo, qual delas causaria maior impacto?

Na segunda, eles deveriam imaginar a situação em que se encontrassem numa estrada, indo pra praia e de repente acabasse a bateria. Não tem o que fazer, o jeito é empurrar o carro. Nesta hora eles prefeririam ter um Uno ou uma S10 cabine dupla carregada de bugiganga?

A grande maioria da turma entendeu os problemas e responderam corretamente.

O professor fez um pequeno exercício mental com os alunos para despertar a noção de força.

Um newton (1N) é a força que vocês precisam fazer para carregar 100g de presunto da padaria até suas casas. É fácil de segurar com uma mão, manter em equilíbrio. Experimentem fazer isso com um saco de cimento de 50kg, ou 500N. Explicou que no caso de segurar um objeto, basicamente existem a força peso apontando para baixo e a força que a pessoa faz para cima.

O professor fala de forma enfática à turma: “Lembrem-se: Força é uma grandeza física vetorial!! Bom final de semana!! Façam os exercícios do Moodle”.

A aula foi encerrada e em alguns instantes tocou o sinal.

### **Terceiro dia de observação**

**Data: 26/03/2014**

**Professor regente: Professor A**

**Turma 92**

**1º ano do Ensino Médio**

**Horário da aula: 10h40min às 12h10min**

**Local: Laboratório de Física do CAP.**

**Tema da aula:** Capítulo três do GREF: Coisas que se deslocam.

### **Relatório da Observação:**

As 10h44min todos os alunos já estavam na sala e o professor iniciou a chama. Desta vez a chamada foi da forma tradicional, sem perguntas referentes à aula passada, porém de forma descontraída.

A turma estava inicialmente bastante agitada, mas foi ficando mais calma na medida que o professor avançava com a chamada.

Pergunta do professor: “- Como estão indo as aulas?”.

Resposta dos alunos: “- Bem...”.

Pergunta do professor: “- Estão gostando do professor?”.

Resposta dos alunos: “- Sim..”.

Resposta de uma aluna: “- Ele é muito humilde, mas é legal”.

Pergunta do professor: “- Está tudo bem, então? Estão acessando o Moodle? E os questionários?”.

Uma aluna diz que não esta conseguindo resolver o questionário. O professor disse que isso não pode acontecer, pois existem os laboratórios nas terças e quintas-feiras à tarde onde eles podem tirar dúvidas sobre os questionários e sobre as aulas. Existem meios de solucionar suas dúvidas e os questionários são parte integrante da nota do trimestre, é preciso muito comprometimento por parte dos alunos, pois eles possuíam muitos recursos à sua disposição para auxiliá-los na resolução das listas.

O professor lembrou que está à disposição dos alunos a qualquer hora para tirar dúvidas, existem monitores na escola, colegas com quem podem discutir com relação às questões, estagiários, etc. Não é admissível que os alunos não respondam aos questionários e atrasos não serão tolerados. Lembrou que os questionários possuem data e hora limite. Sugeriu ainda que os alunos não deixem para a última hora, pois algumas questões são bastante abrangentes e exigem muita atenção e consulta à materiais que só os quem estiverem envolvidos com os assuntos irão conseguir encontrar.

O professor disse que a partir daquele momento, dúvidas sobre o Moodle serão resolvidas somente nas monitorias ou fora do horário de aula, pois ele precisava das aulas para trabalhar o conteúdo programado.

Dados os recados e esclarecidas estas questões referentes a plataforma Moodle, o professor deu início à aula programada para aquele dia. Começou pedindo aos alunos que lhes dessem exemplos de coisas que se deslocam.

Algumas respostas que surgiram: “- Carro, automóveis, avião, barco, trem...”.

Pergunta do professor: “- Como eles se deslocam? Por que se deslocam?”.

Um aluno respondeu: “- Porque usam gasolina”.

Depois o professor pediu para que os alunos dissessem o que era fundamental para que um objeto pudesse se deslocar.



Um aluno respondeu: “- Combustível roda”.

Comentário do professor: “- Mas sem combustível eles também se deslocam. Lomba a baixo, por exemplo. Mais especificamente, queremos que eles se desloquem sozinhos!”.

Pergunta do professor: “- Precisa combustível?”.

Um aluno perguntou: “- Lomba acima sim!”.

Pergunta do professor: “- Precisa d roda?”.

Alguns alunos responderam: “- Sim”.

Pergunta do professor: “- O que mais?”

Algumas respostas dos alunos: “- Pneu, motorista, motor...”.

Pergunta do professor: “- Além de tudo isso, o que é preciso?”.

Ninguém respondeu, mas estavam todos prestando atenção.

Resposta do professor: “Do chão “mano”! Sem o chão a “geringonça” não anda”.

Depois desta discussão, o professor foi para o quadro e pediu para os alunos que lhe dessem exemplos de coisas que se deslocam sozinhas e “não sozinhas” (termo utilizado para descontrair o momento).

O professor pede a contribuição da turma: “- Me digam exemplos de coisas que se deslocam: a) sozinhas e b) ‘não sozinhas’”.

Tabela 2: Tabela feita no quadro em sala de aula.

| Coisas que se deslocam  |   |
|---|---|
| a) Sozinhas   | b) Não sozinhas                                     |
| Carro, ser humano, peixes, pássaro, avião, asa delta, planador. | Cadeira, bola de futebol, bola de sinuca, surfista. |

Perguntas do professor: “- Como um avião voa? Como uma bola de sinuca se desloca? E um surfista? Se o mar estiver calminho, ele chega na beira da praia?”.

O professor passa a explicar que um avião só pode se deslocar para frente por que empurra ar para trás. A bola de sinuca precisa que o taco transfira algo para ela, est “algo” foi definido como *quantidade de movimento(Q)*. Da mesma forma que o surfista precisa que a onda transfira à ele certa quantidade de movimento também.

Depois disso, pediu para que os alunos nunca esquecessem que: “ Não há nada, absolutamente nada que se desloque realmente sozinho! Nada se move independentemente do resto do universo!”.

O professor explicou que a ideia de que nada se move independentemente, de que toda a quantidade de movimento se conserva desde o início do Universo é bastante antiga e remete aos primeiros pensadores a propor tal ideia. Falou das concepções de René Descartes e do fundo religioso que havia em seus modelos. Explicou que hoje existem outras hipóteses e que através delas foram criados outros modelos.

Falou sobre a conservação da *quantidade de movimento* no universo. Disse que se somarmos a quantidade de movimento associada a todos os objetos que compõem o Universo em tempos diferentes o valor será sempre o mesmo. As coisas podem trocar  $\vec{Q}$  entre si, mas a soma total é sempre a mesma.

O professor disse aos alunos que Física não é só calcular! Que eles terão que saber pensar, falar, argumentar e explicar fenômenos físicos com suas próprias palavras.

Pergunta do professor: “- Quem aqui já bateu figurinha?”.

O professor propôs uma brincadeira com os alunos. No quadro ele fez uma tabela com os nomes de três alunos e a cada um ele associou uma quantidade de figurinhas. Como representado na tabela abaixo.

Tabela 3: Tabela feita no quadro em sala de aula.

|                 | Aluna A | Aluno B | Aluno C | Numero total de figurinhas |
|-----------------|---------|---------|---------|----------------------------|
| Primeira rodada | 30      | 40      | 50      | 120                        |
| Segunda rodada  | 50      | 20      | 50      | 120                        |
| Terceira rodada | 50      | 00      | 70      | 120                        |
| Quarta rodada   | 30      | 00      | 90      | 120                        |

Conclusão: as pessoas trocaram figurinhas entre si, mas a quantidade total de figurinhas não se alterou.

Alguns alunos não conseguiram entender. O professor perguntou o que eles não entenderam. No fim das contas descobre que eles não entenderam a analogia com a quantidade de movimento do Universo. O professor explicou novamente e eles entenderam.

O professor fez um breve resumo do que fora visto até o momento e chamou a atenção para alguns pontos principais: Nada se movimenta sozinho. A  $Q_{\text{total}}$  não se altera. Se somarmos tudo o resultado é sempre o mesmo.

Pergunta do professor: “- Conseguiram entender a analogia agora?”.

Resposta dos alunos: “- Sim!”.

Pergunta do professor: “- Entenderam essa ideia de Q se conservar no universo?”.

Resposta dos alunos: “- Sim!”.

O professor usou como exemplo um jogador de futebol que chuta uma bola. Explicou que ele transfere parte da quantidade de movimento para a bola e por isso ela é projetada numa determinada direção. Um aluno citou um exemplo em que o jogador erra o chute e acerta o chão, como a terra é mais resistente que a bola, quem para é o pé.

Depois o professor explicou que independentemente da escala de tamanhos que estiver em questão, na micro ou na macro escala, a quantidade de movimento se conserva. Moral da aula de hoje: se algo se desloca para frente, é porque está empurrando algo para trás.

Dando continuidade à aula, explicou que a maioria das coisas precisa de um meio para se deslocar.

Pergunta do professor: “- Mas, como uma nave espacial se desloca no espaço, no vácuo? O que é o vácuo?”.

Um aluno respondeu: “- Falta de ar”.

O professor fez uma brincadeira imaginando uma pessoa com falta de ar pedindo ajuda: “- Socorro, estou com vácuo”.

Todos riram.

Um aluno respondeu: “- Ausência de matéria”.

O professor explicou rapidamente o que é o vácuo. Logo depois começou a falar sobre propulsão e disse que a nave só anda pra frente porque empurra uma certa quantidade de gás para trás.

Disse ainda que se um aluno estiver no espaço e quiser se mover para frente precisa liberar gases para trás (todos riram). Se quisesse andar para trás, poderia urinar pra frente (novamente muitos risos). Depois da explicação, chamou um aluno para a frente da sala para uma demonstração. Pediu para que os outros alunos o imaginassem junto ao aluno no espaço. Ambos estariam abraçados um entre ao outro. Perguntou qual era a quantidade de movimento inicial, ao que os alunos responderam que era zero pois não havia velocidade entre eles. Logo depois ambos se empurraram e adquiriram velocidades em sentidos opostos e o professor perguntou qual era a quantidade de movimento nesta nova configuração. Os alunos chegaram a conclusão de que deveria ser zero pra que a quantidade de movimento se conservasse.

Depois disso o professor explicou que  $\vec{Q}$  é uma grandeza vetorial! Desenhando a situação no quadro e mostrou que  $Q_{\text{total}}$  era igual a zero, pois ambos adquiririam quantidades de movimento iguais em módulo, porém opostas em sentido de modo que a soma seria igual a zero.

Fim da aula.

#### **Quarto dia de observação**

**Data: 27/03/2014**

**Professor regente: Professor A**

**Turma 93**

**1º ano do Ensino Médio**

**Horário da aula: 10h40min às 12h10min**

**Local: Laboratório de Física do CAP.**

**Tema da aula:** Coisas que se deslocam.

#### **Relatório da Observação**

Esta foi a primeira observação da turma 93. Às 10h40min todos os alunos já estavam na sala de aula. O professor iniciou a chamada e a medida em que chamava os alunos surgiam perguntas sobre o Moodle.

Um aluno perguntou como poderia proceder para visualizar as questões do Moodle antes de reponde-las. O professor disse que a única maneira de visualizar a questão seguinte é respondendo a anterior, logo os alunos teriam que responder as questões para poderem avançar. Mas isso não poderia representar um problema, uma vez que as respostas poderiam ser alteradas ou editadas até o prazo limite. Depois disso o professor orientou os alunos a participarem dos laboratórios no turno da tarde para tirarem suas dúvidas com relação ao Moodle.

Nesta aula irei focar a observação nas perguntas dos alunos e nas características da turma, pois se trata da mesma aula dada na turma 92 no dia anterior.

Basicamente o professor definiu trajetória, diferenciou as variáveis lineares e angulares e pediu para que os alunos dessem exemplos de coisas que se deslocassem descrevendo trajetórias lineares e circulares. Os exemplos sugeridos pelos alunos foram basicamente os mesmos sugeridos pelos alunos da turma 92. O motivo é que o material de apoio para todas as turmas é o mesmo.

O professor levou os alunos a concluir que todos os exemplos citados necessitam de algo para se movimentar, de forma análoga à outra turma. Falou sobre a quantidade de movimento ser uma grandeza física com caráter vetorial e também que a quantidade total de movimento do Universo é a mesma desde o início da expansão.

A grande diferença da aula surgiu com a pergunta de um aluno.

Um aluno perguntou: “- Professor, tudo bem que todas estas coisas precisam de um meio para se movimentar. Mas e os ímãs?”.

O professor elogiou muito a participação do aluno e explicou que existem “coisas” que podem interagir à distância. Falou sobre força elétrica e magnética, força gravitacional.

Um aluno perguntou se é possível dizer que a Terra é um ímã. A isso o professor deu uma breve explicação sobre o campo magnético terrestre e logo depois garantiu ao aluno que ao longo do terceiro ano eles estudariam mais profundamente estes conceitos. Aparentemente o aluno ficou satisfeito com a resposta.

O professor seguiu a aula falando sobre *conservação da quantidade de movimento* e propulsão, utilizou para isto os mesmos exemplos da espaçonave e da patinadora. Na sequência, perguntou aos alunos se eles estavam acreditando nessa história de conservação da quantidade de movimento. Alguns alunos pareciam não estar convencidos. Foi aí que surgiu um novo exemplo, politicamente incorreto.

Observação do professor: “- Cheguem em casa e peçam para o pai de vocês comprar uma arma calibre 12, cano cerrado. Fiquem na janela e esperem aparecer uma velhinha na calçada (é mais fácil acertar uma velinha, ela é mais lenta que a maioria das pessoas), atirem na velha e vejam o que acontece. Para que o projétil ande pra frente, ele vai empurrar a arma pra trás, teu ombro já era “mano”!”.

O riso foi geral. Aparentemente os alunos entenderam. Teve um aluno que citou um exemplo de um filme (ou série) onde se observa um efeito similar.

Logo depois o professor fez uma breve recapitulação da aula, todos os pontos importantes foram levantados. Depois disso o professor fez a mesma dinâmica do jogo das figurinhas com as alunas D, E e F.

Os alunos da turma 93 são aparentemente menos participativos do que os alunos da turma 92. Mas o professor conduziu a aula de forma muito semelhante à aula anterior.

Estavam presentes 27 alunos, não consegui ver o número de meninos e meninas, mas, aparentemente não há diferenças significativas na distribuição por gênero.

O professor encerrou a aula falando sobre a diferença entre grandezas físicas escalares e vetoriais, enfatizando alguns aspectos já trabalhados anteriormente. De forma similar à aula da outra turma, ele falou da situação em que ele e um aluno estariam no espaço e o que eles deveriam fazer pra entrarem em movimento. Ao invés de chamar um voluntário, ele fez desenhos no quadro para esboçar a situação.

E da mesma forma chega a conclusão de que se antes do empurrão a quantidade de movimento era zero, depois do empurrão, deve permanecer igual a zero, reforçando o caráter vetorial da *quantidade de movimento linear*.

Fim da aula.

### **Quinto dia de observação**

**Data: 02/04/2014**

**Professor regente: Professor A**

**Turma 92**

**1º ano do Ensino Médio**

**Horário da aula: 10h40min às 12h10min**

**Local: Laboratório de Física do CAP.**

**Tema da aula: princípio da conservação da quantidade de movimento linear!**

### **Relatório da Observação:**

No primeiro momento é feita a chamada. Estavam presentes 30 alunos, sendo 20 meninas e 10 meninos.

O professor levou até a sua mesa uma balança e um pêndulo de Newton. O pendulo é colocado sobre a balança. Na verdade a balança não tem conexão com a demonstração, foi usada apenas para elevar e tornar visível o Pêndulo de Newton.

O professor pede para que uma das alunas desligue o mp3.

Depois disso inicia a discussão sobre a matéria com a turma.

Pergunta do professor: “- Não me decepcionem! O que nós estamos estudando?”.

Os alunos responderam: “- Mecânica”.

Pergunta do professor: “- E dentro da mecânica o que estamos estudando?”.

Respostas dos alunos: “- Coisas que se deslocam, leis de newton, movimento”.

Pergunta do professor: “- E qual a moral da ultima aula?”.

Respostas dos alunos: “- Coisas que se deslocam, elas podem andar, voar, nadar... Nada se descola sozinho...”.

O professor fez uma breve revisão da aula anterior, retomando conceitos e exemplos importantes. Lembrou que ainda não foi utilizada nenhuma equação matemática, ninguém teve que calcular nada, o único trabalho foi o de pensar, relacionar as grandezas, raciocinar. Então a retomada dos conceitos é fundamental para avançar nos estudos.

Pergunta do professor: “- Nós estamos estudando o *Princípio da Conservação* de?”

Respostas dos alunos: “- Força, massa, movimento linear”.

Observação do professor: “- Pessoal, vocês precisam desenvolver uma linha de raciocínio, não podem jogar todos os conceitos soltos dessa forma. Lembrem do exemplo das figurinhas, algo se conservava, o que era?”.

Respostas dos alunos: “- Figurinha, energia cinética...”.

O professor resolve escrever a resposta quadro: **PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO LINEAR!**

Depois disso, o professor volta a falar para a turma: “Meus queridos, nós estamos estudando o movimento de translação. Todo corpo que realiza uma translação possui certa quantidade e de movimento associada a este movimento, chamada *Quantidade de Movimento Linear*. Todo o corpo que se desloca tem uma velocidade associada a este movimento, além disso ele possui massa (ou inércia).

Uma aluna perguntou: “- Professor, como ocorre a transferência de quantidades de energia, cinética e potencial dos corpos?”.

O professor chama a atenção para as grandezas físicas que são utilizadas para descrever o movimento no ponto de vista da Física:

- Velocidade,
- Quantidade de Movimento,
- Energia Mecânica (Cinética + Potencial).

Um aluno parecia estar com sono, o professor chamou a atenção dele, e sugeriu que o aluno passasse a dormir mais cedo pra não ficar com sono na aula. Surgiu uma certa bagunça, mas durou pouco tempo.

O professor relembra que desde o início do ano as turma de primeiro ano estão falando sobre movimento. Para apresentar um exemplo de coisas que os alunos devem prestar atenção o professor disse que uma pergunta boa de se colocar na prova seria: “- Disserte sobre as grandezas físicas que podem ser associadas ao movimento de um objeto: velocidade, quanti-

dade de movimento, energia cinética”. Pois, estas são três grandezas físicas que utilizamos para descrever o movimento de objetos no contexto da física, estas três grandezas são derivadas de outras grandezas. Ou seja, a definição matemática de velocidade  $v$ , *quantidade de movimento linear*  $Q$  e energia cinética  $K$ , derivam das grandezas *Comprimento* e *tempo*. Massa e velocidade para definir  $Q$  (ou seja, precisamos de comprimento e tempo). Massa e Velocidade para definir  $K$  (ou seja precisamos do comprimento, tempo e da massa).

Pergunta do professor: “- Por que velocidade é completamente diferente de quantidade de movimento, que por sua vez é diferente de  $K$ ?”.

Essas três coisas são uteis e são usadas para descrever o movimento, mas dependendo da situação uma é mais conveniente que a outra.

Por exemplo: “- Qual é a unidade de velocidade?”.

O professor informou para a turma que existem 7 grandezas físicas fundamentais segundo as quais outras grandezas são derivadas:  $x$ ,  $t$ ,  $m$ ,  $i$ , *quantidade de matéria*, *temperatura*, *intensidade luminosa*.

Depois perguntou: “- Por que  $K$  é diferente de  $Q$ ?”. Velocidade é grandeza vetorial, Quantidade de movimento é vetorial, massa é escalar, energia é escalar. A diferença começa aí.

Pergunta do professor: “- Vocês viram que já temos mais um questionário lá no Moodle?”.

Este questionário é referente ao capítulo 4.

Uma das perguntas do questionário é: “O que significa dizer que  $Q$  é uma grandeza física vetorial?”

Pergunta do professor: “- O que significa?”.

Resposta de um aluno: “- O escalar só precisa de um “dado”, a vetorial precisa de “dois” dados (faz uma confusão com as unidades)”.

Resposta de outro aluno: “- A diferença eu não sei, mas a velocidade precisa de intensidade, sentido e direção”.

O professor se empolga e diz que já falou disso com os alunos. Alguns dizem que não.

Uma aluna desrespeita o colega que foi elogiado pelo professor. Então o professor sugere que o aluno preste uma queixa no SAE, mas o aluno não parece ter se importado muito com o que a colega disse. Na verdade, foi uma brincadeira que para o contexto da turma e da proximidade que os alunos apresentam, foi inofensivo.



Então uma grandeza vetorial precisa de intensidade, direção e sentido, a escalar só precisa intensidade.

Exemplo: um objeto que se move com  $v = 2\text{m/s}$ , o que significa?

Um aluno respondeu: “- Que a cada segundo ela anda dois metros”.

Pergunta do professor: “- Mas para onde?” (explicou a importância da direção e do sentido). O professor chamou a atenção para o fato de que dizer que um corpo se move da esquerda para a direita ou da direita para a esquerda são coisas extremamente diferentes. A intensidade de uma grandeza física é a combinação de um valor numérico mais uma unidade de medida. Ou seja, precisamos saber informações sobre outras componentes para evitar uma colisão, por exemplo.

Quantidade de movimento se representa pela letra  $Q$  e é igual ao produto de duas grandezas física, uma delas é a velocidade, a outra é a massa. Quantidade de movimento é Vetorial porque deriva de uma grandeza física escalar por uma vetorial. A seta que caracteriza uma grandeza vetorial não está representando a direção, ou seja, não pode ser trocada de direção. A intensidade, direção e sentido estão representados pelo caráter vetorial. Sem a setinha, estamos nos referindo apenas à intensidade.

Não faz sentido em física  $\vec{v} = 2\text{ m/s}$ , temos que indicar a direção e o sentido.

O vetor é uma entidade matemática, nada mais é do que um segmento de reta orientado.

Segmento: é um pedaço de alguma coisa;

Segmento de reta: pedaço de uma reta;

Dado um segmento de reta, podemos orienta-lo “assim ou assado”.

Por tanto, só faz sentido falar em sentido de um vetor, uma vez que conhecemos a sua direção. O tamanho do segmento tem a ver com a intensidade da grandeza.

