

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

GALILEU ENSINANDO CINEMÁTICA E GRAVITAÇÃO NO CENTRO
ESTADUAL DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES GENERAL FLORES DA
CUNHA

PEDRO MACHADO ACCORSI

PORTO ALEGRE

2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

GALILEU ENSINANDO CINEMÁTICA E GRAVITAÇÃO NO CENTRO
ESTADUAL DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES GENERAL FLORES DA
CUNHA

PEDRO MACHADO ACCORSI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Física da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul como requisito parcial para
obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Caetano Castro Roso

PORTO ALEGRE

2022.

“Meu objetivo é expor uma ciência muito nova que trata de um tema muito antigo. Talvez nada na natureza seja mais antigo que o movimento...”

Galileu Galilei.

Discursos 1638.

AGRADECIMENTOS:

Gostaria de agradecer a minha mãe e ao meu pai, Regiane e Marcio, por sempre investirem na minha educação desde pequeno desmontando rádios e afins. Obrigado aos meus irmãos, João e Carina por acompanharem as discussões de física, mesmo que não gostassem. Agradeço a minha irmã Carina por discutir e debater suas ideias sobre o movimento das coisas de forma divertida.

Agradeço a meu orientador o professor Caetano Castro Roso por sugerir, criticar e comentar aspectos muitos importantes deste trabalho.

Agradeço de coração a professora Sandra Denise Prado por aceitar o convite de ler e criticar esse trabalho, em todo o período de regência, lembrei das suas fantásticas aulas de Mecânica Clássica.

Muito obrigado aos professores Ives Solano Araújo e Dioni Paulo Pastorio pela competência em realizar discussões muito interessantes na cadeira de estágio III. Obrigado a todos os meus colegas que passaram por mim durante a graduação, e de alguma forma contribuíram para minha reflexão sobre a Natureza, sobre Física, e o sobre o Ensino.

Agradeço a todos os professores e funcionários do Instituto de Física da UFRGS que passaram por mim, carregando muitas das suas lições comigo.

Obrigado ao professor Fernando Lang da Silveira por disponibilizar o vídeo *Cinemática sem Fórmulas*, mesmo não o conhecendo pessoalmente, esse trabalho me ajudou muito a refletir como encaramos a Cinemática na Física, e no ensino.

Muito obrigado a equipe da direção do Instituto de Educação, pela organização e por me acertar, mais uma vez, para uma última e grande, divertida aventura.

Muito obrigado a professora de Física titular do Instituto de Educação por aceitar seu ex-aluno novamente, e dar todo o apoio para realizar essa fantástica odisséia.

Muito obrigado as mentes pensantes da turma 114, vou ver todos vocês novamente num futuro não muito distante.

SUMÁRIO:

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS GERAIS	8
2.1 PERSPECTIVA ADOTADA	8
2.2 REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.3 “Fun To Imagine” Teoria da Aprendizagem Significativa aliada a didática do professor Richard Feynman	8
2.4 “Confira com Seu Vizinho” Peer instruction no processo de ensino e aprendizagem	14
2.5 “First, we guess it!” A importância da Física Experimental na sala de aula.....	16
2.6 “Seja curioso” O papel da Astronomia, História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física..	19
3. OBSERVAÇÕES E MONITORIA	25
3.1 Caracterização da Escola.....	25
3.2 Caracterização das turmas	27
3.4 RELATO DAS OBSERVAÇÕES EM SALA DE AULA	28
Observação 1	28
Observação 2	29
Observação 3	30
Observação 4	32
Observação 5	33
Observação 6	34
Observação 7	35
Observação 8	37
Observação 9	38
Observação 10	38
Observação 11	39
4. PLANEJAMENTO E REGÊNCIA	40
4.1 CRONOGRAMA DE REGÊNCIA	41
4.2 PLANO DE AULA 1- Por que estudar Física pode ser transformador?.....	41
Relato I	43
4.3 PLANO DE AULA 2- A suspensão e queda dos Graves.....	46
Relato II.....	47
4.4 PLANO DE AULA 3-Medição da aceleração da gravidade local	55
Relato III	56
4.5 PLANO DE AULA 4-Medição da aceleração da gravidade local	63
Relato IV	64
4.6 PLANO DE AULA 5 - Realização de exercícios conceituais, e de vestibular	69
Relato V	70
4.7 PLANO DE AULA 6 - Prova	74
Relato VI:	75
4.8 PLANO DE AULA 7 – Cinemática é Física!	76
Relato VII:.....	77
5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
6. REFERÊNCIAS:	87

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Descrição dos possíveis caminhos para a metodologia Peer Instruction.	15
Figura 2: Centro Estadual de Formação de Professores General Flores da Cunha.....	25
Figura 3: Fachada da sede temporária do Instituto de Educação General Flores da Cunha.	26
Figura 4: Nebulosa de Carina feita pelo telescópio James Webb.....	44
Figura 5: Algumas imagens retiradas da obra de Galileu de 1610	48
Figura 6: figuras de nossa apresentação que foram mostradas para os alunos	54
Figura 7: Construção do modelo teórico para medir g	60
Figura 8: Medição de uma “altura” para gerar questionamentos nos alunos.	60
Figura 9: Algumas imagens das medições realizadas com os fios de prumo	62
Figura 10: Algumas imagens da medição da altura do parapeito do segundo andar até o chão.	62
Figura 11: Medição do tempo de queda das bolas de handebol e de basquete.	63
Figura 12: Imagens de nossa apresentação da composição de movimentos feita por Galileu.....	80
Figura 13: a Física que acontece lá em cima é a mesma Física que acontece aqui em baixo, e vice-versa!.....	80
Figura 14: A bala e a maçã.....	81
Figura 15: Feito com o <i>Graph</i> , todas as balas interceptam a maçã!	82

ANEXOS

8 AULA 1.....	94
8.1 OBSERVAÇÃO 1	99
8.3 OBSERVAÇÃO 6.....	101
8.4 QUESTÕES DO PEER INSTRUCTION.....	102
8.5 PROVA	104
8.6 MATERIAIS DE APOIO.....	106

DADOS OBTIDOS PARA O VALOR DE g NA ESCOLA

Tabela 1: Dados obtidos pelo grupo 1 para a aceleração de queda da bola de basquete.....	65
Tabela 2: Dados obtidos pelo grupo 2 para a aceleração de queda da bola de handebol.	65

APÊNDICES:

Apêndice A – ARISTÓTELES NÃO ESTÁ TOTALMENTE INCOERENTE	89
Apêndice B – COMO GALILEU FAZ OS CALCULOS DA ÓRBITA DA LUA.....	90
Apêndice C – TODAS AS BALAS ACERTAM A MAÇÃ!.....	92

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho é um relato detalhado das atividades desenvolvidas no primeiro semestre de 2022 na disciplina do Estágio de Docência em Física III, componente curricular obrigatório do curso de Licenciatura em Física oferecido pela UFRGS. Tais atividades consistem, resumidamente, no planejamento, avaliação e regência de uma unidade didática de queda livre e introdução ao lançamento de projéteis.

Na segunda seção é apresentada a fundamentação teórica juntamente com os objetivos centrais que estipulamos atingir. Escolhemos a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, como base para nossa unidade didática. Considerações extremamente importantes sobre o método *Peer instruction*, o uso da Física Experimental, da Astronomia, da História e da Filosofia da Ciência no Ensino de Física estão também presentes. Tais desenvolvimentos são importantes, pois incorporamos aspectos fundamentais dessas teorias em nossas aulas.

A terceira seção contém descrições detalhadas das aulas realizadas pelos professores que observamos na escola, durante o período de observações e monitoria.

A quarta seção contém a unidade didática em si, apresentamos aula por aula, o cronograma de regência, os planos de ensino e os relatos de aplicação respectivamente. Os relatos apresentam uma descrição detalhada das aulas, acompanhados de reflexões e comentários com relação ao nosso referencial teórico adotado.

A quinta seção aborda as conclusões deste trabalho. Apresentamos as nossas reflexões sobre o ensino de Física e todas as experiências fantásticas que vivenciamos juntamente com os integrantes turma 114.

Vou escrever este trabalho no plural majestático, pois acredito que ao longo da graduação temos contato com diversas pessoas e mentes brilhantes, então apesar de estar sozinho nas observações e nas regências das aulas, estava levando comigo os ensinamentos de várias pessoas que passaram por mim. Existe um grande capital cultural por de trás de todos nós, e não seria, ao meu ver, omiti-lo ao longo do trabalho.

2 OBJETIVOS GERAIS

Nosso objetivo principal será mostrar a profunda conexão e comunicação que a Física pode fazer com a Natureza e com a vida individual de cada um de nós, entretanto nossa maior dificuldade em atingir tais objetivos passa em mostrar que ela é divertida quando a compreendemos, e é de extrema importância, para que isso ocorra, fazer múltiplas ligações com nossa realidade. Jamais devemos achar que a interpretação de certo fenômeno é completamente exata, pois isso indiretamente nos priva da criatividade que cada um de nós possui. Einstein já dizia que a lógica pode nos levar de um ponto A até um ponto B, porém a imaginação pode nos levar a qualquer lugar. Nosso objetivo é fazer com que os alunos questionem em nossas aulas e não tenham receio de fazê-lo, pois a curiosidade faz a ciência transcender as fronteiras do pensamento.

2.1 PERSPECTIVA ADOTADA

Um dos maiores desafios que o professor enfrenta quando constrói uma aula, é sustentar toda a estrutura de um determinado conteúdo adaptando-se a imprevistos durante as aulas e possibilitando a aprendizagem o mais natural possível por parte dos alunos. Se essa estrutura não tiver bases sólidas a aprendizagem não se torna natural e sim *forçada*. Passamos o conteúdo, os alunos anotam, a aula termina e ninguém faz questionamentos. Esta atitude passiva do aluno faz com que o aprendizado não seja assimilado.

Para a construção do conhecimento é necessário o encaixe de peças como em um *Lego*. As peças devem ter dimensões certas para se encaixar umas nas outras, mas podendo vir a ser substituídas por outras que se adequem melhor à estrutura, pois o conteúdo a ser dado não deve ser tomado como uma verdade absoluta que não pode ser questionado e modificado.

2.2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.3 Teoria da Aprendizagem Significativa aliada a didática do professor Richard Feynman

Segundo David Paul Ausubel em seu livro *Educational Psychology: a Cognitive View*:

“Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influência a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averígue isso e ensine-o de acordo. [1978, p. iv].”

Apesar de resumir de forma simples e sucinta a visão de Ausubel com relação a aprendizagem a sua aplicação na prática pode ser um tanto quanto complexa. Segundo

MOREIRA; OSTERMANN (1999), descrever aquilo que o aluno já sabe se refere muito mais a sua estrutura cognitiva, isto é, ao conteúdo total e a forma como ele faz a organização das ideias. Para que essa estrutura se comunique com um novo conceito a ser aprendido e ajude para sua melhor compreensão, o debate de ideias entre os alunos e o professor deve ocorrer de forma não-arbitrária e não-literal, ou seja, para Ausubel a aprendizagem se ocorrer nesse sentido é dita *significativa*. Devemos ter em mente o sentido que Ausubel propõe para a palavra. Em linguística temos que *significativo* é aquilo que possui significado, um conceito base. Segundo NÚÑEZ (2011), a aprendizagem significativa sofre com uma confusão na sua interpretação, distorcendo o seu sentido puro:

“O baixo nível do conhecimento profissional dos futuros professores de ciências naturais [sobre a aprendizagem significativa] se explica pela dispersão semântica do termo significativo no contexto da educação escolar e pela insuficiência da formação inicial.”

É perceptível que existe uma certa confusão por parte dos professores em achar que tudo possui uma importância, no sentido de relevância, quando apresentado ao aluno, cabendo a este, aprender. Para Ausubel, o professor age como um *catalizador* na construção intelectual dos alunos. Em sua teoria, destacam-se alguns fatores e condições necessárias para que ocorra uma aprendizagem realmente significativa. Para ele deve existir a presença de materiais potencialmente significativos, a existências de *subsunçores*, que forneceria a ponte entre novos conhecimentos e informações relevantes presente na estrutura cognitiva da turma e, pôr fim, a determinação dos alunos em querer uma aprendizagem significativa. Somente quando estes fatores estão presentes pode haver tal aprendizagem. Como a turma 114 é comprometida em querer aprender já temos meio caminho andado.

Aspectos que valem a pena analisar na frase de Ausubel é *"aquilo que o aprendiz já sabe"*, se refere principalmente a aspectos específicos da estrutura cognitiva que são relevantes para a aprendizagem de uma nova informação e é feita com auxílio de *subsunçores*. Um *subsunçor* se define como a ancoragem de novas ideias a termos já internalizados pelo aprendiz, isto é, ele é a fundação, a base, na qual uma nova ideia irá se sustentar para realizar a interação com aquilo que o aluno já sabe.

“Averiguar isso” também não é uma tarefa fácil, ou seja, os conceitos, ideias, proposições disponíveis na mente do indivíduo e suas inter-relações, sua organização. Mapear a estrutura cognitiva, é algo que, dificilmente se consegue realizar através de testes convencionais que, via de regra, enfatizam o conhecimento factual e estimulam a memorização

(OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011). Entretanto, já temos uma ideia clara de como a turma se organiza para aprender. Finalmente “*ensine-o de acordo*” não é uma tarefa fácil, visto que significa basear o ensino naquilo que o aprendiz já sabe, identificar os conceitos organizadores básicos do que vai ser ensinado e utilizar recursos e princípios que facilitem a aprendizagem de maneira significativa (MOREIRA; OSTERMANN, 1999).

Porém existe um problema muito evidente em aplicar a teoria de Ausubel: como alcançar em sala de aula os *subsunçores* presentes nos alunos? Sabemos que cada um possui uma maneira diferente de interagir com o novo assunto, ou seja, temos um pluralismo de mentes pensantes. Tendo em mente tais problemas, procuramos buscar na literatura maneiras mais simples de generalizar esses *subsunçores* e abrir espaço para nossa *imaginação*. Como a teoria de Ausubel é válida para diversas áreas do conhecimento, buscamos professores de Física que se conectam indiretamente com essa teoria.

Uma das grandes mentes científicas do século passado e um dos pais da Eletrodinâmica Quântica e ganhador do Prêmio Nobel de Física de 1965, o professor Richard Philips Feynman se destacou por sua capacidade de buscar alternativas não formais para a soluções de diversos problemas. Em diversas oportunidades, apresentou sua insatisfação com o ensino de ciências e a forma como a aprendizagem era transmitida aos alunos. Ele possuía uma consciência do papel do professor como um educador, suas palestras sobre o ensino de ciências atraíam multidões interessadas pela forma como ele comunicava o conhecimento científico. Apresentando críticas aos materiais didáticos adotados, o distanciamento da realidade diante das aulas ministradas e suas opiniões quanto a forma que os alunos poderiam buscar para evitar uma aprendizagem mecânica, e assim sendo, passageira. Para este fim ele apresenta *o despertar da curiosidade* para alcançar um conhecimento, e que seja efetivamente significativo para a maioria, ao contrário de se restringir ao conceito central da teoria de Ausubel de que “*o fato isolado mais importante na aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie os seus ensinamentos nisso*”, Feynman prefere identificar os interesses mútuos do professor e do aluno, ou em suas palavras: “*divertido aprender Física*”. Como podemos observar no prefácio especial do livro *Lições de Física de Feynman (2008)*, segundo Karam (2018) “*a maior obra-prima da didática da Física*”, em que, como se falasse com outros professores, escreveu:

“Em primeiro lugar, descubra por que quer que os alunos aprendam o tema e o que quer que saibam, e o método resultará mais ou menos por senso comum”. [FEYNMAN, 2008, 1, Pg. xii]

Segundo (SÁ; SANTOS; JUNIOR; 2019), para alcançar os *subsunçores* Feynman se sobressai apresentando uma ideia simples e aplicável facilmente por professores: a de expor os conteúdos sem distanciamento dos fenômenos naturais, isto é, *não apresentar o conteúdo apenas através de formulas e situações impossíveis*. Feynman, ao participar durante a conferência de 1952 no Brasil, foi bastante crítico aos materiais adotados no país, apontando a falta de exemplo reais, erros em dados experimentais, conteúdos apresentados sem o devido cuidado de realmente conectá-lo ao mundo real (FEYNMAN, 2016, pg. 211), pois afinal, se a Física pode se comunicar com a Natureza, por que não utilizar esse fato para aproximá-la da realidade em sala de aula?

Neste sentido, os pesquisadores relatam o que Feynman passou a assistir uma aula na faculdade de engenharia quando esteve visitando o Brasil. Nela um professor falava sobre a questão de equivalência entre corpos e ficou evidente para Feynman, que no decorrer da explicação o professor estava falando sobre os momentos de inércia dos corpos, mas ele, o docente, não abordava este assunto do ponto de vista fenomenológico, se restringi-a apenas a definições formais. Feynman afirma que ao questionar um dos alunos sobre o tema, reparou que ele apenas reproduziu de forma mecânica o que acabara de ouvir do professor pois esta poderia ser uma das perguntas de uma prova futura, e assim o aluno poderia passar na disciplina. Entretanto, os alunos não aprenderam essencialmente um fenômeno natural causado pelo momento de inércia de um corpo (FEYNMAN, 2006. Pg. 207).

Portanto, uma vez que os fenômenos naturais têm o poder de confirmar ou destruir com as mais fortes das teorias, nada mais sensato do que guiar as aulas de modo a aproximá-las da realidade (SÁ; SANTOS; JUNIOR; 2019. Pg. 8). Uma experiência da vida cotidiana salientada por nós, por exemplo, para fazer uma analogia ou para simplificar certa análise, pode desenvolver *subsunçores*, promovendo assim uma aprendizagem significativa como aponta *Baretta et al. (2011)*:

“A exemplificação de qualquer conhecimento é fundamental para a compreensão da sua relação com o mundo em que vivemos e a falta dela fortalece a memorização de definições em detrimento da reflexão, já que a visualização dos fenômenos pode tornar-se algo distante dos alunos, fazendo parecer difícil entender a sua descrição teórica.”

Isso é muito importante na construção do pensamento físico dos alunos, e é o primeiro passo no desenvolvimento da abstração. Até porque a abstração é uma característica que se ganha ao longo da vida em função da nossa maturidade, e não será nesse momento que

entraremos a fundo nesse aspecto. Entretanto, ela sempre promove a reflexão do fenômeno, e um pouco dela nunca é demais.

Sempre que possível devemos provocar a turma em fazer perguntas pois segundo SÁ, SANTOS, JUNIOR (2019), um dos mecanismos para estimular a vontade de entender, não apenas para aquele determinado momento na aula, mas de forma a construir um conhecimento, seria através da *curiosidade*. Ainda comentam que no artigo de Caticha (2018) quando escreve sobre Feynman:

*“A mensagem diária era sobre a importância da curiosidade, de conviver honestamente com a dúvida, de não ter medo das dificuldades e se **divertir**¹ fazendo ciência. (nosso grifo)”*

Logo não devemos ter medo, se por exemplo, um tema que estamos estudando em determinado momento da aula sofre um desvio por uma pergunta de um aluno, mesmo que a questão nos deixa um pouco inseguros, pelo fato de desconhecermos partes essenciais, devemos mesmo assim, segundo Feynman, tentar respondê-la, e se não soubermos, não tem problema algum em dizer “*não sei*”, o fato é que a questão nos deixa curiosos em entender o tema. STUART (2018) salienta que apesar de ter uma aparência carismática, Feynman mantém a seriedade de um cientista, em entrevista ao Jornal do Brasil (24 de fevereiro de 1966), ele enfatiza:

*“Não há relação entre o divertimento e o trabalho, e, por isso, não vejo dificuldade em conciliar as duas coisas. Quando estou trabalhando em meu laboratório sou um homem sério e responsável, embora goste de contar histórias engraçadas quando pronuncio conferências para quebrar um pouco a aridez da exposição. **Fora do ambiente de trabalho, procuro me divertir, por achar que um professor e cientista, quando procura manter uma máscara de seriedade, na maioria das vezes está escondendo ignorância.** (STUART, Pg. 14, 2018, nosso grifo)”*

É importante salientar que Feynman sugere, sempre nesses casos em que vamos falar sobre um assunto difícil recorrer ao uso de analogias, vamos tentar dar um exemplo disso apesar de não sabermos muito sobre o conteúdo de fluídos. Estamos na sala de aula discutindo resistência do ar, e aí surge uma questão: “*Existe alguma coisa que possa se locomover com mais eficiência dentro de um fluido, no caso o ar, quando a velocidade dessa coisa é alta?*” A resposta é sim! A bola de golfe faz isso todos os dias, e é por isso que a superfície dela é cheia de *gomos*. As partículas do ar querem ocupar esses buracos o que aumenta significativamente a superfície de

¹ Fun To Imagine: <https://www.youtube.com/watch?v=P1ww1IXRfTA&t=917s>

contato dela com o ar em comparação com uma superfície lisa, e isso diminuiu o arrasto aerodinâmico causado pela turbulência na parte de trás da bola. Outro aspecto muito interessante é quando ela gira no ar, como existe maior contato do ar com a superfície a velocidade aumenta significativamente de um lado e diminui de outro, o que amplifica o efeito Magnus², isso desencadeia discussões muito interessantes, porque as bolas de futebol não são feitas que nem a golfe? Ou, é possível gastar menos gasolina transformando a superfície do carro em uma bola de golfe ambulante?³ Apesar de não estarem presentes os subsunçores necessários para ensinar o aluno de acordo, tais aspectos enriquecem ainda mais a discussão sobre o assunto “resistência do ar”, e revela a importância de fazermos esses tipos de conexões, indo além das fronteiras do pensamento dos próprios alunos e segundo Feynman, identificando os interesses mútuos do professor e do aluno. O que importa é que estamos nos divertindo e fazendo ciência. Sabemos que podem existir diversos motivos para os alunos não perguntarem em sala de aula tais como: insegurança, timidez, medo etc. Porém, questionar é a verdadeira extensão do conhecimento (SÁ, SANTOS, JUNIOR, 2019). Feynman ainda comenta isso, quando esteve no Brasil e lecionou na faculdade de engenharia:

“Uma outra coisa que nunca consegui que eles fizessem foi perguntas. Por fim, um estudante explicou-me: se eu fizer uma pergunta para o senhor durante a palestra, depois todo mundo vai ficar me dizendo “por que você está fazendo a gente perder tempo na aula?” Nós estamos tentando aprender alguma coisa, e você o está interrompendo, fazendo perguntas” (FEYNMAN, 2006).

Portanto é importante provocar a turma a fazer perguntas, pois se eles apenas aceitam sem questionar, isso pode criar dificuldades para que a aprendizagem seja significativa, fortalecendo o uso da memorização em sala de aula (SÁ, SANTOS, JUNIOR, 2019, pg. 13). Portanto, tem de existir uma relação de ida e volta entre o professor e a turma, tendo como passo principal de todo o processo a vontade deles em querer aprender. Paulo Freire comenta isso nitidamente:

“[...] não há docência sem discência as duas se explicam e seus sujeitos, apesar das diferenças que os conotam, não se reduzem à condição de objeto, um do outro. Quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender (FREIRE, 1996, p.12).

² Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=fcjaxC-e8oY&list=PL6yasn6G-shxN5H0GoKIIDHEQuu0V70ID&index=2>

³ Uma série de televisão chamada Mythbusters testou essa teoria: <https://www.youtube.com/watch?v=VUIiGhyHC-1A&list=PL6yasn6G-shxN5H0GoKIIDHEQuu0V70ID&index=1>

2.4 Peer instruction no processo de ensino e aprendizagem

Os aspectos tratados anteriormente se referem, em síntese, a *marcha* que escolhemos para nossas aulas, isto é, a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, aliada com as aproximações didáticas do professor Richard Feynman (SÁ, SANTOS, JUNIOR, 2019). Entretanto, em nenhum momento mencionamos como podemos incentivar os alunos a pensar e discutir entre si, ou seja, discutir o conteúdo de física sem o professor. Alguns educadores, dentre eles Paul Hewitt salientam esse aspecto em seu livro *Física Conceitual 2015*:

*[...] Anos atrás, em aulas para 300 ou mais estudantes de cursos não científicos, no City College de São Francisco, EUA, eu incorporei discussões de estudantes em minhas aulas. **“Confira com Seu Vizinho”** era o meu cartão de convite. Antes de seguir para um novo assunto, eu propunha questões de rápida resolução e exortava os estudantes a checarem sua argumentação com seus colegas. **A experiência me ensinou que os estudantes se lembram melhor do que eles dizem, e não do que eles pensam. Meu objetivo era conseguir que eles verbalizassem a física que estavam aprendendo [...]**” (Hewitt, *Física Conceitual*, 2015, cap. 9, pg.161, nossos grifos)*

Podemos ver que Hewitt se refere a uma metodologia muito interessante no qual conhecemos hoje como *Peer Instrucion*. Desenvolvido pelo holandês e professor de física Eric Mazur, da universidade de Harvard, na década de 1990, esse método visa a participação ativa dos alunos em sala de aula. O método se baseia em exposições não tão longas por parte do docente. Após essa exposição, lançamos questões conceituais de múltipla escolha para o grande grupo. Após alguns minutos de reflexão, os alunos devem individualmente selecionar a sua resposta e informá-la ao professor sem revelá-la aos colegas. Isso pode ser feito de maneira analógica, isto é, por meio de cartões de papel, ou de maneira digital através de dispositivos eletrônicos chamados *plickers*⁴.

Após a votação, o professor confere a proporção de acertos da turma. Se 70% da maioria dos alunos respondeu corretamente, o professor deve prosseguir ao próximo tema, ou fazer um breve comentário. Se o índice de acertos ficar menor do que 30% o professor revisa o conteúdo novamente. É de extrema importância que o tempo deve ser administrado para promover a aprendizagem com foco no questionamento dos alunos e para que eles passem mais tempo em classe pensando e discutindo ideias sobre o conteúdo, do que passivamente assistindo exposições orais por

⁴ Disponível em: <https://get.plickers.com/>

parte do professor (ARAUJO; MAZUR, 2013). Os possíveis caminhos que o docente pode tomar ao longo da aplicação do método em sala de aula pode ser visto na figura 1:

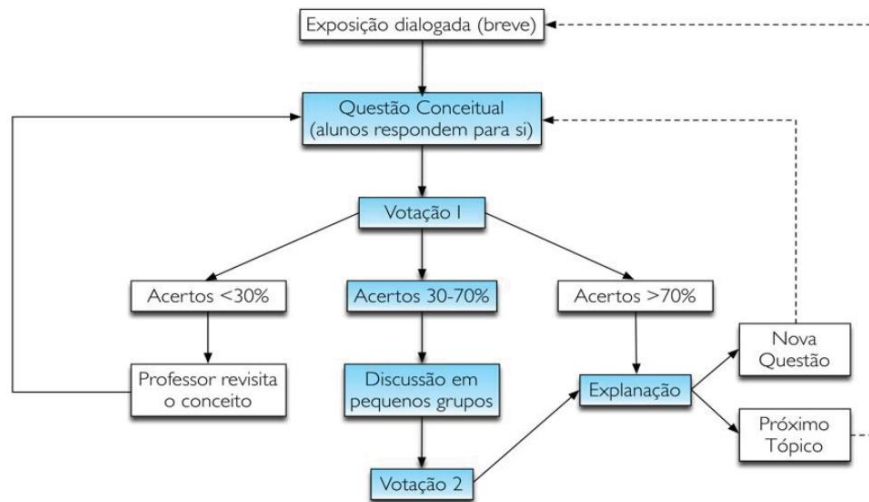


Figura1⁵: Descrição dos possíveis caminhos para a metodologia Peer Instruction.

Outro aspecto que vale a pena ressaltar na teoria de Ausubel, e que também vai ao encontro da metodologia *Peer Instruction*, se encontra nos materiais de apoio adotados para alcançar esta aprendizagem significativa. GLEYSON; SANTOS; JUNIOR (2019) destacam que um material significativo não é sinônimo para um material de extremos, isto é, muito fácil e ou sem profundidade, ou tão complexo que não é capaz de alcançar os alunos. Então eles tratam de materiais significativos se referindo a obras, ou ferramentas de mesmo propósito, que possam fazer conexão com os *subsúnciores* dos alunos. Então mesmo que o objetivo principal do material a ser dado seja para auxiliar a turma em seus estudos de Física, se não houver uma adaptação a possíveis conhecimentos prévios, ele não será eficiente, levando a uma aprendizagem puramente forçada como concluem os pesquisadores.

Porém, isso não basta. Para isto o professor deve utilizar uma abordagem de despertar no aprendiz ideias preexistentes. Segundo MOREIRA (2013):

“Um material instrucional será potencialmente significativo se estiver bem organizado, estruturado, aprendível, e se o aprendiz tiver conhecimentos prévios que lhe permitam dar significados aos conteúdos veiculados por esse material.”

⁵ Retirado de (ARAUJO, MAZUR, 2013)

Ou seja, vemos indiretamente as ideias de Feynman nesse parágrafo. Se nos restringirmos apenas a definições e equações sem fazer a devida conexão fenomenológica o material educativo perde sua consistência e será muito mais um manual para consulta do que algo que complemente as aulas, como aponta MOREIRA (2013):

“Usar o livro, ou a apostila, como único texto é apresentar uma única visão, é usá-lo como um manual. Manuais são para treinar, não para educar.”

Portanto, se faz necessário que estes materiais de apoio tenham uma certa coerência lógica e um paralelismo com as aulas que serão dadas e que também tenham uma diversidade de ideias sobre um mesmo assunto, assim como vídeos de experiências ou conteúdos que aprofundem mais certos aspectos tratados no texto e que complementem a leitura.

Para isso, buscamos na literatura livros que aprofundassem o conteúdo de física de uma forma simples e intuitiva e que não se preocupassem num primeiro momento com fórmulas e equações. Escolhemos o livro de Paul Hewitt, *Física Conceitual* (2015) por se encaixar muito bem em nossa lógica de pensamento. Até por que Paul Hewitt conheceu Feynman e suas ideias serviram de grande inspiração para ele fazer o seu livro (Hewitt, *Física Conceitual*, 2015, p.6). Em seu livro possui uma interessante discussão a respeito do que estamos dispostos a construir aqui:

“[...]Meu lema desde então tem sido que, se um primeiro contato com a Física for prazeroso, o rigor de uma disciplina será bem-vindo.” (Hewitt, *Física Conceitual*, 2015, p.209)

2.5 A importância da Física Experimental na sala de aula

Até agora discutimos a estrutura didática da aprendizagem do conteúdo em sala de aula, porém, como estamos falando de Física e sua conexão com a realidade, nada mais sensato do que discutir e fazer experimentos em sala de aula baseando-se nas ideias de Feynman. Isso poderá nos ajudar na criação de novos *subsunçores* que auxiliem na aprendizagem dos alunos incentivando sua criatividade, imaginação e curiosidade, como aponta (GLEYSON, SANTOS, JUNIOR, 2019). Entretanto, existem certos cuidados com a prática de física experimental que devemos tomar. Em uma palestra de 1964, sobre o *método científico*, Richard Feynman, quando se referindo a ele, em tom de brincadeira⁶ argumenta:

⁶ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=0KnimDq4cSU>

"[...]agora vou discutir como procuraríamos uma nova lei[...]em geral, procuramos uma nova lei pelo seguinte processo: primeiro adivinhamos! [...] não riam! [...] essa é a pura verdade[...]então nós computamos as consequências do palpite para ver se isso está certo[...]comparamos esses resultados de computação com a Natureza, isto é, comparamos com a experiência, para ver se funciona[...] se não concorda com a experiência está ERRADO! E nessa afirmação simples está a chave para a ciência[...] não faz diferença quão bonito é o seu palpite, não faz diferença o quão inteligente você é, ou quem fez o palpite[...] ou qual é o nome dele[...]se não concordar com o experimento, está ERRADO."

Obviamente que Feynman está se referindo às ciências da natureza, com ênfase na Física. Entretanto, se tomarmos o raciocínio contrário ao de Feynman, isto é, a partir da observação da natureza “*computarmos*” um “*palpite*”, ou seja, uma nova lei, sabemos que isso que estamos fazendo é síntese da física aristotélica (LANG, PEDUZZI, 2006). Como apontam LANG, OSTERMANN (2002); LANG, PEDUZZI (2006) e BORGES (2002) surgem certos problemas pois os alunos aprendem as noções de erros experimentais através da aplicação das teorias descobertas. LANG, OSTERMANN (2002) exploram a tentativa de *descobrir* uma lei para o movimento do pêndulo simples através de uma análise experimental relacionando o período deste com o comprimento do fio. Depois de várias medidas chegamos em um resultado, porém, vemos que para todos os pontos no gráfico de $T = T(l)$, onde T é o período e l o comprimento do fio, existe sempre uma curva que se ajusta melhor aos dados experimentais. Logo, do ponto de vista experimental, é aquela que se ajusta melhor aos dados, mas do ponto de vista matemático, sempre existirá uma curva (2) que será melhor que a curva (1), porém outra curva (3) que fará um ajuste melhor que a curva (1) e (2) e assim sucessivamente. Portanto, existe um paradoxo, pois o empírico nos diz que existe uma e somente uma lei para o pêndulo simples, mas a matemática nos diz que essa lei nunca é atingida! Então, os dados experimentais e a análise matemática não dão conta da explicação do fenômeno como salienta LANG, OSTERMANN (2002):

“Os resultados experimentais, combinados com a matemática e alguns critérios formais, não são suficientes para produzir conhecimento científico.”

Em resumo, devemos explicar para a turma que quando estivermos tendo a atividade experimental em sala o fato de a observação do fenômeno diferir um pouco do que construímos conceitualmente é por termos feito uma aproximação teórica para o experimento, explicando para a turma que a física teórica não está errada em predizer tal resultado por ter dado tal diferença, mas que os resultados diferem pois fizemos uma aproximação do mundo real e que

podemos, a qualquer momento, para ter uma maior precisão, considerar mais fatores que influenciam o experimento em questão, tornando a sua análise mais complexa. Essa parte é crucial, pois devemos mostrar para a turma que tanto a física teórica quanto a experimental são importantes para a construção de uma ciência que chamamos de Física. Como argumenta A. Tarciso Borges (2002)

*” Sem dúvida que as teorias físicas são construções teóricas e expressas em forma matemática; mas o conhecimento que elas carregam só faz sentido se nos permite compreender como o mundo funciona e porquê as coisas são como são e não de outra forma. Isso não significa admitir que podemos adquirir uma compreensão de conceitos teóricos através de experimentos, **mas que as dimensões teórica e empírica do conhecimento científico não são isoladas.** Não se trata, pois, de contrapor o ensino experimental ao teórico, mas de encontrar formas que evitem essa fragmentação no conhecimento, para tornar a aprendizagem mais interessante, motivadora e acessível aos estudantes.” (Borges, 2002, nosso grifo)*

Ou ainda, Einstein:

*“Sabemos agora que a ciência não pode se desenvolver apenas a partir do empirismo; nas construções da ciência, **precisamos da invenção livre,** que só a posteriori pode ser confrontada com a experiência para se conhecer sua utilidade. Este fato pode ter escapado às gerações anteriores, para as quais a criação teórica parecia desenvolver-se indutivamente a partir do empirismo, sem a criativa influência de uma livre construção de conceitos. (Einstein apud Pais, 1995 p. 14, nosso grifo)”*

E Popper:

*“Ora, está longe de ser óbvio de um ponto de vista lógico, haver justificativa no inferir enunciados universais de enunciados singulares, independentemente de quão numerosos sejam estes; com efeito, qualquer conclusão colhida desse modo sempre pode revelar-se falsa; **independentemente de quantos cisnes brancos possamos observar, isso não justifica a conclusão de que todos os cisnes são brancos.**” (Popper, 1985, p. 27/28, nosso grifo)*

Tanto Borges quanto Einstein e Popper se referem ao fato da teoria e prática andarem sempre juntas, “*precisamos da invenção livre (Einstein, 1995)*”, mas “*só faz sentido se nos permite compreender como o mundo funciona e porquê as coisas são como são e não de outra forma (Borges, 2002)*”, e claramente que “*independentemente de quantos cisnes brancos possamos observar, isso não justifica a conclusão de que todos os cisnes são brancos*” (Popper, 1985, p. 27/28).

Tais aspectos devem ser levados em conta em nossa regência, dando uma visão clara e científica de nossa realidade, pois se não, podemos induzir em algumas pessoas que “*a física só existe para ter uma matemática II no ensino médio e complicar ainda mais a situação[...]*” ou “*A física não explica nada, eu estou vendo aqui, o experimento discorda dos cálculos[...]*”. A física está muito longe de ser um aglomerado de fórmulas, que precisamos saber para passar em provas ou trabalhos, ou que descreve, e não descreve nada ao mesmo tempo, longe desses aspectos primitivos, devemos mostrar para os alunos que é uma ciência que se comunica com a Natureza, filosoficamente e matematicamente.

2.6 O papel da Astronomia, História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física:

O professor Stephen Hawking certa vez disse que⁷:

“Lembre-se de olhar para as estrelas e não para os seus pés, tente entender o que você vê, e imagine o que faz o universo existir... Seja curioso.”

Sabemos que despertar ou aumentar o interesse dos estudantes por assuntos específicos ou gerais da Ciência tem sido um dos desafios de todos os educadores (Carvalho, Zanitti, Felicidade, Gomes, Dias, Coelho, 2016). A Astronomia estuda o Universo e é considerada uma das ciências mais antigas desenvolvidas por nós seres humanos⁸. Ela desperta o interesse e a curiosidade de diversas pessoas independentemente do seu ramo científico ou religioso. Quem nunca se perguntou “*O que tem na borda do universo?*” “*O que acontece dentro de um buraco negro?*” essas, e outras perguntas de cunho filosófico servem de motivação para entendermos nossa realidade como um todo. Sabemos que um dos grandes triunfos da mecânica de Newton foi unir o céu e a Terra utilizando as mesmas leis de movimento, e nada mais instigante do que trazer para a sala de aula o uso da astronomia para estudar o movimento das coisas.

CARVALHO, ZANITTI, FELICIDADE, GOMES, DIAS, COELHO (2016), em estudo realizado com 341 alunos do Ensino Médio em São João Del Rey, Minas Gerais, buscaram avaliar o interesse e o contato prévio dos alunos participantes com os temas abordados sobre Astronomia utilizando o programa de simulação *Stellarium*⁹, por meio de questões aplicadas antes e após a atividade. Os resultados sugeriram que a maioria dos alunos

⁷ Disponível em: <https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/o-que-fez-de-stephen-hawking-um-dos-cientistas-mais-influentes-da-historia.ghtml>

⁸ Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20042/felipe/historia.html>

⁹ Disponível em: <https://stellarium.org/pt/>

pesquisados se interessa por Astronomia e já teve algum contato prévio com a área, mas também apontou uma possível relação entre a carência de conhecimentos específicos e a desinformação como motivos para a falta de interesse nas diversas áreas da Ciência e entendem a necessidade de mais pesquisas na área de ensino para identificar se estudantes realmente possuem um interesse especial em Astronomia e, sobretudo, como esse interesse se origina e se desenvolve, uma vez que o contato com temas de Astronomia é, muitas vezes, escasso e/ou difuso na Educação Básica formal e ocorre com frequência por meio de situações não formais ou informais de ensino (Carvalho, Zanitti, Felicidade, Gomes, Dias, Coelho, Pg. 13, 2016). Então pode-se concluir que astronomia pode e deve ser utilizada no ensino médio para *despertar algo dentro dos alunos* que possivelmente eles desconheciam. Entretanto existem certos obstáculos que devem ser levados em conta pois, a Astronomia, sendo uma das anciãs da Ciência, carrega consigo uma história muito rica e muito complexa, e nosso objetivo ao trazê-la para o ensino médio, é evitar que o conhecimento no qual vamos transmitir sobre o mundo vem apenas da experiência sensorial.

Segundo LANG, PEDUZZI (2006), o empirismo, como concepção sobre o conhecimento científico, afirma que os cientistas obtêm as teorias científicas tais como leis, princípios, etc. a partir da observação, da experimentação e de medidas. Ao fazer um relato sobre um episódio de descoberta científica, a história da ciência empirista apresenta os dados e os resultados observacionais/experimentais a partir dos quais o cientista, aplicando as regras do método científico, produziu conhecimento. O processo empirista realiza além dos aspectos citados anteriormente, a linearização da história e filosofia da ciência, e acaba transformando-a em uma espécie de *caricatura* como vemos em alguns livros:

“Embora não se possa dizer que exista uma história da ciência nos livros texto do ensino médio, e também universitários, de um modo geral, mas sim uma caricatura dessa história, ela é consistente com a epistemologia empirista. Independentemente do seu grau de sofisticação[...]existe uma outra história, muito mais rica e complexa, sobre a produção do conhecimento científico.” (LANG, PEDUZZI, Pg. 2, 2006)

Por exemplo, se pegarmos os experimentos de Galileu sobre a Torre de Pisa e sua ideia de movimento, na concepção empirista, veremos que é ele o fundador do método científico e produziu a teoria da queda dos graves a partir da observação e da experimentação. Somente depois de fazer experimentos, largando objetos do alto de uma torre, constatou experimentalmente que, não importando quais eram os seus pesos, eles atingiam o pé da torre ao mesmo tempo, e que, portanto, a teoria aristotélica estava errada (Lang, Peduzzi, 2006). Se observarmos sobre o ponto de vista da história e filosofia da ciência, de acordo com os pesquisadores:

“Mesmo tendo Copérnico lidado com alguns desses problemas a partir do conceito de impetus, introduzido por Jean Buridan (PEDUZZI, 1998), Galileu considerava que apenas uma nova física poderia superar todas essas dificuldades. Assim a Física de Galileu, em especial a teoria do movimento, foi fortemente motivada na necessidade de dar suporte à teoria de Copérnico, isto é, de superar as objeções mecânicas ao movimento da Terra. A única alternativa para colocar a Terra em movimento era criar uma nova teoria dos movimentos.” (LANG, PEDUZZI, grifo original, Pg. 8, 2006)

Para romper tais argumentos antigos, Galileu primeiramente precisaria abandonar a tradição da análise do movimento pelas suas causas, que remetia os tempos de Aristóteles (LANG, PEDUZZI, Pg. 8, 2006). Em sua obra *Duas Novas Ciências*, ele afirma:

“Não me parece ser este o momento oportuno para empreender a investigação da causa da aceleração do movimento natural, a respeito da qual vários filósofos apresentaram diferentes opiniões... Estas fantasias, e muitas outras, conviriam ser examinadas e resolvidas com pouco proveito (GALILEI, 1988, p.164, nosso grifo).”

Isto é, Galileu estava interessado em estudar o movimento e não a suas causas, e até a ideia de *lugar natural* era questionável pois ele acreditava na teoria copernicana para o sistema solar, e de acordo com os aristotélicos, os *graves* caíam devido à *tendência natural* que têm em se dirigirem para o centro do universo. Para onde, então, iriam, se a Terra não estivesse mais nesse centro? LANG, PEDUZZI (2006), o que se verifica mais adiante em sua fala:

“Antes de tudo convém investigar e explicar a definição que corresponde convenientemente a esse movimento, tal como a natureza o utiliza. [...] O que acreditamos ter finalmente descoberto depois de longas reflexões [...] finalmente, no estudo do movimento naturalmente acelerado, fomos, por assim dizer, conduzidos pela mão graças à observação das regras seguidas habitualmente pela própria natureza em todas as suas outras manifestações nas quais faz uso de meios mais imediatos, mais simples e mais fáceis. [...] Quando, portanto, observo uma pedra que cai de uma certa altura a partir do repouso e que adquire pouco a pouco novos acréscimos de velocidade, porque não posso pensar que tais acréscimos de velocidade não ocorrem segundo a proporção mais simples e óbvia? Se considerarmos atentamente o problema, não encontraremos nenhum acréscimo mais simples que aquele que sempre se repete da mesma maneira. [...] concebemos no espírito que um movimento é naturalmente acelerado, quando em tempos iguais quaisquer, adquire aumentos iguais da velocidade (GALILEI, 1988, p. 156-160, nossos grifos).”

Galileu além de construir uma nova interpretação para o movimento das coisas, como sabemos, ele se utiliza de argumentos *metafísicos* para defender sua teoria do movimento “[...]própria natureza em todas as suas outras manifestações nas quais faz uso de meios mais imediatos, mais simples e mais fáceis. [...]” de certa maneira nesse argumento, Galileu defende a mínima ação sobre o sistema, estudada a posteriori por Maupertuis anos depois¹⁰, ou seja,

¹⁰O princípio da mínima ação estabelece que em todos os fenômenos naturais, uma quantidade chamada "ação" tende a ser minimizada. Maupertuis desenvolveu este princípio ao longo de duas décadas. Para ele a ação podia

contrariamente ao dilema da epistemologia empirista¹¹ (Lang, Peduzzi, Pg. 5, 2006). Segundo (POLITO, 2015, p. 5-6), no sentido aristotélico, o movimento consiste em uma contínua sucessão de lugares ocupados onde último, corresponde ao chamado “*lugar natural*”, sendo que cada espaço ocupado pelo corpo em queda é compreendido de maneira absoluta, isto é, **independentemente de qualquer referencial**. Tais argumentos diferem do entendimento Galileu de que o movimento depende do referencial:

*“Galileu conseguiu conceber o movimento como atributo exclusivamente relativo, de tal modo que ele não constituía mais algo similar a uma propriedade essencial, ou seja, **intrínseca, dos corpos**. [...] **Movimento e repouso passaram a ser concebidos como sendo apenas estados diferentes associados a um mesmo corpo, o que significa que são, intrinsecamente, dependentes da descrição de um observador** (POLITO, p. 13, nossos grifos, 2015).”*

Ou seja, podemos tratar o *movimento naturalmente acelerado* no qual Galileu se refere, como sendo um movimento de queda, a partir do repouso, sem a necessidade de se procurar ideias, como a de *lugar natural*, que sabemos que não está correta, para explicar por que tal movimento tende ao chão:

“Não me parece ser este o momento oportuno para empreender a investigação da causa da aceleração do movimento natural[...], Antes de tudo convém investigar e explicar a definição que corresponde convenientemente a esse movimento, tal como a natureza o utiliza[...].” e é a partir dessas investigações que *“[...] concebemos [...] um movimento[...] naturalmente acelerado, quando em tempos iguais quaisquer, adquire aumentos iguais da velocidade (GALILEI, 1988, p. 156-160,)*

e além do mais ele afirma que esse movimento pode se dar no vácuo, o que vai contra a argumentação fortemente estruturada e defendida pelos aristotélicos de que o vácuo não é um meio físico e não pode receber, transmitir e manter um movimento” (PEDUZZI, 2008, p.134). E isso se verifica também na escrita de KOYRÉ:

*“[...] Galileu não entendia a gravidade como sendo uma atração mútua entre os corpos, como faria Newton anos depois, **mas relacionava-a com a massa (nas palavras do cientista, quantidade de matéria)**. **A mente galileana não concebia a gravidade como uma força que atua sobre o corpo, mas algo que pertence a este. Por conta disso, a gravidade seria invariável no tempo e no espaço, de modo que qualquer corpo “pesa o que pesa, sempre e em qualquer***

ser expressa matematicamente como o produto da massa do corpo implicado, a distância percorrida e a velocidade a que se viaja. Mais tarde, o princípio, ganhará uma interpretação mais rigorosa com os trabalhos de Euler, Lagrange e Hamilton por volta de 1833.

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Mec%C3%A2nica_hamiltoniana

¹¹ Retirado de (LANG, PEDUZZI, Pg. 5, 2006). Um dos dogmas do empirismo, exacerbado na versão do positivismo lógico do Círculo de Viena, é que ciência se faz sem metafísica. Como a metafísica não tem fundamentação empírica, os positivistas lógicos consideraram as ideias metafísicas carentes de significado cognitivo.

sítio, e cai com a mesma velocidade, seja ele colocado onde for: muito perto do centro da Terra ou, ao contrário, nas estrelas” (KOYRÉ, 1986, p. 342, nosso grifo).”

Por outro lado, segundo Aristóteles, e de acordo com Carlo Rovelli, 2014, p.7:

*“O movimento violento é causado por um agente externo. Isso é bom. **Mas as premissas de Aristóteles o levam a supor que o efeito direto do agente cessa no momento em que ele para de agir.** Isso força-o, a uma explicação complicada e intragável do por que uma pedra continua subindo por dado tempo, depois de ter deixado minha mão. A explicação provisória de Aristóteles é baseada no efeito do fluido circundante e não é convincente. **Isso levou às teorias medievais do ímpeto e foi um fator importante para o avanço subsequente da física. As dificuldades internas de uma boa teoria são a melhor dica para avançar nossa compreensão. O mesmo aconteceu, por exemplo, com a igualmente desagradável ação newtoniana à distância, que foi a chave para os avanços de Einstein.**”*(nosso grifo)

Galileu, como sabemos, construiu um sentido maior para o movimento que é imprimido à pedra, ou a qualquer coisa:

“[...] deve-se observar que um grau de velocidade qualquer, uma vez comunicado a um móvel, imprime-se nele de forma indelével por sua própria natureza, desde que não intervenham causas externas de aceleração ou retardamento; [...]” (EN, 8, p. 243; Galilei, 1988, p. 213).”

Entretanto, ainda carregou a ideia de “violência sobre pedra”, o que não deixa de ser, filosoficamente falando. Segundo Carlo Rovelli 2014, p.9, essas concepções de Aristóteles e a reinterpretção desses movimentos feita por Galileu não deixam de ter o seu valor para a Física que conhecemos hoje:

*“[...] Ainda se pode reconhecer a embarcação do velho Aristóteles, depois de muitos reparos e melhorias, na estrutura conceitual da física teórica moderna. A distinção newtoniana entre movimento inercial e movimento devido a uma força, ou **a distinção da física moderna entre os termos cinético e de interação na ação ainda são traços diretos da distinção aristotélica entre movimento natural e violento**”* (ROVELLI, 2014, p.8, nosso grifo)

Ainda vale salientar que, em uma nota de rodapé o autor comenta sobre a inversão que Newton fez sobre o movimento natural e violento:

*“Não creio que seja apenas uma analogia, discordando de alguns parceiros deste artigo. Pensar que os corpos aristotélicos se movem naturalmente como resultado de um esforço interno que é o análogo aristotélico de uma força que atua constantemente sobre o objeto é possível, mas na minha opinião é **um anacronismo excessivo: é em termos newtonianos que nós digamos que um corpo cai por causa da força da gravidade. Mas para poder dizê-lo, Newton teve que nos dizer o que acontece com um corpo sobre o qual nenhuma força atua, que é o propósito de sua primeira lei. Em outras palavras, ele ainda tinha que dizer o que é movimento natural: um movimento sobre o qual nenhuma força atua. Assim, Newton ainda está usando (e fazendo muito bom uso) a distinção original de Aristóteles entre movimento natural e violento. Ele simplesmente interpreta a queda como um movimento violento e identifica um agente: a gravidade.**”* (ROVELLI, 2014, p.8, nosso grifo)

Roberto Martins (1998), p. 18, vai um pouco além comenta sobre essa distinção que gerou grandes debates na física teórica:

“Qual é, afinal, a última causa do movimento no universo? Essa foi a dúvida filosófica fundamental que motivou o conceito de movimento natural. Descartes e Newton chegaram à solução final desta questão?” Não. A mecânica clássica simplesmente descartou esta questão, adotando a equivalência entre movimento e repouso e afirmando que não é necessário explicar a permanência dos estados de movimento ou repouso. No entanto, a velha dúvida filosófica permaneceu como um fantasma em segundo plano, e essa era a razão pela qual Newton ainda se referia à vis inertiae ou vis insila como a causa do movimento.” (MARTINS, 1998, p.18, nosso grifo)

E conclui da seguinte maneira:

“Do ponto de vista filosófico, o conceito de movimento natural - um movimento simples produzido por uma causa essencial interna - era altamente atraente. No entanto, às vezes acontece que um conceito filosófico muito bom pode bloquear o desenvolvimento da ciência, em vez de auxiliar seu progresso. O desenvolvimento do pensamento científico exige, por vezes, o abandono de antigos problemas e conceitos - não porque sejam obviamente inadequados, mas porque trazem uma série de questões que ninguém consegue responder.” (MARTINS, 1998, p.18, nosso grifo)

Entretanto como bem sabemos, trazer esses conceitos sobre o movimento das coisas para os alunos não deixa de ser algo muito interessante, e é possível ver que Galileu estava no meio dessas concepções, construindo, ao longo de 28 anos, o princípio da inércia:

“Galileu fez um grande avanço em entender o movimento quando ele descobriu o princípio da inércia: se um objeto é deixado sozinho e não é perturbado, ele continua a se mover com uma velocidade constante em uma linha reta se originalmente ele estava se movendo assim, ou continua parado se ele estava parado. Obviamente, este nunca parece ser o caso na natureza, pois se deslizamos um bloco através de uma mesa ele para, mas isso acontece porque ele não foi deixado sozinho – ele está se atritando com a mesa. É necessária uma certa imaginação para achar a regra certa, e essa imaginação foi fornecida por Galileu. Obviamente, a próxima coisa necessária é a regra para achar como um objeto muda a sua velocidade se alguma coisa o está afetando. Esta foi a contribuição de Newton[...]” (FEYNMAN, 2008, Vol. 1 Cap. 9, nossos grifos)

A de se perguntar também, porque continua a se mover? Segundo Feynman: “*Não sabemos, mas isso é o que acontece.*” Apesar de estarmos indo contra os pensamentos aristotélicos, não devemos esquecer, antes de tudo, que suas teorias serviram de base para que outros enxergassem mais longe:

“Aristóteles deve ser considerado como parte da história que nos trouxe até o presente. A continuidade entre Aristóteles e Newton passando por Galileu, é, na minha opinião, evidente. Einstein não é concebível sem o trabalho anterior de Newton, Newton é inconcebível sem o trabalho

anterior de Galileu e Galileu é inconcebível sem a física magistral de Aristóteles.” (ROVELLI, 2014, p.10)

O fato, que não se pode negar é que “*existe uma outra história, muito mais rica e complexa, sobre a produção do conhecimento científico* e que deve, na medida do possível, ser levada para sala de aula, pois geralmente os *subsuno*res dos alunos estão baseados na física de Aristóteles, e desconstruir ao poucos tais concepções, nos ajuda a ter uma melhor compreensão da Filosofia Natural que Newton se refere.