Ainda sobre grandezas vetoriais, fez uma pequena explicação utilizando o quadro, comparando vetores em direções e sentido iguais, porém intensidades diferentes. Depois disso perguntou: “- Qual é a direção do carro A? Qual é que a seta que indica a direção de um vetor?”.

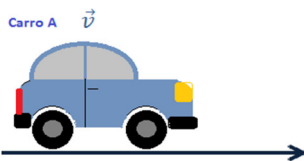


Figura 1: Representação do desenho feito no quadro. Automóvel com velocidade no sentido positivo ao na direção paralela ao eixo x.

Um aluno respondeu: “- A seta?”.

Observação do professor: “- A reta que o suporta”.

O professor passa a dar explicações sobre direções horizontal, vertical, diagonal ou oblíqua que forma um determinado ângulo com a horizontal ou com a vertical.

Pergunta do professor: “- Por que a gente utiliza a entidade matemática vetor para caracterizar grandezas físicas?”.

Foram desenhados três vetores no quadro, todos de mesma direção e sentido, porém um deles com intensidade diferente.

$$v_1 = v_3, v_2 < v_1, v_2 < v_3.$$

Pergunta do professor: “- O vetor 1 é igual ao vetor 3?”.

Respostas dos alunos: “Surgem respostas positivas e negativas entre os alunos”.

Depois disso o professor acrescentou um 4º vetor, intensidade menor que as três anteriores e sentido oposto.

Com base nos desenhos foram feitas perguntas referentes a intensidade, direção e sentido de forma aleatória sobre os vetores.

Ex.: a direção do  $v_1$  é igual a  $v_4$ ? A intensidade de  $v_1$  é igual a de  $v_2$ ? A direção do  $v_3$  é igual a de  $v_1$ ?

No quadro o professor escreveu, em letras maiúsculas: “OS QUATRO VETORES POSSUEM A MESMA DIREÇÃO”.

Houve um certo alvoroço, os alunos passaram a discutir entre si, uns diziam haviam acertado, outros tentavam explicar aos colegas a diferença entre sentido e direção, outros não estavam conformados com a afirmação.

O professor reestabelece a ordem na sala de aula depois de deixar os alunos discutirem entre si durante algum tempo. Afirmou aos alunos ser lamentável eles chegarem ao 1º ano do ensino médio sem saber diferença entre direção e sentido. Isso é intuitivo e já deveria ter sido explorado anteriormente. Explicou que a direção é horizontal ou vertical, o sentido é pra onde a seta está apontando. Se quisermos falar apenas da intensidade devemos usar  $v=2\text{m/s}$ , não é necessário utilizar a notação vetorial.

Após esta discussão, construiu com os alunos a expressão matemática para a quantidade de movimento linear:

$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

Explicou porque o produto entre um escalar e um vetor resulta em um vetor. Que quando multiplicamos um vetor por um número, por exemplo o número 2. O resultado é um vetor com o dobro da intensidade.

Depois discutiu a respeito das unidades do SI e chegou à unidade de  $\vec{Q}$ . Se velocidade se mede em m/s e massa em kg,  $\vec{Q}$  se mede em que? R: (kg. m/s).

Fim da aula.

### **Sexto dia de observação**

**Data: 09/04/2014**

**Professor regente: Professor A**

**Turma 92**

**1º ano do Ensino Médio**

**Horário da aula: 10h40min às 12h10min**

**Local: Laboratório de Física do CAP.**

**Tema da aula: Trombadas – Colisões**

### **Relatório da Observação**

O professor iniciou a chamada, ao todo estavam presentes 29 alunos, sendo 18 meninas e 11 meninos. Houve um pequeno remanejamento de lugares por causa da bagunça e diminuir o número de pessoas por grupo.

O professor trouxe para demonstração um Pêndulo de Newton, colocou-o sobre a mesa, encima de uma balança (como na outra aula) para que ficasse visível para toda a turma. Depois perguntou aos alunos quem conhecia o instrumento e quem havia visualizado o vídeo sobre o mesmo, postado no Moodle. A maior parte dos alunos disse ter assistido.

Logo depois o professor fez uma breve recapitulação sobre a Conservação da Quantidade de Movimento Linear e a relação entre as grandezas físicas envolvidas, velocidade e massa e exemplifica numericamente.

Pois o estudo das colisões leva em conta todos estes fatores, citou exemplos sobre pericia criminal, etc.

Diferenciou o conceito de Quantidade de Movimento do conceito de Velocidade. Mostrou a importante dependência com a massa.

Sobre o Pêndulo:

Pergunta do professor: “- Me digam: quando eu soltar esta bolinha aqui, o que vai acontecer?”.

Respostas aleatórias: “- As outras vão se movimentar... ela transmite força... ela transfere energia... ela passa só parte da força... ela tem uma quantidade de movimento e quando ela bate, ela transfere para o conjunto...”.

O professor deu uma breve explicação sobre a diferença entre abandonar a bolinha e lançar a bolinha. Os alunos parecem muito mais concentrados do que na última aula. Alguns estão contribuindo a medida que surgem perguntas e os alunos que não estão participando tanto, desta vez não estão tão agitados, de modo que não atrapalham a aula.

O professor fez uma pequena busca na internet para encontrar um pêndulo de Newton ideal.

Começou a fazer distinção entre o ideal e o real.

Pergunta do professor: “- Por quê na vida real as bolinhas param de colidir depois de decorrido um certo intervalo de tempo?”.

Um aluno respondeu: “- Porque ele vai perdendo energia para o ambiente...”.

O professor falou sobre sistemas que conservam a Energia Mecânica e sistemas que não conservam sua energia mecânica.

Pergunta do professor: “- Quando o real se aproxima do ideal?”.

Respostas que surgiram: “- Quando ele está com pouca velocidade... deixar as bolinhas do meio paradas... se eu soltar as bolinhas das pontas ao mesmo tempo, o que acontece? ... eu acho que explode...”.

Um aluno respondeu: “- Se colocarmos no vácuo não vai ter resistência do ar nas bolinhas”.

Pergunta do professor: “- Que outra coisa pode ser feita?”

Depois disso o professor seguiu discutindo sobre os fatores que dissipam energia e que se quisermos aproximar o real do ideal, teremos que eliminar as coisas que dissipem energia. Atrito nas colisões, aquecimento das esferas (conversão de energia mecânica em energia térmica), etc.

Um aluno perguntou: “- Se tirar uma bolinha, muda alguma coisa? E se puxar duas bolinhas de um lado?”.

Pergunta do professor: “- O que acontece se eu puxar duas, sobe uma ou sobe duas?”.

O professor demonstra o que acontece e pergunta: “- Porque quando eu largo duas, sobe duas?”

Um aluno respondeu: “- Pelo Princípio da conservação da quantidade de movimento, a força é a mesma.”.

O professor explicou no quadro utilizando dados numéricos.

Antes:

$$q_1 = m_1 \cdot v_1 ,$$

$$q_2 = m_2 \cdot v_2$$

$$v_1 = v_2$$

$$Q_{total} = q_1 + q_2 = 2m \cdot v$$

Depois:

$$Q_{total} = q_1 + q_2 = 2m \cdot v$$

Na realidade, devido às forças dissipativas isso não acontece no mundo real.

O professor mandou uma aluna que estava mexendo no celular para a SAE, dizendo: espera lá que eu vou mandar bilhete pra mamãe e para o papai. Isso aconteceu às 11h35min. Às 11h38min uma aluna voltou do recreio que terminara à 10h40min. O professor chamou a atenção da aluna mas não se prolongou muito.

Depois disso voltou a explicar o pêndulo, discutiu sobre a energia sonora, energia térmica, etc. Disse que o som não é “pegável”, nem a temperatura, e devolver na forma de movimento estas formas de energia se tornava inviável no experimento.

Depois discutiu sobre *coeficiente de restituição*.

Pergunta do professor: “Então, para melhorar o experimento, devemos usar esferas com alto ou baixo coeficiente de restituição?”.

Utilizou o exemplo do jogo de sinuca. Depois disso o professor modifica dinâmica da aula. Acessou o material do Moodle e passou a explicar o que estava disponível, dando dicas de como os alunos deveriam organizar os estudos. Alertou os alunos sobre o fato de que a partir daquele momento iriam começar a aparecer mais cálculos matemáticos nas questões.

Pergunta do professor: “- Imaginem uma “batida” entre dois carros iguais. Um parado e outro em movimento. O que acontece?”.

Um aluno respondeu: “- O que estava parado vai pra frente e o outro perde quantidade de movimento”.

Pergunta do professor: “- O que acontece se tivermos dois carros com alto coeficiente de restituição?”.

Depois da pergunta, chamou a atenção para o fato de que os carros antigos possuíam maior coeficiente de restituição. Carros novos possuem um menor coeficiente de restituição.

Um aluno respondeu: “- A velocidade se transfere?”.

Resposta do professor: “- Em partes sim, ele transfere **quantidade de movimento**, que resulta no aumento da velocidade do outro”.

Pergunta do professor: “- E o carrinho, adquire a mesma velocidade?”.

Uma aluna respondeu: “- Não, pois tem dissipação quando amassa, aquece e emite som”.

Neste momento o pessoal mais ao fundo da sala começou a fazer muito barulho. O professor se incomodou com a situação e parou de dar aula.

Aproveitou o tempo para distribuir uns bilhetes sobre questões internas do Colégio e perguntou se eu gostaria de utilizar o restante da aula para aplicar o questionário sobre *atitudes em relação à Física*.

Durante o questionário o clima ficou um pouco mais calmo, os alunos pararam de fazer tanto barulho e se concentraram nas respostas. Alguns alunos perguntavam se era necessário colocar o nome, se valeria nota, etc.

A aula terminou e alguns alunos continuaram a responder ao questionário, mesmo estando liberados.

O Professor elogiou participação de um aluno que no início da aula estava perturbando um pouco e teve que ser remanejado. Este aluno foi um dos que mais participou da aula, depois de ter sido trocado de lugar.

### **Sétimo dia de observação**

**Data: 16/04/2014**

**Professor regente: Professor A**

**Turma 92**

**1º ano do Ensino Médio**

**Horário da aula: 10h40min às 12h10min**

**Local: Laboratório de Física do CAP.**

**Tema da aula: Trombadas – Colisões**

### **Relatório da Observação**

O professor começou fazendo a chamada, estavam presentes 29 alunos sendo 19 meninas e 10 meninos. Novamente foi necessário remanejar alguns alunos

Durante a introdução da aula o professor falou sobre a etapa em que a turma se encontra, em relação a matéria e que nesta etapa será necessário fazer uso de cálculos matemáticos além dos princípios físicos estudados até o momento.

Depois foi feita uma revisão dos conceitos utilizando o quadro. Onde novamente foi dada ênfase a importância do caráter vetorial da expressão para a quantidade de movimento linear.

Os alunos estavam bastante e respondiam às perguntas do professor quando solicitados.

Dois alunos chegaram atrasados, uma menina e um menino. A menina apresentou o bilhete com a autorização, o menino não. O professor mandou os dois para a secretaria dizendo que os dois precisavam da autorização.

Pergunta do professor: “- Velocidade é uma grandeza física vetorial?”.

Resposta dos alunos: “- Sim!”.

Desafio do professor: “- Me digam uma característica de uma grandeza física vetorial.”.

Alguns alunos responderam errado. Dois alunos ao fundo da sala responderam corretamente, mas o professor não ouviu. Os alunos que responderam corretamente ficaram um pouco chateados e me perguntaram se eu daria aula para eles. Eu disse que sim, e eles pediram: Por favor, quando você der aula pra gente, tente nos ouvir.

O professor passa a explicar tipos de colisões, três situações: batida traseira e duas batidas frontais (uma de mesma velocidade e outra com velocidades diferentes).

Dois alunos estavam conversando, a aula foi interrompida e os nomes dos alunos foram anotados. Na segunda ocasião em que estes alunos perturbassem a aula, seriam enviados à SAE. Alguns minutos depois, mais duas alunas tiveram seus nomes anotados.

O professor explicou a Situação 1 em que um carro em movimento bate na traseira de um carro parado.

### Situação 1 – Colisão traseira:

Dados:

$$m_1 = m_2 = m = 1000 \text{ kg ;}$$

$$v_1 = 72 \text{ km/h , } v_2 = 0 \text{ ;}$$

Calcule:



Figura 2: O carro B está parado. Colisão entre dois automóveis. O carro A possui velocidade maior que zero.

$q_1$  antes e depois da batida e  $q_2$  antes e depois da colisão.

### Situação 2 – Colisão Frontal:

Dados:

$$m_1 = m_2 = m = 1000 \text{ kg,}$$

$$v_1 = 90 \text{ km/h ; } v_2 = 90 \text{ km/h;}$$

$q_{1\text{antes}}$  e  $q_{1\text{depois}}$  da colisão e  $q_{2\text{antes}}$  e  $q_{2\text{depois}}$  da colisão.



Figura 3: Colisão frontal entre dois carros A e B, ambos possuem mesma massa e velocidade iguais em módulo.

### Situação 3 – Colisão traseira:

Dados:

$$m_1 = m_2 = m = 1000 \text{ kg,}$$

$$v_1 = 200 \text{ km/h ; } v_2 = 50 \text{ km/h;}$$

$q_{1\text{antes}}$  e  $q_{1\text{depois}}$  da colisão e  $q_{2\text{antes}}$  e  $q_{2\text{depois}}$  da colisão.



Figura 4: Colisão traseira, onde o carro A possui velocidade maior em módulo do que o carro B. Ambos na mesma direção e sentido.

O professor passou a explicar a relação  $q = mv$  e as unidades. Explicou a conversão de unidades de  $\left(\frac{km}{h}\right)$  para  $\left(\frac{m}{s}\right)$ . Explicou utilizando a multiplicação e divisão por 3,6.

Afirmou aos alunos que eles poderiam usar calculadora na prova de física. O professor disse que se eles quiserem saber o porquê da conversão, devem perguntar para o monitor de Física no laboratório dúvidas do CAp, os alunos reclamam que o monitor confunde a cabeça deles.

Os alunos chegam a conclusão de que  $q$  se mede em  $\left(kg \cdot \left(\frac{m}{s}\right)\right)$ . Os alunos se mostram muito interessados e entusiasmados quando compreendem.

O professor expulsou os alunos que havia anotado os nomes no início da aula e enviou-os para a SAE, mandou eles acessarem o conteúdo no computador da secretaria e esperarem o final da aula para registrar ocorrência.

Um aluno perguntou : “depois da batida, é necessariamente a metade da velocidade?”.

Os alunos do fundo da sala reclamaram do reflexo no quadro devido ao Sol.

O professor concluiu o primeiro exemplo e deixou que os alunos calculassem as outras duas situações. Os alunos passaram a interagir entre si, um pedindo ajuda ao outro em todos grupos, outros pediram ajuda ao professor, outros pediram ajuda ao estagiário.



Aproximadamente 15min depois o professor volta ao quadro para explicar as Situações 2 e 3. Falou sobre sistemas isolados, em que se desconsidera qualquer perda de energia para o meio.

Uma aluna foi repreendida por estar mexendo no celular, mas na verdade ela estava usando a calculadora para realizar as contas. Depois de mostrar ao professor que ela estava resolvendo os problemas, o professor se desculpou com ela.

Pergunta do professor: “- O que é um sistema isolado?”.

Resposta de uma aluna: “- É quando se conserva a quantidade de movimento...”.

Ainda para o Exercício 1: Foi pedido que os alunos suponham que o carro b, depois da batida, ele vai para frente com  $v_2 = 36\text{km/h}$ . Qual a quantidade de movimento  $q_2$  depois da batida?

O professor resolveu os exercícios enquanto discutia com os alunos de acordo com as dúvidas que foram surgindo.

Suponha o carro B depois, da batida adquira a velocidade de  $72\text{ km/h}$ , qual é a quantidade de movimento do automóvel?

Resposta de uma aluna: “- Nessa situação o carro A terá transferido completamente sua quantidade de movimento ao carro B...”. O professor parabeniza a menina e os colegas aplaudiram

Pergunta do professor: “- E se for  $18\text{km/h}$ ?”. Perguntou diretamente para uma aluna que estava um pouco distraída.

Resposta da aluna: “- Não faço a menor ideia”.

Resposta de uma aluna: “- A quantidade de movimento será igual a  $5000\text{ (kg.m/s)}$ ”.

Pergunta do professor: “- Suponham que  $v_1=18\text{ km/h}$ , qual a  $q_{1f}$ ? e  $q_{2f}$ ?”.

Uma aluna respondeu corretamente, utilizando as relações de proporcionalidade entre variáveis.

O professor ficou feliz, os alunos eufóricos, aplaudiram novamente a colega.

Fim da aula.

### **Oitavo dia de observação**

**Data: 23/04/2014**

**Professor regente: Professor A**

**Turma 92**

## 1º ano do Ensino Médio

**Horário da aula: 10h40min às 12h10min**

**Local: Laboratório de Física do CAP.**

**Tema da aula: Trombadas**

### Relatório da Observação

Neste dia eu cheguei mais cedo do que de costume na escola, para tratar de alguns assuntos referentes ao meu estágio com o professor A. Depois disso fiquei aguardando o início da aula, dentro do laboratório. Alguns alunos viram a porta aberta e perguntaram se poderiam entrar. Eles foram se acomodando nos seus lugares e passaram a me fazer perguntas com relação ao meu estágio, sobre quando iniciaria, qual seria a duração, etc.

Quando o professor chegou, a maior parte da turma já estava em sala de aula. Ele cumprimentou os alunos, perguntou sobre o feriado (feriado de Tiradentes) e remanejou alguns estudantes.

Foi feita a chamada. A turma estava bastante calma no início da aula. Estavam presentes 31 alunos, sendo 19 meninas e 12 meninos.

O professor chamou a atenção de alguns alunos que possuem frequência muito baixa. E falou sobre os problemas que o excesso de faltas poderia ocasionar.

Em seguida perguntou se todos estavam craques em conservação da quantidade de movimento. No quadro o professor representou as três situações trabalhadas na aula passada envolvendo cálculos. Logo depois de revisar a aula passada entregou material impresso para os grupos de alunos para que eles lessem e resolvessem os exercícios propostos. Ao final da aula cada grupo deveria entregar uma folha com as resoluções dos problemas ao professor.

Alguns alunos perguntaram ao professor se poderiam trazer carrinhos de casa para demonstrar as situações apresentadas. O professor concordou e combinou com os alunos que eles poderiam simular as situações em sala durante a próxima aula.

As questões a serem resolvidas eram referentes ao capítulo seis do GREF (versão do aluno).

Enquanto os grupos discutiam as questões o professor foi ao quadro e fez um esquema das situações representadas no texto.

### Situação 1: Batida Sai da Frente

**Dados:**



Figura 5: Colisão entre um caminhão em movimento e um carro parado.

$$m_1=5000 \text{ kg}, m_2=1000 \text{ kg},$$

$$v_1 = 72 \text{ km/h}$$

Antes da batida:

$$Q_{1\text{antes}}, Q_{2\text{antes}} = ?$$

Depois da batida:

$$Q_{1\text{depois}}, Q_{2\text{depois}} = ?$$

### Situação 2: Batida Passa por Cima

**Dados:**

$$m_1 = 1000 \text{ kg}, m_2 = 5000 \text{ kg},$$

$$v_1 = 90 \text{ km/h}$$

Antes da batida:

$$Q_{1\text{antes}}, Q_{2\text{antes}} = ?$$

Depois da batida:

$$Q_{1\text{depois}}, Q_{2\text{depois}} = ?$$

### Situação 3: Batida Eu Não Tenho Medo:

**Dados:**

$$m_1 = 5000 \text{ kg}, m_2 = 1000 \text{ kg},$$

$$v_1 = 90 \text{ km/h}, v_2 = 90 \text{ km/h}$$

Antes da batida:

$$Q_{1\text{antes}}, Q_{2\text{antes}} = ?$$

Depois da batida:

$$Q_{1\text{depois}}, Q_{2\text{depois}} = ?$$

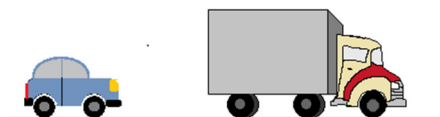


Figura 6: Colisão entre um carro em movimento e um caminhão parado.



Figura 7: colisão frontal entre um caminhão e um carro, ambos com velocidades iguais em módulo, deslocando-se na mesma direção e sentidos opostos.

Durante a tarefa, foi possível observar fatos curiosos: alguns alunos falavam sobre coisas aleatórias como política, outros entram em um clima de bagunça moderada de modo a

não chamar a atenção do professor, mas alguns parecem concentrados na solução dos problemas.

O professor alertou alguns alunos que se eles continuarem a perturbar serão encaminhados à direção. A medida em que o tempo foi passando os alunos passaram a levar mais a sério o trabalho e começam a pedir ajuda para o professor e ao estagiário.

Um aluno teve a ideia de simular as situações utilizando o celular e o apontador. E respondeu todas as questões conceitualmente através desta simulação, depois começou a fazer contas. Ideia que foi adotada por outros grupos em seguida.

Depois de passado algum tempo o professor indicou os passos a serem seguidos pelos alunos para entregar os trabalhos. Primeiro eles deverão relatar as situações e seus resultados, depois calcular a quantidade de movimento antes e depois da trombada e depois resolver os exercícios da página 24.

A partir do momento em que o professor foi ao quadro e chamou atenção para o trabalho, a turma passou a se envolver mais efetivamente. Alguns continuavam em silêncio lendo e respondendo as questões e os mais agitados estavam colidindo coisas nos grupos e discutindo os resultados. Enquanto isso o professor atendia os grupos que solicitavam sua ajuda.

A atividade mostrou que a turma responde bem aos trabalhos em grupo, mas é preciso cuidado para que a atividade não vire bagunça.

Alguns alunos pediram a minha ajuda na resolução dos problemas. Aparentemente eles não possuem muita dificuldade com os conceitos de Física, a questão mais problemática é conseguir utilizar a equação e isolar variáveis, ou seja, a matemática.

Fim da aula. Alguns grupos conseguiram concluir a atividade, mas a grande maioria não. O professor permitiu que os alunos entregassem o trabalho na próxima aula.