3. OBSERVAÇÕES E MONITORIA

3.1 Caracterização da Escola

O Centro Estadual de Formação de Professores General Flores da Cunha é uma das escolas estaduais, mas conhecidas da capital do Rio Grande do Sul. Fundada em 1865, durante os tempos do Império com o nome de Escola Normal da Província de São Pedro do Rio Grande do Sul é o mais antigo estabelecimento de ensino secundário e de formação de professores da cidade. Foi nomeado em homenagem ao governador do Rio Grande do Sul e general do exército brasileiro, José Antônio Flores da Cunha, natural de Santana do Livramento. O Instituto teve e tem grande importância na construção do universo educacional gaúcho e porto-alegrense, com seus cursos primário, secundário e de magistério. A escolha pelo Instituto de Educação para realizarmos nosso estágio foi porque cursamos da educação infantil até o ensino médio nesta instituição.



Figura 2¹²: Centro Estadual de Formação de Professores General Flores da Cunha.

¹² Fonte: <https://www.extraclasse.org.br/educacao/2021/10/aporte-milionario-prepara-cessao-de-predio-do-instituto-de-educacao-a-empresa-privada/>

Diversas personalidades gaúchas passaram por esta instituição, dentre elas, a cantora Elis Regina, que mais tarde se transformaria numa das maiores intérpretes da música popular brasileira.

O Instituto de Educação foi o primeiro local no Estado onde foram introduzidas metodologias pedagógicas e de formação de professores que tiravam partido das novas pesquisas em psicologia no início do século XX. O Instituto de Educação está localizado na Av. Osvaldo Aranha 527, próxima à faculdade de educação (FACED-UFRGS) mas, atualmente, a sede está deslocada para um endereço temporário na rua Cabral 621, bairro Rio Branco, antiga Escola Estadual Roque Callage, pois a sede principal está em reforma desde 2016 com previsão de entrega da obra para agosto de 2023. O Instituto de Educação possui um forte vínculo com a UFRGS, pois é a escolha de diversos alunos do Residência Pedagógica (RP) e do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) para implementação de seus projetos de ensino e pesquisa.

A sede principal do Instituto de Educação tem diversos recursos didáticos e de infraestrutura, como salas de laboratório, biblioteca, sala de informática, centro de línguas estrangeiras (CLE), anfiteatros, salas de vídeo, dois ginásios esportivos onde se pode realizar a disciplina de educação física, um deles é para quando chove. Sabemos que tais recursos mencionados anteriormente, são, hoje em dia, para escolas públicas estaduais, artigos de luxo.



Figura 3¹³: Fachada da sede temporária do Instituto de Educação General Flores da Cunha.

A escola atende estudantes de diferentes zonas da capital, existindo ali um ambiente extremamente heterogêneo. No endereço temporário, na rua Cabral 621, a escola possui dois andares: o primeiro consiste na parte administrativa e o segundo em salas de aulas. Conta com

¹³ Fonte: <https://www.google.com.br/maps>

recursos de xerox, sala de vídeo, um Datashow, salas de aula em ótimas condições e bem iluminadas, todas com quadro branco, ventiladores de teto, estantes de livros, uma biblioteca, uma sala de vídeo e dois kits de projetores. A quadra de esportes foi vendida pelo Estado para a escola Leonardo da Vinci, vizinha ao Instituto.

3.2 Caracterização das turmas:

O aspecto mais interessante em observar as turmas 114, 213 e 313, foi a heterogeneidade. Outro aspecto a ser destacado foi a distinção de maturidade. O terceiro ano do médio, não parece estar muito focado na aula, enquanto que o segundo e primeiro, participam das atividades propostas, é um período meio conturbado pois, estamos voltando presencialmente, pós pandemia.

A turma 114, no qual vamos trabalhar era constituída por 23 alunos, entretanto com as despesas necessárias par ir até a escola, esse número foi reduzido para 11. As idades eram diversas, indo de 14 até 16 anos. Dentre todas, esta turma me pareceu a mais comprometida em realizar as atividades propostas. Por isso percebemos uma relação de união entre eles, mesmo com demarcações claras entre os grupos de convívio, o sentimento coletivo prevalecia. Foi muito bonito de ver o crescimento individual de cada um, não somente no conteúdo de Física, propriamente dito, mas na maneira como eles encaravam a Física. Aplicamos o questionário *Atitudes em relação à Física* e ficamos surpresos que grande parte da maioria dos alunos gosta de matemática, e muitos querem fazer curso superior, psicologia, engenharia, programador, biomedicina, técnico em eletrônica etc. Uma turma focada, e ao nosso ver comprometida em aprender, além de muito espertos e inteligentes. Quando perguntados sobre o conteúdo que gostariam que fosse abordado em sala de aula, as palavras, *gravidade, viagem no tempo, mecânica quântica* foram as de destaque, ficamos surpresos com a resposta de uma das alunas. Quando perguntada sobre o conteúdo a ser abordado nas aulas de física ela escreve:

“Todos possíveis do mais simples ao mais complexo”

O que vai ao encontro com nosso referencial teórico¹⁴. Então, interpretando as dificuldades, as motivações e as necessidades que apareceu para nós no questionário dos alunos, vamos tentar mostrar para eles como enxergamos a Física e como ela pode ser divertida quando a compreendemos.

¹⁴ Ver página 12.

3.4 Relato das observações em sala de aula

Observação 1

Dia 01/07/22

turma 114, professor 1

Início: 16h05min

Término: 16h55min, 10 alunos presentes, dentre eles 4 meninos e 6 meninas, dois períodos observados.

Chegamos à instituição pela primeira vez, e entregamos para a direção, os papéis necessários para o início de nosso estágio na escola. Encontramos após essa entrega, o professor titular da disciplina de Física. Conversamos sobre a turma que vamos aplicar nossa unidade didática, a turma 114. Esta turma possui um número de onze alunos, pois, devido aos gastos econômicos com o transporte, alguns pais tiraram seus filhos dessa escola. A turma 114 está estudando MRU, Movimento Retilíneo Uniforme, e o professor fez um teste com eles nesse dia, porém como a escola ficou sem luz várias semanas antes do dia primeiro de julho, nas palavras do professor “*Eles esqueceram de como se faz as contas*”, se referindo à turma 114, portanto o professor utilizaria o teste como exercício de revisão para uma futura prova. Chegamos na sala e fomos apresentados à turma. Como estudamos na mesma escola desde que éramos crianças, está sendo uma grande alegria poder voltar para dar aula. “*Fomos alunos da casa!*”, falamos, no momento de nossa apresentação para a turma 114. Sugerimos criar um grupo no WhatsApp para poder tirar as dúvidas dos alunos e distribuir materiais de apoio. O ambiente da sala é padrão, ou seja, classes, cadeiras, quadro branco, possui uma estante de livros a direita da porta de entrada, ventiladores de teto e quadro de avisos.

Após a apresentação fomos para o fundo da sala e o professor deu início a sua aula. A discussão foi voltada para a resolução de problemas da prova que está em anexo a esse trabalho, a prova está bem organizada, e com um objetivo bem definido, antes de começar pela questão 1 o professor fez uma revisão no quadro sobre MRU, Movimento Retilíneo Uniforme, desmembrando os termos: M, R e U. O docente explicou a definição de velocidade média, ressaltou que em alguns momentos da trajetória de um *móvel* essa velocidade vai ser igual a velocidade instantânea.

Notamos que durante a explicação do referencial alguns alunos fizeram umas caretas do tipo: “*o que?*” mesmo assim não perguntavam nada, percebemos esse aspecto pois a maioria estava sem máscara.

O professor tentou a todo momento estabelecer uma comunicação de troca de ideias entre ele e os alunos, porém, muitas vezes, não obtinha resposta para suas perguntas, tendo que as responder por conta própria. No momento de relembrar a função horária da posição, $s = s_0 + vt$, o docente disse: “*lembram.... o pessoal usa sorvete para essa fórmula*” depois de alguns exercícios, uma das alunas disse para seus colegas: “*Ahhh olha só meu, tu tens que usar o sorvete, o sorvete é a resposta para tudo hahahahah*”.

O professor, muito atencioso, passava nas classes para ver se os alunos não tinham dúvidas na realização dos exercícios propostos. Os momentos finais da aula tiveram essa didática. No final do período o professor conversou conosco a respeito dos temas que poderíamos utilizar, e ele acredita que o conteúdo sobre queda livre será um bom tema.

Observação 2

Dia 08/07/22

Turma 114 no período de matemática, professor 2

Início: 13h20min

Término: 15h00min, 10 alunos presentes, dentre eles 4 meninos e 6 meninas, dois períodos observados.

Perguntamos para o professor se poderíamos observar a sua aula de matemática, ele concordou, nos alertando que estava com enxaqueca. Feito isso, fomos para o fundo da sala e o professor seguiu com o seu conteúdo programático, o estudo do sinal da função afim e suas raízes. Durante esse intervalo de tempo, alguns dos alunos estavam no celular, outros copiavam e conversavam, existindo muitas conversas paralelas naquele momento. O docente perguntou, passados alguns minutos, se todos tinham copiado, e deu início a sua explicação da matéria, durante esse momento ninguém perguntava, mas todos olhavam para ele. Depois dessa explicação do conteúdo, o professor passou exercícios no quadro onde os alunos tinham que encontrar os zeros das funções afins conforme explicado anteriormente. No momento da correção, faltando vinte minutos para acabar o segundo período, notei que a maioria dos alunos

tinham dificuldade com frações e troca de sinais em uma igualdade, e muitos gostavam de fazer tudo de *cabeça*, isto é, sem escrever o desenvolvimento do exercício no caderno, demonstrando ser um obstáculo nas aulas de física pois a turma estava vendo MRU e entrará em Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV), onde teremos que trabalhar com exercícios que se relacionam com essas operações matemáticas elementares. Portanto, devemos levar em conta essas dificuldades durante nosso período de regência.

Após a correção de alguns exercícios, o professor encerrou a sua aula. Acreditamos que a aula muito calma devido à condição de saúde que o professor se encontrava naquele dia. Os alunos também muito tranquilos.

Observação 3

Dia 08/07/22

Turma 114 nos períodos de Física, professor 1

Início: 16h05min

Término: 16h55min, 10 alunos presentes, dentre eles 4 meninos e 6 meninas, dois períodos observados.

Na aula do dia 01/07/22, o professor 1 tinha finalizado o conteúdo de MRU e nessa aula deu sequência ao conteúdo de MRUV. Fomos para o fundo e o professor seguiu com o conteúdo programático. Ele fez então uma breve revisão verbal dos conceitos do MRU para introduzir o conceito de aceleração média como o resultado da variação de velocidade ao longo de um intervalo de tempo, escrevendo na lousa. Após isso, seguiu com as principais características desse movimento acelerado onde a trajetória é retilínea, a velocidade aumenta ou diminui uniformemente, e a aceleração é diferente de zero e constante. Nesse momento, algumas perguntas surgiram por parte dos alunos com relação ao aumento ou diminuição da velocidade.

A dificuldade estava em entender a conjunção coordenativa “ou” no sentido de exclusão, o professor então comentou em cima da sentença, reconhecendo que a dúvida era de cunho interpretativo. Para ressaltar esses aspectos em um exemplo, o docente montou uma tabela onde em um dos lados estava o tempo em segundos: 0,1, 2, 3 segundos e a velocidade do outro em correspondência: 4, 8, 12, e 16 metros por segundo. É importante ressaltar que o professor deixou bem claro na sua explicação de que maneira a velocidade de um móvel está variando, mostrou que existe um crescimento gradual da velocidade, isto é, de 4 metros por

segundo a cada segundo e de que a aceleração média corresponde exatamente a esse valor nesse caso.

O professor então seguiu com exemplos onde os alunos tinham que analisar tabelas e responder se o movimento era uniforme e variado, nada foi dito a respeito do movimento se era retilíneo ou não. Percebemos que os alunos naquele momento queriam resolver tudo de cabeça sem escrever muito, já observamos isso em outras aulas, isso pode ser um problema, pois no momento em que escrevemos, internalizamos aspectos fundamentais do conteúdo que estamos aprendendo, e isso deve ocorrer em um primeiro momento para uma matéria que é totalmente nova para nós, pois senão, podem ocorrer confusões e esquecimentos durante o andamento do conteúdo.

Depois da correção dos exercícios mencionados anteriormente, o docente apresentou para os alunos a função horária da velocidade, mostrou que podemos escreve-la usando os dados das tabelas vista no exercício anterior, durante esse intervalo de tempo, o professor pede a nossa opinião sobre o assunto. Para reforçar aspectos que o docente ressaltava naquele momento tentamos contribuir com uma ideia mais concreta e realista do porquê usamos uma função para descrever o movimento das coisas:

“[...] Pessoal pensem no seguinte: porque a gente precisa montar uma função para descrever o movimento das coisas? Imaginem a seguinte situação: as tabelas que vocês analisaram não eram grandes, mas e se fossem? Se a gente tivesse que analisar uma tabela de dados inteira de duas páginas isso seria prazeroso de ser feito? Claro que não!! seria a maior chatice!! por isso se vemos que os dados executam um certo padrão por que não compilar eles em uma linha de caderno no qual podemos ter todos os dados da tabela ao mesmo tempo, e ainda ganhamos de brinde a previsão para construir a terceira folha a quarta a quinta e assim por diante. Por exemplo na formula 1, os carros passam por diversos testes de aceleração e desempenho o pessoal faz a análise de vários dados experimentais ao mesmo tempo e com certeza devem ser tabelas enormes para então, a partir daí compilar esses dados em uma linha podendo então testar os limites do carro pois a função ainda nos dá de graça o fator da previsão, da estimativa [...]”

Acreditamos que esse parágrafo deixa claro o que queríamos mostrar para os alunos dando um sentido mais realista da situação. Notamos que todos entenderam o ponto de vista, revelado pelas suas expressões faciais, e pelos acenos de cabeça. O professor também gostou do exemplo e achou muito pertinente nossa colocação. A parte final da aula foi dedicada a

realização de exercícios, o professor circulava nas classes esclarecendo dúvidas. De maneira geral essa aula teve um aspecto tradicional, porém com intensa discussão entre o docente e os alunos, a turma 114 não tem medo de perguntar se não entendeu algo, e consideramos esse aspecto muito positivo.

Observação 4

Dia 12/07/22

Observação da turma 213 nos períodos de Física, professor 1

Início: 16h05min

Término: 16h50min, 10 alunos presentes, dentre eles 10 meninos e 6 meninas, um período observado.

Fomos com o professor até a sala para fazer a observação do segundo período da turma 213 que ocorreu após o recreio, os recursos didáticos no qual o docente utilizou foi Datashow, computador e caixa de som. Os alunos apresentaram um seminário sobre óptica, com ênfase em lentes delgadas, sendo elas biconvexas. Para os alunos que não estivessem apresentado, e sim assistindo à apresentação dos outros colegas, o docente pediu um resumo das apresentações para ser entregue ao final do período. O grupo, formado por seis meninos, no qual assistimos, apresentou sobre a formação de imagens, isto é, as características da imagem real e da invertida e os aspectos da formação de imagens antes e depois do foco. Notamos que a apresentação foi feita a base da leitura, isto é, os alunos com os seus celulares estavam lendo o PowerPoint, e muitas vezes se confundiam com que estavam lendo e no nosso entendimento, essa confusão foi por causada pela falta de estudo possivelmente.

Após a apresentação, o docente passou um vídeo que estava na plataforma do YouTube, e que ressaltou os principais pontos apresentados pelo grupo que assistimos, o professor comentava em cima dos pontos principais, enquanto que alguns copiavam os resumos dos outros. muitos mexiam no celular, e claramente não estavam prestando atenção na explicação do professor, e quando perguntados, não sabiam ao certo como deveriam responder, e praticamente ao final de cada pergunta feita pelo docente se dirigindo aos alunos, era justamente ele quem respondia corretamente as questões. Notamos também que a aula teve um caráter mais abstrato e pouca conexão com a realidade, se restringindo apenas a figuras e imagens pictóricas que os alunos trouxeram em seu trabalho.

Observação 5

Dia 12/07/22

Observação da turma 313 nos períodos de Física, professor 1

Início: 16h55min

Término: 17h55min, 10 alunos presentes, dentre eles 9 meninos e 5 meninas, dois períodos observados.

Após o término do período com a turma 213, ajudamos o professor a recolher os materiais e acompanhamos ele até a sala onde estava a turma 313. O docente trabalhou com o conceito de força elétrica, sendo uma aula expositiva no quadro branco. O professor colocou a definição de força elétrica no quadro e explicou suas características. Durante esse momento enquanto o professor explicava a maioria dos alunos não estavam prestando atenção, grande parte estava no celular, e às vezes essas pessoas atrapalhavam os outros alunos que estavam prestando atenção. Após a explanação o professor abriu espaço para a apresentação de uma das alunas que estava com o trabalho atrasado sobre blindagem eletrostática. Ela apresentou o trabalho no celular e desenhou figuras no quadro para explicar seus argumentos. O professor acrescentou aspectos pertinentes ao trabalho e a aluna sempre que possível dava exemplos do cotidiano onde ocorre esse tipo de fenômeno. Como os alunos não estavam prestando atenção à apresentação da colega solicitei que respeitassem a apresentação da mesma pois muitos falavam alto.

Quando a colega terminou de explicar, percebemos que nenhum dos alunos aplaudiu ela pelo esforço, tivemos que bater palmas para forçar os outros alunos a fazerem o mesmo. Comentamos também naquele momento uma experiência que os alunos poderiam fazer em casa sobre o fenômeno da blindagem:

“Pessoal se vocês têm micro-ondas em casa façam a experiência de colocar o celular dentro dele sem liga-lo! e telefonem para os seus números usando o celular da mãe ou do pai, o que deve ocorrer é que vocês não ouvirem o celular tocar, é um exemplo simples da blindagem eletrostática”

Notamos que nesse momento todos prestavam atenção em nossa explicação, demonstrando um certo interesse no assunto. Um dos alunos fez uma pergunta muito pertinente:

“tá, mas.... e se tocar?” Respondemos ele da seguinte maneira:

“A princípio isso não deve ocorrer, e pode ser por dois motivos: o teu micro-ondas não está aterrado de maneira certa e pode ter vazamento em uma das paredes, o que pode ser perigoso à saúde, aí tu precisas levar num técnico. Mas tu podes fazer outra experiência para ver se isso ocorre e validar a existência de vazamento: pega uma toalha úmida e coloca em cima do micro-ondas e liga ele por alguns minutos, se a toalha esquentar além do normal é sinal de vazamento.

Um dos alunos comentou: *“porquê a toalha úmida?”* Tivemos então que explicar o processo que o micro-ondas executa para ferver a água dentro dos alimentos. No término de nossa colocação, o professor ficou surpreso pois não sabia sobre a toalha úmida por cima do micro-ondas, notamos que todos ficaram interessados inclusive o professor, que acrescentou aspectos relevantes sobre o perigo de pessoas com marcapasso perto de micro-ondas danificados. Notamos que nesse momento da aula todos pararam o que estavam fazendo para prestar atenção. Após essas discussões, o docente passou dois exercícios de fixação no quadro sobre força elétrica, e passados alguns minutos, ele pediu para que um dos alunos fizesse no quadro a resolução. Salientamos que durante a realização dos exercícios a dificuldade estava em fazer as contas, existindo muita dificuldade em converter unidades de medida. Muitos não conseguiram fazer pois não tinham prestado atenção no início da aula, e em razão disso muito tempo foi gasto, por parte do professor, para explicar novamente o conceito. A aula teve um aspecto tradicional, porém o professor mantinha forte comunicação com os alunos, mas muitos alunos mostravam-se desinteressados atrapalhando quem estava prestando atenção.

Observação 6

Dia 15/07/22

Observação da turma 114 nos períodos de filosofia, professor 3

Início: 14h10min

Término: 15h00min, 10 alunos presentes, dentre eles 4 meninos e 6 meninas, um período observado.

O professor de filosofia, trabalhou com a turma 114, o conceito de sofismo, com base na leitura do texto que está em anexo a este trabalho. O docente trabalhou nos temas da verdade que é algo puramente relativo discutindo a primeira charge. Os debates foram muito interessantes pois o professor tratava aspectos que estão indiretamente relacionados com o fazer científico. Vale salientar que a maioria dos alunos estava prestando atenção. Após a explanação do texto

da figura 2 o professor pediu para que os alunos escrevessem um pequeno texto para ser entregue, relacionando a crítica que Platão fez aos sofistas, e tentar relacionar essas ideias com o que o mundo está vivenciando nesse momento a respeito das notícias falsas, e de pessoas que utilizam outras como massa de manobra a partir de uma verdade relativa. O docente sentou e deixou a turma trabalhar em seus textos, se oferecendo para tirar dúvidas e essa didática continuou até o final do período. Acreditamos que por se tratar de uma aula de filosofia o professor abriu espaço para que os alunos refletissem sobre o tema e colocassem suas opiniões, e a turma se comprometeu em executar o trabalho, não existindo perturbações durante o período.

Observação 7

Dia 15/07/22

Observação da turma 114 nos períodos de Física, professor 1

Início: 16h55min

Término: 17h45min, 10 alunos presentes, dentre eles 4 meninos e 6 meninas, dois períodos observados.

Fomos para o fundo da sala e o professor orientou os alunos pedindo que trouxessem materiais, para a próxima aula como réguas, bolas de gude e dois canos de aproximadamente um metro de comprimento. Nesse momento, para ajudar o professor, também oferecemos nossa ajuda em trazer os materiais necessários, pois o professor tem planos de realizar uma atividade experimental usando um plano inclinado. Após essa orientação e a organização dos grupos que farão a atividade, o professor seguiu com seu conteúdo programático. O estudo foi dirigido aos gráficos da função linear aplicados ao MRU e ao MRUV. O docente mostrou as propriedades matemáticas. Um dos alunos durante essa explicação ressaltou um pouco de falta de organização pôr parte do professor de como distribuiu no quadro branco os desenhos e as equações, salientou que quando vai estudar para um trabalho ou para uma prova fica um pouco confuso de organizar as ideias. O docente aceitou a crítica tranquilamente. Muitos assuntos depois desse momento foram discutidos em sala de aula que não tratavam do conteúdo especificamente e em algum momento da conversa, o professor salientou a discussão que fizemos na observação 5 com a turma 313 a respeito do micro-ondas. Uma das alunas contou uma história que a mãe dela colocou o saco de café Iguaçu com um pouco de água no micro-

ondas, e o saco pegou fogo e ela ficou curiosa, pois não sabia como explicar o que ocorreu. Pensamos um pouco e argumentamos da seguinte maneira:

“Provavelmente o saco de café é forrado com alumínio por questões térmicas e de higiene. Quando as ondas de micro-ondas atingem ele, ocorre um processo chamado de indução eletromagnética que gera correntes elétricas parasitas no alumínio, como o saco é forrado com uma fina camada, ocorre o aquecimento levando provavelmente a fusão do metal, deve ser por isso que pega fogo!! É algo como atritar as mãos uma na outra”

O Professor continuou com o seu planejamento após isso. A parte final da aula foi dedicada a realização de um exercício, onde os alunos tinham que construir o gráfico da velocidade em função do tempo, para um movimento uniformemente variado com velocidade decrescente. Vimos que existiam certas dúvidas com relação a interpretação dos gráficos, perguntamos para o docente se poderíamos ajuda-los com uma interpretação intuitiva, ele concordou, e então seguimos:

“Imaginem o seguinte: se vocês não tivessem boca, e o professor pedisse a interpretação dos gráficos como vocês fariam isso?”

Um dos alunos disse: *“Ah pega a caneta do sor. e escreve no quadro”*, respondemos, *“mas e se fosse sem a caneta como tu faria?”* sugerimos então que usassem a mímica, nesse momento nos levantamos da classe e interpretamos um dos primeiros gráficos que o docente tinha passado para um movimento com velocidade constante realizamos então uma caminhada de maneira uniforme pela sala, o outro exemplo foi com o gráfico em que a velocidade crescia de maneira uniforme. Começamos com uma caminhada tranquila e fomos aumentando o passo até correr pela sala. Perguntamos então, como seria a interpretação do movimento no gráfico em que a reta da velocidade em função do tempo foi, visualmente, uma reta inclinada para baixo? Uma das alunas disse: *“tu começa rápido e vai diminuindo.”* “Exatamente!!”, respondemos, e realizamos esse movimento na sala uma última vez. Reforçamos também que se o entendimento estiver um pouco confuso, do ponto de vista da matemática, devemos pensar: *“Ora... o que está acontecendo aqui fisicamente?”* “Como posso enxergar esse movimento?”, *“o que o gráfico está me dizendo?”* O docente apoiou nossa iniciativa, disse que estamos em forma na corrida que fizemos, e a aula terminou com algumas risadas.

Observação 8

Dia 19/07/22

Turma 213 nos períodos de Física, professor 1

Início: 14h20min

Término: 15h20min, 19 alunos presentes, dentre eles 10 meninos e 9 meninas, dois períodos observados.

O *Peer Instruction* foi a didática escolhida pelo professor para revisar os estudos de óptica feito no dia 12/07/22. O docente separou a turma em pequenos grupos e escolheu perguntas de vestibular relacionados à óptica. Reparamos que a maioria dos alunos chutavam todas as questões e não tentavam ajudar os outros que discordavam das alternativas, acreditamos que os alunos não estavam muito interessados, enxergamos muitos procurando no celular as respostas. Quando o professor pediu para que complementássemos a sua fala em uma das questões, deixamos explícito também a didática da aula e seu objetivo principal, notamos que os alunos tinham consciência do que estavam fazendo, isto é, quando questionamos eles a respeito de convencer os outros colegas de que a resposta de determinado grupo é a verdadeira muitos responderam:

“Pedro, a gente só chuta meio que calibrado, mas convencer os outros, isso é muito difícil, a gente vai na Fé.”

A questão final foi relacionada a formação da imagem em um espelho côncavo e onde se formava posicionando o objeto entre o foco e o centro de curvatura. Quando o professor, já definido a opção correta da questão, foi desenhar os raios principais. Por conta do desenho, os raios não se encontravam um problema muito comum quando desenhamos no quadro, não sendo culpa do docente, e sim porque a sala não possuía os materiais necessários para o desenho. Oferecemos nossa ajuda ao docente para explicar e desenhar no quadro o problema de interesse, o professor concordou. Vimos que a lixeira do lado do quadro possuía um formato circular, e usamos ela para desenhar o espelho circular. Durante a explicação, notamos dificuldade por parte dos alunos e perguntamos se sabiam o que era a lei da reflexão, e nenhum deles sabia o que era. Enfim, queríamos dar um sentido do porquê desenhamos certos raios e porque eles refletem no espelho de certa maneira, dando a intenção de que não era preciso decorar o que chamamos de “raios principais”. Poderíamos apenas usar a lei da reflexão e uma geometria básica no estudo da formação das imagens em espelhos curvos, mas notamos que os alunos não

tiveram contato com esse conteúdo, ou se esqueceram de certos aspectos importantes, dificultando nossa explicação. Notamos também, um certo derrotismo por parte dos alunos, em pensar que tudo está perdido e a única saída é através do chute. Conversamos com eles a respeito disso no final da aula, e por ser uma conversa longa, acreditamos que não é nosso objetivo colocá-la aqui.

Observação 9

Dia 19/07/22

Observação da turma 313 nos períodos de Física, professor 1

Início: 15h20min

Término: 16h20min, 19 alunos presentes, dentre eles 10 meninos e 9 meninas, dois períodos observados.

Acompanhamos o professor até a sala onde estava a turma 313, o docente fez a correção dos trabalhos e distribuiu para os alunos. Muitos ficaram abaixo da média. Um dos alunos incomodou o professor durante todo o período pedindo meio ponto para fechar a média, o professor então escreveu no quadro cinco exercícios sobre força elétrica para que os alunos que não tivessem atingido a média pudessem ter mais uma chance, e ao final dos dois períodos, entregar o trabalho feito. A turma 313, foi uma das turmas mais difíceis que já observamos, muito pela falta de respeito e comprometimento com o conteúdo. Um dos alunos utilizou um canivete para picotar as cascas de bergamota que tinha pego durante o recreio e o professor recolheu e entregou para a direção ao final do período. Enfim, a aula se resumiu em um total descaso com o conteúdo e a falta de respeito com o professor por parte dos alunos.

Observação 10

Dia 22/07/22

Observação da turma 114 nos períodos de Física, professor 1

Início: 14h20min

Término: 15h20min, 16 alunos presentes, dentre eles 9 meninos e 7 meninas, dois períodos observados.

Quando fomos até a sala da turma 114, a turma 213 estava fazendo uma confraternização juntamente com a turma 114, pois as turmas na escola estavam entrando no período do recesso escolar. Ficamos na festa conversando com os professores de educação física e filosofia sobre questões relacionadas aos recursos didáticos que podemos aplicar em nossas aulas e outros assuntos relacionados ao esporte.

Observação 11

Dia 22/07/22

Observação da turma 114 nos períodos de física, professor 1

Início: 16h05min

Término: 17h10min, 30 alunos presentes, dentre eles 18 meninos e 12 meninas, dois períodos observados.

Para a atividade experimental que o professor planejou na aula anterior, relacionada ao plano inclinado trouxemos para a aula duas cantoneiras de janela feitos de madeira com dois pequenos trilhos que estavam bem dimensionados para uma bolinha de gude e que pudesse escorregar sem fazer curvas, e uma trena de 6m de comprimento. Como nenhum dos alunos trouxe os materiais que o docente tinha pedido na aula anterior, a atividade só ocorreu porque estávamos preparados para isso. O objetivo principal da atividade era investigar a aceleração média durante o movimento da bolinha de gude sobre o trilho. Os alunos tinham que medir o percurso da bolinha e o intervalo de tempo em que isso ocorria. Eles fizeram três medidas, determinavam a velocidade e fizeram as subtrações e as divisões necessárias para se chegar em um valor de aceleração. Circulamos nos dois grupos em busca de questionamentos e dúvidas. Convém ressaltar os aspectos interessantes que ocorreram durante essa atividade: o primeiro aspecto era relacionado ao arredondamento de medidas e uma das alunas perguntou porque precisamos arredondar? Respondemos:

“por uma questão de praticidade. Tu não vai escrever todos os dados no papel para todas as medidas, seria muito maçante, até porque as medidas que tu fizeste, tinham apenas três casas depois da virgula no máximo!, e também porque existem imprecisões na tua medida de tempo usando o celular, e essas casas vão contribuindo cada vez menos para o valor final conforme se distanciam mais da virgula. É que nem quando tu vais comprar uma camiseta numa loja e vê o preço: 39,99 reais. Na hora de comprar tu não vais dar 39 reais e 99 centavos para o

vendedor, tu vais dar 40 reais pra ele! Tu não vais ficar contando os centavos um a um 20, 30, 45...

E ela complementa: *“até porque não existe mais moeda de um centavo” ... Exatamente!* Respondemos para ela.

Outro aspecto interessante que surgiu nas medidas da aceleração, os alunos já tinham noção de que deveriam encontrar valores constantes e como a bolinha de gude não deslizava ela rolava sobre o trilho de madeira e também deslizava, ocorreu uma imprecisão muito grande na medida da aceleração devido a sua energia cinética de rotação. Explicamos isso para eles da seguinte maneira: o fato de deslizar em alguns momentos e rolar em outros, acrescentava ou diminuía a sua aceleração acarretando valores discrepantes.

Sabemos que se considerarmos o rolamento de um objeto sobre um plano inclinado a sua aceleração resultante será menor, quanto maior for o seu momento inercia, e, se o corpo rola em alguns momentos e desliza em outros, durante a descida, faz uma verdadeira salada de fruta com a medição dos dados. A maior dificuldade nesse experimento foi fazer com que a bolinha ou somente rolasse pelo trilho, ou somente deslizasse sobre ele.

Um das alunas durante essa explicação, disse: *“Bah! então a gente precisa colocar algo que não gire quando descer...”*

E essa aluna pegou a capa de proteção da borracha, foi um ato muito intuitivo naquele momento, o professor também concordou. Ao final das três medições os valores se aproximaram significativamente, discordando apenas na segunda casa decimal depois da vírgula, imprecisão devido a marcações de tempo feitas pelo celular. Notamos que os alunos por estarem entrando em férias queriam se ver livre o mais rápido possível da atividade, e jogar vôlei com os professores na parte de baixo da escola, mas mesmo assim, se comprometeram em realizar a atividade proposta.

4. Planejamento e Regência

Com base no que observamos e no questionário respondido pelos alunos da turma 114, construímos nossa unidade didática de queda livre e lançamentos de projéteis, com o cronograma de regência abaixo.

4.1 Cronograma de regência

Aula	Data	Tópicos a serem trabalhado(s)	Objetivos docentes	Estratégias de ensino
1	12/08/22	<ul style="list-style-type: none"> História da ciência como uma construção coletiva representada por uma evolução gradual e cumulativa de ideias de diversos cientistas: A teoria geocêntrica confrontada com a teoria heliocêntrica e a mudança profunda do modelo planetário para enxergar a realidade cósmica. A coragem de Galileu Galilei perante a igreja católica 	<ul style="list-style-type: none"> Por que estudar Física pode ser transformador? Aprender física com a história e filosofia da ciência. Mostrar a necessidade de usar a matemática como um meio de construir um pensamento físico claro e coerente com a realidade contrapondo o pensamento não-científico. 	<ul style="list-style-type: none"> Demonstrações experimentais Exposição dialogada.
2	19/08/22	<ul style="list-style-type: none"> A teoria geocêntrica confrontada com a teoria heliocêntrica. Problematizar: por que as coisas caem? Por que a Lua não cai na Terra? Uma coisa mais pesada cai, mas rápido que uma coisa mais leve? A ideia de <i>movimento natural</i> e <i>movimento violento</i> introduzida por Aristóteles. Os métodos experimentais propostos por Galileu para contrapor as ideias de Aristóteles sobre o movimento, construindo os princípios da inércia. 	<ul style="list-style-type: none"> Através da história e filosofia de ciência mostrar que a física que acontece na Terra é a mesma física que acontece espaço, dadas as devidas proporções. 	<ul style="list-style-type: none"> Demonstrações experimentais Exposição dialogada.
3	26/08/22	<ul style="list-style-type: none"> Problematizar qual será o valor da aceleração da gravidade na escola? Medir a aceleração da gravidade local usando o movimento de queda livre. (trabalho 6,0 pontos) Qual modelo devemos adotar para realizar os experimentos? Quais são os níveis de abstração para o modelo? 	<ul style="list-style-type: none"> Desconstruir a concepção alternativa de gênio através da história e filosofia da ciência. Fazer com que os alunos interajam com o ambiente escolar no qual eles se situam, exercendo o seu pensamento físico. 	<ul style="list-style-type: none"> Orientar os alunos de como de proceder com as medidas de tempo e distância Divisão em pequenos grupos.
4	05/09/22	<ul style="list-style-type: none"> Continuação da medição da aceleração da gravidade local. (trabalho 6,0 pontos) 	<ul style="list-style-type: none"> Fazer com que os alunos interajam com o ambiente escolar no qual eles se situam, exercendo o seu pensamento físico. 	<ul style="list-style-type: none"> Exposição dialogada Discussão em pequenos grupos
5	09/09/22	Exercícios de fixação sobre movimentos verticais e movimentos uniformemente variados e dúvidas pontuais para realização da prova.	<ul style="list-style-type: none"> Integrar os conhecimentos aprendidos nas aulas anteriores para a resolução de problemas O que é cobrado desse conteúdo no vestibular? 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Peer instruction</i> Exposição dialogada
6	16/09/22	Prova (4,0 pontos)	<ul style="list-style-type: none"> Verificar o aprendizado conceitual e matemático dos conceitos relacionados à queda livre. 	Realização da prova em duplas.
7	23/09/22	<ul style="list-style-type: none"> Introdução ao lançamento de projéteis, Como Galileu faria a composição do movimento no lançamento de projéteis? Por que o Pelé não fez aquele gol do meio do campo? O que é efeito Magnus? E como podemos usá-lo no futebol e no vôlei? E para movimentar um navio? 	<ul style="list-style-type: none"> A cinemática é física. Reconhecer e interpretar a composição dos movimentos como sendo a fusão dos conteúdos de MRU e MRUV 	<ul style="list-style-type: none"> Análises de diversas aplicações e curiosidades a respeito desse movimento

PLANO DE AULA 1- Por que estudar Física pode ser transformador?

Data: 12/08/22

Tópicos: História da ciência como uma construção coletiva representada por uma evolução gradual e cumulativa de ideias de diversos cientistas do ponto de vista astronômico: a visão

geocêntrica confrontada com a visão heliocêntrica. E a coragem de Galileu Galilei perante a igreja católica.

Objetivos docentes:

Confrontar a palavra Gênio, através da história da ciência, estabelecendo relações com a evolução do modelo planetário. Explicitar para os alunos que a Ciência não é somente Filosofia mostrando a necessidade de usar tanto a matemática quanto observações experimentais como um meio de construir um pensamento coerente com nossa realidade para contrapor o pensamento não-científico.

Procedimentos:

Atividade Inicial (Aproximadamente 25min):

Faremos a apresentação de nossa unidade didática, ressaltando que ela foi construída com base no questionário entregue para os alunos, após essa apresentação, mostraremos para os alunos um dos motivos do porquê estudar Física pode ser transformador, através dos telescópios espaciais Hubble e James Webb, comparando suas imagens e seus dados, ressaltando o grande momento que a ciência e a astronomia está vivenciando. Deixaremos claro que a jornada científica desde o momento que Galileu Galilei apontou a lupa para o espaço até as primeiras imagens James Webb foi árdua, e começou justamente com o estudo do movimento no cosmos onde faremos a ligação com o tema de nossa aula.

Desenvolvimento (Aproximadamente 40min):

Faremos a apresentação dos modelos planetários propostos primeiramente pelos gregos e as ideias de Aristóteles, traremos o modelo de Ptolomeu, e a problemática dos movimentos retrógrados dos planetas no céu salientaremos os erros de trajetória que muitos navios tiveram na época do renascentismo e das grandes navegações. Traremos as ideias de Copérnico para solucionar a complexidade no modelo de Ptolomeu, propondo um sistema heliocêntrico. Mostraremos que o modelo de Copérnico também apresentava falhas de previsão de órbita. E continuaremos esses assuntos na próxima aula, visto que, possivelmente muitos questionamentos podem surgir ao longo da apresentação por parte dos alunos

Fechamento (Aproximadamente 10min):

Estaremos abertos nesse momento a dúvidas, questionamentos ou curiosidades a respeito do tema debatido. faremos um link com nossa segunda aula, sobre a queda dos graves, trazendo as ideias de Aristóteles e os questionamentos de Galileu Galilei.

Recursos: Projetor, computador e apresentação de slides, quadro branco e caneta

Avaliação: Fazer uma análise do interesse dos alunos no tema de astronomia

Relato I

12/08/22

Início: 16h55min

Fim: 18h25min

11 alunos presentes dentre eles, sete meninas e quatro meninos.

Chegamos muito antes da aula de física da turma 114, e fomos para uma sala que fica vazia na sexta-feira, pois essa tem o melhor sinal de internet. Montamos a projeção de slides sobre o quadro branco. Não tivemos muitos problemas técnicos nessa montagem, um desses problemas deixou a imagem roxa depois da projeção, porém descobrimos que torcendo o cabo VGA, responsável pela transferência de dados do notebook para o Datashow, a imagem voltava ao normal, por isso pedimos um novo cabo na direção. O outro problema apareceu no momento em que fomos abrir a apresentação, que continha gifs, ela acabou não abrindo no computador do professor, mas como tínhamos em formato PDF, para garantir possíveis problemas, essa abriu tranquilamente, e como a internet naquele local estava com um sinal razoável, buscamos as imagens animadas para mostrar ao longo da apresentação.

Quando o período começou, chamamos a turma 114 para a sala, e esperamos todos se acomodarem em seus lugares, como estamos convivendo com a turma a muitas semanas e por ser um grupo pequeno, já sabemos o nome de todos e dispensamos as apresentações. Salientamos que o questionário que eles responderam foi usado para construir nossa unidade didática, como esquecemos de mencionar esse fato durante o preenchimento do mesmo, notamos um sorriso no rosto de cada aluno e aluna durante nossa fala, pois todos estavam sem máscara, um dos alunos falou: *“Bah sor, me senti importante!!”*. Após a exposição de nossa unidade salientando o que íamos fazer aula por aula, buscamos problematizar o estudo da Física como algo que pode ser transformador em nossas vidas quando estamos abertos as

possibilidades, ou seja, para exemplificar um desses motivos, comparamos as imagens dos telescópios Hubble e James Webb que teve seu lançamento a poucos meses.

A primeira imagem no qual comparamos foi a nebulosa de Carina, nesse momento alguns alunos e alunas disseram: *“nossa! Que lindo”, “bah sor, não tem nem comparação, o telescópio em “forma de colmeia” deu de dez a zero no outro”,* como estávamos trabalhando com a unidade de distância em anos-luz deixamos explícito no quadro branco o que ela significa, pois, os alunos não sabiam o que era essa medida astronômica. Como a nebulosa de Carina possui uma extensão de 50 anos-luz para que os alunos tivessem uma ideia de proporção pegamos a caneta e fizemos um ponto preto muito pequeno no quadro sobre a imagem da nebulosa na figura 4, representando o tamanho da Terra perante a ela, salientando nossa insignificância, nesse momento uma das alunas disse: *“A gente é menor que uma bactéria! .*



Figura 4¹⁵: Nebulosa de Carina feita pelo telescópio James Webb.

Percebemos que os alunos nunca tiveram uma aula sobre o universo ou de astronomia, dada a empolgação de alguns alunos e alunas no tema. Quando mostramos a imagem da representação do Big Bang¹⁶, para um melhor entendimento da fotografia de fundo de campo do telescópio James Webb¹⁷, justificando que os telescópios são na verdade máquinas do tempo que enxergam no passado, uma das alunas disse: *“É verdade que, o que a gente está vendo*

¹⁵ Fonte: <https://www.nasa.gov/image-feature/goddard/2022/nasa-s-webb-reveals-cosmic-cliffs-glittering-landscape-of-star-birth>

¹⁶ Fonte: <https://www.nasa.gov/image-feature/goddard/2022/nasa-s-webb-reveals-cosmic-cliffs-glittering-landscape-of-star-birth>

¹⁷ Fonte: <https://www.nasa.gov/image-feature/goddard/2022/nasa-s-webb-delivers-deepest-infrared-image-of-universe-yet>

nessas imagens pode já ter sumido?” respondemos positivamente, pelo fato de estarmos captando a imagem de um corpo celeste muito distante, a informação que ela traz, não é instantânea dada a finitude da velocidade da luz. Nesse momento um dos alunos perguntou se podemos ver a pangeia¹⁸, referindo-se a união dos continentes, respondemos que com a tecnologia atual, isso seria impossível pois, ou teríamos que criar uma máquina do tempo como no filme de volta para o futuro de 1985, ou teríamos que literalmente caçar no espaço, a luz que a Terra emitia a mais de 300 milhões de anos, o que teoricamente essa imagem estaria a 300 milhões de anos luz de distância da Terra.

Todas essas discussões tiveram um intervalo de tempo de pouco mais de 40 minutos, finalizamos essas discussões mais gerais a respeito do universo, ressaltando o grande momento que a ciência e a humanidade está vivenciando através dos dados e das imagens do telescópio James Webb, e isso não seria possível se Galileu Galilei, a muito tempo atrás, não tivesse apontado uma luneta para o espaço para estudar os corpos celestes fazendo o gancho com o nosso desenvolvimento.

Começamos a apresentar o modelo planetário dos gregos e as ideias aristotélicas relacionadas ao mundo sublunar e supralunar porém, o movimento retrógrado do planeta Marte representava uma falha de previsão no modelo geocêntrico de Aristóteles, introduzimos o modelo ptolomaico, na tentativa de explicar o fenômeno observado vigorando até o renascimento na Europa no século XIV, Muitos disseram: *“Bah sor, muito complicado esse sistema”*, referindo-se ao modelo ptolomaico.

A turma estava vendo esse conteúdo em História, por isso comentaram que a rota da seda estava com altas taxas de pedágio, por isso alguns países, inclusive Portugal, tinham que dobrar o cabo da boa esperança na África do Sul para chegar nas índias. Salientamos que as grandes navegações que começaram no século XV apresentavam erros de navegação e localização por estarem se baseando no sistema, e nos dados astronômicos do modelo ptolomaico, existindo a necessidade de rever o sistema. Finalizamos a aula apresentando o modelo Heliocêntrico de Copérnico na tentativa de simplificar as contas e os movimentos dos astros. Quando apresentamos o movimento retrógrado de Marte do ponto de vista copernicano, alguns alunos disseram: *“Agora sim, muito mais simples”*.

¹⁸ A *“Pangeia”* (do grego *Pan* “todo”, e *Gea* ou *Geia*, “Terra”), que significa “Toda a Terra”, foi uma colossal massa sólida que formava um único continente, o qual era cercado por um único oceano, o Pantalassa. Esta massa continental se formou até o final do período Permiano (último período da Era Paleozoica), entre 300 a 250 milhões de anos, quando finalmente se dividiu em outros continentes.

Notamos um cansaço dos alunos nos minutos finais da aula, aproximadamente 15min, pelo fato de nossos períodos de física serem os dois últimos da semana, e o professor titular pediu para nós que liberássemos a turma quinze ou dez minutos antes de terminar a aula, pois muitos precisam pegar ônibus. a participação dos alunos e o interesse deles na astronomia, de uma maneira geral, foi melhor do que esperávamos.

PLANO DE AULA 2- A suspensão e queda dos Graves.

Data: 19/08/22

Tópicos: Continuação da história da ciência como uma construção coletiva representada por uma evolução gradual e cumulativa de ideias de diversos cientistas do ponto de vista astronômico: a visão geocêntrica confrontada com a visão heliocêntrica. E a coragem de Galileu Galilei perante a igreja católica, e as ideias de Galileu Galilei a respeito do movimento de queda dos corpos

Objetivos docentes:

Confrontar a palavra Gênio, através da história da ciência, estabelecendo relações com a evolução do modelo planetário. Explicitar para os alunos que a Ciência não é somente Filosofia mostrando a necessidade de usar tanto a matemática quanto observações experimentais como um meio de construir um pensamento coerente com nossa realidade para contrapor o pensamento não-científico. Evidenciar que a queda dos corpos na Terra não depende de sua massa.

Procedimentos:

Atividade Inicial (Aproximadamente 25min): Continuaremos do ponto onde paramos na aula anterior trazendo os argumentos de Galileu Galilei a favor de um modelo heliocêntrico dando evidências experimentais tanto no formato da Lua quanto nos desenhos feitos do Sol e das luas de Júpiter, e o conflito de ideias que surgiu entre igreja católica, Galileu, e o modelo heliocêntrico. Após isso fecharemos o tema com as contribuições científicas de Tycho Brahe e Johannes Kepler, dando um fim a concepção geocêntrica.

Desenvolvimento (Aproximadamente 40min):

Após essa conclusão dos modelos planetários, problematizaremos a suspensão dos graves: *“Por que as coisas caem na Terra? Por que a Lua não cai Terra? Se podemos dizer*

que esses dois fenômenos estão relacionados por uma coisa que chamamos de “gravidade”, porque eles são completamente diferentes, numa primeira vista?” Faremos uma ligação com as ideias Metafísicas de Aristóteles na tentativa de responder essas perguntas, principalmente sobre a concepção que ele tinha a respeito do movimento violento e do movimento natural e a reinterpretção de Galileu sobre esses movimentos. Naturalmente vamos deixar implícito para os alunos, porém esse não será o foco de nosso plano, o conceito de inércia que se desenvolveu com as ideias de Aristóteles, foi refinado por Galileu Galilei e outros cientistas, e solidificado a posteriori por Isaac Newton. traremos os questionamentos que Galileu Galilei fez a Aristóteles em seu livro: *“discursos e demonstrações matemáticas sobre duas novas ciências”* sobre a queda dos graves, traremos a estória da torre de Pisa, e algumas demonstrações experimentais em forma de vídeos vamos fazer um articulação entre as demonstrações e as ideias de Galileu Galilei, dentre elas, a experiência que a Apollo 15 fez na Lua em 1971¹⁹, com a intenção de mostrar que, independentemente da massa que um corpo possui, desprezando a resistência do ar, e nas proximidades da superfície da Terra partindo do repouso, eles caem no campo gravitacional com o mesmo incremento de velocidade a cada segundo!

Fechamento (Aproximadamente 10min):

Estaremos dispostos a tirar dúvidas e ou curiosidades a respeito do tema.

Recursos: Projetor, computador e apresentação de slides, quadro branco e caneta

Avaliação:

Participação dos alunos.

Observações: Fazer uma análise das concepções a respeito do movimento por parte dos alunos.

Relato II

19/08/22

Início: 16h55min

Fim: 18h30min

¹⁹ <https://www.youtube.com/watch?v=tLITHJEU6CE>
<https://www.youtube.com/watch?v=oYEGdZ3iEKA&t=10s>
<https://www.youtube.com/watch?v=ZBr8Q2ROX9s&t=9s>
<https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs>

Dez alunos presentes dentre eles, seis meninas e quatro meninos.

Antes de começar a aula da turma 114, fomos para a mesma sala no qual comentamos em nosso relato I, e montamos o projetor. Neste dia não tivemos problemas técnicos, chamamos a turma 114 para a sala, eles são muitos comportados e maduros, por isso não tivemos que chamar a atenção de alguém.