### **Nono dia de observação**

**Data: 30/04/2014**

**Professor regente: Professor A**

**Turma 92**

**1º ano do Ensino Médio**

**Horário da aula: 10h40min às 12h10min**

**Local: Laboratório de Física do CAP.**

**Tema da aula: Revisão e Exercícios**

**Relatório da Observação:**

Inicialmente o professor realizou a chamada da turma. Estavam presentes 29 alunos, sendo 19 meninas e 10 meninos.

Depois disso entregou uma lista de exercícios aos alunos (a lista disponível no Moodle). O motivo de termos mais uma aula de exercícios, deve-se ao fato da turma estar adiantada em relação às outras. As outras turmas de primeiro ano não terão aula na semana devido ao feriado do dia do trabalhador.

Enquanto os alunos recebiam as listas, o professor explicou que na próxima semana iniciaria o meu período de regência no estágio. Em seguida deu mais algumas informações sobre o Moodle.

O professor falou sobre a intenção de visitarmos o MCT-PUCRS, a maior parte dos alunos ficou bastante empolgada com a ideia. Alguns não gostaram de ser tão longe (em relação ao tempo) a visita. O professor explicou o porquê da demora e tudo mais – a visita estava programada para a quinta semana de estágio. Explicou sobre os problemas burocráticos de um passeio como este com relação a professores, ônibus, pais, dinheiro, etc. O mais importante para que haja passeio: Os alunos devem querer participar. Uma aluna diz que há dois anos eles querem ir e nunca foram, pede para que desta vez dê certo.

Pergunta do professor: “A turma está a fim de ir?”

Todos os alunos disseram que sim, ninguém manifestou indisposição para ir.

Os grupos, a princípio estavam bastante agitados.

O professor foi até a frente da sala e falou para a turma: “Quem não estiver estudando física pode se retirar da sala de aula!!!”.

Depois disso, chamou a atenção de alguns alunos individualmente, dizendo que eles não fizeram nenhum dos questionários do Moodle etc. Não será admitida entrega posterior à data preestabelecida.

Lembrou mais uma vez que a aula era para resolver os exercícios e quem não quisesse era para sair da sala. Depois disso alguns alunos passaram a solicitar ajuda dos estagiários presentes e do professor.

Na segunda metade da aula os alunos já estavam mais concentrados nas atividades e passaram a solicitar mais frequentemente o auxílio dos estagiários e do professor.

A aula termina, os alunos estavam bastante participativos ao final da atividade.

## PLANOS DE AULA E RELATOS DE EXPERIÊNCIA:

### Plano de aula (1 e 2)

Data: 07/05/2014

Turma: 92 – Primeiro ano

Duração: Duas horas-aula - 10h40min às 12h10min

#### Conteúdo:

- Apresentação envolvendo tópicos a serem desenvolvidos e metodologia utilizada no período do estágio.
- Introdução às variáveis do movimento de rotação: *deslocamento angular; frequência angular; velocidade angular; direção e sentido* no movimento de rotação;

#### Objetivos de ensino:

- Descrever as características do movimento de rotação e destacar as variáveis envolvidas neste tipo de movimento.
- Distinguir as variáveis angulares e lineares.
- Relacionar os conceitos desenvolvidos no estudo da *conservação da quantidade de movimento linear* com o movimento de rotação. (na verdade isso pertence à introdução dos tópicos)

#### Procedimentos:

- Inicialmente será feita uma breve apresentação do estagiário e do conteúdo a ser estudado ao longo do período de regência.
- Será apresentada aos alunos a análise de algumas de suas respostas ao questionário sobre atitudes em relação à Física. Em seguida será apresentada a estratégia de ensino e os critérios de avaliação.
- Na sequência será feita uma pequena revisão dos tópicos trabalhados até o momento sobre *quantidade de movimento linear* e suas variáveis. Depois disso, com o objetivo de estudar a *quantidade de movimento angular*, sua variação e conservação, daremos início ao estudo sobre o movimento de rotação e suas variáveis.

- Com o auxílio de uma plataforma giratória ou de um toca discos, iremos analisar o movimento de diferentes pontos dispostos sobre a plataforma ou um disco de vinil. O objetivo é destacar a diferença entre as velocidades linear e angular e investigar as outras variáveis envolvidas.
- Ao final da aula será entregue aos alunos uma lista de exercícios envolvendo os conteúdos desenvolvidos neste primeiro encontro. Possivelmente será entregue material complementar sobre movimento circular.

*Recursos:*

- Computador; Projetor; Plataforma giratória ou toca discos; Material impresso para os alunos.

**Plano de aula (3 e 4)**

Data: 14/05/2014

Turma: 92 – Primeiro ano –

Duração: Duas horas-aula - 10h40min às 12h10min

*Conteúdo:*

- *A inércia nas rotações;*
- *Momento de Inércia;*

*Objetivos de ensino:*

- Analisar o movimento de rotação e sua relação com a massa do objeto que se pretende girar;
- Definir o conceito de *quantidade de movimento angular;*
- Demonstrar que para o movimento de rotação a distribuição de massa do sistema interfere na *inércia rotacional;*
- Relacionar os conceitos desenvolvidos no estudo da *conservação da quantidade de movimento linear* com o movimento de rotação, destacando a importância do conceito de *momento de inércia* para o estudo da *quantidade de movimento angular;*

*Procedimentos:*

- No primeiro momento iremos discutir a origem das rotações e resgatar algumas definições importantes dos tópicos apresentados anteriormente nas aulas sobre *conservação da quantidade de movimento linear*.
- Depois de discutir a origem das rotações, definiremos o conceito de *quantidade de movimento angular*.
- Na sequência será abordado o conceito de *Inércia Rotacional*.
- Com o auxílio de alavancas e massas móveis, iremos demonstrar que a distribuição de massa altera a inércia rotacional de um dado sistema. A ideia é fazer com que os alunos interajam com os instrumentos e percebam esta relação de forma prática para, a partir daí, desenvolver o conceito de *momento de inércia*.
- Ao final da aula será apresentada a expressão matemática para o cálculo do *momento de inércia* de um objeto de pequenas dimensões que gira em torno de um eixo preso por um fio (inextensível e de massa desprezível)  $I = m \cdot r^2$  e em seguida discutiremos as unidades de  $I$ . A cada aluno será entregue a lista de exercícios referente ao conteúdo da aula..

#### *Recursos:*

- Computador; Projetor; Material para experimento; Conjunto de alavancas e massas; Material impresso para os alunos.

#### **Plano de aula (5 e 6)**

Data: 21/05/2014

Turma: 92 – Primeiro ano –

Duração: Duas horas-aula - 10h40min às 12h10min

#### *Conteúdo:*

- *Quantidade de Movimento Angular* ou *Momentum Angular*;
- *Conservação da Quantidade de Movimento Angular*;

#### *Objetivos de ensino:*

- Descrever o movimento de rotação e sua relação com *momento de inércia* e as variáveis de rotação;



- Definir o conceito de *quantidade de movimento angular* e sua conservação;
- Demonstrar através de experimentos a *conservação da quantidade de movimento angular* e a relação entre as variáveis envolvidas;
- Após o experimento será feita a análise da expressão matemática para o *momentum angular*  $L=I.\omega$  bem como a discussão da unidade desta grandeza.

*Procedimentos:*

- Primeiramente iremos revisitar os conceitos trabalhados ao longo das últimas aulas, fazer uma recapitulação a respeito de *momentum linear* e as variáveis massa e velocidade. Construir uma analogia rotacional para este movimento e mostrar que o *momentum angular* se relaciona com a velocidade angular e com o momento de inércia.
- Depois de discutir o conceito de *quantidade de movimento angular* iremos fazer uma demonstração utilizando a plataforma giratória. O objetivo é visualizar como as variáveis  $I$  e  $\omega$  se relacionam. E, depois disso expressar matematicamente o cálculo do módulo de  $L$ .
- Em seguida será apresentado um vídeo dos Simpsons que fala sobre *conservação da quantidade de movimento angular*.
- Na sequência falaremos sobre conservação de  $L$ , onde para exemplificar utilizaremos o experimento das latinhas, proposto no livro 1 do GREF (Atividade 3: Rotações, página 104, 105 e 106). O objetivo é dividir a turma em pequenos grupos e solicitar que os alunos reproduzam o experimento e respondam às questões propostas no roteiro.
- Ao final da aula os alunos deverão entregar ao professor o resultado do experimento que será avaliado.

*Recursos:*

- Computador; Projetor; Equipamento de áudio; Material para experimento; Plataforma giratória e massas para experimento; Material impresso para os alunos (roteiro da atividade das latinhas).

**Avaliação:** A avaliação será composta pela participação e resolução dos problemas propostos na atividade.

## Plano de aula (7 e 8)

Data: 28/05/2014

Turma: 92 – Primeiro ano –

Duração: Duas horas-aula - 10h40min às 12h10min

### Conteúdo:

- *Variáveis de rotação;*
- *Momento de Inércia;*
- *Conservação da Quantidade de Movimento Angular;*
- *Variação da quantidade de movimento angular – Torque.*

### Objetivos de ensino:

- Revisão dos conceitos desenvolvidos até o momento.
- Ampliar a visão dos alunos através da resolução de questões que relacionem os conceitos desenvolvidos;
- Analisar, argumentar, debater e trabalhar colaborativamente na resolução dos problemas propostos;
- Introduzir o conceito de *Torque*.

### Procedimentos:

- Primeiramente será apresentada aos alunos a proposta da aula. O objetivo é utilizar o primeiro período e parte do segundo, se for o caso, para revisar o conteúdo. Esta revisão será direcionada através da resolução de problemas utilizando o método de Instrução Pelos Colegas (IPC).
- Depois da aplicação do IPC será introduzido o conceito de *variação da quantidade de movimento angular*. Com o auxílio de vídeo e simulação computacional.
- Na sequência será usado o exemplo da página 137 do Hewitt; Será entregue aos alunos kits contendo réguas e os pesos e eles deverão calcular o torque e a força para posições diferentes em relação ao eixo de rotação.
- Ao final da aula será entregue aos alunos um pequeno texto de apoio sobre torque e suas aplicações seguido de uma lista de exercícios e será cobrado um resumo sobre a atividade.

*Recursos:*

- Computador; Projetor; Material para experimento; Material impresso para os alunos; régua e pesos e roteiro da atividade.

**Plano de aula (11 e 12)**

Data: 11/06/2014

Turma: 92 – Primeiro ano –

Duração: Duas horas-aula - 10h40min às 12h10min

*Conteúdo:*

- *Variáveis de rotação;*
- *Momento de Inércia;*
- *Conservação da Quantidade de Movimento Angular;*
- *Variação da quantidade de movimento angular – Torque.*

*Objetivos de ensino:*

- Esta aula será destinada à resolução de exercícios e dúvidas dos alunos com relação aos trabalhos e às listas de exercícios.

*Procedimentos:*

- Explicar a estrutura da prova e destacar aspectos importantes a serem estudados.
- Tirar dúvidas dos alunos com relação ao conteúdo.
- Resolver problemas da lista, dos trabalhos e problemas adicionais que reforcem aspectos importantes da matéria.

*Recursos:*

- Computador; Projetor; Giz e apagador.

**RELATO DE REGÊNCIA:****Aulas 1 e 2****Dia 07 de maio de 2014****Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul****Primeiro dia de regência na turma 92 (primeiro ano)****Conteúdo: As variáveis do movimento de rotação****Horário: 10h40min-12h10min****Local: Laboratório de Física do colégio – Sala 103****Material Utilizado:**

- Projetor;
- Computador;
- Material para experimento (roda de bicicleta, barbante e giz);
- Cartões IpC.

Cheguei na escola as 10h para testar o projetor e as instalações do mesmo à rede elétrica e ao meu computador. Por sorte levei os adaptadores necessários para as tomadas.

Testei o equipamento, ajustei a tela de projeção, repassei os slides e aguardei o início da aula.

A aula começou pontualmente às 10h40min. O professor regente da turma estava presente desde o começo. Antes que eu começasse a aula o professor me apresentou novamente à turma e explicou que o meu período de regência estava começando e que a partir daquele momento eu seria o professor deles.

Iniciei a aula com uma revisão (apenas comentada) do que já havia sido discutido em aula e introduzi o assunto que iríamos começar a trabalhar a partir daquele momento. Em seguida apresentei uma sequência de slides (vide Apêndice L, p. 103) onde apresentei alguns dados extraídos do questionário sobre *atitudes em relação à Física* que havia sido aplicado anteriormente. Comentei sobre a importância do questionário para a preparação das aulas e passei à explicação sobre a metodologia a ser adotada e sobre as formas de avaliação.

Terminada esta parte, passei a revisar os conceitos mais importantes desenvolvidos pelo professor titular no meu período de observação, basicamente foram revisitados os conceitos de quantidade de movimento linear e sua conservação, inércia de translação e colisões. Em seguida questionei-os quanto a aplicação daqueles conceitos ao movimento de rotação.

Para dar início ao estudo da *quantidade de movimento angular* foi preciso preparar uma aula de apresentação das variáveis envolvidas na rotação. No quadro, desenhei uma reta

para representar a trajetória de um móvel qualquer, e junto com os alunos eu fui nomeando as grandezas envolvidas no movimento do móvel, chegamos às grandezas *velocidade*, *deslocamento*, *massa*, e *momentum linear*. Na outra metade do quadro desenhei um círculo e um carrinho na borda do círculo. Perguntei para a turma quais as grandezas envolvidas no movimento do carrinho ao se deslocar de um ponto A para um ponto B. Mostrei que o carro possui uma *velocidade tangencial* que é dada pela distância que ele percorre ao longo da trajetória circular em relação ao *tempo* mas que também havia uma outra variável que dependia do *tempo*, o *ângulo*  $\theta$ , definimos então a *velocidade angular* como a taxa de variação do ângulo com relação ao tempo  $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ .

Depois disso eu mostrei a eles que  $\Delta x = \Delta\theta \cdot R$  era a distância que o objeto percorria sobre a circunferência e a partir da definição de velocidade como a taxa de variação da posição em relação ao tempo, definimos a velocidade linear dividindo  $\Delta x$  por  $\Delta t$ :

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad v = \frac{\Delta\theta \cdot R}{\Delta t} \quad v = \omega \cdot R$$

Mostrando que a velocidade tangencial do objeto está relacionada com o raio  $R$  e com a velocidade angular  $\omega$ .

Em seguida, utilizando uma roda de bicicleta, pedi ajuda a dois voluntários e demonstrei aos alunos como estas demonstrações matemáticas se relacionavam. Também com o auxílio da roda foi possível definir o conceito de *frequência* e *período*.

Desta vez eu defini primeiro utilizando a demonstração da roda e depois relacionei os conceitos matematicamente, pois na primeira parte alguns alunos ficaram dispersos por causa das contas.

A utilização da roda se mostrou bastante eficiente, uma vez que os alunos passaram a interagir mais e prestar mais atenção. Depois de explicar os conceitos de *frequência* e *período* foi preciso relacioná-los matematicamente para que os alunos adquirissem os requisitos para responderem às questões do IpC que eu iria propor na mesma aula.

Feito isso eu encerrei a exposição relacionando *período* e *frequência* matematicamente e depois relacionei as *velocidade angular*, *velocidade tangencial*, *período* e *frequência* para podermos utilizar o IpC.

Basicamente, chegamos a estas equações:  $f = \frac{1}{T}$ ;  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ ;  $v = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot f$ .

Em seguida expliquei sobre o IpC e pedi ajuda a alguns alunos para distribuir os cartões.

A pergunta teste antes da utilização do método estava relacionada a tópicos que eles já haviam trabalhado anteriormente com o professor regente. Segue abaixo a questão:

**Pergunta teste)** Observe a figura. Com base na sequência de eventos apresentada nos quadros, é correto afirmar que:

- A quantidade de movimento do sistema não se conserva.
- A quantidade de movimento inicial é maior que a final.
- A quantidade de movimento final é maior que a inicial.
- A quantidade de movimento do sistema é conservada.
- Nenhuma das alternativas.

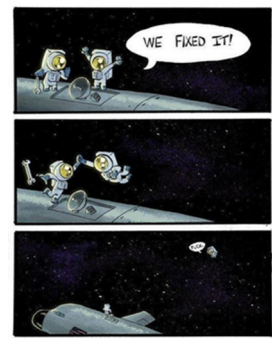


Figura 8: Fonte: [http://devildinosaur.blogspot.com.br/2013\\_02\\_01\\_archive.html](http://devildinosaur.blogspot.com.br/2013_02_01_archive.html)

**Primeira pergunta sobre o conteúdo da aula:**

O Chapolin Colorado, após tomar uma pílula de nanicolina repousa sobre um disco que gira com uma frequência  $f$ . Mantendo esta frequência o Chapolin avista o barril do Chaves uma vez a cada 4 segundos, ou seja, o período do movimento é igual a 4 segundos. Se quisermos que o Chapolin aviste o barril uma vez a cada segundo, o que deve acontecer com a frequência do disco?

- A frequência deve ser quadruplicada.
- A frequência deve ser triplicada.
- A frequência deve ser duplicada.
- Nenhuma das alternativas.



Figura 9: Imagem adaptada da página: <http://www.jogosdocartoon.com/jogos-do-chaves-em-desenho-animado-para-jogar-gratis/>

**Segunda pergunta:**

Dois pontos, A e B, situam-se sobre uma roda a respectivamente 4 cm e 7 cm do seu eixo de rotação. Pode-se dizer que:

- O período de B é maior que o período de A.
- A frequência de A é menor que a frequência de B.
- A velocidade angular de B é maior que a de A.
- A velocidade angular de A é igual a de B.
- As velocidades tangenciais de A e B são iguais.

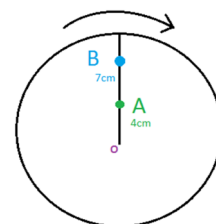


Figura 10: Dois pontos A e B em movimento circular.

**Terceira pergunta:**

Uma joaninha está a meio caminho entre o eixo de rotação e a borda de um disco de vinil. O que acontecerá com sua velocidade tangencial se a taxa de rpm for dobrada?

- A velocidade tangencial permanecerá a mesma.
- A velocidade tangencial também irá dobrar.
- A velocidade tangencial diminuirá pela metade.
- A velocidade tangencial irá quadruplicar.
- Nenhuma das alternativas.

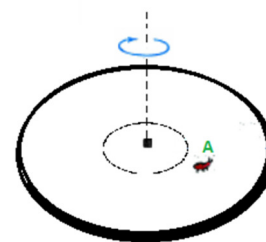


Figura 11: Figura adaptada de Hewitt, 2009, pg. 133.

**Quarta pergunta: (esta não deu tempo de trabalhar)**

Sobre um disco de vinil que é mantido a uma frequência angular de 33rpm encontram-se duas joaninhas. A joaninha A está situada a uma distância  $r$  do centro e a joaninha B a uma distância  $2r$ . É correto afirmar que a velocidade angular de A é \_\_\_\_\_ a de B, a frequência angular de A é \_\_\_\_\_ a de B e a velocidade tangencial de A é \_\_\_\_\_ a de B.

Qual das alternativas abaixo preenche corretamente os espaços em branco?

- Maior que – maior que – duas vezes maior que.
- Menor que – menor que – duas vezes menor que.
- Igual – maior que – igual.
- Igual – igual – duas vezes maior que.
- igual – igual – duas vezes menor que.

**Observações:** A utilização do IpC foi o ponto mais interessante da aula, os alunos se mostraram fortemente entusiasmados com o método, alguns pediram pra que eu levasse os cartões nas próximas aulas, argumentando que foi divertido utilizar o método.

A grande maioria da turma se saiu bem nas respostas, exceto na questão teste. Nos momentos de discussão a turma se alterou um pouquinho, alguns falavam muito alto, outros falavam sobre os desenhos das questões, etc. No momento em que eu fui explicar as respostas, os alunos que haviam acertado desde o começo comemoravam de forma um pouco barulhenta, tive a impressão de que perderia o controle da turma, foi o instante em que eu tive que falar mais alto e chamar a atenção da turma. Depois disso os próprios alunos me ajudavam a manter a ordem. Trabalhamos apenas três questões e mais a questão teste, depois disso a aula acabou, os alunos me devolveram os cartões e foram saindo.

Ao final o professor regente me aconselhou a nunca ficar muito tempo de costas para os alunos quando eu for fazer uma dedução ou resolver um exercício, pois isso faz com que eles comecem a conversar e fazer outras coisas.

Em um aspecto geral, consegui abordar todos os tópicos que eu me propus para a primeira aula. A única coisa que não saiu do jeito que planejei foi a parte da demonstração matemática das equações. Eu havia pensado em construir tudo partindo da observação do movimento da roda. Mas quando fui para o quadro e passei a explicar e interagir com a turma, fui sendo guiado pelas dúvidas dos alunos e esqueci completamente da roda de bicicleta. Quando me lembrei da roda eu já havia demonstrado a maior parte das relações matemáticas sem a utilização dela. Isso causou um momento de desequilíbrio, pois tive que reorganizar minha estratégia e adapta-la à aula de alguma forma. Foi quando parei e discuti brevemente sobre a ideia de tudo aquilo, e o porquê estas variáveis se fariam importantes para os tópicos que iremos trabalhar e tudo mais. Depois disso consegui seguir minha estratégia inicial.

### **Equações trabalhadas no quadro e discutidas com os alunos:**

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad \Delta x = \Delta\theta \cdot R \quad v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad v = \frac{\Delta\theta \cdot R}{\Delta t} \quad v = \omega \cdot R \quad v = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot f$$

$$f = \frac{1}{T} \quad f = \frac{\text{n}^\circ \text{ de voltas}}{\Delta t} \quad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

### **Aulas 3 e 4:**

**Dia 14 de maio de 2014**

**Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**

**Segundo dia de regência na turma 92 (primeiro ano)**

**Conteúdo:** Inércia Rotacional e introdução ao Momentum Angular

**Horário:** 10h40min-12h10min

**Local:** Laboratório de Física do colégio – Sala 103

### **Material Utilizado:**

- Duas barras metálicas com massas móveis acopladas.
- Dois carretéis com diferentes distribuição de massa em torno do eixo de rotação.