Retomamos os conteúdos visto na aula I, fazendo uma síntese do modelo copernicano e ptolomaico. Evidenciamos que modelo Copérnico foi visto com maus olhos pela igreja católica, um dos motivos por exemplo, foi a divergência entre esse sistema, e trechos da bíblia sagrada²⁰ que colocam Deus e seus ensinamentos no centro do universo, doutrina chamada de teocentrismo²¹ pensamento que vigorou durante a Idade Média entre os séculos V e XV. Porém esse modelo também apresentava erros na previsão de trajetória dos astros e um dos motivos nesse momento foi de considerar a orbitas circulares dos planetas em torno do Sol. Comentamos que Galileu Galilei publica em 1610, *o mensageiro das estrelas*, no qual relata pela primeira vez na história, suas observações através de um objeto, chamado luneta, o formato de nossa Lua, o movimento das luas de Júpiter, as manchas solares como podemos ver na figura abaixo.

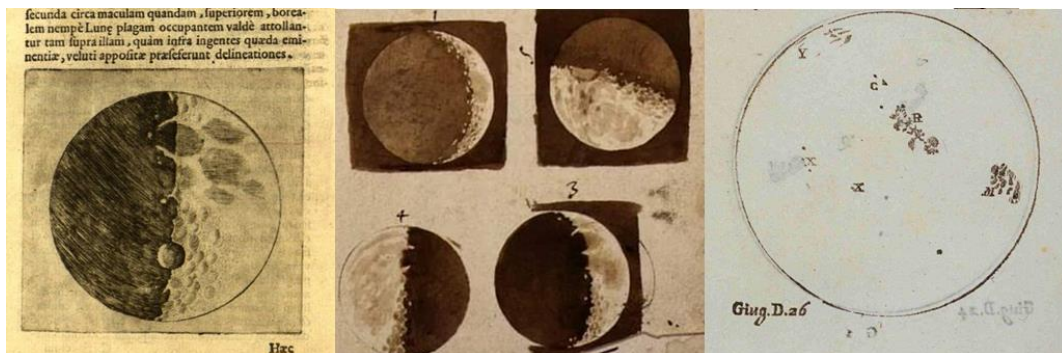


Figura 5²²: Algumas imagens retiradas da obra de Galileu de 1610, da esquerda para a direita podemos ver a superfície de nossa Lua, seguindo de suas fases, e as manchas solares

Mostramos para a turma que todos esses desenhos feitos de próprio punho por Galileu em sua obra, tinha como principal objetivo encontrar evidencias observacionais de que o modelo heliocêntrico de Copérnico estava correto, comentamos sobre as ideias de Giordano Bruno, e sua morte na fogueira pela santa inquisição em 17 de fevereiro de 1600. Descobrimos

²⁰ **Gênesis 1:1** No princípio, Deus criou os céus e a terra. **Salmos 33:6** Os céus foram criados mediante a palavra do SENHOR, e todos os corpos celestes, pelo sopro de sua boca. **João 1:3** Todas as coisas foram feitas através dele, e, sem Ele, nada do que existe teria sido feito.

²¹ Palavra vem do grego e significa: theos "Deus" e kentron "centro". Literalmente "Deus como centro do mundo".

²² *Sidereus Nuncius, Galileu Galilei, 1610.*

na aula um, que alguns dos alunos e alunas gostam de astronomia, por isso, explicamos brevemente como se construir um telescópio feitos com canos de PVC e lentes de aumento. Comentamos que as lupas podem ser usadas para a construção dele reduzindo os custos nos materiais, reparamos que umas das alunas gostou da ideia, *“vou pedir para os meus pais”*. Salientamos também o grande impacto que Galileu causou quando apontou a sua luneta para o espaço, revolucionou a astronomia, pois antes essas observações aconteciam a olho nu: *“Sem ele! não teríamos o Webb hoje, lá em cima fazendo história!”*, colocamos muita ênfase em nossa fala, arrancando algumas risadas da plateia, *“Calma sor vai enfartar! Hahaha”*, finalizamos essas concepções astronômicas, com as contribuições de Tycho Brahe e Johannes Kepler transformando o modelo do sistema solar como o conhecemos hoje em dia. Falamos brevemente das três leis de Kepler desenvolvidas através dos dados astronômicos de seu professor Tycho, mas mostramos isso de uma maneira lúdica, ou seja, passamos uma ideia intuitiva para os alunos observando a galáxia de Andromeda no ultravioleta²³, isto é, questionamos os alunos: *“Porque parece que o centro da galáxia está deslocado mais para a esquerda da foto?...” E porque será que a galáxia parece um disco achatado?...”* Nunca se perguntaram porque todas as galáxias, e o sistema solar parecem um frisbee?²⁴...” existe alguma harmonia na rotação dais coisas ao redor do centro da galáxia?...”

Essas discussões tiveram um intervalo de tempo de 26 minutos, optamos por deixar a parte histórica mais dinâmica para não cansar os alunos, notamos em nossa primeira aula esse aspecto, entretanto a epistemologia da ciência não foi alterada, apenas filtramos melhor as ideias de nosso plano, e apresentamos de uma maneira mais objetiva. O desenvolvimento de nossa aula a seguir se baseou em expor as ideias aristotélicas sobre o movimento de queda dos corpos na superfície da Terra e sua concepção sobre o movimento começamos com a seguinte frase:

“[...] Alguém tinha falado na primeira aula, que a Lua não cai na Terra pois lá em cima não tem gravidade, bom antes da gente responder essa pergunta, nós precisamos entender como, e quais eram as ideias disso antigamente, pois no passado a palavra gravidade não existia[...].”

Salientamos então que as ideias de Aristóteles são essenciais para entender esse tipo de movimento. Em síntese, ele acreditava no modelo geocêntrico em que nossa realidade era

²³Fonte: <https://eternosaprendizes.com/2015/07/24/galex-revela-os-aneis-de-ultravioleta-da-galaxia-de-andromeda-m31/>

²⁴ É um objeto em forma de disco, geralmente feito de plástico com diâmetro entre 20 a 25 centímetros. Seu formato permite o voo quando são lançados em rotação. Em geral consiste em lançar o disco e pegá-lo ainda nos ares.

dividida em um mundo imperfeito, no qual estamos chamando de *sublunar*, isto é, abaixo da lua, e um mundo perfeito onde tudo era imutável e eterno, chamando de *supralunar*, isto é, da Lua para cima. Deixamos claro que Aristóteles acreditava em duas Físicas muito por causa das limitações observacionais e tecnológicas daquela época.

Acreditava que a matéria era constituída por quatro elementos principais: água, terra, fogo e ar, e esses por sua vez tinham o que ele chamava de lugar natural, ou seja, copos constituídos de água e Terra tenderiam a ficar embaixo enquanto corpos constituídos de fogo e ar tenderiam a ficar em cima e é assim que a Natureza mantém seu equilíbrio, é importante salientar em nosso trabalho as discussões que tivemos com a turma naquele dia pois tínhamos em mente avaliar as concepções alternativas deles a respeito do movimento, por isso nesse momento, gravamos as discussões entre nós e eles, usando nosso celular para não estender as discussões realizadas naquele dia neste trabalho, sintetizamos as ideias principais:

“Esse caderno por exemplo pessoal, é formado por carbono, carbono tem na Terra, portanto, (largamos o caderno) o lugar natural dele é no chão, embaixo. Um dos alunos comenta nesse momento: “Ahh! Faz sentido.” “Aí, naturalmente surge uma pergunta pessoal, como se dá a passagem de um pra outro? Isto é, como um corpo formado por Terra, no caso o caderno, pode ficar em cima?”

Aristóteles diz que tu tens que fazer um movimento de violento sobre o caderno, em que precisamos de uma força para remover ele do seu lugar natural, no caso o chão. Mas concordam comigo que ele está em desequilíbrio com a Natureza, quando está lá em cima (jogamos o caderno para cima), independente do movimento do lançamento que eu fiz, ele retorna para seu lugar natural. Aristóteles chama essa queda de movimento natural geralmente retilínea e vertical” “isso é muito loco sor. porque faz sentido hahahaha!” um dos alunos comenta, “Porém existem certas sutilezas nisso e certos aspectos que Aristóteles não está certo, voltaremos a isso mais adiante[...].”

Deixamos claro para os alunos que Galileu já estava questionando Aristóteles desde o livro *O mensageiro das estrelas de 1610* e que a ideia de *lugar natural* está conceitualmente equivocada. Aristóteles acreditava que os planetas e a Lua do *mundo supralunar*, eram esferas perfeitas, porém quando Galileu aponta a luneta para a Lua, enxergando-a cheia de buracos e desenhando a mão livre essa superfície em sua obra de 1610 como podemos ver na figura 4, percebe que as ideias de Aristóteles discordam da realidade observada, como já vinha fazendo na queda dos corpos. E esse processo reflexivo perdura por 28 anos, tendo duas obras publicadas nesse período: *os diálogos sobre os dois máximos sistemas de mundo de 1632* e *as demonstrações matemáticas sobre duas novas ciências de 1638*, no qual Galileu vai corrigir as

ideias de Aristóteles a respeito do movimento, um desses é a queda dos corpos na superfície da Terra, e é muito bonito de ver como Galileu desenvolve seu pensamento e seu método dialético durante esse período, ou seja, ele cresce como pessoa e como cientista estabelecendo algumas das bases da ciência que conhecemos hoje.

Apresentamos qual era a ideia qualitativa de Aristóteles sobre a queda livre, ou seja, segundo Aristóteles um objeto mais pesado cai mais rapidamente do que um mais leve, porém quando maior for a resistência do meio em que estes corpos mas devagar ele cai, o que significa que no vácuo, os corpos caem com uma velocidade infinita, Aristóteles viu que isso é um absurdo, logo conclui que a Natureza tem horror ao vácuo, e que não poderia existir. Mostramos então para os alunos o que Galileu disse em seu livro de 1638:

*“Aristóteles diz que “uma bola de 45 quilogramas, caindo de uma altura de 47,5 metros atinge o solo antes que uma bala de 450 gramas tenha caído somente 47,5 centímetros.” Eu digo que chegam ao mesmo tempo. **Fazendo a experiência**, você verifica que a maior precede a menor por dois dedos, ou seja, quando a maior chegou ao solo, a outra está a dois dedos de altura; você não pode querer esconder nesses dois dedos os 47,025 metros de Aristóteles...” (Discursos, Galilei, 1638, nosso grifo, modificado²⁵).*

Para mostrar aos alunos a incoerência dos argumentos de Aristóteles a respeito do movimento de queda dos objetos, pegamos nosso caderno e retiramos uma folha dele, colocamos o caderno e a folha na mesma altura em relação ao chão e largamos os dois, fizemos essa experiência várias vezes:

“Galileu percebeu uma incoerência na noção qualitativa de Aristóteles sobre o movimento de queda, com certeza quando ele estava pensando sobre isso, deve ter feito essa experiência pois existia livros naquela época. Por exemplo, esse é um caderno de 200 folhas, se a gente pegar ele, e uma de suas folhas podemos concluir que a folha pesa 200 vezes menos do que o caderno, até ai tudo bem, Aristóteles nos diz então que o caderno chega primeiro ao chão por que é o mais pesado (largamos o caderno e a folha dobrada duas vezes).

*Bom, a gente pode concluir que Aristóteles está certo o caderno chega primeiro no chão, porém, Galileu percebeu uma aspecto muito interessante, se a gente dobrar a folha três vezes (largamos novamente a folha e o caderno), e repetir essa experiência dobrando ela quatro vezes (largamos novamente a folha e o caderno), dobrar uma quinta vez... uma sexta... **estamos vendo que a distância entre a folha e o papel está ficando cada vez menor.** se eu pegar o caso limite em que não dá pra dobrar mais a folha, olha o que acontece... (largamos*

²⁵ Transformamos as unidades de medida de massa e altura para os valores mais utilizados hoje em dia.

pela última vez a folha e o caderno) **“o papel chegou primeiro no chão!”** um dos alunos comenta.

*Exatamente! o papel chegou primeiro no chão! vamos repetir novamente..., mas pera aí! isso não faz sentido! segundo Aristóteles a folha é mais leve que o caderno, independentemente do formato que eu dei para a ela, o caderno deveria chegar sempre primeiro no chão, porque é o mais pesado certo? **“é sor, o Aristóteles viajou hahahah. Galileu, e nós, concluímos a partir disso que o peso dos corpos não influencia na queda, porque se isso fosse verdade a gente veria o papel sempre chegar por último no chão, e não é isso o que estamos vendo na prática.***

“Então o formato do papel faz ele cair mais depressa?” umas das alunas comenta. *“Sim a geometria dos corpos vai influenciar no movimento de queda! Galileu nos diz que essa **“geometria”** está relacionada com a resistência do meio, ou seja, **a geometria do corpo vai contribuir para a resistência que o meio exerce sobre ele! Reparem que Aristóteles nos diz que o meio tem uma resistência igual para todos os corpos, e a gente acabou de ver o que Galileu percebeu a 400 anos atrás, o formato da folha está mudando a resistência que o meio, no caso o ar, está exercendo sobre ela. Por isso no último caso, ela chegou na frente do caderno, a gente pode ver que área do caderno é maior do que a da folha, por isso o caderno vai sofrer, mas resistência na sua queda.***

Mas isso é muito interessante de se pensar como seria esse movimento de queda sem o ar, ou seja, se eu pudesse retirar toda a resistência que o ar oferece sobre o caderno e folha, o que aconteceria nesse caso[...] Galileu não tinha uma bomba de vácuo naquela época, mas ele intui que no vácuo sem resistência do ar os corpos, independentemente do peso, ou de seu formato, caem de maneira igual, e se partirem de uma mesma altura, chegam no chão ao mesmo tempo! Todos e Todas são iguais perante a gravidade e ninguém escapa do seu poder atrativo!

Relatamos a estória da torre de PISA, mas não entramos em detalhes por causa do tempo. sempre compartilhamos os materiais da apresentação no grupo do WhatsApp e essa parte dos slides continha mais textos, para uma leitura mais cuidadosa. Até porque mostramos anteriormente que Galileu nunca teria feito tal experimento pois sabia que se tivesse feito, não teria o resultado esperado, de acordo com Galileu, 1638:

[...] Fazendo a experiência, você verifica que a maior precede a menor por dois dedos[...] (nosso grifo).

A seguir passamos um vídeo da Apollo 15 de 1971 em que o astronauta David Scott, realiza o experimento de queda no vácuo utilizando um martelo e uma pena²⁶. Como este vídeo não está com boa qualidade de imagem, colocamos outro²⁷ em que se faz o mesmo experimento em um dos complexos da NASA em que se consegue ter um vácuo quase que perfeito, deixando cair uma bola de boliche e algumas penas de uma mesma altura.

²⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=KDP1tiUsZw8>

²⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs&t=164s>

É importante salientar que os alunos ficaram impressionados com a queda dos objetos nesse vídeo pedindo para nós repetir a parte da queda umas três vezes. A parte final de nossa aula foi mostrar para os alunos que o movimento de queda na superfície da Terra está em MRUV, movimento retilíneo uniformemente variado. mostramos outro vídeo²⁸ em que um professor mostra como Galileu chegou na conclusão de que o movimento de queda é acelerado uniformemente utilizando o plano inclinado no intuito de diminuir a aceleração provocada pelo campo gravitacional.

Os alunos notaram que quando Galileu supõe que a bola quando desce percorre espaços iguais em intervalos de tempos iguais, os barulhos entre uma badalada e outra ficam cada vez mais curtos, conforme a bola desce pela rampa. Então ele supõe que o movimento está acelerado, e que este ocorre com a bola percorrendo distâncias que são proporcionais ao quadrado do tempo. Vimos no vídeo que quando o professor posiciona os sinos ao longo da rampa nessa situação, respeitando essa proporcionalidade, as badaladas não aceleram conforme a bola desce, ou seja, as badaladas se referem a contagem do tempo, de segundo em segundo. Deixamos claro que Galileu tinha muita dificuldade de contar o tempo, utilizando muitas vezes a Clepsidra²⁹ e o batimento cardíaco de seu pulso para tal. Sintetizamos essas ideias no trecho do documentário de Jim Al-Khalili³⁰, apesar dessas dificuldades Galileu conclui de maneira brilhante seus resultados.

As discussões presentes aqui podem parecer longas para o leitor, pelo fato de descrevermos as conversas que tivemos com os alunos, porém o tempo gasto em nosso desenvolvimento foi de 40 minutos. Os minutos finais de nossa aula foram dedicado a explicar porque a Lua não cai na Terra, e a reinterpretação que Galileu fez sobre o *movimento violento* e o *movimento natural*, chamando de **movimento naturalmente acelerado**³¹, no qual Galileu se refere ao **movimento de queda a partir do repouso** (Galilei, 1638), ou seja, através de exercícios de pensamento ele constrói um sentido mais amplo para esses movimentos, não levando mais em conta análise do movimento pelas suas causas, por exemplo a de *lugar natural* para o **movimento naturalmente acelerado** e que remetia Aristóteles (Lang, Peduzzi, Pg. 8, 2006). Segundo Aristóteles, uma vez esgotado o efeito do agente causador do movimento

²⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=tLITHJEU6CE>

²⁹ A *clepsidra* ou relógio de água foi um dos primeiros sistemas criados pela humanidade para medir o tempo.

³⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=ZBr8Q2ROX9s&t=130s>

³¹ Ver: “Cinemática sem formulas?” Prof. Dr. Fernando Lang da Silveira

violento, esse o movimento cessa (Rovelli, Pg. 2, 2014), de fato Galileu nega essa afirmação com o experimento mental dos planos inclinados, estabelecendo os princípios da inércia.

A partir dessa síntese sobre o movimento, partimos para responder nossa problematização inicial. utilizamos o argumento de Isaac Newton, figura 5, sobre os satélites artificiais que está nos princípios, a explosão do canhão causa um *movimento violento* na bala e ela cai mais longe do pé, se colocarmos mais pólvora ela vai mais longe, a ponto de não podermos mais desconsiderar a curvatura da terra, e assim sucessivamente, até o momento em que a tentativa de subida dela, para tentar escapar pela tangente compensa a sua descida, isto é, se não existisse gravidade sobre a Lua, ela deveria então subir em relação ao centro da Terra e através do *movimento violento* sair pela tangente em linha reta executando um movimento retilíneo uniforme, como podemos ver na figura 5. Entretanto a Terra *pulla* Lua para baixo no mesmo instante de tempo que ela deveria subir, exercendo sobre ela um *movimento naturalmente acelerado*, a composição desses dois movimentos resulta no movimento real, isto é, aquele que enxergamos, a órbita da Lua!

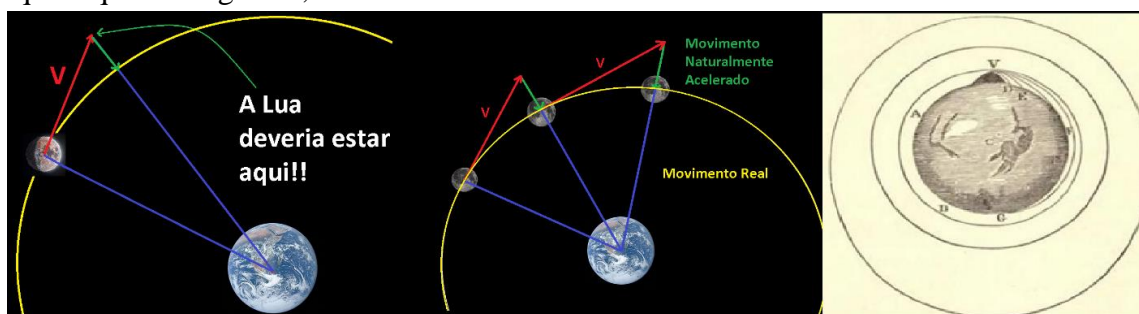


Figura 6: figuras de nossa apresentação que foram mostradas para os alunos. A direita os satélites artificiais de Newton, a esquerda podemos ver a composição que Galilei faria para explicar o equilíbrio Terra-Lua. Se não existisse gravidade sobre a Lua, ela se afastaria em linha reta, entretanto o movimento naturalmente acelerado faz ela cair em queda livre.

Concluimos então: “A Lua está caindo eternamente sobre a Terra³². A Física que acontece lá em cima pessoal é a mesma Física que acontece aqui em baixo claro, dadas as devidas proporções.” O mundo sublunar e supralunar de Aristóteles cai por terra com esse argumento[...] turma adorou essa explicação: “Nossa isso faz muito sentido...”, “Entendi!”, “vou explicar para meus pais hahahaha!” Uma das alunas perguntou qual seria a altura que Lua deveria subir, essa foi uma pergunta que não esperávamos naquele dia, tínhamos estudado muito o tema, para conseguir responder nossa problematização de maneira clara e intuitiva, por isso respondemos ela da seguinte maneira:

³² [...] a Lua cai no sentido de que se afasta da linha reta que percorreria se não existissem forças.” Ver Lições de Física Feynman vol. 1 pg. 86.

“Essa é uma pergunta muito boa, não esperava que algum de vocês ia fazer essa pergunta hoje. A gente pode calcular isso nas próximas aulas, Newton calculou essa altura! Se a gente fizer os cálculos hoje, chegamos no valor de 1,35 milímetros³³ no qual ela deveria cair em um segundo através do movimento naturalmente acelerado, isto é, queda livre. Porém ela sobe 1,35 milímetros em relação à Terra devido ao movimento violento, o resultado final é órbita da Lua, obviamente que a gente não vê essa composição! Mas ela é suficiente, pôr hora, para entendermos por que ela não cai.”

É importante ressaltar que sempre na parte final da aula os alunos que ficam na parte do fundo, começam a mexer no celular, mas não atrapalham os colegas da frente que estavam prestando atenção. Nossas brincadeiras, piadas e palhaçadas que planejamos ajudaram a segurar a atenção da plateia por mais tempo, sabemos que os dois períodos de Física da semana são os mais cansativos para a turma, mas mesmo assim, tivemos uma excelente participação. A turma 114 possui algumas pessoas tímidas, sempre que possível provocamos eles a participarem, nem que seja para arrancar algumas risadas da plateia.

PLANO DE AULA 3

“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes” Isaac Newton.

E o valor experimental da aceleração da gravidade na escola [trabalho].

Data: 26/08/22

Tópicos:

- A ideia de gênio.
- Avaliar as concepções alternativas dos alunos sobre medição de alguma coisa.
- Como transpor as equações do movimento uniformemente variado para situações de queda dos corpos?

Objetivos docentes:

- Afinal, a ideias veem do nada?
- A Física é uma aproximação de nossa realidade.
- Dar uma visão clara e coerente da medição de grandezas
- Transpor as equações do MRUV para queda livre avaliando seu domínio de validade contextualizando com o dia-dia dos alunos.

³³ Demonstração no apêndice B

Procedimentos:Atividade Inicial (Aproximadamente 20min):

Nas aulas anteriores, discutimos aspectos históricos sobre o movimento e queda dos corpos, e a partir disso, questionaremos os alunos. Afinal, as ideias veem do nada? Ou são fruto de uma profunda reflexão das ideias anteriores? Qual é a diferença entre uma mente criativa e uma mente genial? Estaremos prontos, para o nome que vai surgir naturalmente: Albert Einstein, desconstruiremos a ideia deturpada de gênio, a luz da história e filosofia da ciência.

Desenvolvimento (Aproximadamente 45min):

Dividiremos a turma em dois grupos e explicaremos como funcionará o trabalho. Apresentaremos ao final dessa discussão, uma problematização: Como podemos medir a aceleração da gravidade a partir das equações do MRUV, ouviremos as ideias que os alunos têm, e a partir disso construiremos as ideias de aproximação, referencial e domínio de validade. Como podemos medir uma altura através do fio de prumo, por exemplo. Construiremos o conceito de média para muitos dados experimentais. O objetivo dessa discussão é exercer o pensamento físico dos alunos, ou seja, queremos que quando eles olharem para as equações do MRUV não enxerguem letras, mas sim, o fenômeno que está acontecendo. Possivelmente vamos começar as medições da aceleração da gravidade no pátio da escola e terminaremos isso na aula 4.

Fechamento (Aproximadamente 5min):

Vamos orientar os alunos a não faltarem na próxima aula pois esse trabalho contará como uma das notas finais.

Recursos: Projetor, computador e apresentação de slides, quadro branco, caneta, trena e cronômetros, bolas de basquete e handebol.

Avaliação: Participação dos alunos, disciplina e respeito em realizar as atividades propostas.

Relato III-Medição da aceleração da gravidade local

Dia: 19/08/22

Início: 16h55min

Fim: 18h25min, 5° e 6° períodos.

11 alunos presentes dentre eles, sete meninas e quatro meninos.

Montamos o projetor, e convidamos os alunos para se juntarem a nós na sala ao lado. Quando todos estavam acomodados lançamos uma pergunta que era direcionada aos alunos: *“Afiml as ideias veem do nada!?”* Pedimos para os alunos refletirem um pouco sobre isso, alguns trouxeram exemplos do seu cotidiano para tentar explicar, um deles utilizava o futebol: *“Ah tipo sor, quando eu tô jogando futebol eu penso em como vou fazer o gol, mas eu sempre penso no treino em como eu vou me movimentar para driblar, as vezes dá certo hahahahah!”* umas das alunas trouxe um exemplo de culinária: *“Uma vez sor. eu preparei um bolo, mas eu tinha visto no YouTube que a mulher colocou manteiga na parte de cima para dar mais sabor, e aí eu decidi colocar no recheio dentro do bolo com um pouco de açúcar e testar pra ver se iria dar certo, e ficou muito bom! E com o brigadeiro na parte de cima dele, nossa!”* todos rimos nesse momento, pela extravagância e criatividade do exemplo: *“bah, tu me deixaste com fome!”* Notamos que os alunos estavam respondendo indiretamente nossa pergunta por isso comentamos que os exemplos de certa maneira trazem conhecimentos aprendidos ao longo da vida, e que em algum momento, esses conhecimentos são aplicados de uma maneira totalmente diferente, que depende da criatividade de cada um, a manteiga é um exemplo disso, e o treino de futebol é outro, as vezes teremos êxito as vezes não.

Lançamos então a pergunta que mais nos interessava: *“pessoal o Galileu é um gênio?...”* todas as pessoas que falaram, disseram que sim, porém tentavam justificar: *“[...]olha a quantidade de coisas que ele fez, no tempo que ele viveu, ele foi corajoso sor.”* perguntamos então: *“As ideias do Galileu vieram do nada pessoal?”* todos disseram que não: *tu falou sor. o Galileu demorou muito tempo para pensar nas ideias com todo mundo no pé dele, então acho que não, ele não tinha medo do perigo hahahah!.”* Uma das alunas falou sobre a luneta: *“[...] ninguém tinha pensado em apontar a luneta para o espaço ela já existia[...].”* Ficamos satisfeitos com as respostas que tivemos notamos que nosso esforço em trazer pontos históricos e filosóficos da ciência ajudaram a organizar melhor as ideias dos alunos, nosso único erro nessa atividade, foi o de não questionar os alunos sobre isso em nossa primeira aula, ou seja, trazer essas perguntas na abertura de nossa unidade didática e avaliar o crescimento geral da turma 114 como um todo. Pensamos que algum momento o nome Albert Einstein iria surgir, porém isso não aconteceu. A turma 114 é um pouco tímida, as respostas são curtas, mas precisas. muitas pessoas não queriam falar, respeitamos e decidimos não forçar mais respostas. A atividade inicial de nosso plano teve poucos minutos de duração, não controlamos esse tempo.

Passamos para nossa atividade de determinar a aceleração da gravidade local. A turma estava ansiosa pois, notaram que trouxemos as bolas de handebol e de basquete para a aula. Os cronômetros, as trenas, e os fios de prumo, estavam escondidos em nossa bolsa, escrevemos no quadro, por definição, as equações para o movimento de queda livre:

$$v(t) = v_0 + gt \quad .(1)$$

$$s(t) = s_0 + v_0 t + g \frac{t^2}{2} \quad .(2)$$

Onde em (1), $v(t)$ é a velocidade final em função do tempo, v_0 a velocidade inicial, e g a aceleração da gravidade. Em (2), temos $s(t)$ a posição final em função do tempo, s_0 posição inicial, v_0 velocidade inicial e g a aceleração da gravidade. Perguntamos para os alunos quais seriam as grandezas que precisaríamos medir para determinar o valor de g na queda livre, utilizando as equações do movimento retilíneo uniformemente variado, as bolas, e o segundo andar da escola. A primeira ideia que surgiu se baseou em medir a velocidade de queda a partir da equação (1), questionamos então o que precisamos saber para medir a velocidade. Os alunos responderam que a distância e o tempo são necessários, salientamos que isso complica um pouco nossa análise, pois teríamos que medir duas coisas para saber uma. Os alunos notaram nesse momento que o problema estava relacionado em medir distâncias e intervalos de tempo, uma das alunas teve uma ideia brilhante:

“O sor, e se a gente medir a altura do segundo andar, largar as bolas e ver o tempo da queda conseguimos medir g ?”

Respondemos positivamente: *“Exatamente! É exatamente isso que vamos fazer! Mas como tu transpõe o que tu disseste aqui e agora! Para as equações aqui no quadro?!”* **“Ai, muito difícil sor, hahaha!”** ela responde.

O problema ficou evidente a partir desse momento: a turma têm muita dificuldade em realizar o processo inverso, ou seja, a partir de uma situação real, descrever matematicamente o movimento, acreditamos que grande parte dessa dificuldade está fundamentada na inércia de realizar exercícios abstratos e muito fechados e que não estão conectados com a realidade, isto é, através de números, letras e fórmulas, descrever situações reais. Acreditamos que a turma não possui maturidade suficiente para dar esse tipo salto, o que portanto dificulta a abstração de situações reais, isto é, o reverso. Isso que presenciamos naquele dia, vai ao encontro de (BORGES, 2002):

”Sem dúvida que as teorias físicas são construções teóricas e expressas em forma matemática; mas o conhecimento que elas carregam só faz sentido se nos permite compreender como o mundo funciona e porquê as coisas são como são e não de outra forma. Isso não significa admitir que podemos adquirir uma compreensão de conceitos teóricos através de experimentos, mas que as dimensões teórica e empírica do conhecimento científico não são isoladas. Não se trata, pois, de contrapor o ensino experimental ao teórico, mas de encontrar formas que evitem essa fragmentação no conhecimento, para tornar a aprendizagem mais interessante, motivadora e acessível aos estudantes.”

No intuito de tentar sanar certos problemas em adotar esse tipo de caminho, optamos por ir na contramão e não desconectar o conhecimento teórico e o experimental. Durante toda a aula seguramos a bola de basquete, e sempre perguntávamos: *“A partir dessa situação que vocês estão vendo aqui, como que a gente desenha isso no quadro?”* Realizamos esse processo lentamente, primeiro desenhamos no quadro a situação problema, salientamos que esse é o primeiro passo na descrição do movimento de queda. Em segundo lugar, definimos nosso referencial: *“Pessoal, onde vocês querem colocar o referencial, ou seja, o marco zero e a orientação do eixo y, aqui no segundo andar, ou no chão?”* os alunos respondem no chão com o eixo y voltado para cima. *“tranquilo! é a partir desse referencial que vamos descrever o movimento das bolas.”* Lentamente chegamos na expressão que utilizaríamos para medir a aceleração da gravidade na escola isso foi feito usando a equação (2).

Salientamos que os alunos não tiveram problemas em definir posição final, posição inicial, e velocidade inicial, pois estavam sempre pensando na situação real e observando sempre o referencial, estávamos exaustivamente reforçando esse aspecto a todo momento. Como a turma estava acostumada em realizar o processo, tiveram dificuldade no início, entretanto foram entendendo ao da aula. Concluímos juntamente com as ideias dos alunos que na queda livre, considerando as bolas partindo do repouso, com o sentido do eixo y orientado para cima, a aceleração sentida pelas bolas se resume a equação (3):

$$g = \frac{2h}{t^2} . (3)$$

Onde h é a altura de queda e t o intervalo de tempo. tendo adotado esse modelo para medir g , como pode ser visto na figura 6

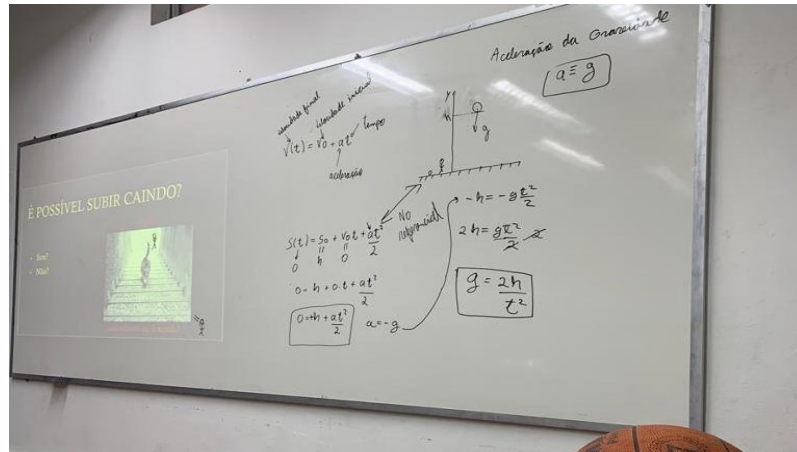


Figura 7: Construção do modelo teórico para medir g .

partimos para as os problemas experimentais: como podemos medir uma altura para ter uma maior precisão nas medidas? Para responder essa pergunta, pedimos um voluntário da plateia para discutir os problemas experimentais que surgem quando medimos uma altura: “digamos que eu queira saber a tua altura que tem do teu braço até o chão, estende o teu braço por gentileza e segura a trena.” Ao invés de medirmos a altura como se faz corretamente, exageramos a situação como pode ser visto na figura 7 pictoricamente:

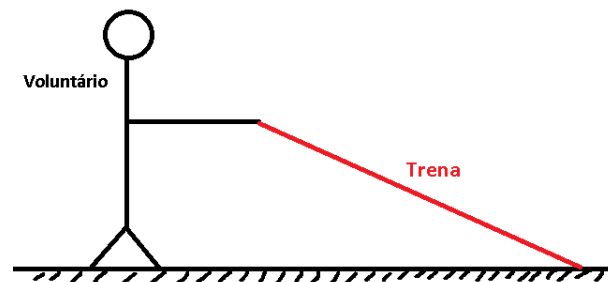


Figura 8: Medição de uma “altura” para gerar questionamentos nos alunos.

Feito a medição seguimos:

“[...] certo pessoal, a altura que tem do braço do dele até o chão é de dois metros e quarenta e quatro centímetros! Beleza, vou falar agora como funciona os cronômetros[...] nesse instante a turma começou a rir, perguntamos qual foi o motivo de tanta graça: **“tu não mediu a altura sor”** Ah é! Como tu sabe que eu não medi a altura? **Tu mediu a diagonal sor, ele é mais alto que tu mas ele não tem três metros de altura!** “Ah é! Então como se mede uma altura? Ela se levantou e começou a explicar: **“Oh sor, tu tem que botar bem embaixo da mão do Igor aí tu mede a altura”** “humm! Interessante, mas como tu me garante que não está medindo a diagonal? O teu ponto aí, que tu escolheu no piso da sala, pode ser uma diagonalzinha e não ser de fato a altura do braço do Igor até o chão, nota que a gente vai medir uma altura muito grande o segundo andar aqui do colégio é muito alto.”

***“Bah sor. não tinha pensado nisso... Ah para de enrolar hahahaha!
Como é que gente mede a altura então? hahahaha!”***

Notamos que os alunos estavam cientes das dificuldades em medir uma altura, por isso apresentamos o fio de prumo como uma possível solução, e como um meio prático de acertar a medida da altura do segundo andar da escola com maior precisão. Nessa discussão falamos também, da grande vantagem que o fio de prumo tem em *deixar as coisas retas*, ou seja, se construímos uma parede de tijolos e queremos ter uma ideia se a parede está subindo para cima e não para os lados, usamos o fio de prumo. A seguir falamos em como usar os cronômetros e como deve ser feita a medição do tempo:

“Primeiro todo mundo vai sair da sala e cada grupo vai medir a altura do segundo andar com as trenas e os fios de prumo, com esse giz branco marcaremos os pontos no chão e o no parapeito na parte de cima, após isso colocaremos as trenas nesses pontos riscados, bem esticadas! E feito isso anotaremos no caderno o valor da altura.

*“O segundo passo pessoal é o seguinte: nós não conseguimos fazer duas coisas ao mesmo tempo! a pessoa que ficará medindo o tempo de queda, não pode em nenhum momento observar a bola cair! Ela vai ficar de olhos fechados, e de preferência olhando para trás! A pessoa que está lá em cima segurando as bolas vai falar as palavras: **Preparado(a)....!! Já!!** Nesse momento a pessoa que está lá embaixo dispara o cronômetro, a bola vai cair quando a pessoa que está embaixo ouvir o barulho, ela para o cronômetro e anota o tempo de queda! E assim vamos reveessando de pessoa em pessoa, Cada um de vocês vai medir o tempo de queda pelo menos duas vezes. Após nossas instruções tiramos todos da sala. Como se trata de uma atividade experimental, colocaremos nesse trabalho as imagens feitas naquele dia. Muito obrigado a professora titular por disponibilizar as fotos, e nos ajudar a organizar a turma.*

Realizamos três medidas da altura do segundo andar, nas duas primeiras, o grupo 1 obteve o valor de 3,90 metros, e o grupo 2 o valor de 3,94 metros, discordando apenas na segunda casa decimal. Ajudamos então a medir pela terceira vez, e encontramos o valor de 3,90 metros. Ao nosso ver um desvio padrão excelente, era exatamente isso que queríamos obter. Os fios de prumo foram essenciais para essa medição, reduzindo drasticamente possíveis erros. Sabíamos que a o tempo de queda seria o problema, pois estaria em função do tempo de reação de cada estudante. Um dos deles comentou: *“Bah sor, tu tinha razão.... sem o prumo, com essa altura, fica quase impossível de não acertar uma diagonal, e ainda dá pra ver que o parapeito tá reto!”*

Não conseguimos terminar as medições naquele dia. É importante salientar que durante a medição, tanto o grupo um quanto o dois, que ficaram, respectivamente, com as bolas de

basquete e de handebol. Buscaram a todo momento, tempos de queda próximos, ou seja, os alunos comparavam os tempos de queda com os anteriores anotados no caderno, se esse tempo estivesse muito distante da medida anterior, eles descartavam e mediam novamente, entretanto em momento algum mencionamos que deveriam realizar esse procedimento, acreditamos que a atividade experimental realizada pelo professor 1 em nossa observação do dia 22/07, foi de grande ajuda nesse contexto. A turma 114 está de parabéns pela organização, comprometimento, respeito, e por ir muito além de nossas expectativas estipuladas em nosso plano de aula.



Figura 9: Algumas imagens das medições realizadas com os fios de prumo. É possível ver na primeira e na última figura da esquerda para a direita, a marcação com o giz feita por parte das alunas.



Figura 10: Algumas imagens da medição da altura do parapeito do segundo andar até o chão.

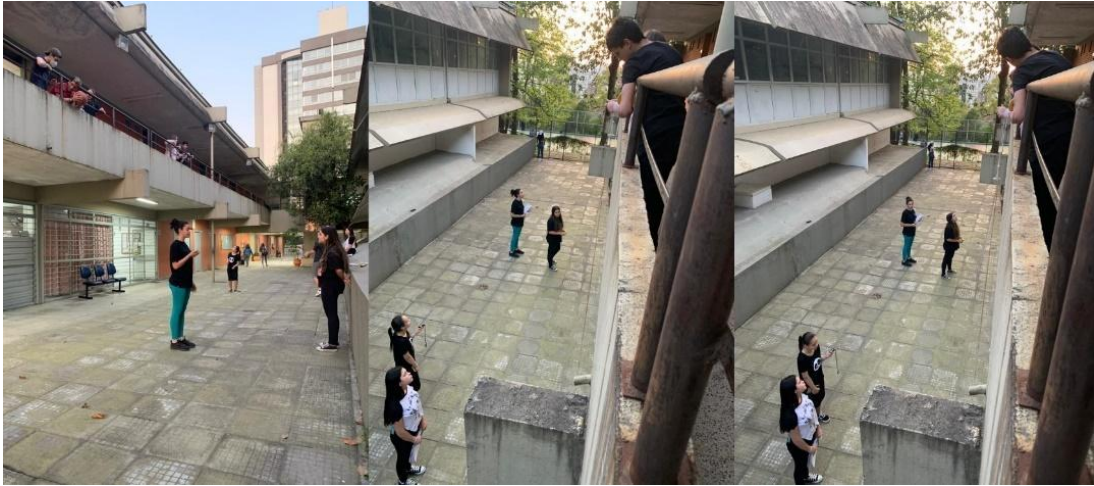


Figura 11: Medição do tempo de queda das bolas de handebol e de basquete.

PLANO DE AULA 4

Continuação da medição do valor experimental da aceleração da gravidade na escola [trabalho].

Data: 02/09/22

Tópicos: Medição da aceleração da gravidade.

Objetivos docentes:

Transpor as equações do MRUV para queda livre avaliando seu domínio de validade contextualizando com o dia-dia dos alunos.

Procedimentos:

Atividade Inicial (Aproximadamente 30min):

Continuaremos de onde paramos na aula 3, terminaremos as medições, vamos fazer com que cada aluno cronometre o tempo de queda de uma bola de futsal pelo menos duas vezes.

Desenvolvimento (Aproximadamente 45min):

A partir das equações de movimento do MRUV, calcularemos o valor da aceleração da gravidade a partir dos dados, serão aproximadamente 24 medições de altura e tempo de queda, pois a turma é composta de onze alunos. construiremos uma tabela no quadro-branco para esses

valores e ao final, calcularemos a média dos dados obtidos. Como se trata de uma atividade experimental, podem haver percalços ao longo do caminho como por exemplo, medições que estão totalmente incoerentes. Nosso objetivo não é chegar no valor padrão de g , e sim discutir a física de todo o processo.

Recursos: quadro branco, caneta, trenas cronômetros bolas de handebol e basquete.

Avaliação: Participação e coleta dos dados por parte dos alunos.

Relato IV-Medição da aceleração da gravidade local

05/09/22 - Segunda-Feira

Início: 16h55min

Fim: 18h28min, 5° e 6° períodos.

9 alunos presentes dentre eles, cinco meninas e quatro meninos.

Nossa aula de número 4 deveria ter sido na sexta-feira dia 02/08/22, porém os alunos da escola tiveram atividades relacionadas ao novo ensino médio. Por isso não teriam os períodos de física. O professor 1 que tem a disciplina de cultura digital com a turma 114 nas segundas feiras, nos dois últimos períodos, gentilmente abriu mão de seus períodos para nós. Chegamos na sala rapidamente para não perder tempo e distribuimos os cronômetros e as bolas de basquete e handebol e deixamos montado o projetor os slides. faltavam cinco medidas de tempo para cada grupo por isso levamos a turma para fora da sala e finalizamos as medições, com intervalo de tempo 33 minutos, estávamos controlando o tempo para não atrasar nossa análise. Trouxemos a turma para dentro da sala e fizemos no quadro as tabelas de tempo do grupo um e dois, com os respectivos nomes, tempos de queda e acelerações. É possível ver os valores que obtivemos nas tabelas 1 e 2 para a de basquete e de handebol respectivamente caindo de uma altura de 3,90 metros

Nomes	Tempo de queda 1(s)	Tempo de queda 2 (s)	$g_1 \left(\frac{m}{s^2} \right)$ utilizando equação (3)	$g_2 \left(\frac{m}{s^2} \right)$ utilizando equação (3)	Valor médio para a aceleração da bola de basquete (m/s^2).
Aluno 1	1,03	0,94	7,35	8,83	
Aluno 2	0,69	0,65	16,38	18,46	
Aluno 3	1,13	0,78	6,11	12,82	$10,82 \pm 4,00$
Aluno 4	0,90	0,93	9,62	9,01	
Aluno 5	0,85	0,94	10,79	8,82	

Tabela 1: Dados obtidos pelo grupo 1 para a aceleração de queda da bola de basquete.

Nomes	Tempo de queda 2 (s)	Tempo de queda 2 (s)	$g_1 \left(\frac{m}{s^2} \right)$ Utilizando equação (3)	$g_2 \left(\frac{m}{s^2} \right)$ Utilizando equação (3)	Valor médio ³⁴ para a aceleração da bola de handebol (m/s^2).
Aluno 6	1,72	0,98	2,64	8,12	
Aluno 7	1,33	1,29	4,41	4,69	
Aluno 8	1,25	1,30	5,00	4,62	$4,91 \pm 1,85$
Aluno 9	1,00	0,37	7,80	57,00 ³⁵	
Aluno 10	1,12	1,30	6,21	4,61	
Aluno 11	1,82	1,47	2,35	3,61	

Tabela 2: Dados obtidos pelo grupo 2 para a aceleração de queda da bola de handebol.

Levamos em torno de 26 minutos para fazer as tabelas e colocar os dados no quadro, os alunos nos ajudaram a fazer os cálculos baseados na equação (3), estavam curiosos para ver qual seriam os valores obtidos. perceberam que as tabelas seguiam certa regularidade, ou seja, para a bola de basquete as acelerações ficaram acima dos $6 m/s^2$ enquanto que para a bola de handebol apenas 3 dados da tabela 2, ficaram acima deste valor. Os alunos não tinham conhecimento do valor padrão para a aceleração da gravidade³⁶, quando apresentamos para eles, obtivemos falas do tipo: “*Não foi tão ruim assim sor, chegamos perto hahahaha! A de basquete chegou muito perto*” Ressaltamos que o experimento de queda livre para medir g não é recomendável, pois existem diversas variáveis que não conseguimos controlar, como por exemplo o tempo de reação de cada um, é um o fator determinante durante todo o processo, é

³⁴ Não calculamos o desvio padrão com os alunos, ele está presente neste trabalho para que possamos enxergar quantitativamente quanto os dados variaram em relação à média.

³⁵ Valor desconsiderado por nós e pelos alunos.

³⁶ $9,81 m/s^2$ -Fonte:https://www.nasa.gov/audience/foreducators/k-4/features/F_Measuring_Gravity_With_Grace.html

muito rápido, podemos ver nas tabelas 1 e 2, que as bolas demoram 1,3 segundos em média, para cair de uma altura de 3,90 metros.

Outro aspecto que vale salientar foi a variação da altura, mesmo que tentássemos colocá-las rentes ao parapeito do segundo andar, no qual medimos a altura em relação ao chão, tínhamos que deslocar as bolas, um pouco para fora, para que durante a queda não batessem nesse parapeito como podemos ver na primeira imagem da figura 7 e 9, da esquerda para a direita. Outro aspecto muito interessante que comentamos com os alunos foi a influência da resistência do ar, como podemos ver nas tabelas 1 e 2 os valores médios das bolas, principalmente para a de handebol, que é menor e mais leve que a de basquete, a resistência se tornou mais evidente. Um dos alunos lembrou que na aula 2 tínhamos comentado sobre a esse aspecto, acreditamos que ela estava se referindo a frase que retiramos do livro de Galileu de 1632, presente em nosso relato II. A seguir falamos em como aumentar a precisão das medições, falamos sobre a trena a laser³⁷. basicamente seu funcionamento se baseia no movimento retilíneo uniformemente, em que um pulso de luz incide sobre um obstáculo e é refletido diretamente para fonte, então com esse intervalo de tempo e sabendo a velocidade da luz, a trena calcula automaticamente a distância que o obstáculo está da fonte, um conceito muito simples, porém extremamente poderoso e prático. Em nenhum momento de nossa aula derrubamos as bolas de basquete e handebol simultaneamente, e decidimos fazer a experiência no calor do momento:

“Pessoal vamos lá pra fora e eu vou derrubar as bolas juntas do parapeito quem vocês acham que chega primeiro no chão? A de basquete né sor, a aceleração é maior...” uma das alunas comenta.

Levamos todos para fora. Ficamos em cima do segundo andar, esperando a plateia ir para o primeiro. estávamos nervosos, de que as duas caíssem juntas, mas quando a de basquete chegou primeiro, por pouco, respiramos aliviados, mostrando que apesar de nossos tempos de reação influenciarem na medida, para mais ou para menos, os dados experimentais condizem com o experimento observado. Ao nosso ver o experimento foi muito bem visto por todos os alunos dado o seu interesse, participação e comprometimento em realizar a atividade proposta.

Faltando 15 minutos para terminar a aula colocamos em nossos slides finais como ficaria a equação da velocidade se considerarmos a influência do ar em nosso experimento de

³⁷ A trena laser é um aparelho para medir as distâncias. Um feixe de laser é projetado em um alvo que por sua vez reflete o feixe de luz. A unidade eletrônica calcula a mudança de fase entre a transmissão e a recepção.

queda livre, somente por uma questão curiosidade e se restasse um tempo para falar nisso. Decidimos arriscar para ver se ficariam interessados. Dessa vez, apenas alguns alunos e alunas estava curiosa para ver como ficaria, os outros queriam ir embora, e ficaram mexendo no celular, mas em respeito a eles, seguimos com nossa explicação. Tínhamos em mente mostrar que quando Aristóteles estabelece a noção qualitativa de velocidade no qual mostramos para os alunos na aula 2 e que, segundo ele:

$$Velocidade \propto \frac{peso}{resist\hat{e}ncia\ do\ meio} \quad .(4)$$

Podemos ver que a relação (4) não está coerente com a realidade, mas também não está completamente equivocada, isto é, sabemos que a força de resistência do ar para velocidades não tão altas pode ser considerada proporcional à velocidade³⁸ e pode ser escrita como:

$$F_{ar} = -\gamma v \quad .(5)$$

Onde em (5) temos γ uma constante que depende do meio, no caso o ar, e v sua velocidade de queda no campo gravitacional. Desprezando o empuxo que o ar exerce sobre a bola durante a sua queda é possível mostrar que³⁹:

$$v = v(t) = \frac{mg}{\gamma} \left(1 - e^{-\frac{\gamma}{m}t}\right), \text{ sendo } e = 2,718281 \dots \text{ um irracional} \quad .(6)$$

Esta foi a equação que mostramos para os alunos, apesar de sua complexidade tiramos conclusões muito bonitas a respeito do movimento de queda de um corpo. A primeira aparece no termo " $\frac{mg}{\gamma}$ ", fica evidente que comparando com (4) vemos que a ideia de Aristóteles não está totalmente incoerente, o tal " γ " corresponderia a tal "*resistência do meio*" e " mg ", por definição corresponde ao peso da bola. A outra conclusão é ainda mais impressionante, segundo Aristóteles a Natureza tem horror ao vácuo, pois quando a resistência do meio tende a zero na equação (4), a velocidade do corpo tende ao infinito, o que corresponderia a um absurdo. Entretendo a (6) diz que se $\gamma \rightarrow 0$, fisicamente representando que o meio em que as bolas estão, tende ao vácuo, então:

$$v(t) = \frac{mg}{\gamma} \left(1 - e^{-\frac{\gamma}{m}t}\right) = \frac{0}{0} \quad .(7)$$

isto é, por definição uma indeterminação, ou seja, não podemos afirmar, por hora, nada sobre a velocidade das bolas quando caem no vácuo! Obviamente que não escrevemos nos slides a

³⁸ Ver Thornton, Marion - *Dinâmica Clássica de Partículas e Sistemas* 5ª Cap. 2, pág. 52

³⁹ Dedução no apêndice A.

equação (7), mostramos que zero sobre zero é uma indeterminação, porque qualquer número x satisfaz a equação $0 = x \cdot 0$. Então umas das alunas afirma: “*Mas sor, isso aí não tem nenhuma semelhança com a equação (1)!*” respondemos: “*De fato não tem semelhança alguma, porque essas equações que vocês veem aqui são escritas no vácuo! Desprezando a resistência do ar, fazemos uma aproximação, e ela é excelente para descrever o movimento de maneira simples e agente acabou de ver para as bolas, a partir dos dados que obtivemos, essa aproximação permanece válida para a bola de basquete, mas para a de handebol não! , mas na vida real é muito mais divertido. Já imaginou? A gente não poderia saltar de paraquedas! Ou ficar sem ventilador no verão, e ainda por cima não conseguir respirar, onde está a emoção nisso tudo?! E eu vou te mostrar que isso é uma aproximação e que a gente não precisa ter medo das equações!* Justificamos que quando $\gamma \rightarrow 0$ o valor de $e^{-\frac{\gamma}{m}t}$ fica muito pequeno e pode ser aproximado por:

$$e^{-\frac{\gamma}{m}t} \cong 1 - \frac{\gamma}{m}t$$

A estratégia foi mostrar para eles que pode se aproximar o valor da exponencial:

$$e^{0,001} = 1,001 \cong 1 + 0,001$$

De forma que na (6) quando $\gamma \rightarrow 0$:

$$v(t) = \frac{mg}{\gamma} \left(1 - e^{-\frac{\gamma}{m}t}\right) = \frac{mg}{\gamma} \left(1 - \left(1 - \frac{\gamma}{m}t\right)\right) = \frac{mg}{\gamma} \left(\frac{\gamma}{m}t\right) = gt$$

Isto é para o vácuo a velocidade das bolas em queda livre partindo do repouso é então:

$$v(t) = gt \quad . (8)$$

“*Viu, são que nem peças de LEGO, tu podes tirar ou acrescentar, sem perder o sentido.*” A ideia principal não foi trabalhar quantitativamente, queríamos mostrar que a intuição de Galileu é verificada por essas equações, e que a concepção de Aristóteles não está totalmente equivocada, pois é justamente o que obtivemos realizando o experimento. Conseguimos então ter uma visão mais clara dos resultados que obtivemos na “*queda livre*” das bolas. Obviamente que tanto Aristóteles quanto Galileu, não conseguiriam chegar nessas relações, pois no seu

tempo, a geometria⁴⁰ era a mais utilizada por todos os matemáticos, a álgebra⁴¹ estava em desenvolvimento, e o cálculo diferencial e integral⁴², viria anos depois da morte de Galileu. Levamos dois minutos a mais para concluir essa parte final, e liberar os alunos, percebemos que não ficaram muitos interessados, mas decidimos arriscar para ver no que ia dar.