- Dois cilindros maciços de mesma massa e distribuição de massa diferente em torno do eixo.
- Plano inclinado.

**Observações:** Neste dia o professor Rafael não estava presente, mas deixou um professor responsável para observar a aula.

Número de alunos: 30 alunos dos quais haviam 19 meninas e 11 meninos.

### Procedimentos

Inicialmente foi entregue aos alunos uma lista de presença, pois o caderno de chamada não foi entregue. Em seguida foi feita uma breve revisão dos tópicos abordados na aula anterior ( $w$ ,  $T$ ,  $f$ ,  $v$ ,  $\theta$  etc) e sobre a relação entre as variáveis envolvidas e sobre as variáveis envolvidas no estudo do *momentum linear*. Chamei a atenção para a importância da massa no movimento linear e sua relação com o que havia sido definido como inércia de translação anteriormente. Se a quantidade de movimento linear estava associada com a massa e a velocidade do corpo, a quantidade de movimento angular também deveria possuir relação com velocidade e massa. A velocidade nas rotações já havia sido discutida na aula anterior, a segunda aula seria para discutir de que forma a massa se relaciona com o movimento de rotação.

Para exemplificar foram utilizadas duas barras metálicas com massas móveis conforme a ilustração na figura 1. Os conjuntos constituídos pelas barras e pelas massas  $m$  possuem a mesma massa total.

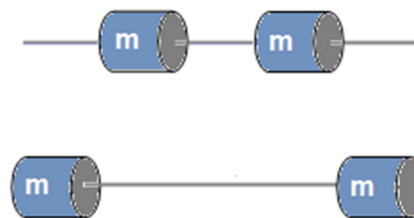


Figura 12: As duas configurações do conjunto possuem mesma massa total, a única diferença está na distribuição das massas  $m$ .

Solicitei auxílio aos alunos para realizar a demonstração utilizando os materiais. Primeiramente escolhi dois dos muitos voluntários para que me ajudassem. Entreguei as barras aos dois alunos e pedi para que se certificassem se os conjuntos possuíam a mesma massa (aproximadamente). Ambos os alunos concordaram que se tratava de massas iguais. Em seguida foi solicitado que os alunos executassem um movimento de translação com as barras (para cima e para baixo) e relatassem qualquer diferença observada no movimento. Nenhum dos alunos constatou diferenças ao levantar e baixar as barras. Logo depois, solicitei que cada um

segurasse apenas uma das barras, um deles ficou com que possuía a distribuição mais centralizada e o outro com a que apresentava a distribuição mais afastada do centro. Nesta parte do experimento os alunos deveriam segurar as barras pelo centro geométrico que coincide aproximadamente com o centro de massa dos conjuntos e em seguida girar as barras, um em frente ao outro. Foi feito um desafio onde os alunos deveriam fazer com que as barras oscilassem à mesma frequência e esta deveria ser aumentada gradativamente. Com o passar do tempo o aluno que estava segurando a barra cujas massas se encontravam mais afastadas do centro percebeu que não poderiam mais acompanhar o movimento do outro colega. Quando eu perguntei o motivo ele afirmou que não saberia colocar em palavras, mas que deveria ter a ver com a forma dos objetos, pois a massa era a mesma, então a diferença só poderia estar na forma como as massas estavam arranjadas sobre a barra. Muitos alunos da turma perceberam que a distribuição da massa influencia no movimento. Então pedi novamente para que trasladassem os objetos e nenhuma diferença foi relatada, neste momento os alunos disseram: só funciona para coisas que giram!

Para dar um exemplo prático sobre inércia de rotação, foi discutida a situação em que um equilibrista abre seus braços ou utiliza uma vara durante a travessia de um dado obstáculo. Este exemplo possibilitou discutir a relação entre *inércia rotacional*, *velocidade angular* e, conseqüentemente *período* e *frequência*.

Aparentemente os alunos compreenderam a relação da distribuição de massa com a inércia no movimento de rotação. Logo depois foi dada a explicação sobre o fenômeno e feita uma distinção com relação à inércia de translação, onde a distribuição de massa não interfere no movimento.

O segundo momento da aula envolveu dois conjuntos de rolamentos e um plano inclinado. Inicialmente foi apresentado aos alunos dois rolamentos de mesma massa mas com distribuições de massa diferentes ao longo do eixo de rotação, a figura 2 ilustra o sistema.

Foi explicado aos alunos que ambos os rolamentos possuíam exatamente a mesma massa, o mesmo diâmetro e mesmo comprimento. Depois disso foi apresentada uma situação problema: supondo que os dois rolamentos fossem liberados ao mesmo tempo do ponto mais alto de um plano inclinado. O que perceberia-

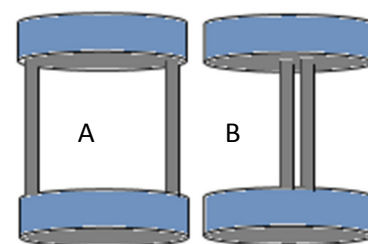


Figura 13: Os dois carretéis apresentam mesma massa, porém distribuições diferentes ao longo do eixo de rotação.

mos ao fim do movimento? Ambos chegariam ao mesmo tempo? Algum dos rolamentos chegaria antes à base? Qual?

Então os alunos passaram a responder aleatoriamente. Algumas respostas eram divergentes. Nenhum dos alunos disse que eles chegariam ao mesmo tempo. Foi solicitado que os alunos justificassem suas respostas, a turma acabou dividindo-se em dois grupos, os que achavam que o rolamento A chegaria primeiro à base e os que achavam que quem chegaria primeiro à base do plano seria o rolamento B. Depois que todos já haviam, aparentemente escolhido uma das opções e cada grupo ter se posicionado e argumentado sobre o comportamento dos rolamentos, foi feita a primeira demonstração.

Solicitei o auxílio de dois alunos, um de cada grupo para a demonstração. Foi explicado que deveríamos tomar cuidado para que os rolamentos fossem liberados ao mesmo tempo. Como o plano inclinado era pequeno, era necessário prestar muita atenção pois o movimento ocorreria durante um intervalo de tempo pequeno. Após a primeira demonstração foi possível perceber que o rolamento B chegou à base do plano inclinado com bastante antecedência. Antes de explicar o motivo pelo qual o rolamento A demora mais para chegar, os alunos pediram para repetir. A cada repetição foi chamada a atenção dos alunos para o fato de que os objetos estavam partindo do mesmo ponto e sendo liberados ao mesmo tempo. No final do quarto lançamento foi dada a explicação com base na inércia rotacional de cada um dos objetos. Alguns alunos chamaram a atenção para o fato de terem feito confusão no momento da escolha por não terem identificado o eixo de rotação dos objetos.

Depois disso foi apresentado aos alunos um novo conjunto de rolamentos. Este era composto por dois cilindros maciços, de mesma massa porém com distribuições diferentes. A figura três ilustra o sistema.

Foi dito aos alunos que os cilindros possuíam a mesma massa e que um deles possuía uma maior concentração de ferro na parte mais interna enquanto outro possuía maior concentração de ferro na parte mais externa, sendo o restante do cilindro preenchido com madeira. Desta vez não foram identificados como no experimento anterior. Primeiramente foi explicado aos alunos que os cilindros iriam rolar sobre o plano inclinado de maneira similar à

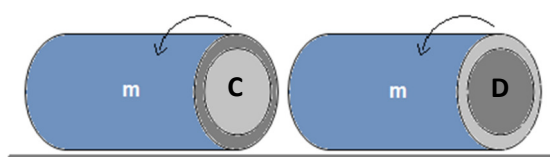


Figura 14: Os dois cilindros são maciços e apresentam em seu interior ferro (cinza escuro) e madeira (cinza claro). Ambos possuem a mesma massa. A figura é apenas ilustrativa, não representando a real distribuição dos materiais.

observada no experimento anterior. A diferença é que os alunos deveriam descrever a distribuição de massa de cada um dos cilindros. Um detalhe importante é que os cilindros eram exatamente iguais em tamanho e ambos estavam cobertos por tampas que impediam a observação do conteúdo. Foram feitos três lançamentos e observou-se que um dos cilindros chegava sempre na frente. Para não dar problema na hora de analisar os resultados, os cilindros foram pintados com giz de cores azul e laranja. O cilindro pintado de laranja foi o que chegou na frente em todas as situações. Depois disso estabeleceu-se uma discussão sobre a distribuição dos conteúdos dos cilindros. A grande maioria da turma conseguiu descrever corretamente que o cilindro que chegava na frente deveria ter mais ferro próximo ao eixo de rotação, o que faria com que a maior parte da massa do sistema estivesse próxima ao eixo, diminuindo a inércia rotacional e possibilitando maior facilidade no movimento.

Encerrado este último experimento e das discussões que se seguiram a cerca do assunto, foi entregue aos alunos uma atividade para ser realizada em grupos e entregue ao final da aula. Após a entrega das listas, foi feita uma leitura dos problemas, salientando os aspectos mais importantes em cada enunciado para que não houvessem maiores problemas na parte de interpretação dos alunos. A atividade era composta por seis exercícios envolvendo o conteúdo trabalhado na Aula 2 *Inércia Rotacional*. Foram formados oito grupos ao todo.

Na fase de realização dos problemas em grupo, os alunos se mostraram muito interessados, era possível perceber que a maior parte dos diálogos entre eles era sobre as questões. Fui solicitado muitas vezes por todos os grupos, na maioria das vezes para resolver divergências nas opiniões dos membros do grupo, o que foi positivo, pois, mostrou que os alunos estavam envolvidos com a atividade.

Ao final da aula cada grupo entregou uma folha com as respostas. Este foi o primeiro trabalho em grupos e será parte integrante da nota final. Pude perceber que a turma responde bem à aulas em que eles possam interagir, opinar, discutir. Na aula anterior, onde utilizei o *Peer Instruction* o resultado foi surpreendente no que diz respeito à participação, envolvimento da turma. Uma das primeiras perguntas dirigidas a mim no início da aula foi: “professor, hoje vai ter aquele jogo com as plaquinhas?”. Na próxima aula, que será sobre *Conservação do Momento Angular* eu pretendo utilizar o *Peer Instruction* novamente, está sendo interessante estimular a participação da turma, os alunos estão se mostrando mais motivados e interessados.

**Aulas 5 e 6:****Dia 28 de maio de 2014****Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul****Terceiro dia de regência na turma 92 (primeiro ano)****Conteúdo: Princípio da Conservação do Momentum Angular****Horário: 10h40min-12h10min****Local: Laboratório de Física do colégio – Sala 103****Material Utilizado:**

Projector, computador, material para experimento (latinhas 4 conjuntos diferentes), cadeira giratória da salada de aula, cartões IpC.

No terceiro dia de regência recebi a visita do meu orientador de estágio. Antes de dar início à aula eu o aos alunos, em seguida expliquei para a turma o motivo pelo qual ele estava presente.

Feito isso, a aula iniciou com uma revisão dos tópicos trabalhados nas duas aulas anteriores e de alguns conceitos importantes trabalhados antes do início do meu período de regência, pelo professor A. A revisão durou um pouco mais do que o normal, devido ao fato de termos perdido uma semana de aula por conta do conselho de classe da turma na semana anterior. Foram revisitados os conceitos de *frequência*, *período*, *velocidade angular*, *inércia rotacional* através da demonstração de um vídeo que mostra um equilibrista cruzando o Grand Canyon (Arizona – Estados Unidos) utilizando apenas uma vara e nenhum equipamento de segurança durante a travessia. A figura ao lado representa a situação: A aula anterior, quando foi discutido o conteúdo de *Inércia Rotacional* os alunos foram apresentados a alguns problemas que envolviam a mesma situação, o vídeo não foi exibido naquela situação por falta do equipamento para projeção. O Mesmo vídeo foi disponibilizado no Moodle, onde além de assistir, os alunos deveriam descrever a relação dos tópicos desenvolvidos em aula com o evento em questão. Apenas um aluno havia realizado a tarefa, então resolvi mostrar o vídeos e comentar sobre como os conteúdos trabalhados estavam relacionados com os movimentos do acrobata. A interação da turma demonstrou que a grande maioria estava acompanhando e compreendendo o que estava sendo explicado.

Em seguida foi chamada a atenção dos alunos para um dos pontos trabalhados na aula anterior, a *Quantidade de Movimento Angular*. Foi feita uma relação entre as grandezas *massa* e *velocidade* no movimento linear e as grandezas *momento de inércia* e *velocidade angular*

no movimento de rotação. Em seguida analisamos a equação estabelecida para o cálculo da quantidade de movimento angular:

$$Q = m \cdot v$$

*Inércia Rotacional* e *Velocidade Angular* foram definidos como análogos rotacionais para *Massa* e *Velocidade Linear* (ou *rapidez linear*). Após estabelecer isto definimos *quantidade de movimento angular*  $L$  e determinamos uma relação matemática para esta grandeza com base na analogia feita ao movimento linear:

$$L = I \cdot \omega$$

onde  $L$  é a quantidade de movimento angular,  $I$  é o momento de inércia e  $\omega$  é a velocidade angular.

Na sequência foram apresentadas duas situações onde foram analisadas as quantidades de movimento antes e depois de alterações no sistema.

A primeira situação foi a de uma pessoa girando de braços abertos sobre uma plataforma onde em um dado instante leva seus braços junto ao corpo, diminuindo sua inércia rotacional e consequentemente aumentando sua velocidade angular, como representado na figura ao lado.



Figura 15: Adaptado de GREF, *Mecânica 1 – Material do Aluno*

Antes de iniciar a discussão sobre a segunda situação, os alunos sugeriram que fizéssemos a experiência utilizando uma cadeira giratória que ficava estava no laboratório. Então eu chamei dois voluntários e se candidataram uma menina e um menino. A menina ficou sentada na cadeira e o menino tratou de colocá-la a girar, no entanto, o efeito não foi muito perceptível, pois claramente o atrito entre os rolamentos da cadeira era muito alto, tornando o giro muito lento. Isso tornou possível uma breve discussão sobre as fontes de erro no nosso experimento, o que auxiliou na revisão dos conceitos.

A segunda situação foi a análise do movimento de um ratinho que sobe em uma roda conforme a ilustração ao lado. Os alunos foram questionados sobre a *quantidade de movimento angular* antes e depois de iniciado o movimento.

Antes do rato iniciar o movimento a quantidade de movimento do sistema constituído pelo rato e a roda era igual a ze-

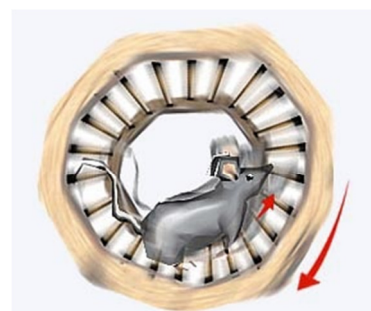


Figura 16: Fonte: <http://www.cepa.if.usp.br/>

ro, todos os que responderam concordaram com isso, justificando que se não há nada girando, não há  $L$ .

A partir do instante que o rato passa a movimentar-se ( supondo que torques externos não atuem no sistema ), foi feita a mesma pergunta. Alguns alunos responderam que a quantidade de movimento angular aumentava, pois a roda que estava parada passou a girar, outros alunos responderam que a quantidade de movimento total continuava sendo zero, pois o rato e a roda se movimentariam em sentidos contrários. Logo depois da análise destas duas situações, foi feita uma análise da primeira situação com base na equação (2) e uma discussão sobre o caráter *vetorial* da *quantidade de movimento angular* com base na situação 2.

A análise das duas situações foi concluída com a definição de *conservação da quantidade de movimento angular* extraída do livro Física Conceitual do autor Paul Hewitt, 9ª edição, página 148: “*Um objeto, ou sistema de objetos, manterá seu momentum angular a menos que um torque externo atue sobre ele*”. Expliquei aos alunos que brevemente que o *torque* é, para o movimento de rotação, equivalente ao que a *força* é para o movimento de translação. Não aprofundei muito o assunto pois este será o tema da próxima aula.

Um novo problema foi apresentado para a turma. Com base nos conceitos estudados até agora, Qual a importância da hélice secundária em um helicóptero como o da figura 3?

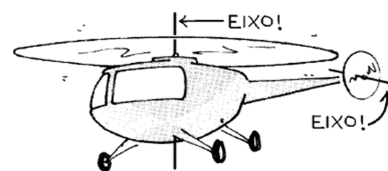


Figura 17: Fonte Mecânica 1, GREF, capítulo 8, página 30 (material do aluno)

Alguns alunos responderam que era para dar estabilidade, outros realizaram com pressão, mas aparentemente não estavam relacionando com o conteúdo da aula.

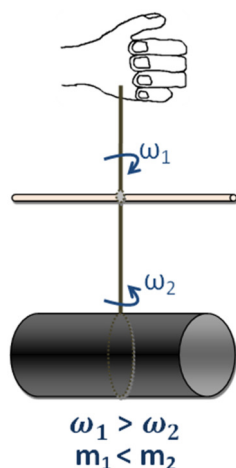


Figura 18

Então, para ilustrar melhor o que aconteceria caso não houvesse a hélice secundária, foi feita uma pequena adaptação de uma atividade proposta no livro de mecânica do GREF (vide Anexo 1, p. 107). Utilizei uma lata de batatas fritas (Pringles) cilíndrica e um palito de churrasco, ligados por um atilho de borracha. A figura 18 ilustra o experimento.

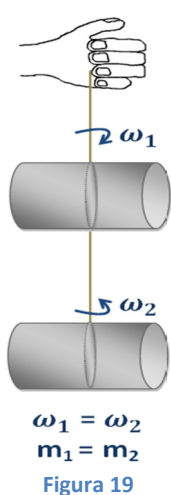
Foi discutido com a turma que o sistema, composto pela lata e o palito, era uma representação de um helicóptero e que estudaríamos o

que aconteceria com um aparelho real caso não houvesse o segundo rotor, ou hélice secundária.

Inicialmente, foi provocado um giro na lata para enrolar a borracha. Depois de enrolada, o sistema é posto em repouso e colocado na configuração indicada na figura. Um barbante é ligado ao palito para suspender o dispositivo no ar. Quando liberados a lata e o palito, o sistema passa a girar, de modo que a borracha volte ao seu estado inicial. O que se percebe é que o palito adquire rotação em um sentido e que a lata passa a girar no sentido oposto. Além disso, a velocidade angular do palito é muito maior devido à massa do palito ser muito menor.

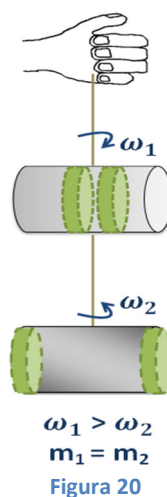
Depois da demonstração os alunos conseguiram responder que o objetivo da segunda hélice é evitar que o helicóptero adquira rotação no sentido contrário ao das hélices.

Para dar sequência às atividades, foram apresentados aos alunos mais três conjuntos similares a este primeiro. As figuras abaixo representam a montagem destes conjuntos. Na Figura 19 temos duas latinhas de alumínio ligadas por um atilho e sustentadas por um barbante. As latinhas possuem a mesma massa e a mesmas dimensões e estão ligadas pelos seus centros. A Figura 20 representa duas latinhas de mesma massa, porém com distribuições diferentes ao longo do eixo de rotação. Na demonstração foram acoplados clips de papel ao corpo das latinhas para obtermos este resultado (conforme sugerido pelo GREF – Anexo 1 deste trabalho). A Figura 21 representa duas latinhas de massas diferentes, a lata de baixo (verde) possui massa maior que a lata de cima.



O que se observou nesta situação foi que ambas as latinhas adquiriram movimento de rotação em sentidos contrários e com velocidades angulares aproximadamente iguais em módulo.

A maior parte dos alunos conseguiu descrever corretamente o comportamento deste sistema.



O que se observa para esta montagem, é que as latinhas giram em sentidos contrários e com velocidades angulares diferentes em módulo.

Para a minha surpresa muitos alunos responderam corretamente e forneceram explicações corretas sobre  $L$ ,  $I$  e  $\omega$ .



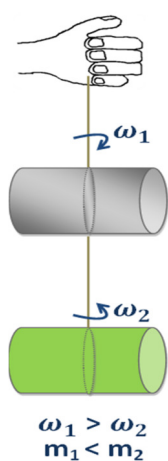


Figura 21

Este sistema representa a mesma situação vista anteriormente no exemplo do helicóptero. O fato da latinha de baixo possuir maior massa e conseqüentemente maior inércia rotacional, lhe conferirá menor velocidade angular quando iniciado o movimento. Os alunos tiveram facilidade em descrever o movimento deste conjunto.

Observações: Os alunos, aparentemente compreenderam muito bem a relação entre as variáveis envolvidas no movimento de rotação. Antes a esta parte da aula eu havia programado a apresentação de um vídeo dos da série “Os Simpsons” que fala sobre o *princípio da conservação da quantidade de movimento angular*, porém, acabei esquecendo de apresentá-lo aos alunos. O objetivo era apresentar uma situação problema e usar o experimento das latinhas para exemplificar. O vídeo foi disponibilizado na plataforma Moodle para a turma no mesmo dia.

Sobre cada um dos sistemas os alunos foram questionados sobre o sentido do giro (mesmo sentido ou sentido contrário), velocidade (maior, igual ou menor) e inércia rotacional (maior, igual, menor) das latinhas.

Depois de terminadas as demonstrações, foram aplicadas algumas questões utilizando o método IpC. Inicialmente foram entregues os cartões e foi dada uma breve explicação sobre a utilização do método.

### Questões trabalhadas com o IpC:

**Questão teste:** Considerando um lápis que pode ser posto a girar em relação aos eixos de rotação representados na figura, é correto afirmar que o lápis possui menor momento de inércia em qual(ais) das posições:

- Apenas A.
- Apenas B.
- Apenas C.
- Apenas D.
- A e C.