PLANO DE AULA 5

Realização de exercícios conceituais, e de vestibular sobre o tema de MRUV e queda livre.

Data: 09/09/22

Tópicos:

- MRUV, movimento retilíneo uniformemente variado.

Objetivos docentes:

- Ajudar os alunos a organizar as ideias físicas do movimento retilíneo uniformemente variado com a realização de exercícios.

Procedimentos: A luz da metodologia *Peer instruction*, essa aula será dedicada a realização de exercícios partindo das dúvidas dos alunos, dividiremos a turma em dois grupos e lançaremos as folhas com questões objetivas a serem respondidas e os *cards* de resposta para cada grupo, principalmente voltadas para a universidade que pretendem cursar, e as dificuldades apontadas por eles no questionário que aplicamos. Deixaremos como tema de casa, mais uma lista preparando para a aula 6 no qual aplicaremos uma prova.

Recursos: Quadro branco, caneta *cards* de resposta e folhas.

Avaliação: Compreensão dos alunos no tema de MRUV e o seu interesse em participar da metodologia *Peer instruction*.

⁴⁰ Os Elementos é um tratado matemático e geométrico consistindo de 13 livros escrito pelo matemático grego Euclides em Alexandria por volta de 300 a.C. Ele engloba uma coleção de definições, postulados (axiomas), proposições (teoremas e construções) e provas matemáticas das proposições. Os treze livros cobrem a geometria euclidiana e a versão grega antiga da teoria dos números elementar.

⁴¹ Com a publicação da *Introdução à arte analítica*, do matemático e advogado francês François Viète (1540–1603), a álgebra iniciou a transição do período medieval, marcado por al-Khwarizmi (c.780–c.850) e Fibonacci (c.1170–c.1240), para a Idade Moderna. Fonte: <https://impa.br/noticias/na-folha-viete-e-o-nascimento-da-algebra-moderna/>

⁴² O cálculo diferencial e integral é um ramo importante da matemática, desenvolvido a partir da Álgebra e da Geometria, que se dedica ao estudo de taxas de variação de grandezas. Foi criado como uma ferramenta auxiliar em várias áreas das ciências exatas. Desenvolvido simultaneamente por Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) e por Isaac Newton (1643-1727), em trabalhos independentes.

Relato V- Realização de exercícios conceituais, e de vestibular

Dia 09/09/22

Início: 13h20min

Fim: 15h00min, (1° e 2° períodos)

8 pessoas presentes dentre elas 6 meninas e 2 meninos.

A semana do dia 09/09, foi atípica. Tivemos que assumir a turma na segunda-feira 09/22, e na sexta feira 09/09, fomos informados horas antes de começar o primeiro período na escola que alguns professores não dariam aula nesse dia, por isso a direção subiu os períodos de física para os dois primeiros. Chegamos na hora de começar a aula. Informamos os alunos que assumiríamos eles no primeiro e segundo período. eles não sabiam, muitos chegaram atrasados e no segundo período. Fomos até a direção pegar os *cards* de resposta, perdemos 10 minutos de aula entre esse vai e vem e começar a atividade. Explicamos para eles como funcionava a metodologia *Peer Instruction*, notamos que ficaram um tanto surpresos com o tipo de didática, entretanto foram compreendendo a metodologia ao longo da aula. Os materiais de apoio que distribuímos para estudarem em casa pós aula, estão em anexo, a literatura usada foi retirada do livro Física Conceitual de Paul Hewitt, com as questões que discutimos em aula. A metodologia *Peer instruction* é fundamentada em questões conceituais⁴³, como nossa unidade didática possui um conteúdo que trabalha, mas com a matemática, buscamos na primeira página, atingir o conhecimento conceitual dos alunos, no sentido de aquecê-los mentalmente para as questões de cálculo que viriam a seguir. A segunda página, possui um número maior de contas, e não são recomendadas para esse tipo de metodologia, entretanto no questionário que foi entregue aos alunos, notamos em suas respostas que muitos deles pretendem cursar faculdade, então nos sentimos na obrigação trazer questões de vestibulares sobre o nosso tema, para que os alunos tivessem uma noção clara do que é cobrado nesses concursos.

A primeira questão conceitual estava se referindo ao movimento de queda livre, interpretado por Galileu, queríamos que os alunos respondessem que esse movimento de queda percorre espaços que são proporcionais ao quadrado do tempo, no entanto a maioria respondeu que esse movimento, *percorre espaços que são proporcionais à velocidade*, seguindo a metodologia, revisamos o conteúdo no quadro, isso tinha sido visto na aula 2, e acreditamos

⁴³ (ARAUJO, MAZUR, 2013)

que os alunos estavam confundindo movimento retilíneo uniforme com movimento retilíneo uniformemente variado. A segunda questão está como se segue:

*“Uma bola de basquete e uma de handebol são largadas de uma mesma altura em relação ao solo da Terra considere que essa altura é muito grande, e que as duas bolas partiram do repouso. **Desprezando a resistência do ar** que atua sobre as duas bolas, é possível afirmar que...”*

Queríamos que os alunos respondessem que ambas chegam juntas no chão, porém a maioria levantou a alternativa de a de basquete chega primeiro no chão, novamente fizemos uma revisão dos conceitos no quadro, notamos que os alunos consideraram a resistência do ar pois tínhamos largado as duas bolas na aula anterior, a interpretação de texto estava sendo um fator determinante na resolução da questões. A terceira se referia a mesma questão, mas que considerava a resistência do ar, dessa vez, durante a votação, tivemos uma unanimidade de que a de basquete chega primeiro no chão, e optamos por comentar em cima. A quarta questão era considerada por nós, a mais difícil das conceituais, pois carregava todos os conceitos das anteriores:

*“Uma bola de Basquete e uma de handebol são largadas de uma mesma altura em relação ao solo da Terra, considere que essa altura é muito grande. A bola de basquete é largada 5s depois que a de handebol. Considere a aceleração da gravidade igual a 10m/s^2 e, que ambas as bolas partiram do repouso em relação ao chão. **desprezando a resistência do ar que atua sobre as duas bolas**, é possível afirmar, **fisicamente** que...”*

A quarta questão tinha uma alternativa quase que impossível:

“A bola de handebol dispara raios laser que vaporizam a bola de basquete no ar.”

Arrancamos algumas risadas da plateia, alguns disseram: “eu acho que é essa sor, hahahaha!” dissemos: “olha só pessoal, o que eu quero de vocês também é interpretação de texto notem, está escrito em negrito: **“fisicamente”** hahahaha!”

Pensávamos que ninguém iria acertar, no entanto, depois de lermos cuidadosamente, e darmos um tempo para cada um pensar, tivemos uma unanimidade na letra c):

“A bola de basquete não alcança a bola de handebol em nenhum momento da queda.”

De fato, os alunos compreenderam que os corpos caindo na superfície da Terra, desprezando a resistência do ar, sofrem as mesmas acelerações e, portanto, os espaços percorridos por estes independem da sua massa. Então as bolas não se encontram durante a

queda. Ficamos muitos surpresos que acertaram a questão mais difícil das conceituais, por que se confundiram nas anteriores. Notamos que alguns alunos conversavam antes da votação, por estarem sentados em duplas, alguns estavam fazendo a experiência, mas não com as bolas, e sim com as canetas e borrachas, que estavam em cima das classes, foi um aspecto muito interessante de se notar, pois enxergamos nas suas ações reflexivas, teoria e prática andando juntas, e esse era um dos objetivos de Galileu, e é um dos objetivos estipulados em nesse trabalho, e vai ao encontro de nosso referencial teórico (BORGES, 2002).

Uma das alunas queria responder o motivo das bolas não se encontrarem, seu raciocínio foi através da velocidade, argumentando que as variações de velocidade são iguais, um aspecto muito interessante de se notar é que ela não utilizou a palavra aceleração em nenhum momento de sua explicação, dando indícios para nós de que o conceito de aceleração ainda não está totalmente claro em sua mente, mas sua resposta não deixa de estar coerente, nosso comentário foi então em cima semelhante, mas usando velocidade:

“te imagina dentro de um ônibus a 20m/s, e tu olha pela janela e vê um carro na frente do teu ônibus, tu enxerga o velocímetro dele pela janela, e vê que ele está também está a 20m/s. Quando ônibus passa o carro?”

“nunca!” ela responde, *“exatamente, o mesmo argumento para a aceleração da gravidade.”* Feito esse comentário partimos para a próxima questão: *“Por que a Terra não cai no Sol?”* Todos responderam que: *“Porque ela está caindo eternamente, ou seja, ela quer escapar, mas a gravidade da Sol puxa ela para baixo, fazendo-a cair para sempre.”* De fato os alunos compreenderam que a explicação que demos para eles na aula 2 sobre a Lua, pode e deve ser interpretado da mesma maneira, **NUNCA** mencionamos que o argumento que utilizamos para a Lua poderia ser generalizado, mas acreditamos que os alunos estavam conscientes de que existe uma, e apenas uma física em nosso universo, claro que dado as devidas proporções.

Cometemos alguns erros nessa questão, e no calor do momento, esquecemos de comentar alternativa d): *“Por que não tem atrito no espaço.”*, poderia ser uma possibilidade, dado que está se referindo a conservação da energia mecânica, ou seja, a Terra está em equilíbrio com o Sol, devido a isso, e a conservação do momentum angular, no momento em que escrevemos isso estávamos cogitando que eles iriam pensar na hora: ora, se tivesse isso, a Terra iria ser freada e então cairia no Sol, mas como todos foram na letra c) e após isso, repetimos o comentário que fizemos na aula 2 sobre os satélites artificiais de Newton, esquecemos.

Outro aspecto foi de não escrever em nosso enunciado: “cientificamente falando...” dado que a alternativa e): *Porque Deus não quer*, está certa também, religiosamente falando, para uma pessoa que teme a Deus, nossa intenção não foi de debochar da religião de cada aluno, pedimos aqui, perdão por nossa ignorância e displicência em formular esse tipo questão sem as devidas ressalvas, e porquê também acreditamos em Deus. Max Planck em seu livro de religião e ciência de 1938 escreveu que⁴⁴:

“[...] Tanto a religião quanto a ciência precisam para suas atividades a crença em Deus, e além disso, Deus representa na primeira, o início, e na segunda, o fim de todo o pensamento[...]” (Max Planck, *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, 27).

Na visão de Planck, Deus está sempre presente, a única coisa que mudou foi o referencial. Seguimos para a quinta questão:

Uma bola de basquete é lançada para cima, em relação ao solo da Terra, com uma velocidade de 180km/h, considere que o valor da aceleração da gravidade vale 36 km/h/s determine, a partir do momento em que ela foi lançada, o tempo que demora para a bola de basquete atingir a altura máxima em relação ao solo.

Propomos nessa questão usar uma unidade de medida mista para a aceleração⁴⁵, no qual os alunos desconheciam, e nunca tinham trabalhado com esse tipo de unidade. lemos cuidadosamente, e demos um tempo para que todos respondessem. Como a maioria não respondeu corretamente, começamos a questioná-los:

“[...]a gente poderia resolver esse problema usando a função horária dá velocidade[...] [...] mas é a primeira vez que vemos essa unidade mista vamos trabalhar em cima disso, ela diz o seguinte: para a aceleração da gravidade, essa unidade indica que a velocidade varia 36km/h a cada segundo, se eu jogar a bola de basquete para cima com uma velocidade 180km/h a cada segundo quanto a velocidade diminui?[...]”

Obviamente que a resposta não foi imediata. Estávamos querendo que os alunos pensassem fisicamente, e não nas equações, o que muitas vezes pode ser um problema pois está fugindo da maneira mecânica de substituir letras por números nas equações de movimento. Entre esse vai e vem, entre nós e eles, lembrando conceitos sem dar a resposta e jogando a bola de basquete para cima, “[...]olha só a velocidade vai diminuindo a cada segundo[...]”

⁴⁴ Fonte: <https://withalliamgod.wordpress.com/2010/11/28/max-planck-on-god/>

⁴⁵ Ver “Cinémática sem formulas?” Prof. Dr. Fernando Lang. Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/~lang/textos.html>

então umas das alunas deu uma ideia: “[...] a cada segundo diminuiu 36[...]” era isso que queríamos ouvir. A partir daí começamos a desenhar no quadro a situação, e a escrever a subtração da velocidade a cada segundo, no final, chegamos a cinco segundos, sem usar fórmulas. Nosso objetivo com essa questão era *forçar*, no bom sentido, o pensamento físico de cada um, e acreditamos que a unidade de medida mista foi muito intuitiva de se entender, dado que **NUNCA** tínhamos trabalhado com ela antes. Vale salientar que os alunos tiveram contato somente com a unidade metro por segundo por segundo para aceleração, ao longo de nossas aulas.

Todo o relato acima foi feito no primeiro período, obviamente que não vamos retratar todas as questões realizadas, mas fazendo uma síntese, quando entramos nas questões de vestibular, notamos que os alunos ficaram um pouco confusos com a interpretação de texto, e com as questões que envolviam referenciais, o problema não era fazer as contas, e sim entender as questões conceitualmente. É importante salientar que introduzimos nessa aula velocidade média para como uma alternativa para medir deslocamentos, os alunos acharam simples. O *Peer Instruction* ajudou muito em definir as dificuldades específicas dos alunos, na parte final da aula, o tempo foi otimizado com as questões que envolviam cálculos, pois sabíamos onde estava a dúvida e como resolver, a aula mesclou entre a metodologia e o tradicional, obviamente que não foi perfeito, a turma é muito pequena e alguns tinham faltado naquele dia, o que dificulta um pouco a discussão em pares, a Turma 114, se distribui de uma forma interessante na sala, eles ocupam as paredes da esquerda e direita, e o meio fica vazio. Revisando um pouco sobre a metodologia depois da aula, vimos que cometemos erros de aplicação, entretanto como foi nosso primeiro contato com a metodologia, foi interessante ver como o método funciona, a tendência é melhorar quando a aplicarmos de novo.

PLANO DE AULA 6

(Prova)

Data: 16/09/22

Tópicos:

- Conteúdos vistos nas aulas anteriores a esta.

Objetivos docentes:

- Avaliar a compreensão dos alunos no tema de queda livre e MRUV.

Procedimentos: Estaremos num primeiro momento dispostos a esclarecer dúvidas dos alunos antes de aplicar a prova. E todo o tempo posterior a isso, será usado para que os alunos realizem da prova.

Recursos: Quadro branco, caneta e folhas

Avaliação: Compreensão dos alunos no conteúdo aprendido anteriormente.

Relato VI:

Dia 09/09/22

Início: 16h55min

Fim: 18h25min, (5° e 6° períodos)

11 pessoas presentes dentre elas 7 meninas e 4 meninos.

Entramos na sala, e cumprimentamos a todos. Perguntamos se tinham dúvidas sobre o conteúdo. As dúvidas eram referentes a transformações de unidades basicamente, e algumas relacionadas a frações, resolvemos também alguns exercícios do material de apoio que entregamos para os alunos na aula passada. A prova foi feita em dupla e está em anexo. Como a prova valia 4,0 pontos optamos por fazer duas questões conceituais, e duas questões que envolvessem mais cálculos. Entretanto ao longo da prova, colocamos desafios que contariam como ponto extra, e a segunda folha da prova era dedicada a esse tipo de questões, a prova então valia 9,0 pontos no total. Já que estavam fazendo em duplas, e se quisessem ter um desafio maior poderiam tentar fazer essas questões. Colocamos todas as equações necessárias para resolução da prova no quadro, juntamente com o que é cada “letra”, e deixamos claro se precisassem de mais alguma coisa, como converter unidade colocaríamos também, nossa intenção não era fazer os alunos decorarem fórmulas, mas sim que utilizassem elas caso precisassem em algum momento. A única coisa que precisariam saber para responder as questões, era física. A prova teve uma duração de uma hora e meia. Entretanto, brincamos com eles no momento de explicar as questões:

“Vocês viram que aqui existem questões com ponto extra, e a questão 6 vale 3,5 pontos, ou seja, se vocês quiserem resolver somente a 6, e mostrar que isso que está escrito aqui é verdade, vocês podem me entregar a prova somente com a questão 6 resolvida e ir para casa sabendo que ficaram com 3,5 pontos, por que ela contempla tudo que vimos em queda livre e tudo que vocês viram em MRUV, e precisa saber também a fórmula de Bhaskara que vou botar no

quadro aqui[...] Minha sugestão, primeiro as mais simples, depois as mais difíceis[...] isso fica como um desafio para vocês[...]”

No momento em que desafiamos eles, muitos tentaram ir direto para a questão 6, foi algo muito interessante de se notar, e depois que algumas duplas terminaram de fazer a primeira parte da prova, ficaram perguntando para nós até o término do período sobre essa questão, e não queriam entregar a prova sem entendê-la. Obviamente que não podíamos dar a resposta, mas é importante salientar que as dificuldades estavam em montar as equações de movimento e acreditamos foi pura falta de treino, pois percebemos em suas falas que estavam no caminho certo, mas não sabiam como escrever matematicamente, fato que observamos no relato III. Em nossa última aula discutiremos os resultados da prova e da questão 6.

PLANO DE AULA 7

O gol que o Pelé não fez.

Data: 23/09/22

Tópicos: Introdução a composição de movimentos, MRU e MRUV.

Objetivos docentes: Preparar os alunos para movimentos em duas dimensões.

Procedimentos: Atividade inicial (aproximadamente 25min) No primeiro momento passaremos o vídeo do gol que o Pelé não fez do meio do campo⁴⁶ e problematizar que tipo de trajetória a bola faz? Do ponto de vista da bola, qual o movimento que ela executa? Questionaremos os alunos sobre isso.

Desenvolvimento (aproximadamente 40min)

A partir dos questionamentos, vamos introduzir a ideia de superposição de movimentos. Vamos unir o céu e a Terra utilizando os argumentos de Galileu sobre a composição do lançamento de projéteis no vácuo, e acreditamos que será mais intuitivo de pensar dessa maneira, do que decompor velocidades ao longo dos eixos x e y.

Fechamento (aproximadamente 25min)

⁴⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=XuI9YKLLyT4&t=106s>

Passaremos outros fenômenos físicos que aparecem quando estamos vendo um jogo de futebol como por exemplo o efeito Magnus⁴⁷ e suas aplicações muito interessantes⁴⁸. A parte final da aula será de discussões a respeito desse efeito que pode ser muito útil em um jogo de futebol ou de vôlei para muitas vezes enganar o adversário.

Recursos: Quadro branco, caneta e projetor.

Avaliação: Participação dos alunos

Relato VII:

Dia 23/09/22

Início: 16h55min

Fim: 18h25min, (5° e 6° períodos)

8 pessoas presentes dentre elas 5 meninas e 3 meninos.

Os resultados da prova foram os excelentes: todas as duplas acertaram todas as questões conceituais, e ao nosso ver, estão de parabéns por que não eram questões tão fáceis de serem respondidas, as questões conceituais eram as *Peer Instruction*, entretanto explicávamos o que acontecia fisicamente e pedíamos para eles justificarem o porquê disso. As que envolviam um pouco mais de cálculo, se atrapalharam novamente nas frações e um pouco nas multiplicações, algo que não é um problema físico mais sim matemático pois a escrita estava no caminho certo, consideramos o desenvolvimento, o resultado final nem sempre é importante. A lógica de nossa prova foi a seguinte: se respondessem corretamente todas as questões conceituais, teriam a capacidade de responder corretamente todas as questões que envolviam um pouco mais de cálculo, com uma exceção, se soubessem matemática. Concluimos então que a dificuldade não está na física, mas sim na matemática, o que é muitas vezes provocado pela falta de exercício. Perguntamos para eles se tinham tido esse conteúdo, e responderam que na sétima série ficaram todo o primeiro semestre sem professor de matemática. **Reforçamos que é importante que façam exercícios de matemática**, e que agora com a internet, existem muitos canais no YouTube que se dedicam a ensinar esse tipo de matéria. Como muitas pessoas ali pretendem

⁴⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=2OSrvzNW9FE>
https://www.youtube.com/watch?v=rAKKW_Y1HxE

⁴⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=XsGin7CFaF8>

fazer curso superior é de extrema importância que estudem por fora, se for necessário. A média da turma ficou 2.86 de 4.0, resultado excelente.

Depois de distribuímos as provas e comentarmos os resultados obtidos enfatizando certos aspectos, mesmo dizendo que iríamos disponibilizar o gabarito, os alunos queriam que resolvêssemos no quadro a questão 6, por que queriam ver como se faz. A questão é muito bonita pois mistura diversos aspectos, resolvemos calmamente no quadro, sabíamos que iam perguntar já que são muito curiosos. Decidimos após a resolução partir para a composição de movimentos e enxergar, como fizemos para a Lua, os lançamentos de projéteis utilizando as ideias de Galileu. Primeiro analisamos o lançamento vertical para desconsiderando a resistência do ar:

*“Pessoal vamos pensar no seguinte, a gravidade dificulta um pouco a análise, mas a gente pode abstrair dizendo que ela não existe por hora, o que acontece se eu jogar essa bola para cima e não tiver gravidade ela volta pra minha mão?” **Não, ela não volta sor.**” “Certo ela não volta ela continua subindo para sempre, mas como nada está interagindo com ela quando ela sobe, ela pode mudar a sua velocidade ao longo desse percurso? **Não sor!** Tá, então concordam que se a velocidade não muda ela está em MRU, podemos definir posições finais e iniciais para ela de forma que o seu deslocamento para cima será em função da velocidade inicial e do tempo, e é tal que:*

$$s - s_0 = v_0 t. (9)$$

*Mas existe gravidade agora, e ela está interagindo com a bola, concordam comigo que no mesmo intervalo de tempo ela não vai atingir a altura máxima, ela vai ficar um pouco mais abaixo do que (9) está me dizendo, aquela posição ali vai ser uma posição **“fantasma!”**, **Sim é verdade sor.** Tá, mas ela desceu por causa da gravidade então a gravidade realizou sobre a bola um movimento naturalmente acelerado no mesmo instante de tempo em que ela deveria subir se não tivesse gravidade, e sabemos que Galileu conceituou esse movimento como **um movimento de queda a partir do repouso**, ou seja, de queda livre! Então na visão do Galileu o lançamento de “coisas” é composto por dois movimentos: um que não tem gravidade é retilíneo e sempre com velocidade constante, o que é bem simples, e outro que tem gravidade, também é retilíneo, mas acelerado. Então na visão do Galileu a bola sobe, mas ela desce **a gente não vê isso vemos o resultado final que é o movimento real**, mas a gente sabe também que a expressão da queda livre no mesmo instante de tempo é:*

$$s - s_{real} = \frac{gt^2}{2} \quad .(10)$$

E sabemos que esse movimento é composto, então vamos somar (9) e (10) para ver no que vai dar, obviamente que sabemos:

$$s - s_0 = v_0 t$$

$$s = \frac{gt^2}{2} + s_{real}$$

Então:

$$\frac{gt^2}{2} + s_{real} - s_0 = v_0 t$$

Tal que:

$$s_{real} - s_0 = v_0 t - \frac{gt^2}{2} \quad .(11)$$

*Viu são que nem peças de LEGO não perde o sentido, agora a equação (11) ganha um significado maior e muito mais profundo do que simplesmente letras e números! O " $v_0 t$ " é aquele movimento se não existisse gravidade, o " $\frac{gt^2}{2}$ " é o movimento naturalmente acelerado, isto é, **o movimento de queda a partir do repouso**, e agora nós enxergamos isso e podemos dizer que tais movimentos se somam, é que nem quando a gente escuta uma música, vocês não vão ouvir a guitarra, depois a bateria depois o baixo e depois o vocalista chegarem nos ouvidos de vocês a gente vai ouvir tudo junto! E aí que está a graça! (análise de Fourier)*

“Nossa é verdade não tinha pensado nisso[...]” umas das alunas comenta. Vale ressaltar que ficaram impressionados com esse tipo de pensamento e podemos sentir que entenderam o que estava acontecendo. A partir desse pensamento, partimos para os lançamentos de projéteis, no qual seguimos na mesma linha de raciocínio:

*“Imaginem se não tivesse gravidade, e sem resistência do ar, pra onde a bola vai? **Ela vai em linha reta sor!** Exatamente! Ela vai em linha reta e em movimento uniforme, mas sabemos que se tivesse gravidade, o movimento naturalmente acelerado, isto é, **o movimento de queda a partir do repouso** faz ela cair a todo instante[...] e na direção horizontal a esse movimento, existe um movimento uniforme pois o movimento naturalmente acelerado se dá apenas na vertical[...]*

Continuamos a desenvolver essa composição com os alunos, como podemos ver na figura abaixo:

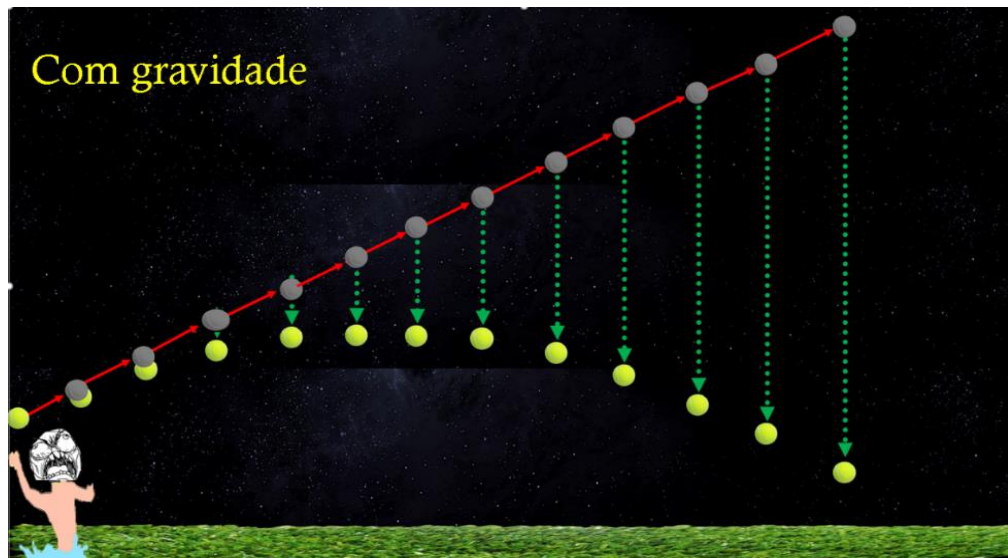


Figura 12: Imagens de nossa apresentação da composição de movimentos feita por Galileu.