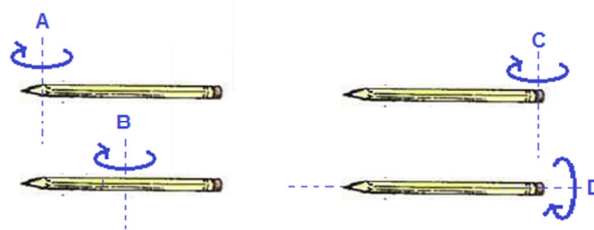


Figura 22: Imagem retirada do livro Física Conceitual – Paul Hewitt – 9ª edição

**Questão 1:** Um homem girando sobre uma plataforma giratória com baixo atrito, como mostra a figura, possui momentum angular  $L$ , inércia rotacional  $I$  e velocidade angular  $\omega$ . Em um instante qualquer ele aproxima seus braços do corpo. Conside-



Figura 23: Imagem retirada do livro Física Conceitual – Paul Hewitt – 9ª edição

rando que nenhum torque externo atue sobre o sistema, é correto afirmar que:

- a) A taxa de rotações e a inércia rotacional diminuem.
- b) A taxa de rotações permanece a mesma, pois o momentum angular é conservado.
- c) A taxa de rotações e a inércia rotacional aumentam.
- d) A taxa de rotações diminui e a inércia rotacional aumenta.
- e) A taxa de rotações aumenta e sua inércia rotacional diminui.

**Questão 2:** Uma bailarina inicia um movimento de rotação com os braços abertos e uma das pernas estendida, como ilustra a figura. Em um determinado instante ela aproxima os braços e as pernas, o que faz com que sua inércia rotacional diminua para um terço em relação à situação inicial. Considerando que há conservação da quantidade de movimento, o que deve acontecer com sua velocidade angular?



Figura 24: Imagem retirada da página: [http://www.123rf.com/stock-photo/prima\\_ballerina.html](http://www.123rf.com/stock-photo/prima_ballerina.html)

- a) A velocidade angular permanece constante.
- b) A velocidade angular aumenta duas vezes.
- c) A velocidade angular aumenta três vezes.
- d) A velocidade angular aumenta um terço em relação à situação inicial.
- e) A velocidade angular diminui para terço em relação à situação inicial.

### Observações da aula

A terceira aula foi muito tranquila no que diz respeito à participação da turma e colaboração dos alunos. Um dos pontos baixos foi a não apresentação do vídeo dos Simpsons, que eu pensei em apresentar como recurso adicional, mas que acabou sendo esquecido pelo fato da turma ter se saído muito bem nas propostas apresentadas. Novamente a utilização do método IpC foi um ponto positivo, pois os alunos demonstram entusiasmo durante a resolução dos problemas.

### Observações do Orientador de estágio:

O orientador do meu Estágio chamou a atenção para um fato bastante importante: eu estava utilizando o IpC da forma errada. Assim como na primeira aula, eu apresentei as questões de IpC apenas no final da aula, depois de ter visto todo o conteúdo. Quando na verdade o

método deve ser utilizado durante a aula toda, para auxiliar no processo de aprendizagem e não apenas na revisão e avaliação dos tópicos abordados.

Eu deveria ter trazido mais vídeos para ilustrar os problemas propostos, o que teria me poupado tempo de exposição. Além disso, o professor sugeriu que eu circule mais pela sala nas próximas aulas de modo a atingir os alunos que se encontram mais ao fundo.

Durante a aplicação do método IpC, eu não dei muito tempo para que os alunos discutissem entre si, e também não prestei atenção nas respostas dos alunos que estavam no fundo da sala. O professor ainda chamou a minha atenção para um aluno que disse ter acertado todas as questões de *Peer Instruction* nas duas vezes em que o método foi utilizado. O aluno teria se dirigido a mim e eu não prestei atenção.

No mais, foi tudo bem.

Vou procurar corrigir minha postura frente a todos estes aspectos para a aula que vem.

### **Aulas 7 e 8:**

**Dia 04 de junho de 2014**

**Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**

**Quarto dia de regência na turma 92 (primeiro ano)**

**Conteúdo: Torque**

**Horário: 10h40min-12h10min**

**Local: Laboratório de Física do colégio – Sala 103**

### **Material Utilizado:**

- Cartões IPC, folha de exercícios IPC, roteiro de atividade, material para experimento (régua e pesos).

Na quarta aula haviam pouquíssimos alunos na sala. O motivo foi uma atividade paralela que estava acontecendo na escola. A atividade foi promovida pela professora de Sociologia da escola e consistia em uma palestra sobre política ministrada por uma vereadora da cidade de Porto Alegre. Grande parte da turma se envolveu com esta atividade e acabaram faltando a aula de Física. Inicialmente houve a proposta de transferir a aula para a semana seguinte, onde a professora de Sociologia iria ceder dois períodos de sua disciplina para que eu ministrasse a aula e não atrasasse o cronograma de regência (vide apêndice K, p. 100-102), mas o professor regente da disciplina optou por dar continuidade ao que já havia sido estabe-

lecido, pois se tal mudança fosse feita, os alunos teriam quatro períodos de Física no mesmo dia na semana seguinte. O que talvez viesse a sobrecarregar os alunos.

A aula foi dada mesmo com um número consideravelmente menor de alunos, se comparado com as aulas anteriores. Os alunos que optaram por assistir a palestra receberam falta na disciplina de Física. Isso me preocupou bastante de início, pois seria a única aula sobre *torque*, e este é um conteúdo muito importante para o andamento da disciplina.

Inicialmente eu cumprimentei a turma e fiz uma revisão sobre todos os tópicos que havíamos trabalhado até o momento desde as variáveis de rotação até a conservação da quantidade de movimento angular. Esta revisão foi apenas sob a forma de tópicos comentados, onde foi salientada a necessidade de definir alguns conceitos e de introduzir algumas variáveis para que fosse possível estudar o fenômeno da conservação do Momentum Angular.

Na sequência, seguindo a sugestão do meu orientador de estágio, distribuí os cartões para a utilização do *método de instrução pelos colegas* logo no começo da aula. Nesta aula não foi possível utilizar o projetor, então as questões de IpC foram entregues impressas aos alunos. (falar da dificuldade de controlar a curiosidade dos alunos). Foram levadas apenas três questões, uma a título de revisão sobre *momentum angular* e outras duas questões sobre *torque*, uma relacionando torque à *variação da quantidade de movimento angular* e outra que trata *torque* como condição de equilíbrio, basicamente.

Esta foi a terceira aula em que utilizamos o *método de instrução pelos colegas*, de modo que não foi necessário explicar novamente aos alunos sobre as regras de sua utilização. Também não foi necessária uma *questão teste* pelo fato dos alunos já conhecerem a dinâmica.

A primeira questão foi sobre uma das demonstrações da aula anterior, para revisar o conceito de *conservação do momentum angular*.

Segue, abaixo a questão:

**Questão 1:** Na situação representada na figura, ambas as latinhas possuem a mesma massa e a mesma quantidade de grampos de papel acoplados.

Sobre o sistema são feitas as seguintes afirmações:

I- A latinha de cima irá adquirir maior velocidade angular.

II- A latinha de baixo possui menor inércia rotacional.

III- A latinha de baixo possui maior inércia rotacional, o que faz com que seu giro seja mais lento.

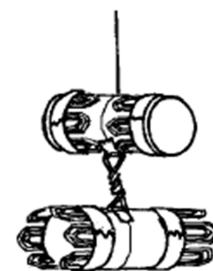


Figura 25: Fonte: Fonte: Livro Mecânica 1 - GREF

Estão corretas:

- a) Apenas a I.
- b) Apenas a II.
- c) Apenas a III.
- d) Apenas a I e a II.
- e) Apenas a I e a III.

Depois disso iniciei a aula sobre *Torque* fazendo uma revisão dos conteúdos estudados anteriormente sobre *quantidade de movimento linear*. Naquela situação foi visto que a *quantidade de movimento linear* se conserva se nenhuma força atuar sobre o sistema. A partir daí foi desenvolvida a noção de variação  $\Delta$ , para isso foram utilizados exemplos de variação de temperatura, velocidade, volume, entre outros. No quadro foi representada a situação em que um automóvel se desloca com uma velocidade em um instante e decorrido um certo intervalo de tempo sua velocidade variou. A grande maioria da turma percebeu que então a quantidade de movimento não se conservou, pois a massa do objeto não mudou, em contrapartida, sua velocidade mudou, conseqüentemente a quantidade de movimento do objeto também mudou.

Expressamos matematicamente esta variação e chegamos à equação da forma:

$$\frac{\Delta \mathbf{q}}{\Delta t} = \frac{m \cdot \mathbf{v}_2 - m \cdot \mathbf{v}_1}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta \mathbf{q}}{\Delta t} = \frac{m(\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1)}{\Delta t} = m \cdot \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = m \cdot \mathbf{a}$$

Chamando a variação do momentum linear em relação ao tempo de *força* chegamos à equação:

$$\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$$

Para exemplificar a variação da quantidade de movimento linear, solicitei auxílio de dois assistentes. Imediatamente surgiram voluntários. Inicialmente foi solicitado à aluna A que ela caminhasse tentando manter sua velocidade constante. Em seguida eu perguntei para a aluna B sobre como ela poderia diminuir ou aumentar a velocidade da aluna A. Sem pensar muito tempo a aluna B respondeu que para diminuir a velocidade da aluna A seria necessário segurá-la, e para aumentar a velocidade, empurrá-la. A partir da demonstração matemática e da resposta da aluna B, foi possível perceber que para variar a quantidade de movimento de translação de um objeto, é necessária a aplicação de uma força.

Partindo da ideia de variação da quantidade de movimento, passamos a analisar a situação em que um objeto em rotação sofre uma variação em sua velocidade angular e de acordo com o mesmo raciocínio chegamos às equações:

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{I \cdot \omega_2 - I \cdot \omega_1}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{I(\omega_2 - \omega_1)}{\Delta t} = I \cdot \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = m \cdot \alpha$$

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

Onde  $\tau$  é o torque,  $I$  é o momento de inércia e  $\alpha$  é aceleração angular do sistema.

*Torque* já havia sido definido anteriormente como o análogo rotacional para a *força*, com base na análise das equações foi fácil demonstrar esta analogia.

Para dar sequência foi proposta uma nova questão de IpC:

**Questão 2:** (Hewitt adaptada) O que um torque tende a produzir sobre um objeto?

- Variação na sua quantidade de movimento linear.
- Variação na sua quantidade de movimento angular.
- Conservação da sua quantidade de movimento linear.
- Conservação da sua quantidade de movimento angular
- Nenhuma das alternativas.

Todos os alunos votaram na resposta correta. Então pedi para que alguns explicassem para a turma o seu raciocínio. A resposta de um dos alunos foi: “o *Torque* é para a rotação o que a *força* é para a translação. Se algo está sem rotação e eu aplicar um torque, a coisa pode começar girar, se ela já estiver girando com velocidade constante, ela pode aumentar ou diminuir o giro, de forma semelhante ao exemplo da aluna A”.

Em seguida foi definido: “a variação da quantidade de movimento angular é proporcional ao *Torque* e ao intervalo de tempo em que este *torque* é exercido”.

Esta abordagem do *torque* como *variação da quantidade de movimento angular* foi feita com para não fugir do planejamento do professor. Além dela, ainda discutimos o torque na forma mais tradicional, como sendo o produto vetorial entre a *força aplicada* ( $\mathbf{F}$ ) e o *braço de alavanca* ( $\mathbf{r}$ ). Conforme a expressão abaixo:

$$\tau = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$

Onde o módulo pode ser calculado pela expressão:

$$\tau = r \cdot F \cdot \sin \theta$$

Se  $\theta = 90^\circ$ , então a equação (8) pode ser escrita como:

$$\tau = r \cdot F$$

A expressão (9) foi exemplificada a partir do exemplo da porta. Foi discutido o porquê da maçaneta se colocada em posições mais afastada do eixo de rotação e a direção em que o torque é maior, quanto mais perpendicular for aplicada a força, maior é o torque resultante.

Para finalizar e demonstrar a relação com o *braço de alavanca*, solicitei que dois alunos me ajudassem em um experimento. Enquanto o aluno C aplicava uma força próximo ao eixo de rotação em um sentido, o aluno D aplicava uma força em um ponto mais afastado do eixo no sentido contrário. O esforço aparente do aluno C, mostrava que a força que ele fazia era muito maior do que a força que o aluno D estava fazendo, a figura ao lado ilustra a situação. Nesta situação, a porta foi mantida em aparente equilíbrio.

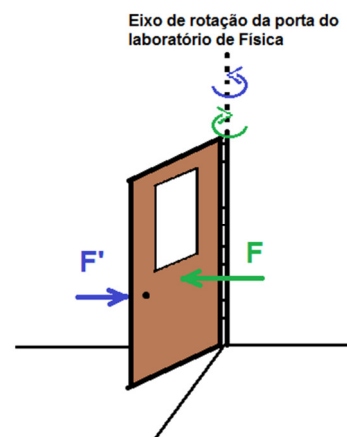


Figura 26: Representação do exemplo dado em sala de aula.

Com esta demonstração foi possível perceber a dependência do *Torque* com o ponto de aplicação da força.

Em seguida realizamos a terceira questão de IpC:

**Questão 3:** A figura ao lado representa uma *gangorra* cujo comprimento total é de 4 m. Uma caixa de massa  $M$  é colocada a 1 m de distância do eixo de rotação. A que distância do eixo deve ser colocada uma segunda caixa de massa  $m$ , para que a gangorra fique em equilíbrio? (dados:  $M = 2m$ )

Assinale a alternativa que melhor represente a posição da caixa menor para que haja equilíbrio:

- Posição A;
- Posição B;
- Posição C;
- Posição D;
- Nenhuma das alternativas.

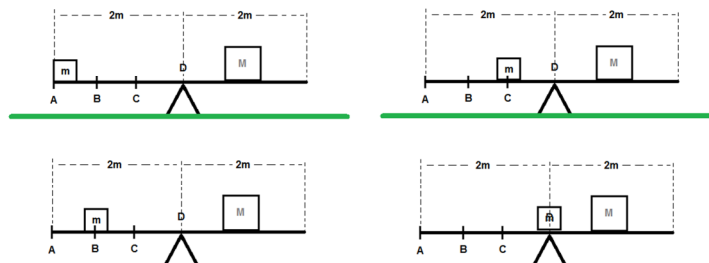


Figura 27: Figura referente à terceira questão de IpC.

Nesta terceira questão, a grande maioria da turma votou corretamente, mesmo assim foi dado um tempo para que os alunos discutissem e tentassem convencer os colegas a respei-

to de suas respostas. Ao final foi aberta a votação e a resposta convergiu para cem por cento de acerto. Então eu perguntei se alguém se habilitaria a explicar seu raciocínio à turma, muito alunos se disponibilizaram a falar. Todas as respostas estavam conceitualmente corretas. Foi então que eu pedi especialmente a um dos alunos, o mesmo aluno que na aula anterior havia dito ter acertado todas as questões de *Peer Instruction*, para que compartilhasse sua resposta com a turma. A resposta do aluno foi muito completa, ele conseguiu relacionar o problema da gangorra ao problema da porta e ainda explicou o porquê das outras posições não proporcionarem equilíbrio ao sistema.

Depois de resolvida a questão, foi entregue aos alunos um roteiro para uma atividade para ser realizada individualmente ou em grupos envolvendo o conteúdo de *torque*. A atividade vale nota e poderia ser realizada em casa, caso não houvesse tempo suficiente para a conclusão em sala de aula (vide apêndice F, p. 89). Depois de entregues os roteiros, só houve tempo para a leitura com os alunos e a explicação do procedimento, pois a aula já estava no fim. Foi dado um prazo de duas semanas para que os alunos concluíssem e entregassem a atividade.

### **Observações**

A aula foi bastante tranquila, os alunos participaram bastante e se mostraram motivados. Talvez o fato de ter entregue os cartões logo no início tenha contribuído para que os alunos participassem mais ativamente da aula. Desta vez eu procurei circular mais pela sala de aula e incentivar a participação dos alunos localizados no fundo da sala. Certamente o fato de serem poucos alunos contribuiu para que a grande maioria participasse da aula, as próximas aulas serão destinadas à revisão da matéria e preparação para a prova, pretendo manter a estratégia de chamar mais o pessoal do fundo para a aula, aparentemente isto funcionou bem, alguns alunos que nunca participavam muito passaram a dar contribuições muito significativas à aula, o que me mostrou que só não o fizeram antes por falta de incentivo de minha parte. Só passei a prestar atenção a este fato depois da observação do meu orientador de estágio.

Um outro aspecto interessante foi que os alunos expuseram suas respostas ao IpC com mais facilidade e isso promoveu discussões mais interessantes do que nas outras vezes onde utilizei o método como mera revisão dos tópicos trabalhados.

O aluno que havia acertado todas as questões de IpC até a aula anterior manteve os 100% de aproveitamento, mas nesta aula ele contribuiu bastante no momento de convencer os colegas de suas respostas.



Em resumo a aula me surpreendeu positivamente pela participação de alguns alunos. Ainda não sei se isso aconteceu por causa do IpC, pelo fato de eu ter circulado mais pela sala e incentivado a interação destes alunos com a turma ou se o fato de estarem presentes poucos alunos os deixou mais à vontade, isso ficará mais claro nas próximas aulas. Consegui abordar todos os pontos que estavam programados. A única atividade que não realizei foi uma proposta de última hora envolvendo *alavanca*, mas isso pode ficar para a aula de revisão.

### **Aula 9, 10 e 11:**

**Dia 07 de junho de 2014**

**Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**

**Quinto dia de regência na turma 92 (primeiro ano)**

**Conteúdo: Aula de revisão**

**Horário: 09h30min-10h15min, 10h40min-12h10min – 3 períodos**

**Local: Sala de aula da turma 92 – Sala 124**

Para a quinta aula do período de regência estava programada uma visita ao Museu de Ciência e Tecnologia da PUCRS. Um dos objetivos era despertar a curiosidade dos alunos pela ciência através dos experimentos apresentados no museu. Outro aspecto importante seria destacar experimentos que envolvessem os conteúdos desenvolvidos ao longo das nossas aulas. Por isso a visita ficaria para depois da aula sobre *torque*. Infelizmente não foi possível realizar a visita ao museu com os alunos. Esta atividade envolveria as turmas 91, 92 e 93 e envolveria uma dinâmica muito complicada, desde a liberação de transporte para os alunos por parte da Universidade, liberação das aulas por parte de outros professores do CAp, consentimento e autorização dos pais, arrecadação de verba para a entrada dos alunos, disponibilidade de outros professores para acompanhar as turmas e além de tudo era necessário o interesse de todos os alunos para a atividade. Todas as questões burocráticas no que se refere à escola e à liberação dos ônibus por parte da UFRGS foram resolvidas pelo professor A, e o contato com o MCT foi feito pelos estagiários das turmas. No final, alguns alunos das turmas 91 e 93 não demonstraram interesse pelo passeio, o que inviabilizou a atividade.

No lugar do passeio foi planejada uma aula de revisão, pois foi visto nos horários de monitoria nas quintas à tarde que os alunos estavam com muitas dificuldades na resolução das listas de exercícios. A aula foi ministrada no sábado em virtude da alteração do cronograma devido aos jogos da copa do mundo. Para não atrasar o cronograma de regência o professor A

marcou aulas em dois sábados com a turma 92. A quinta aula contou com três períodos e foi ministrada na sala de aula da turma pela primeira vez, o motivo foi que o laboratório de Física estava ocupado por outro professor no horário.

Novamente haviam poucos alunos, ao todo estiveram presentes apenas 17 estudantes, sendo 11 meninas e seis meninos.

Na sala de aula o comportamento dos alunos é bastante diferente, o motivo provavelmente seja devido à distribuição das classes. No laboratório os alunos se dividem em grupos distribuídos nas oito bancadas existentes no local, isso facilita a distração dos alunos, fato que não se observou na sala de aula.

Iniciei a aula de revisão fazendo alguns comentários sobre a entrega das listas e dos trabalhos sobre torque. A data limite para a entrega havia sido alterada. Em conversa com o professor A, decidimos permitir que os alunos entregassem todas as atividades até o dia da prova, a saber, dia 14 de junho de 2014. Além disso, algumas questões da lista tiveram que ser anuladas. O motivo da anulação das questões foi a dificuldade que alguns alunos demonstraram ao tentar resolvê-las nos horários de monitoria. Na verdade, as questões estavam inadequadas em relação à abordagem que o professor A vinha utilizando desde o início do ano. Isso não foi levado em consideração na hora de elaborar as listas, pois as listas já estavam prontas muito antes de iniciar o período de regência. Na ocasião em que eu elaborei as listas, levei em consideração que os alunos tivessem passado pela disciplina de Física na oitava série. Só duas semanas antes da avaliação é que descobri que isso não aconteceu. Então todas as questões que envolviam muita matemática foram evitados. Os únicos exercícios que envolviam matemática que foram mantidos foram aqueles cuja base para resolução foi desenvolvida nas aulas.

Depois de feitas estas considerações, os alunos aparentemente ficaram mais tranquilos devido à anulação das questões que eles estavam tendo dificuldades e da prorrogação do prazo de entrega das atividades.

De forma geral, a aula se resumiu à resolução das listas 1, 2 e parte da lista 3 (apêndices B, C e D, p. 85-87), que, embora sejam poucos exercícios, foram discutidos detalhadamente. A revisão foi feita durante a resolução dos problemas. Os tópicos abordados foram: *variáveis do movimento de rotação, inércia rotacional e quantidade de movimento angular*. A

participação dos alunos foi bastante intensa no que diz respeito a questionamentos e contribuições nas respostas.

O que pude perceber em relação aos obstáculos enfrentados pelos alunos na resolução dos problemas foi que a maioria deles possui muita dificuldade com a parte que envolve matemática e também na parte de interpretação de problemas. Por mais que as questões sejam aparentemente fáceis, os alunos encontram entraves no momento de identificar as perguntas dos problemas.

Este fato não foi observado passivamente. Uma das ações que adotei foi a leitura orientada das questões. Da mesma forma que aprendemos a fazer no *método de instrução pelos colegas*. Acredito que isto facilitou o entendimento dos alunos. Depois desta leitura pude perceber alguns comentários do tipo: “ - ah, é só isso então?”; “ - agora ficou fácil”; “- como não entendi isso antes”.

Durante os três períodos foi possível resolver toda a lista 1 e 2 e parte da lista 3. A próxima aula também será destinada à revisão e serão revisados os conteúdos de *conservação da quantidade de movimento angular e torque*.

Observação: Penso que esta aula de revisão foi extremamente importante. Aparentemente muitas dúvidas surgiram durante a tentativa de resolução das listas por parte dos alunos, estas dúvidas acabaram proporcionando uma revisão muito interessante e abrangente, onde foram revisitados tópicos desenvolvidos desde o início do ano até os conceitos trabalhados na última aula.

O único inconveniente observado foi que os alunos não levaram as listas de exercícios. Mas este problema foi contornado com a ajuda do professor A que imprimiu cópias das listas para todos os alunos presentes que não haviam impresso em casa.

## **AULAS 12 E 13:**

**Dia 11 de junho de 2014**

**Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**

**Quinto dia de regência na turma 92 (primeiro ano)**

**Conteúdo: Aula de revisão**

**Horário: 10h40min-12h10min – 2 períodos**

**Local: Laboratório de Física do colégio – Sala 124**

**Material Utilizado:** conjunto de réguas e pesos, conjunto de latinhas para experimento sobre conservação de momentum angular, lista contendo todos os problemas de IpC.

A sexta aula estava programada para ser a única aula de revisão do período de estágio, por ser a aula que antecede a avaliação final. Porém, o cronograma foi frustrado pela não realização da atividade planejada para a quinta aula (visita ao MCT da PUCRS). Esta quebra no cronograma me levou a fazer uma aula de revisão a mais. A sexta aula foi destinada à revisão dos conceitos e das listas de exercícios.

Nesta aula estavam presentes 29 alunos, sendo 18 meninas e 11 meninos. Um número mais expressivo de alunos que na última aula de revisão, onde trabalhamos as das primeiras listas.

Iniciei a aula comentando a respeito do vídeo dos Simpsons disponibilizado no Moodle, para iniciar a revisar os conceitos envolvidos na conservação a quantidade de movimento angular. Para ilustrar o problema, eu solicitei auxílio a um voluntário e demonstramos o experimento das latinhas, onde uma delas possuía menor inercia rotacional do que a outra e portanto, seu giro era mais lento. A partir daí fiz uma breve análise do fenômeno apresentado no vídeo e passamos então à resolução da terceira lista de exercícios, cujo tema era a conservação do momentum angular. Na aula anterior havíamos feito os dois primeiros exercícios, mas começamos desde o início devido ao fato de que muitos alunos não estavam presentes e os que estavam presentes acharam interessante revisar novamente.

O fato de que grande parte dos alunos estavam na primeira aula de revisão tornou possível uma maior interação com a turma. Durante a resolução, muitos alunos contribuíram com as respostas, e algumas discussões em grupo foram observadas. Basicamente, os que estavam presentes no reforço passado, ajudavam os que não estavam na interpretação dos problemas.

Quando chegamos à quarta lista de exercícios, antes de começar a resolver os problemas eu fiz uma revisão sobre *torque*, pois na aula onde estudamos o conceito, muitos alunos faltaram devido à atividade proposta pela professora de Sociologia. Apresentei novamente o conceito, utilizei basicamente a sequencia apresentada em aula, mas desta vez dando maior ênfase aos pontos mais importantes e aos exemplos mais usuais. Pedi o auxílio de dois alunos para fazer a experiência sobre torque com a porta (a mesma feita nas Aulas 7 e 8). Antes de

corrigir os problemas da lista, ainda distribuí alguns conjuntos de réguas e pesos aos que não haviam feito a atividade sobre torque e expliquei o procedimento a ser adotado. Para não perder muito tempo, dei uma explicação sobre o experimento para toda a turma e lembrei-os de que a atividade vale nota. Alguns já haviam entregue a atividade, por isso não utilizei o período de aula para realizar o experimento com os grupos.

Depois disso passamos a resolver as listas 3 e 4 (apêndices D e E, p. 87-88). O fato da maior parte das questões serem conceituais me fez explorar a participação da turma. Antes de partir para as respostas das questões, foi feita uma leitura do problema onde eram destacados os pontos mais importantes, de forma semelhante à leitura que fazemos na utilização do IpC. Incentivei os alunos a pensarem nos problemas e tentarem responder sozinhos ou em grupos, enquanto isso eu circulava pela sala auxiliando na interpretação e na revisão de conceitos aos que solicitavam ajuda. Depois de um tempo era feita a correção do problema, mas antes disso eu abria espaço para quem quisesse compartilhar sua resposta com a turma, ao que muitos alunos participaram de forma muito interessante.

Durante a resolução dos problemas e percebendo as respostas dos alunos, pude perceber que a maior parte da turma está bastante confiante com relação aos conceitos. Houve grande participação dos alunos e muita interação entre eles o que fez a aula proveitosa e dinâmica.

Depois de resolvidas as questões, eu retomei alguns aspectos importantes envolvendo relação a relação entre as variáveis de rotação, inércia rotacional, momentum angular e torque. Orientei os alunos a revisarem as listas e o material disponível no Moodle, garantindo que quem fizesse estaria bem preparado para a prova. As questões trabalhadas ao longo das aulas através do método de Instrução pelos Colegas foram compiladas em uma única lista (Apêndice G, p. 90) e disponibilizada na plataforma Moodle, junto aos demais materiais de revisão.

## **AULAS 14 E 15:**

**Dia 14 de junho de 2014**

**Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**

**Quinto dia de regência na turma 92 (primeiro ano)**

**Conteúdo: Avaliação Escrita**

**Horário: 10h40min-12h10min – 2 períodos**

**Local: Laboratório de Física do colégio – Sala 124**

No dia da avaliação estavam presentes 27 dos 32 alunos. A prova era composta por cinco questões envolvendo os conteúdos de variáveis do movimento de rotação, inércia rotacional, momentum angular e sua conservação e torque. As questões estavam divididas em três questões dissertativas e duas questões. Dentre as questões dissertativas, uma delas era conceitual, uma segunda poderia ser resolvida tanto conceitualmente quanto através de cálculos e uma terceira questão onde necessariamente o aluno deveria apresentar os cálculos, porém se fosse feita uma boa análise conceitual do problema, os cálculos ficariam muito mais fáceis. Das questões objetivas, uma era de resposta única, envolvendo interpretação da questão e das respostas. Na outra questão, foi pedido para que os alunos analisassem afirmações e julgassem seu conteúdo como verdadeiro ou falso.

Atendendo às orientações do professor supervisor, foram feitas três provas. A diferença entre elas estava apenas na ordem das questões dissertativas e no gabarito das questões objetivas. E estratégia foi adotada para evitar possíveis casos de cola entre os alunos. Isto acabou não permitindo que eu fizesse uma pré-leitura da prova com os alunos, como era a minha ideia, mas são normas da escola.

As provas foram impressas pelo professor A. Cada aluno recebeu uma folha com as questões e uma folha para rascunho. Antes de entregar as provas foram dadas algumas orientações aos alunos, tais como não ser permitido sair da sala durante a aplicação da prova, não ser permitido o uso de celulares, fones de ouvido, consulta de materiais, etc. Enquanto estas informações eram passadas pelo professor A, os alunos entregavam as listas de exercícios e os trabalhos pendentes, pois este era o prazo máximo para a entrega destes materiais.

Durante a prova, foram dadas as equações estudadas no decorrer das aulas e foi permitido o uso de calculadoras.

Alguns alunos pareciam muito confiantes e calmos, outros estavam um tanto espantados, principalmente quando foram colocadas as equações no quadro. Inicialmente eu havia escrito no quadro apenas as equações necessárias para a resolução da prova, mas o professor A completou o quadro com outras equações, talvez isso tenha deixado os alunos preocupados.

Mas à medida em que eles foram lendo as questões, aparentemente foram ficando mais calmos.

A aplicação da prova ocupou os dois períodos de aula, alguns alunos terminaram antes disso, mas cerca de 50% da turma ainda estava resolvendo a prova faltando aproximadamente 10 min para o fim da aula.

Depois da entrega alguns alunos comentaram que a prova estava fácil para quem havia estudado e participado das aulas de revisão, outros alunos estavam decepcionados por terem errado questões objetivas depois de conversar com outros colegas, até que eu disse que os gabaritos eram diferentes. Isso fez com que muitos viessem perguntar as respostas querendo saber se haviam acertado. Eu não pude responder quanto às alternativas, pois não sabia quais os modelos de prova que cada um havia pego, mas discuti os problemas de forma geral e apontei caminhos para que eles descobrissem se haviam acertado ou não, alguns descobriram que não haviam acertado, outros confirmaram que acertaram, mas nenhum reclamou de estar difícil, o que me deixou mais tranquilo.

O resultado da prova vai ser entregue aos alunos no dia 02 de julho, devido aos jogos da copa. Mas as provas já foram corrigidas.

A grande maioria da turma foi muito bem. Houveram nove gabaritos e apenas cinco notas abaixo de 6,0, dentre elas apenas uma abaixo de 3,0. A média geral da turma foi 7,35, e esta média foi feita sob o número total de alunos (32 alunos), sendo que 27 realizaram a prova.

A prova escrita, bem como o gabarito, estão nos apêndices H e I (p. 94 e 95, respectivamente) deste trabalho. No Apêndice J, p. 98, segue uma planilha com o desempenho dos alunos no decorrer das atividades.

## CONCLUSÕES:

A experiência durante o estágio em docência em Física, foi a minha primeira experiência em sala de aula como professor. Antes disso eu já havia sido bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência- PIBID, também fui bolsista voluntário em projetos de Extensão Universitária ligados ao Ensino de Astronomia onde tive a oportunidade de ministrar minicursos e oficinas a alunos de escolas públicas dos ensinos fundamental e médio, experiência que se estendeu à Escolas da rede privada também. Mais tarde eu fui monitor de Física em uma escola privada em porto alegre. Mas em nenhuma destas experiências anteriores ao estágio, eu tive um contato tão grande com as questões referentes ao ensino.

A experiência do estágio exigiu uma responsabilidade muito maior do que aquela que me era exigida nas outras atividades. Foi necessário dedicar muito tempo para cada atividade, desde as leituras dos materiais disponibilizados pelo orientador, que por mais que não fossem tão extensos algumas vezes, exigiram muita atenção desde sempre, até a elaboração das aulas. A parte mais trabalhosa, sem dúvidas foi a parte de planejamento das aulas. Foi necessário ler muito material, buscar explicações variadas e explicações que fossem de encontro com a proposta do professor regente da turma na qual eu iria trabalhar.

Durante o processo de elaboração das aulas, ainda foi preciso pensar em como motivar os alunos para que eles tivessem vontade de aprender, que é um dos requisitos básicos para haja *aprendizagem significativa* (teoria que norteou a elaboração das aulas). Neste processo foi preciso dedicar muito tempo à pesquisa de bons materiais, vídeos, softwares, imagens, etc. Também foram importantes os micro episódios de ensino, momentos em que além de críticas às aulas, recebemos dicas importantes para enriquecer nossos planos de aula e tornar as aulas ainda mais interessantes para os alunos.

Durante o período de regência, pude observar que, por mais que tenhamos preparado uma aula bem estruturada, muitas vezes as dúvidas dos alunos nos levam à caminhos diferentes daqueles que havíamos planejado. Observei isso já na primeira aula, onde o fato de ir respondendo a todas as questões que apareciam me levaram a fugir do planejamento e eu quase me perdi aula. Foi preciso ter calma e perceber para onde eu estava indo, lembrar de onde iniciou o problema que me havia feito fugir do plano para assim poder voltar e reestabelecer uma ordem lógica para a exposição. Com isso eu aprendi que é preciso identificar as dúvidas dos alunos antes de responde-las, pois, se os questionamentos do aluno não possuem muita relação com a matéria, este tipo de coisa pode acontecer, o que torna a aula menos atrativa para os outros alunos.



Minha expectativa com relação ao estágio era de aprender. Minhas experiências anteriores, desde as disciplinas cursadas durante a graduação até minhas experiências didáticas, haviam me ensinado algumas coisas importantes, me levaram conhecer materiais, ferramentas, formas de ensinar, objetos de aprendizagem, etc. Mas não me mostraram como organizar tudo isso e programar uma única aula. Eu não tinha ideia de como juntar tudo isso e planejar uma aula interessante. E durante o estágio eu fui orientado neste sentido. E vi, também, que não é nada fácil planejar uma boa aula. E que mesmo depois de pronta, ela pode melhorar.

Além de tudo isso, fui apresentado a novos métodos de ensino, entre eles o *Peer Instruction*, que utilizei em pelo menos três ocasiões. O que enriqueceu tremendamente as minhas aulas e com certeza teve impacto até mesmo na atitude dos alunos frente ao ensino. Em todas as ocasiões em que utilizei o método a resposta dos alunos em relação à participação e interação foi satisfatória.

Posso dizer que o estágio no Colégio de Aplicação foi a experiência mais importante para a minha formação em todos estes anos no curso de Física. Foi neste período que eu descobri que realmente quero trabalhar como professor (dúvida que me perseguiu ao longo de toda a trajetória acadêmica).

Considero que este foi o período em que mais aprendi, ou pelo menos, onde organizei tudo aquilo que eu aprendi ao longo do curso.

Tive a felicidade de estagiar em uma escola excelente, cuja estrutura possibilitou uma ótima experiência. Além disso, a turma com a qual eu trabalhei foi extremamente importante para o andamento do estágio, os alunos são excelentes, participativos e acolhedores. Durante todo o período de estágio no CAp, eu pude contar com o apoio do professor A, que me deu todo o suporte necessário durante as aulas e também no período de planejamento.

Com certeza o período de estágio foi extremamente importante para mim. Mas tenho a consciência de que, a realidade vivida por um professor, vai além das experiências vividas durante o estágio. Aqui, tivemos o amparo do nosso orientador de estágio, do supervisor de estágio da escola, dos colegas e tivemos o acesso facilitado a todos os materiais e recursos de que tivemos necessidade para as aulas, ou seja, por mais que a experiência tenha sido real, a estrutura que nos foi dada não será a mesma que iremos encontrar na maioria das escolas por aí. Mas mesmo assim, saio daqui motivado a ser professor de Física.

**REFERÊNCIAS:**

ARAUJO, I. S. **A teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, 2007.** Texto adaptado de: Simulação e modelagem computacionais como recursos auxiliáveis no Ensino de Física Geral. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

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, 2013

GASPAR, A. **Compreendendo a Física V.1, Mecânica.** 1 ed. São Paulo: Ática, 2012.

GRAF. Física. V.1. Mecânica. 5. Ed. São Paulo: EDUSP, 2001

HEWITT, Paul. G. **Física Conceitual.** 9. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de Física V.1.** 5.ed. São Paulo: Scipione, 2000.

MOREIRA, M. A., **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências.** 1.ed. Porto Alegre, 2009

MOREIRA, M. A., OSTERMANN, F. **Teorias Construtivistas.** Série Textos de Apoio ao Professor de Física, n. 10. p. 45-57. Porto Alegre: IF-UFRGS, 1999.

WALKER, J., **O Circo Voador da Física.** 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

**Apêndice A****QUESTIONÁRIO SOBRE ATITUDES EM RELAÇÃO À FÍSICA**

Nome:

Idade:

- 1) Qual sua disciplina favorita e qual você menos gosta? Por quê?
- 2) Você gosta de Física? Comente sua resposta.
- 3) “Eu gostaria mais de Física se...” complete a sentença.
- 4) O que você acha mais interessante na Física? E menos interessante?
- 5) Que tipo de assunto você gostaria que fosse abordado nas aulas de Física?
- 6) Você vê alguma utilidade em aprender Física? Comente sua resposta.
- 7) Quais dificuldades você costuma ter ao estudar Física?
- 8) Você trabalha? Se sim, em quê?
- 9) Qual profissão você pretende seguir?
- 10) Pretendes fazer algum curso superior? Qual? Em que instituição?

## Apêndice B



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
COLÉGIO DE APLICAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA



### Lista 1 – As variáveis do movimento de rotação

Professor titular e supervisor de estágio: Rafael Brandão

Professor estagiário: Daniel Flach

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: 92

Data: 07/05/2014 Nota: \_\_\_\_\_

*Leia com calma e muita atenção os enunciados. Não esqueça de especificar as unidades em suas respostas. A resolução das listas é fundamental para um bom desempenho na prova final. Bons estudos!! 😊*

Equações úteis para a resolução dos problemas:

$$v = \omega \cdot R \quad v = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot f \quad f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{n^\circ \text{ de voltas}}{\Delta t} \quad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f \quad \omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$$

Questão 1) (Hewitt) Considere uma bicicleta com rodas de 2m de circunferência. Qual a velocidade linear da bicicleta quando as rodas descrevem uma rotação por segundo?

Questão 2) (Hewitt) Uma joaninha está a meio caminho entre o eixo e a borda de um disco de vinil. O que acontecerá com sua velocidade tangencial se a taxa de rpm for dobrada? Com esta taxa dobrada, o que acontecerá com a velocidade tangencial da joaninha se ela caminhar em direção à borda?

Questão 3) (Halliday) Com base no funcionamento de um relógio analógico, determine a velocidade angular para: (a) o ponteiro dos segundos, (b) o ponteiro dos minutos e (c) o ponteiro das horas. Expresse sua resposta em radianos por segundo.

Questão 4) (Halliday) Entre 1911 e 1990 o alto da torre inclinada de Pisa, Itália, se deslocou para o sul a uma taxa média de 1,2mm/ano. A torre tem 55m de altura. Em radianos por segundo, qual é a velocidade angular média do alto da torre em relação à base?

Questão 5) (Hewitt) Uma roda grande é acoplada a uma roda com metade do diâmetro por uma correia, como mostrado na ilustração. Como se compara a velocidade angular da roda menor com a da roda grande? Como se comparam os valores de velocidade tangencial nas bordas (supondo que a correia não escorregue)?

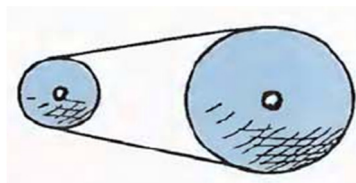


Figura referente à questão 5. Fonte: Hewitt

## Apêndice C



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
COLÉGIO DE APLICAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA



### Lista 2 – Inércia Rotacional

Professor titular e supervisor de estágio: Rafael Brandão

Professor estagiário: Daniel Flach

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: 92

Data: 14/05/2014

Nota: \_\_\_\_\_

*Leia com calma e muita atenção os enunciados. A resolução das listas é fundamental para um bom desempenho na prova final. Bons estudos!! 😊*

Questão 1) Por que o ato de dobrar as pernas durante uma corrida lhe possibilita movimentar as pernas para frente e para trás mais rapidamente?



Fig1: Uma corredora dobrando as pernas durante a corrida. Fonte: Física Conceitual. Hewitt

Questão 2) Quando você caminha sobre um muro (situação hipotética), por que manter os braços abertos ajuda a manter-se equilibrado?

Questão 3) Se a população do mundo se mudasse para os polos norte e sul que efeito isso teria sobre o comprimento do dia?

Questão 4) Você está sentado no meio de uma grande plataforma giratória em um parque de diversões que é colocada para girar livremente. Enquanto você estiver arrastando-se em direção à borda da plataforma, a taxa de rotação aumenta, diminui ou permanece a mesma? Que princípio físico sustenta sua resposta?

Questão 5) Se as calotas polares da Terra derretessem, os oceanos ficariam cerca de 30 m mais altos. Que efeito isso teria sobre a rotação terrestre?

Questão 6) Ao observarmos um equilibrista em ação, percebemos que para melhorar seu equilíbrio ele abre os braços ou faz uso de uma vara ( figura 2) durante a travessia. Por quê?



Fig2.: Um equilibrista caminhando sobre uma corda utilizando uma vara para ajuda-lo a manter o equilíbrio. Fonte: Hewitt, pg 135.

## Apêndice D



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
COLÉGIO DE APLICAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA



### Lista 3 – Conservação da quantidade de movimento angular

Professor titular e supervisor de estágio: Rafael Brandão

Professor estagiário: Daniel Flach

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: 92

Data: 28/05/2014 Nota: \_\_\_\_\_

*Leia com calma e muita atenção os enunciados. A resolução das listas é fundamental para um bom desempenho na prova final. Bons estudos!! 😊*

Questão 1) O que significa dizer que o momentum angular é conservado?

Questão 2) Se uma patinadora que está girando aproxima seus braços do corpo para diminuir sua inércia rotacional à metade, em quanto aumentará seu momentum angular? Em quanto aumentará sua taxa de rotação?

Questão 3) Por que um helicóptero comum como o da figura 1, com um único rotor principal, possui um segundo rotor em sua cauda? Descreva o que acontecerá se esse pequeno rotor enguiçar durante o voo?



Fig. 1: Helicóptero com um rotor principal e um pequeno rotor secundário na cauda. Fonte: Física Conceitual, pg. 154

Questão 4) Um trem de brinquedo está inicialmente em repouso sobre um trilho circular fixado a uma roda de bicicleta, a qual pode girar sem atrito (figura 2). Como a roda responde quando o trem começa a movimentar-se em sentido horário? Quando o trem dá marcha ré? O momentum angular do sistema roda-trem varia durante essas manobras? Como os movimentos resultantes dependem das massas relativas da roda e do trem?



Fig. 2: A figura mostra um trem que pode andar sobre trilhos fixados a uma roda de bicicleta. Fonte: Física Conceitual, pg. 154.

Questão 5) O momentum angular da Terra em sua órbita em torno do

Sol, é quantas vezes maior do que o da Lua orbitando a Terra?

Dados:

Massa da Terra:  $m_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$

Raio da órbita da Terra:  $R_{Terra} = 1,50 \times 10^{11} \text{ m}$

Massa da Lua:  $m_{Lua} = 7,36 \times 10^{22} \text{ kg}$

Raio da órbita da Lua:  $R_{Lua} = 3,84 \times 10^8 \text{ m}$

Referências:

Física Conceitual – Paul Hewitt

Fundamentos da Física – David Halliday

Mecânica 1 – Gref

## Apêndice E



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
COLÉGIO DE APLICAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA



Lista 4 – Variação da quantidade de movimento angular - Torque

Professor titular e supervisor de estágio: Rafael Brandão

Professor estagiário: Daniel Flach

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: 92

Data: 04/06/2014 Nota: \_\_\_\_\_

*Leia com calma e muita atenção os enunciados. A resolução das listas é fundamental para um bom desempenho na prova final. Bons estudos!! 😊*

Questão 1) O que um torque tende a produzir sobre um objeto?

Questão 2) Um colega diz que um corpo não pode rodar quando é nulo o torque resultante sobre ele. A afirmativa do seu colega está errada. Corrija-a.

Questão 3) Considere a gangorra em equilíbrio na figura 1. Suponha que a menina à esquerda ganhe subitamente 50N de peso segurando um saco de maçãs. Onde ela deve sentar-se a fim de manter a gangorra em equilíbrio, considerando que o menino não altere sua posição.

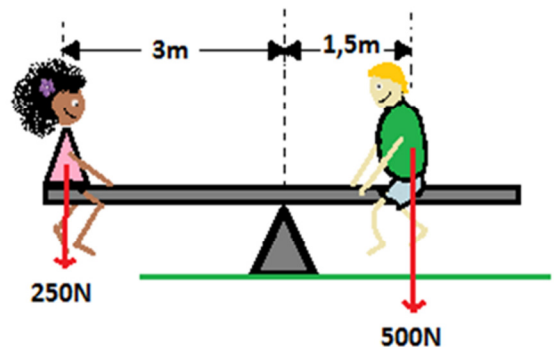


Fig1: Na figura a gangorra está em equilíbrio, nenhuma rotação é causada quando o torque resultante é nulo.

Questão 4) Para abrir uma porta, uma força constante de 6N é aplicada perpendicularmente ao plano da mesma, conforme indica a figura. O momento de inércia dessa porta, em relação ao eixo que passa pelas dobradiças, vale  $4\text{kg}\cdot\text{m}^2$  e a largura da porta é 0,9m.

Determine: a) o módulo do torque provocado pela força F; b) a direção e o sentido do torque aplicado; a variação da quantidade de movimento angular se a força F atuar durante 0,2s; d) a quantidade de movimento angular adquirida pela porta ao final dos 0,2s, supondo que ela se encontrava inicialmente em repouso; e) a velocidade angular da porta ao fim dos 0,2s.

Questão 5) Quando você está pedalando uma bicicleta, o torque máximo é produzido quando os braços dos pedais estão na posição horizontal, enquanto nenhum torque é gerado quando eles se encontram na posição vertical. Explique.





## Apêndice F

### A diferença entre Peso e Torque

Como já foi discutido, o *torque* é o análogo rotacional da *força*. Da mesma maneira que a *inércia rotacional* e a *inércia de translação* diferem entre si, *torque* e *força* possuem diferenças significativas.

*Força* tende a alterar o estado de movimento translacional das coisas e *Torque* altera o estado de movimento de rotação, tende a fazer as coisas girarem, ou seja, produz *rotação*.

Vimos que a *inércia de rotação* depende da distribuição de massa em torno do eixo. De forma similar, o *torque* também dependerá da distância ao eixo. A distância mais curta entre o ponto de aplicação da *força* e o *eixo de rotação* é chamada de *braço de alavanca*.

O *torque* pode ser calculado através do produto entre o *braço de alavanca* e a *força aplicada*.

Então: **Torque = braço de alavanca ×**

**força**, ou ainda  $\tau = r.F.\text{sen}\Theta$ , onde  $\Theta$  é o ângulo de aplicação da força.

Vamos testar estas definições? Através de uma aplicação simples, utilizando uma régua de 30 cm e uma massa de valor conhecido, iremos verificar se estes conceitos funcionam no mundo real.

#### Procedimento:

Sustente uma régua na posição horizontal segurando-a por uma de suas extremidades. Deixe pender um peso em algum ponto dela próximo à sua mão e você perceberá que a régua começa a inclinar. Depois disso deslize o peso para pontos cada vez mais afastados de sua mão e perceba o que acontece. A figura 1 ilustra o procedimento a ser utilizado.

Já vimos também que a *força* está relacionada à *variação da quantidade de movimento linear* e o *torque* à *variação da quantidade de movimento angular*.

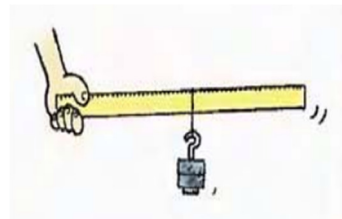


Figura 28: Aluno da turma 92 do CAp diferenciando força e torque. Fonte: Física Conceitual pg. 137

#### Importante:

Ao deslocar o objeto, você deverá prestar atenção nas distâncias em relação ao eixo de rotação ocupadas por ele, lembre que esta distância é o chamado *braço de alavanca*. Mas onde se encontra o eixo de rotação? Para fins práticos, assumiremos que o eixo de rotação está localizado no ponto de apoio da régua sobre sua mão.

Tente segurar a régua no ponto 5 cm. Então este ponto será o eixo de rotação. Se você posicionar a massa no ponto 10 cm, a distância  $r$  será de 5cm em relação ao eixo, quando colocares a massa no ponto 15 cm, a distância  $r$  será de 10 cm em relação ao eixo, e assim por diante.

#### Questões:

1. Em que situação é mais difícil manter a régua em equilíbrio? Por quê?
2. Observando sua experiência, o que é possível concluir com respeito a *força* e ao *torque* ?
3. O que acontece fisicamente quando você evita que a régua gire devido ao peso do objeto?
4. O que se pode concluir quanto ao sentido do *torque* exercido pelo *peso* e o sentido do *torque* que você deve exercer sobre a régua para mantê-la em equilíbrio?
5. O *torque* é uma grandeza física vetorial? De que maneira este experimento mostrou isso?
6. Calcule o *torque* exercido pela força *peso* para pelo menos três posições diferentes sobre a régua (três braços de alavanca diferentes). Para isso iremos desprezar a massa da régua e considerar o ângulo de aplicação da força  $\Theta=90^\circ$ , isso reduz nossa expressão para  $\tau = r.F$ . Para os cálculos você deve utilizar as unidades *metro* e *newton* para o *braço de alavanca* e a *força*, respectivamente.

## Apêndice G



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
COLÉGIO DE APLICAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA



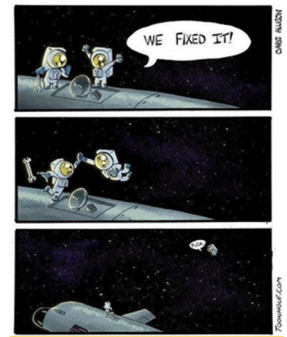
### QUESTÕES PARA O MÉTODO IPC (*Instrução pelos colegas*)

Turma 92

Data: 07/06/2014

Tema: Variáveis da rotação, Inércia rotacional, Conservação do momentum angular e Torque.

**Questão 1:** Observe a figura. Com base na sequencia de eventos apresentada nos quadros, é correto afirmar que:



- A quantidade de movimento do sistema não se conserva.
- A quantidade de movimento inicial é maior que a final.
- A quantidade de movimento final é maior que a inicial.
- A quantidade de movimento do sistema é conservada.
- Nenhuma das alternativas.

Figura retirada da página :  
[http://devildinosaur.blogspot.com.br/2013\\_02\\_01\\_archive.html](http://devildinosaur.blogspot.com.br/2013_02_01_archive.html)

**Questão 2:** O Chapolin Colorado, após tomar uma pílula de nanico-lina repousa sobre um disco que gira com uma frequência  $f$ . Mantendo esta frequência o Chapolin avista o barril do Chaves uma vez a cada 4 segundos, ou seja, o período do movimento é igual a 4 segundos. Se quisermos que o Chapolin aviste o barril uma vez a cada segundo, o que deve acontecer com a frequência do disco?

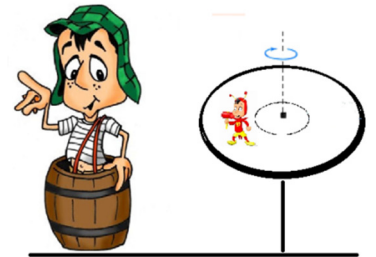


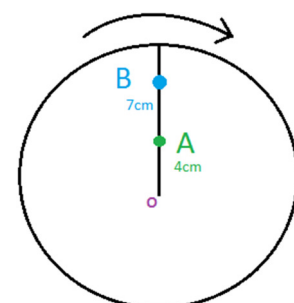
Imagem adaptada da página:  
<http://www.jogosdocartoon.com/jogos-do-chaves-em-desenho-animado-para-jogar-gratis/>

- A frequência deve ser quadruplicada.
- A frequência deve ser triplicada.
- A frequência deve ser duplicada.
- Nenhuma das alternativas.

**Questão 3:** Dois pontos, A e B, situam-se sobre uma roda a respectivamente 4 cm e 7 cm do seu eixo de rotação.

Pode-se dizer que:

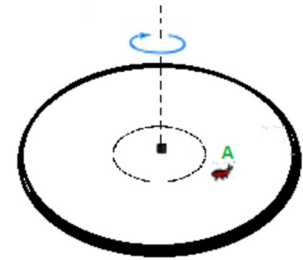
- O período de B é maior que o período de A.
- A frequência de A é menor que a frequência de B.
- A velocidade angular de B é maior que a de A.
- A velocidade angular de A é igual a de B.



e. As velocidades tangenciais de A e B são iguais.

**Questão 4:** Uma joaninha está a meio caminho entre o eixo de rotação e a borda de um disco de vinil. O que acontecerá com sua velocidade tangencial se a taxa de rpm for dobrada?

- A velocidade tangencial permanecerá a mesma.
- A velocidade tangencial também irá dobrar.
- A velocidade tangencial diminuirá pela metade.
- A velocidade tangencial irá quadruplicar.
- Nenhuma das alternativas.



**Questão 5:** Sobre um disco de vinil que é mantido a uma frequência angular de 33rpm encontram-se duas joaninhas. A joaninha A está situada a uma distância  $r$  do centro e a joaninha B a uma distância  $2r$ . É correto afirmar que a velocidade angular de A é \_\_\_\_\_ a de B, a frequência angular de A é \_\_\_\_\_ a de B e a velocidade tangencial de A é \_\_\_\_\_ a de B.

Qual das alternativas abaixo preenche corretamente os espaços em branco?

- Maior que – maior que – duas vezes maior que.
- Menor que – menor que – duas vezes menor que.
- Igual – maior que – igual.
- Igual – igual – duas vezes maior que.
- igual – igual – duas vezes menor que.

**Questão 6:** Considerando um lápis que pode ser posto a girar em relação os eixos de rotação representados na figura, é correto afirma que o lápis possui menor momento de inércia em qual(ais) das posições:

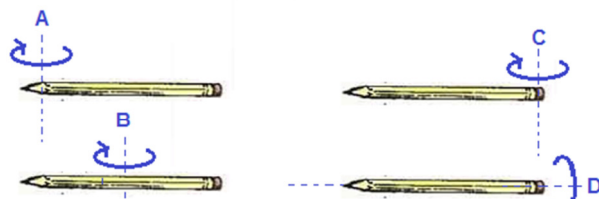


Imagem retirada do livro Física Conceitual – Paul Hewitt – 9ª edição

- Apenas A.
- Apenas B.
- Apenas C.
- Apenas D.
- A e C.

**Questão 7:** Um homem girando sobre uma plataforma giratória com baixo atrito, como mostra a figura, possui momentum angular  $L$ , inércia rotacional  $I$  e velocidade angular  $\omega$ . Em um instante qualquer ele aproxima seus braços do corpo. Considerando que nenhum torque externo atue sobre o sistema, é correto afirmar que:



Imagem retirada do livro Física Conceitual – Paul Hewitt – 9ª edição

- a) A taxa de rotações e a inércia rotacional diminuam.
- b) A taxa de rotações permanece a mesma, pois o momentum angular é conservado.
- c) A taxa de rotações e a inércia rotacional aumentam.
- d) A taxa de rotações diminui e a inércia rotacional aumenta.
- e) A taxa de rotações aumenta e sua inércia rotacional diminui.

**Questão 8:** Uma bailarina inicia um movimento de rotação com os braços abertos e uma das pernas estendida, como ilustra a figura. Em um determinado instante ela aproxima os braços e as pernas, o que faz com que sua inércia rotacional diminua para um terço em relação à situação inicial. Considerando que há conservação da quantidade de movimento, o que deve acontecer com sua velocidade angular?



Imagem retirada da página:  
[http://www.123rf.com/stock-photo/prima\\_ballerina.html](http://www.123rf.com/stock-photo/prima_ballerina.html)

- a) A velocidade angular permanece constante.
- b) A velocidade angular aumenta duas vezes.
- c) A velocidade angular aumenta três vezes.
- d) A velocidade angular aumenta um terço em relação à situação inicial.
- e) A velocidade angular diminui para um terço em relação à situação inicial.

**Questão 9:** Na situação representada na figura, ambas as latinhas possuem a mesma massa e a mesma quantidade de grampos de papel acoplados.

Sobre o sistema são feitas as seguintes afirmações:

- I- A latinha de cima irá adquirir maior velocidade angular.
- II- A latinha de baixo possui menor inércia rotacional.
- III- A latinha de baixo possui maior inércia rotacional, o que faz com que seu giro seja mais lento.

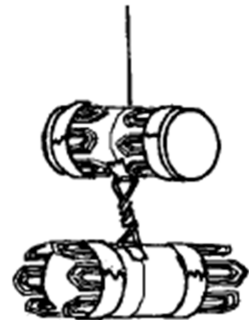


Imagem retirada do livro Mecânica 1 - GREF

Estão corretas:

- a) Apenas a I.
- b) Apenas a II.
- c) Apenas a III.
- d) Apenas a I e a II.
- e) Apenas a I e a III.

**Questão 10:** O que um torque tende a produzir sobre um objeto?

- a) Variação na sua quantidade de movimento linear.
- b) Variação na sua quantidade de movimento angular.
- c) Conservação da sua quantidade de movimento linear.
- d) Conservação da sua quantidade de movimento angular.

e) Nenhuma das alternativas.

**Questão 11:** A figura ao lado representa uma *gangorra* cujo comprimento total é de 4 m. Uma caixa de massa  $M$  é colocada a 1 m de distância do eixo de rotação. A que distância do eixo deve ser colocada uma segunda caixa de massa  $m$ , para que a gangorra fique em equilíbrio? (dados:  $M = 2m$ )

Assinale a alternativa que melhor represente a posição da caixa menor para que haja equilíbrio:

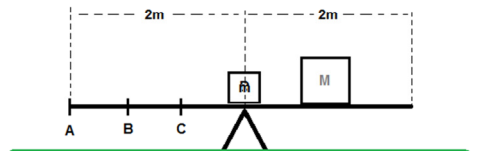
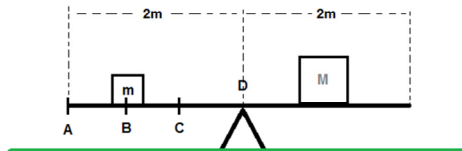
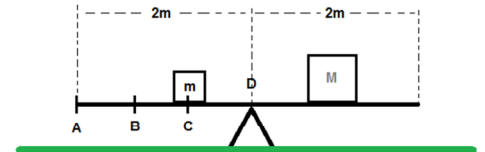
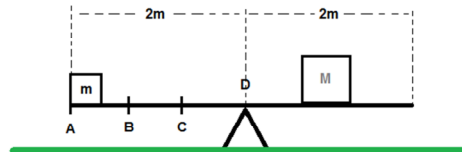
a) Posição A;

b) Posição B;

c) Posição C;

d) Posição D;

e) Nenhuma das alternativas.



## Apêndice H



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
COLÉGIO DE APLICAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA

AVALIAÇÃO DE FÍSICA 1º ANO

Professor titular e supervisor de estágio: Rafael Brandão

Professor estagiário: Daniel Flach

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: 92

Data: 14/06/2014

Nota: \_\_\_\_\_

Conteúdo: Variáveis do Movimento de Rotação; Momento de Inércia; Conservação da Quantidade de Movimento Angular; Torque  
Leia com calma e muita atenção aos enunciados. Responda com clareza e descreva seu raciocínio. Boa prova. 😊

**Questão 1)** Por que o ato de dobrar as pernas durante uma corrida lhe possibilita movimentar as pernas para frente e para trás mais rapidamente?



Fig1: Uma corredora dobrando as pernas durante a corrida. Fonte: Física Conceitual, Hewitt

**Questão 2)** Considere uma bicicleta com rodas de 2m de circunferência. Qual a velocidade linear da bicicleta quando as rodas descrevem uma rotação por segundo?

**Questão 3)** Um homem girando sobre uma plataforma giratória com baixo atrito, como mostra a figura, possui momentum angular  $L$ , inércia rotacional  $I$  e velocidade angular  $\omega$ . Em um instante qualquer ele aproxima seus braços do corpo. Considerando que nenhum torque externo atue sobre o sistema, é correto afirmar que:



Figura 2: retirada do livro Física Conceitual – Paul Hewitt – 9ª edição

- A taxa de rotações e a inércia rotacional diminuem.
- A taxa de rotações e a inércia rotacional aumentam.
- A taxa de rotações diminui e a inércia rotacional aumenta.
- A taxa de rotações aumenta e sua inércia rotacional diminui.
- A taxa de rotações permanece a mesma, pois o momentum angular é conservado

**Questão 4)** Na situação representada na figura 3, ambas as latinhas possuem a mesma massa e a mesma quantidade de grampos de papel acoplados. As latinhas estão ligadas por um atilho (borracha de dinheiro). Inicialmente a borracha é torcida mantendo-se uma latinha parada e girando a outra em um sentido qualquer. Quando ambas as latinhas ficam suspensas por um cordão, observa-se que o sistema começa a girar.

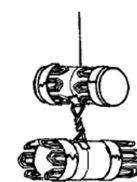


Figura 3 : retirada do livro Mecânica 1 - GREF

Leia as afirmações feitas sobre o movimento do sistema representado na figura e assinale **V** para verdadeiro e **F** para falso nas lacunas abaixo.

- ( ) As latinhas adquirem rotação no mesmo sentido.  
 ( ) As latinhas adquirem rotação em sentidos contrários.  
 ( ) A latinha de cima irá adquirir maior velocidade angular.  
 ( ) A latinha de baixo possui menor inércia rotacional.  
 ( ) A latinha de baixo possui maior inércia rotacional, o que faz com que seu giro seja mais lento.

**Questão 5)** Considere a gangorra em equilíbrio na figura 4. Suponha que a menina à esquerda ganhe subitamente 50N de peso segurando um saco de maçãs. Onde ela

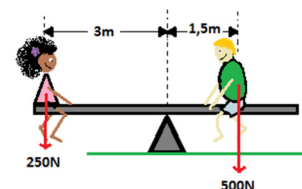


Fig. 4: Na figura a gangorra está em equilíbrio, nenhuma rotação é causada quando o torque resultante é nulo.

deve sentar-se a fim de manter a gangorra em equilíbrio, considerando que o menino não altere sua posição.

## Apêndice I



### GABARITO DA AVALIAÇÃO DE FÍSICA 1º ANO

#### Prova 1



#### Questão 1)

**RESPOSTA:** Porque quando dobramos as pernas, estamos aproximando parte da massa ao eixo de rotação, localizado na região do quadril. Nesta situação, a inércia rotacional das pernas diminui, o que confere maior facilidade em adquirir movimento de rotação. Ou seja, é possível movimentá-las mais rapidamente.

#### Questão 2)

**RESPOSTA:** Esta questão pode ser respondida conceitualmente, basta pensar que se a roda possui 2 m de circunferência, quando ela realizar uma volta completa, terá se deslocado 2 m. Se a roda realiza uma rotação por segundo, ou seja, uma volta completa por segundo, então a cada segundo ela anda 2 m. Logo, sua velocidade será de 2 m/s.

Ou ainda podemos resolve-la matematicamente. A frequência do movimento foi dada, o raio da roda pode ser calculado a partir do comprimento da circunferência (2 m), que também é dado. Depois disso basta substituir estes valores na equação que relaciona as variáveis  $f$  e  $R$  com a velocidade linear  $v$  (a saber, a eq. 1, logo abaixo):

$$f = \frac{1 \text{ rotação}}{1s} = \frac{1}{s} \text{ ou } 1\text{Hz}$$

$$C = 2\pi R \quad \text{se } C = 2 \text{ m, então: } 2 = 2\pi R$$

$$\text{Isolando } R, \text{ temos: } R = \frac{2}{2\pi} = \frac{1}{\pi} \text{ m}$$

$$\text{Equação que relaciona velocidade linear com } f \text{ e } R: \quad v = 2\pi Rf \quad (\text{eq. 1})$$

$$v = 2\pi \frac{1}{\pi} (\text{m}) \cdot \frac{1}{(\text{s})}$$

$$v = 2 \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

**Questão 3)** A taxa de rotações e a inércia rotacional diminuem.

- a) A taxa de rotações e a inércia rotacional aumentam.
- b) A taxa de rotações diminui e a inércia rotacional aumenta.
- c) **A taxa de rotações aumenta e sua inércia rotacional diminui.**
- d) A taxa de rotações permanece a mesma, pois o momentum angular é conservado.

**Questão 4)**

- (F) As latinhas adquirem rotação no mesmo sentido.
- (V) As latinhas adquirem rotação em sentidos contrários.
- (V) A latinha de cima irá adquirir maior velocidade angular.
- (F) A latinha de baixo possui menor inércia rotacional.
- (V) A latinha de baixo possui maior inércia rotacional, o que faz com que seu giro seja mais lento.

**Questão 5)**

RESPOSTA: Na situação ilustrada na figura 4, a gangorra só se mantém em equilíbrio quando o torque causado pelo peso no menino é igual, em módulo, ao torque causado pelo peso da menina.

O módulo do torque causado pelo peso do menino é:

$$\tau_{menino} = r_{menino} \cdot P_{menino} \cdot \text{sen}\theta$$

Podemos afirmar que nesta situação  $\theta = 90^\circ$  de modo que  $\text{sen}\theta = 1$ , assim, podemos calcular o módulo do torque causado pela força peso sobre o menino pela expressão:

$$\tau_{menino} = 1,5 \text{ m} \cdot 500 \text{ N} = \mathbf{750 \text{ (N.m)}}$$

O módulo do torque causado pelo peso da menina na situação 1, é:

$$\tau_{menina} = r_{menina} \cdot P_{menina} \cdot \text{sen}\theta$$

De forma análoga ao passo anterior, podemos afirmar que nesta situação  $\theta = 90^\circ$  de modo que  $\text{sen}\theta = 1$ , assim, podemos calcular o módulo do torque causado pela força peso sobre a menina:

$$\tau_{menina} = 3 \text{ m} \cdot 250 \text{ N} = \mathbf{750 \text{ (N.m)}}$$



Ou seja, na situação de equilíbrio:  $\tau_{menino} = \tau_{menina} = 750 \text{ N.m}$

Na situação 2, o menino permanece no mesmo lugar, logo o toque causado pelo peso dele, continua igual a  $750 \text{ N.m}$

Já a menina, tem um acréscimo de  $50\text{N}$  devido ao saco de maçãs, o que faz com que a força peso sobre ela seja de  $300\text{N}$ , a distância da menina em relação ao eixo de rotação, deve diminuir, de modo que o módulo do torque causado pelo peso sobre ela, seja igual aos  $750 \text{ N.m}$  causado pelo peso sobre o menino. Mas, qual deve ser a nova distância?

Na situação 2, temos:

$$P_{menina} = 300 \text{ N}, \quad \tau_{menina} = 750 \text{ N.m} \text{ (para manter o equilíbrio)}$$

$$\text{Considerando } \theta = 90^\circ, \text{ temos:} \quad \tau_{menina} = r \cdot P_{menina}$$

$$750 \text{ N.m} = r \cdot 300 \text{ N}$$

$$\frac{750 \text{ N.m}}{300 \text{ N}} = r$$

$$\mathbf{r = 2,5 \text{ m}}$$

**RESPOSTA FINAL:** A menina deve sentar-se a uma distância  $r = 2,5 \text{ m}$  em relação ao eixo de rotação, afim de manter o equilíbrio na gangorra.

## Apêndice J

| Nome do aluno |    | Registro de atividades da turma 92  |                       |         |         |         |         |       |  | Participação | Observação |
|---------------|----|-------------------------------------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|-------|--|--------------|------------|
|               |    | Atividade 1<br>(Inércia rotacional) | Atividade 2<br>Torque | Lista 1 | Lista 2 | Lista 3 | Lista 4 | Prova |  |              |            |
| Aluno(a)      | 1  | 90                                  | 70                    | ok      | ok      | ok      | ok      | 10    |  | Atividade 1  |            |
| Aluno(a)      | 2  | 90                                  |                       | ok      | ok      | ok      | ok      | 8     |  | 14/05/2014   |            |
| Aluno(a)      | 3  | 90                                  |                       | ok      | ok      | ok      | ok      | 4,2   |  | Grupo 1      |            |
| Aluno(a)      | 4  | 80                                  |                       |         |         |         |         | 4,5   |  | Grupo 2      |            |
| Aluno(a)      | 5  | 90                                  | 90                    | ok      | ok      | ok      | ok      | 10    |  | Grupo 3      |            |
| Aluno(a)      | 6  | 90                                  |                       |         |         |         |         | 0     |  | Grupo 4      |            |
| Aluno(a)      | 7  | 70                                  |                       | ok      | ok      | ok      | ok      | 7,7   |  | Grupo 5      |            |
| Aluno(a)      | 8  | 80                                  |                       |         |         |         |         | 5,8   |  | Grupo 6      |            |
| Aluno(a)      | 9  | Faltou                              |                       |         |         |         |         | 0     |  | Grupo 7      |            |
| Aluno(a)      | 10 | 70                                  |                       |         |         |         |         | 0     |  | Grupo 8      |            |
| Aluno(a)      | 11 | 80                                  | 90                    | ok      | ok      | ok      | ok      | 9     |  |              |            |
| Aluno(a)      | 12 | 90                                  | 90                    | ok      | ok      | ok      | ok      | 10    |  |              |            |
| Aluno(a)      | 13 | 10                                  | 100                   | ok      | ok      | ok      | ok      | 10    |  |              |            |
| Aluno(a)      | 14 | 70                                  | 100                   | ok      | ok      | ok      | ok      | 10    |  |              |            |
| Aluno(a)      | 15 | 70                                  | 90                    | ok      | ok      | ok      | ok      | 10    |  |              |            |
| Aluno(a)      | 16 | 90                                  |                       | ok      | ok      | ok      | ok      | 10    |  |              |            |
| Aluno(a)      | 17 | 80                                  |                       |         |         |         |         | 6,5   |  |              |            |
| Aluno(a)      | 18 | 80                                  |                       | ok      | ok      | ok      | ok      | 7     |  |              |            |
| Aluno(a)      | 19 | 80                                  |                       |         |         |         |         | 10    |  |              |            |
| Aluno(a)      | 20 | 70                                  | 70                    | ok      | ok      | ok      | ok      | 8     |  |              |            |
| Aluno(a)      | 21 | 90                                  |                       | ok      | ok      | ok      | ok      | 7     |  |              |            |
| Aluno(a)      | 22 | 90                                  |                       | ok      | ok      | ok      | ok      | 6     |  |              |            |
| Aluno(a)      | 23 | 90                                  | 90                    | ok      | ok      | ok      | ok      | 5     |  |              |            |
| Aluno(a)      | 24 | 90                                  |                       | ok      | ok      | ok      | ok      | 2,8   |  |              |            |
| Aluno(a)      | 25 | 10                                  | 100                   | ok      | ok      | ok      | ok      | 10    |  |              |            |
| Aluno(a)      | 26 | Faltou                              |                       |         |         |         |         | 0     |  |              |            |
| Aluno(a)      | 27 | 80                                  |                       | ok      | ok      | ok      | ok      | 8     |  |              |            |
| Aluno(a)      | 28 | 90                                  | 90                    | ok      | ok      | ok      | ok      | 9     |  |              |            |

|          |    |
|----------|----|
| Aluno(a) | 29 |
| Aluno(a) | 30 |
| Aluno(a) | 31 |
| Aluno(a) | 32 |

90

70

ok

ok

ok

ok

6,5

10

0

90

100

ok

ok

ok

ok

8,5

80

70

ok

ok

ok

ok

6,1

**Média= 7,35**

## Apêndice K

**COLÉGIO DE APLICAÇÃO – UFRGS TURMA 92**  
**PROFESSOR ESTAGIÁRIO: DANIEL FLACH**

**PROFESSOR DA DISCIPLINA: RAFAEL BRANDÃO**  
**LOCAL: SALA 124 HORÁRIO : 10h40min – 12h10min**

## CRONOGRAMA DE ESTÁGIO

| Aula  | Data     | Conteúdo(s) a serem trabalhado(s)   | Objetivos de ensino   | Estratégias de Ensino  |
|-------|----------|---|---|--|
| 1 e 2 | 07/05/14 | -Apresentação geral<br>- Velocidade angular,<br>-Frequência angular,<br>- Período, posição angular, | -Identificar as variáveis envolvidas no movimento de rotação.<br><br>- Descrever matematicamente as variáveis de rotação.   | Será utilizada a plataforma giratória para analisar as grandezas envolvidas no movimento de rotação.<br><br>Depois utilizaremos o IPC para medir a compreensão da turma. |
| 3 e 4 | 14/05/14 | -Quantidade de movimento angular;<br><br>- Inércia de rotação,                                      | - Analisar o movimento de rotação e sua relação com a massa do objeto que se pretende girar;<br>-Definir o conceito de <i>quantidade de movimento angular</i> ;<br><br>- Demonstrar que para o movimento de rotação a distribuição de massa do sistema interfere na <i>inércia rotacional</i> ; | Demonstração sobre inércia rotacional utilizando diferentes objetos.<br><br>Trabalho em grupos envolvendo o conteúdo abordado em aula.                                   |
| 5 e 6 | 28/05/14 | Princípio da Conservação da quantidade de movimento angular   | -Definir o conceito de <i>quantidade de movimento angular</i> e sua conservação;<br><br>- Demonstrar através de experimentos a <i>conservação da quantidade de movimento angular</i> e a rela-  | Apresentação de situação problema:<br><br>Vídeo dos Simpsons;<br><br>Discussão dos conceitos;  |

|              |          |   |   |  |
|--------------|----------|---|---|--|
|              |          |   | <p>ção entre as variáveis envolvidas;</p> <p>- Após o experimento será feita a análise da expressão matemática para o <i>momentum angular</i> <math>L=I.\omega</math> bem como a discussão da unidade desta grandeza.</p>                   | <p>Utilização da plataforma giratória (acho que não vai ser possível);</p> <p>Experimento a ser realizado em grupo:</p> <p>Acoplar duas latinhas a uma borracha para estudar a conservação do momentum angular.</p>      |
| 7 e 8        | 04/06/14 | Revisão do conteúdo,<br>Torque  | <p>-Breve revisão do conteúdo sobre <i>variáveis de rotação e conservação de L</i>;</p> <p>-Introduzir o conceito de <i>Torque</i>;</p>   | <p>Utilizaremos o IPC para revisão dos tópicos na primeira parte da aula.</p> <p>Discussão sobre <i>torque</i> acompanhado de um pequeno trabalho a ser entregue.</p> <p>Experiência utilizando régua e massa móvel.</p> |
| 09 e 10<br>* | 07/06/14 | Conclusão da atividade sobre torque e revisão dos tópicos abordados.  | <p>Revisar os conceitos trabalhados na última aula.</p> <p>Calcular o Torque de uma força para diferentes pontos de aplicação.</p> <p>Resolução de problemas da lista de exercícios.</p>  | <p>Apresentação de slides com ilustrações que auxiliem na resolução dos problemas.</p> <p>Discussão sobre as questões do trabalho e comentários sobre as respostas.</p>  |
| 11 e 12      | 11/06/14 | <p>-<i>Variáveis de rotação</i>;</p> <p>-<i>Momento de Inércia</i>;</p> <p>-<i>Conservação da Quantidade de Movimento Angular</i>;</p> <p>-<i>Variação da quantidade de movimento angular – Torque</i>.</p> | <p>- destacar aspectos importantes a serem estudados.</p> <p>-Tirar dúvidas dos alunos com relação ao conteúdo.</p> <p>-Resolver problemas da lista, dos trabalhos e problemas adicionais que reforcem aspectos importantes da matéria.</p> | <p>Utilização da experiência das latinhas sobre momentum angular e do experimento das régua sobre torque;</p> <p>Resolução de problemas no</p>   |

|            |          |       |  |                    |
|------------|----------|-------|--|--------------------|
| 13 e<br>14 | 14/06/14 | Prova | Avaliar a compreensão sobre os tópicos desenvolvidos ao longo dos encontros. | Avaliação escrita. |
|------------|----------|-------|--|--------------------|

\*A aula do dia 07 de junho será realizada em três períodos, iniciando às 09h30min e terminando as 12h10min.

## Apêndice L

## Slides apresentados nas aulas 1 e 2:

**COISAS QUE GIRAM**

Professor Estagiário: Daniel Flach

2

**Tópicos a serem trabalhados**

- As Variáveis do Movimento Circular;
- Momento de Inércia;
- Conservação do Momentum Angular;
- Variação do Momentum Angular.

3

**Questionário sobre atitudes em relação à Física**

4

**Questionário sobre atitudes em relação à Física**

**Você gosta de Física? Comente sua resposta.**

- Gostam de Física:**  
13 alunos, aproximadamente 45% da turma
- Gostam "mais ou menos" de Física:**  
11 alunos, aproximadamente 38% da turma
- Não gostam de Física:**  
3 alunos, aproximadamente 10% da turma.
- Não opinaram:**  
2 alunos, aproximadamente 7% da turma.

5

**Você gosta de Física?**

| Resposta                       | Porcentagem |
|--------------------------------|-------------|
| Gostam de Física               | 45%         |
| Gostam mais ou menos de Física | 38%         |
| Não gostam de Física           | 10%         |
| Não Opinaram                   | 7%          |

6

**"Eu gostaria mais de Física se..." complete a sentença.**

> Algumas respostas:

"Não tivesse **matemática**".

COMECAMOS PELO PRINCÍPIO. QUANDO ADICIONA ALGO, NUNCA TÁS AQUILO QUE TENS. ESTÁS A COMBINAR.  
NÃO QUERO APRENDER ISTO! É COMPLETAMENTE IRRELEVANTE PARA A MINHA VIDA!

ISTO NÃO É IRRELEVANTE. TODA A GENTE PRECISA DE SABER ISTO.

EU NÃO PASSEI MUITO BEM SEM A MATEMÁTICA!

AN SIM? O QUE QUERES SER QUANDO FORES GRANDE? QUALQUER EMPREGO! ESSE ALGUMA MATEMÁTICA.

... UM HOMEM DAS CAVERNAS? POIS!

ISSO NÃO É BEM UM EMPREGO.

7

"Eu gostaria mais de Física se..." complete a sentença.

> Algumas respostas:

"Tivesse mais **experimentos**";





8

Quais dificuldades você costuma ter ao estudar Física?

> As dificuldades mais recorrentes:

- Matemática;
- A quantidade de material;





9

Quais dificuldades você costuma ter ao estudar Física?

> As dificuldades mais recorrentes:

- Dificuldade na visualização dos problemas;



10

### Como buscaremos resolver estes problemas?

Desenvolveremos as atividades utilizando recursos diferenciados:

- Demonstrações experimentais;
- Simulações computacionais;
- Trabalhos em grupo;
- Utilização do Método de Instrução pelos Colegas – Peer Instruction.

11

### Avaliação

- > Participação e frequência em aula;
- > Lista de exercícios;
- > Trabalhos (individuais ou em grupo);
- > Prova escrita.

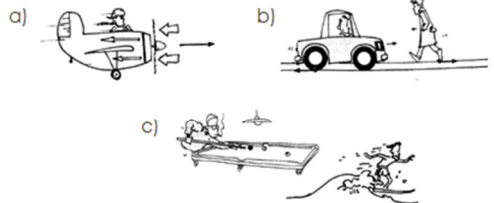


12

O que já estudamos ao longo destas semanas?

"Coisas que se deslocam":

Por exemplo:




13

O que já estudamos ao longo destas semanas?

"Conservação dos movimentos":

(para um sistema isolado)



a)

b)

|        |    |   |    |   |    |
|--------|----|---|----|---|----|
| ANTES  | 30 | + | 0  | = | 30 |
| DEPOIS | 10 | + | 20 | = | 30 |

14

O que já estudamos ao longo destas semanas?

"Trombadas":

a)

|        | CARRO A | CARRO B | TOTAL |
|--------|---------|---------|-------|
| ANTES  | 100     | 0       | = 100 |
| DEPOIS | 40      | x       | = 100 |

Se  $40 + x = 100$ , é lógico que  $x=60$ . Ou não?

b)

|        | CARRO A | CARRO B | TOTAL |
|--------|---------|---------|-------|
| ANTES  | 100     | 0       | = 100 |
| DEPOIS | 60      | 40      | = 100 |

Números e movimentos opostos se anulam!



15

### Variáveis envolvidas no movimento linear:

Para compreendermos os princípios físicos estudados até aqui, utilizamos algumas variáveis.

**Velocidade** (grandeza física vetorial);  
**Massa** (grandeza física escalar);


E desta forma chegamos à expressão matemática para a quantidade de movimento linear:

$$q = m \cdot v$$

16

### Será que todos estes princípios físicos também se aplicam às coisas que giram?

Para descobriremos isto, iremos analisar mais detalhadamente as variáveis envolvidas no movimento de rotação!!



17

### As Variáveis da Rotação

- Deslocamento angular;
- Velocidade angular;
- Frequência angular;
- Período;

18

### As Variáveis da Rotação

- No quadro foram feitas as demonstrações das equações para *velocidade angular*, *velocidade tangencial*, *período* e *frequência* e como estas grandezas relacionam-se entre si.  
*Em caso de dúvidas procurem-me!*
- Utilizando uma roda de bicicleta, demonstramos cada um dos tópicos na prática.

### Questões de revisão

Variáveis de rotação.

20

### Peer Instruction ou Instrução pelos Colegas (IpC)


**Importante:**

- Cada aluno receberá 5 cartões de respostas identificados com as letras A, B, C, D e E, referentes aos itens das questões a serem respondidas.
- Conferir o número de cartões.
- Não conversar sobre sua resposta antes da votação;
- Formular um raciocínio antes de responder cada questão, a resposta é individual no primeiro momento;
- Na hora da votação, respeite a contagem e lembre-se de não espiar as respostas dos colegas.
- Ao final da atividade, devolvam os cartões ao professor.

21

**Pergunta teste:**  
 Observe a figura. Com base na sequência de eventos apresentada nos quadros, é correto afirmar que:

- A quantidade de movimento do sistema não se conserva.
- A quantidade de movimento inicial é maior que a final.
- A quantidade de movimento final é maior que a inicial.
- A quantidade de movimento do sistema é conservada.
- Nenhuma das alternativas.




22

**Pergunta teste 2:**

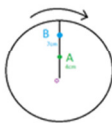
O Chapolín Colorado, após tomar uma pílula de nanicolina repousa sobre um disco que gira com uma frequência  $f$ . Mantendo esta frequência o Chapolín avista o barril do Chaves uma vez a cada 4 segundos, ou seja, o período do movimento é igual a 4 segundos. Se quisermos que o Chapolín aviste o barril uma vez a cada segundo, o que deve acontecer com a frequência do disco?

- A frequência deve ser quadruplicada.
- A frequência deve ser triplicada.
- A frequência deve ser duplicada.
- Nenhuma das alternativas.



23

Dois pontos, A e B, situam-se sobre uma roda a respectivamente 4 cm e 7 cm do seu eixo de rotação.



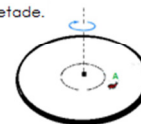
Pode-se dizer que:

- O período de B é maior que o período de A.
- A frequência de A é menor que a frequência de B.
- A velocidade angular de B é maior que a de A.
- A velocidade angular de A é igual a de B.
- As velocidades tangenciais de A e B são iguais.

24

Uma joaninha está a meio caminho entre o eixo de rotação e a borda de um disco de vinil. O que acontecerá com sua velocidade tangencial se a taxa de rpm for dobrada?

- A velocidade tangencial permanecerá a mesma.
- A velocidade tangencial também irá dobrar.
- A velocidade tangencial diminuirá pela metade.
- A velocidade tangencial irá quadruplicar.
- Nenhuma das alternativas.



25

Sobre um disco de vinil que é mantido a uma frequência angular de 33rpm encontram-se duas joaninhas. A joaninha A está situada a uma distância  $r$  do centro e a joaninha B a uma distância  $2r$ . É correto afirmar que a velocidade angular de A é \_\_\_\_\_ a de B, a frequência angular de A é \_\_\_\_\_ a de B e a velocidade tangencial de A é \_\_\_\_\_ a de B.

Qual das alternativas abaixo preenche corretamente os espaços em branco?

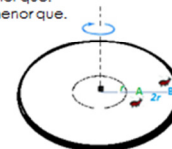
- Maior que – maior que – duas vezes maior que.
- Menor que – menor que – duas vezes menor que.
- Igual – maior que – igual.
- Igual – igual – duas vezes maior que.
- Igual – igual – duas vezes menor que.

26

Sobre um disco de vinil que é mantido a uma frequência angular de 33rpm encontram-se duas joaninhas. A joaninha A está situada a uma distância  $r$  do centro e a joaninha B a uma distância  $2r$ . É correto afirmar que a velocidade angular de A é \_\_\_\_\_ a de B, a frequência angular de A é \_\_\_\_\_ a de B e a velocidade tangencial de A é \_\_\_\_\_ a de B.

Qual das alternativas abaixo preenche corretamente os espaços em branco?

- Maior que – maior que – duas vezes maior que.
- Menor que – menor que – duas vezes menor que.
- Igual – maior que – igual.
- Igual – igual – duas vezes maior que.
- Igual – igual – duas vezes menor que.



27

GABARITO :

- d
- a
- d
- b
- e

27

## Referências

[http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/torque](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/torque)

Hewitt, Paul G., Física Conceitual – 8º Edição

GRAF, Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, USP

# 9

## Os giros também se conservam

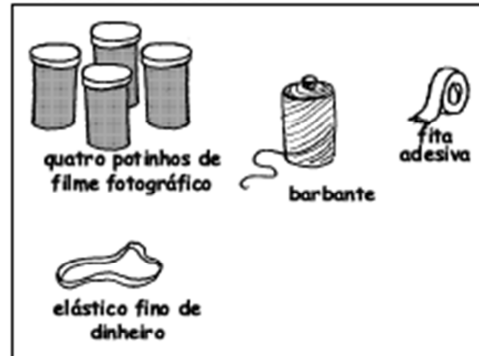
Nas rotações também existe uma lei de conservação do movimento.

### ANEXO 1

## Os incríveis potinhos girantes

Agora nós vamos produzir movimentos de rotação em algumas montagens feitas com potinhos de filme fotográfico. Essas montagens simularão situações reais, como um liquidificador e um do toca-discos que estaremos discutindo. A idéia é tentar "enxergar" a conservação da quantidade de movimento também nas rotações.

### material necessário



### monte o equipamento

#### 1ª ETAPA:

Una dois potinhos pelo fundo com fita adesiva. Prenda-os a um barbante.



#### 2ª ETAPA:

Monte outro conjunto igual. Una ao primeiro através do elástico



### fazendo as coisas funcionarem ...

#### Rotações que se compensam



Torça bem o elástico, segurando os potinhos. Solte os potinhos de cima e de baixo ao mesmo tempo, deixando-os girar livremente.

#### Rotações que se transferem



Com o elástico desenrolado e os potinhos parados e livres, dê um giro repentino e suave apenas nos potinhos de baixo.

### ... e pensando sobre elas!

Para cada uma das duas experiências, tente responder às perguntas abaixo:

Logo no início dos movimentos, compare o movimento dos potinhos de cima com o dos potinhos de de baixo, respondendo:

Eles têm a mesma velocidade?

Eles ocorrem ao mesmo tempo?

Eles são movimentos em um mesmo sentido?

Você consegue "enxergar" alguma conservação de quantidades de movimentos nestas duas experiências? Explique!