Vale salientar que no momento em que estávamos explicando isso, umas das alunas disse:

“Que nem a Lua sor! [...]”

Estávamos muito contentes, que eles tinham feito esse tipo de ligação, **e de fato é tudo a mesma coisa!** A próxima imagem que mostramos foi para colocar *a pá cal* nos fenômenos que envolvem a gravitação, isto é, quando jogamos algo na superfície da Terra, ela vai fazer uma curva, essa curva vai ser um *pedaço* de uma elipse em relação ao centro da terra, como já tínhamos comentado sobre as leis de Kepler na aula 2, entenderam perfeitamente as relações.

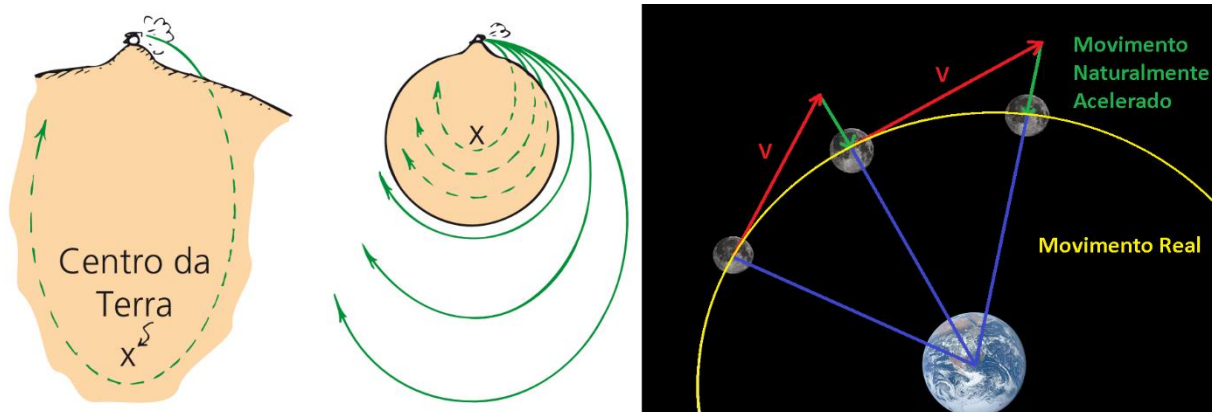


Figura 13⁴⁹: Imagens de nossa apresentação, a Física que acontece lá em cima é a mesma Física que acontece aqui em baixo, e vice-versa!

⁴⁹ Figura da esquerda retirada do livro: *Física Conceitual Paul Hewitt 2015, Pg.194*

Após essa apresentação aplicamos o *Peer Instruction* novamente com os alunos, a situação, e pergunta podemos ver na figura abaixo:

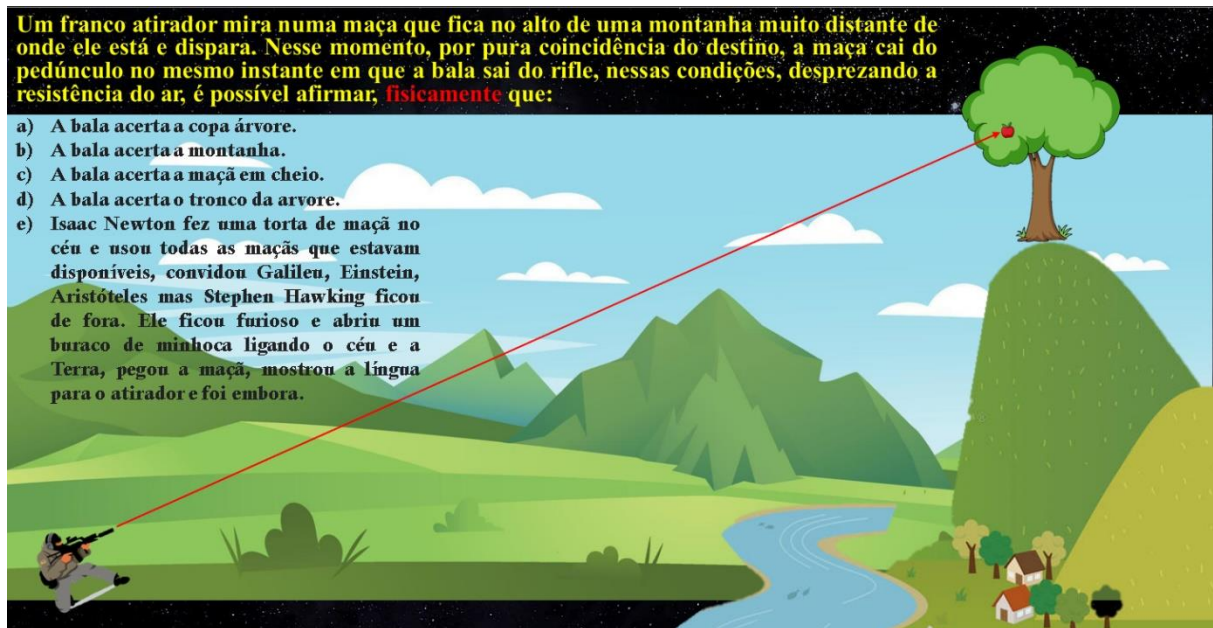


Figura 14⁵⁰: A bala e a maçã.

Quando fomos ler a letra e), todos os alunos começaram a rir, “*Ahh é essa sor, com certeza hahahaha!*” quando fizemos a votação, quase todos marcaram a letra c), entretanto não sabiam explicar porque, alguns disseram: “[...]a minha intuição me diz que é essa mas não sei explicar porque[...]” respondemos então: “*a intuição de vocês está certa! Mas pensem de maneira simples e lembrem do Galileu. E segundo ele, A bala possui dois movimentos: um em linha reta e com velocidade constante, que faria se não tivesse gravidade a seta vermelha na figura 14 representa isso, e um movimento naturalmente acelerado para baixo, agora se não existisse gravidade, a maçã quando se desprende do pedúnculo cai? Não sor, ela flutua[...] exatamente! Ela flutua ela fica paradinha ali, mas e a bala? [...]*” **“a bala vai em linha reta não tem gravidade sor[...]”** então a resposta é óbvia! Ela atinge a maçã em cheio, sem gravidade[...] e no momento em que se liga a gravidade, tanto a bala quanto a maçã **vão cair igual!** Por que o movimento naturalmente acelerado, isto é, **o movimento de queda a partir do repouso** é equivalente para as duas! Então quando a bala cai $g \frac{t^2}{2}$ a maçã também cai $g \frac{t^2}{2}$! A única condição, nesse caso, é que tu mires na maçã! Obviamente que vai existir uma velocidade mínima⁵¹ para a bala, isto é, a velocidade com que ela atinge a maçã no chão, entretanto não existe velocidade máxima.”

⁵⁰ Nossa autoria.

⁵¹ Demonstração no apêndice C.

Alguns alunos não se convenceram, por acharem contra intuitivo, mas estávamos preparados, e por isso fizemos uma simulação usando o *Graph*⁵², é um software de código aberto capaz de gerar gráficos em duas dimensões de funções matemáticas, entretanto a ferramenta que acreditamos ser a mais poderosa desse software é a possibilidade de definir parâmetros variáveis, isto é, um número a é o coeficiente angular de uma reta $f(x) = ax$ podemos variar esse coeficiente dando um incremento e um intervalo pré-determinado, o programa, vai tirando *fotos* da variação do coeficiente angular e faz uma superposição de imagens transformando-as num vídeo animado onde podemos ajustar a taxa de quadros por segundo, ou seja, veremos a reta $f(x) = ax$ se mover sua inclinação no gráfico. Acreditamos que isso abre uma série de possibilidades para o ensino de física, onde precisamos muito de uma simulação para clarear as ideias, o programa faz a variação de uma variável por vez, mas como é código aberto, as possibilidades são quase infinitas, pois poderíamos mudar o código para fazer variar duas, três, quatro, variáveis de uma vez independentemente dando o intervalo e o incremento de variação. Ainda acrescentamos para a turma que se tivesse um buraco entre o atirador e a maçã, a bala ou arco e flecha, atingiria ela da mesma maneira, ficaram impressionados com a simulação, vale salientar. Testamos para diferentes calibres de armas.

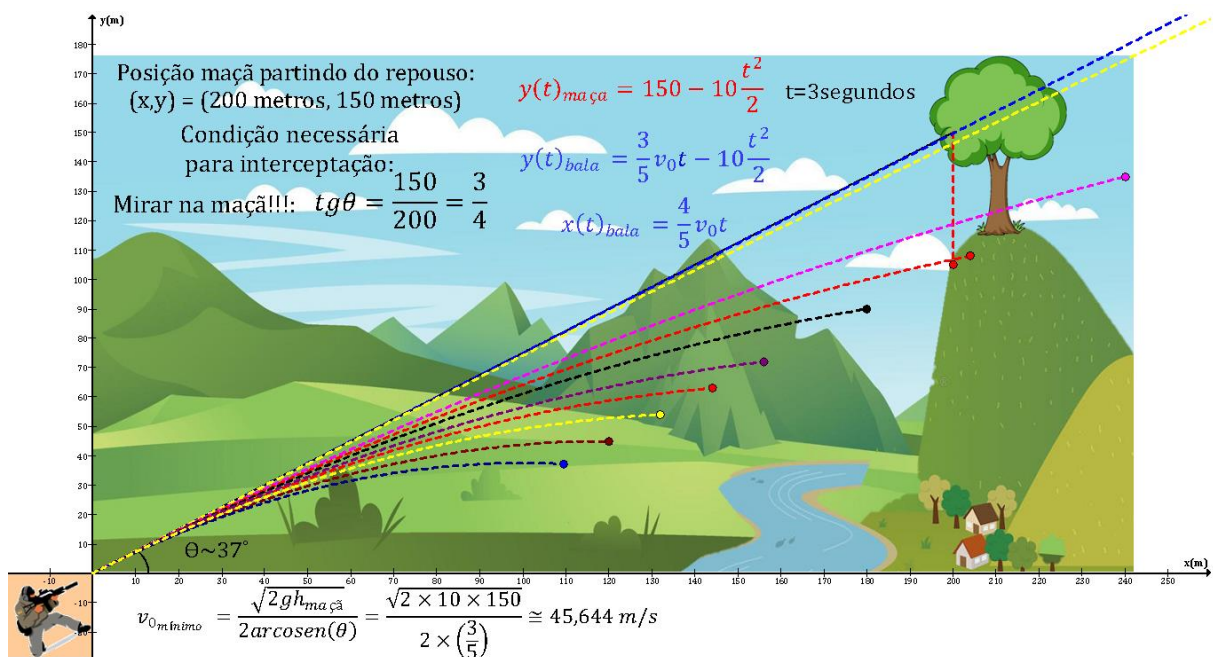


Figura 15⁵³: Feito com o *Graph*, todas as balas interceptam a maçã!

Para concluir, iríamos passar os casos interessantes em que teríamos a resistência do ar e o efeito Magnus, entretanto fomos surpreendidos pela professora titular, ela tinha preparado

⁵² Disponível aqui: <https://www.ufrgs.br/soft-livre-edu/software-educacional-livre-na-wikipedia/graph/>

⁵³ Simulação disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=AeVDxm3QXKM>

uma festa de despedida para nós já que era nosso último dia na regência. Obviamente que não cumprimos o plano, mas isso não é o mais importante, não somos robôs, somos pessoas e temos sentimentos, e essa foi a melhor parte da aula, a todo momento a turma 114 participou ativamente, em nenhum momento pegaram o celular, acreditamos que esse fato é consequência do suborno que foi dado para eles no início da aula, isto é, trouxemos duas caixas de *BIS*. A turma 114 trabalha muito bem, com a motivação certa, acabamos conquistando-os ao longo das aulas.

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Chegamos ao fim de nossa jornada. Agradeço de coração os integrantes da turma 114, por me abraçar e fazer todas as atividades propostas que planejei para essa unidade, apesar de ser uma turma tímida e pequena, é muito comprometida. As alunas são as que mais participaram das aulas, e com o incentivo certo, todos, sem exceção, podem alcançar as estrelas. Me lembro no primeiro dia que cheguei na sala, pensaram que eu fosse um aluno novo, dado meu biotipo, e a maneira como estava vestido, acho que foi nesse momento, que de alguma forma, despertei certo interesse neles. E a maneira como enxergo a Física, fez com que eles, mesmo alguns, não gostando do conteúdo, participassem ativamente das aulas.

Todas as teorias mencionadas aqui, não surtem efeito se pensarmos que somos robôs dando aula para robôs. Existem infinitas variáveis que não podemos controlar quando entramos dentro de uma sala de aula, temos a teoria, temos o roteiro, mas quando formos pisar nesse ambiente, não sabemos o que vai acontecer. É por isso que a educação nunca foi, e nunca será uma ciência exata. Até arrisco escrever aqui, apesar de não conhecer muito sobre o assunto, a sala de aula é muito parecida com a Mecânica Quântica, ela é essencialmente um ambiente *caótico* onde temos que lidar com diversas probabilidades de ocorrência, e qual seria a melhor maneira de ensinar nesse ambiente? A resposta é simples, segundo o próprio Richard Feynman⁵⁴ o melhor jeito de ensinar é não ter filosofia, é ser caótico e confuso também, no sentido de usar todas as maneiras possíveis para atingir um ser dentro daquela sala, usar diferentes tipos de *ganchos* para pescar diferentes tipos mentes. Podemos pegar uns com a história, podemos pegar uns com os experimentos, podemos pegar uns com cálculos, podemos pegar uns com as piadas e palhaçadas, entretanto nunca conseguiremos pegar todos ao mesmo tempo, pois cada pessoa tem uma maneira diferente de olhar e encarar o mundo a sua volta. Fazendo isso, acredito que se consegue muitas vezes guiar *o sistema*, isto é, a sala de aula para convergir em um ponto de interesse, é de se notar também que Feynman entendia muito de Mecânica Quântica, por que ele está correto até último fio de seu cabelo. Sabemos que às vezes tais filosofias dão errado, mas qual seria a graça se não tivesse um desafio?

Creio que meu objetivo estipulado no início desta unidade tenha sido concretizado com a seguinte frase de uma das alunas:

“Que nem a Lua sor! [...]”

⁵⁴ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=BY6VntTmtIo>

Acredito que essa simples frase guarda tudo que pretendíamos fazer aqui. Mostrar que a Física faz uma conexão bonita, interessante e complexa com a Natureza, era o objetivo principal deste trabalho. Graças ao grandioso trabalho de Galileu, e ao do professor Fernando Lang, por abrir meus olhos, explicamos gravitação através da cinemática. E esse era o objetivo de Galileu. Encontrar embasamentos teóricos para a teoria de Copérnico, unir o céu e Terra sob as mesmas teorias. Galileu queria muito mais do que explicar os lançamentos dos graves ou a simples queda deles no chão. Ele queria entender a Natureza como um todo. A única imagem de que precisava (figura 6) viria anos depois de sua morte, feita por Isaac Newton. É de se notar também que os princípios da inércia foram discutidos nesse trabalho, mas não com o rigor da primeira lei de Newton, e sim com as ideias de Galileu:

“[...] deve-se observar que um grau de velocidade qualquer, uma vez comunicado a um móvel, imprime-se nele de forma indelével por sua própria natureza, desde que não intervenham causas externas de aceleração ou retardamento; [...] (EN, 8, p. 243; Galilei, 1988, p. 213).”

Em nenhum momento falamos de força, discutimos apenas o movimento das coisas e suas propriedades, e notamos que os alunos desenvolveram capacidades para entender a primeira parte da lei de Newton, isto é, que o movimento mais simples na Natureza, na ausência de causas externas, se dá em linha reta!

*“[...] **Galileu fez um grande avanço em entender o movimento** quando ele descobriu o princípio da inércia: **se um objeto é deixado sozinho e não é perturbado, ele continua a se mover com uma velocidade constante em uma linha reta** se originalmente ele estava se movendo assim, ou continua parado se ele estava parado. Obviamente, este nunca parece ser o caso na natureza[...] (Feynman, 2008, Vol. 1, Cap. 9, nosso grifo)*

Muitas vezes no ensino, deixamos a lei da inércia para ser discutida depois de toda cinemática, e ainda por cima, trazemos os argumentos de Aristóteles e contrastamos com os de Newton. Acredito que isso requer um salto gigantesco por parte dos alunos já que possuem grande parte das ideias aristotélicas de movimento em suas mentes, e terão que ouvir que suas concepções estão erradas, e ponto final. Mas a história e filosofia da ciência, nos dão à luz a esse problema: um pisano, muito tempo atrás, passou 28 anos de sua vida convivendo com aristotélicos e através da sua incrível maneira de pensar e de discutir didaticamente o movimento das coisas usando principalmente a *Maiêutica*⁵⁵ de Sócrates em seus livros que

⁵⁵ “dar à luz”, “dar parto”, “parir” é um método ou técnica que pressupõe que “a verdade está latente em todo ser humano, podendo aflorar aos poucos na medida em que se responde a uma série de perguntas simples, quase ingênuas, porém perspicazes.” Sócrates conduzia este “parto” em duas etapas: “Na primeira, levava o interlocutor a duvidar de seu próprio saber sobre determinado assunto, revelando as contradições presentes em sua atual forma

conseguiu desconstruir, devagar e sempre, as ideias de Aristóteles, como afirma (Rovelli, 2014, Pg.10):

“[...]Os livros de Galileu testemunham amplamente sua luta com a física de Aristóteles em algo como um combate corpo a corpo [...] “

Entretanto não devemos ridicularizar Aristóteles:

“É claro que Galileu, mestre da propaganda e grande mestre no uso das palavras, fez o possível para ridicularizar as ideias aristotélicas, no esforço de vencer uma batalha difícil contra um gigante. A partir disso, seguiu-se grande parte da má imprensa sofrida pela física de Aristóteles. Mas o próprio Galileu, do qual deriva grande parte da atual atitude contra a física de Aristóteles, reconhece o valor da teoria de seu oponente: ele opina repetidamente que Aristóteles era empirista o suficiente para modificar sua visão à luz das novas evidências experimentais. De fato, é uma característica central de sua retórica enfatizar que sua treta é com seus “aristotélicos” contemporâneos e não com o próprio Aristóteles. Em uma carta tardia, ele escreve: “Sou impugnado como um contestador da doutrina peripatética, ao passo que afirmo, e certamente acredito, que observo mais religiosamente os peripatéticos, ou devo dizer, os ensinamentos aristotélicos do que muitos que colocar-me como avesso a eles.” E em uma carta um mês depois, ele enfatiza o fato de que Aristóteles colocou a experiência antes do raciocínio e conclui: “Tenho certeza de que se Aristóteles voltasse à Terra ele me aceitaria entre seus seguidores por causa de minhas poucas, mas conclusivas contradições com dele””(Rovelli, 2014, Pg.10, nossos grifos):

Então, geralmente a cinemática, por envolver mais fórmulas, é muitas vezes tratada como uma matemática II no ensino médio, todavia não devemos nos esquecer de aspectos muitos profundos e sutilezas que ela carrega, por exemplo, o MRU carrega a conservação do momentum linear, já o MRUV, se observarmos a equação do Torricelli, por exemplo:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$$

Não parece nada aos olhos de um leigo, no entanto se multiplicarmos pela massa do corpo sujeito a essa aceleração, dos dois lados da equação, temos o teorema trabalho-energia. Vemos então que ela carrega em seu cerne, dois dos pilares fundamentais da Física. Então tais sutilezas, como o princípio da inércia de Galileu poderiam ser facilmente tratadas com os alunos durante o estudo da cinemática, e que contribuem para o amadurecimento desse conceito, e que dá, segundo Júlio Vasconcelos 2005, Pg.19, ao pisano, sua paternidade:

“[...]esperamos que este trabalho também contribua para uma reflexão sobre o sentido da afirmação, na qual não deixam de ter razão, daqueles

de pensar, normalmente baseadas em valores e preconceitos sociais Na segunda, levava o interlocutor a vislumbrar novos conceitos, novas opiniões sobre o assunto em pauta, estimulando-o a pensar por si mesmo.

que, como Newton, atribuem ao pisano a honrosa paternidade do moderno princípio de inércia. “(nosso grifo)

Muito obrigado à professora titular por ter me dado todo o apoio durante o período de regência. E para os integrantes da turma 114, no qual prometeram me visitar num futuro não muito distante, quando entrarem na UFRGS, deixo aqui o epílogo do professor Feynman, que serviu de grande inspiração para desenvolver toda essa a unidade didática. Muito obrigado por terem feito parte da minha vida, vou lembrar de cada um de vocês para sempre!

*Finalmente, gostaria de acrescentar que a principal razão das minhas aulas não foi prepará-los para algum exame – não foi sequer para prepará-los para o mercado de trabalho nem para as forças armadas. Eu queria principalmente que vocês passassem a apreciar o mundo extraordinário e a maneira como o físico olha para ele, a qual, acredito, seja uma grande parte da verdadeira cultura dos tempos modernos. **(Provavelmente professores de outras matérias iriam protestar, mas eu acredito que eles estão totalmente errados.) Talvez vocês não apenas passem a apreciar essa cultura, mas é possível que queiram se juntar à maior aventura jamais iniciada pela mente humana.** (nosso grifo)”*

R.P. Feynman

Epílogo do Volume III das Lectures, 1963.

6. REFERÊNCIAS:

- ARAUJO, Ives Solano; MAZUR, Eric. **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, Florianópolis, v. 30, n. 2, p.362-384, 17 abr. 2013. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
- AUSUBEL, D.P. Ed. Orig.: 1968, **Educational Psychology: A cognitive view.** Holt, Rinehart & Winston, N.Y.
- BARETTA, G. **O senhor Feynman não estava brincando: A educação tecnológica brasileira.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIACOBENGE, XXXIX. [S.l.: s.n.], 2011.
- BORGES, T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências** 2002.
- Carvalho, C. Zanitti, M. Felicidade, B. Gomes, A. Dias, E. Coelho. F., **um estudo sobre o interesse e o contato de alunos do ensino médio com Astronomia.** *Revista Amazônica de Ensino de Ciências* 2016.
- CATICHA, N. **Lembrando Feynman** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 40, nº 4, e4202 (2018)

- EINSTEIN, A. **Notas autobiográficas**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982.
- FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Lições de física de Feynman: edição definitiva**. [S.l.]: Bookman, 2008.
- FEYNMAN, R. P. **The problem of teaching physics in latin america**. *Engineering and Science*, California Institute of Technology, 1963.
- FEYNMAN, R.; SR, **O senhor está brincando Feynman! as estranhas aventuras de um físico excêntrico**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- FREIRE, **Pedagogia do Oprimido** 1968.
- GALILEI, G. **Duas novas ciências**. São Paulo: Nova Stella, 1988.
- HEWITT, PAUL **Física Conceitual** 12^a Gravina. – 12. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015.
- KARAM, R. **O que diferencia as Feynman Lectures de livros tradicionais?** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 40, n. 4, p. e4204, 2018.
- KOYRÉ, Alexandre. **Estudos Galilaicos**. 1^a ed. Tradução de Nuno Ferreira da Fonseca. Lisboa, Portugal: Publicações Dom Quixote, 1986 (Coleção Opus – Biblioteca de Filosofia, n° 2).
- LANG, F. OSTERMANN, F. **A insustentabilidade da proposta indutivista de descobrir a lei a partir de resultados experimentais** 2002
- LANG F., PEDUZZI, L.Q. **Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história** 2006
- MARTINS, Roberto de Andrade. **Natural or violent motion? Galileo's conjectures on the fall of heavy bodies**. *Dialoghi Rivista di Studi Italici* 2 (1/2): 45-67, 1998.
- MOREIRA, M. A.; OSTERMANN F. **Teorias construtivistas**. Porto Alegre: Gráfica do Instituto de Física-UFRGS, 1999.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa em mapas conceituais**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2013.
- NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L.; UEHARA, F. M. G.) **Aprendizagem significativa e o conhecimento profissional de futuros professores de ciências naturais**. *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning*
- OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. d. H. **Teorias de aprendizagem**. Porto Alegre: Evangraf, 2011.
- POPPER, K. R. **Conjecturas e refutações**. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1982.
- PEDUZZI, L O.Q. **Força e movimento: de Thales a Galileu** 2008.
- POLITO, Antony M. M. **Galileu, Descartes e uma Breve História do Princípio de Inércia** in *Physicae Organum*, v. 1, n. 1, 2015.
- REZENDE E. **A noção de inércia em Galileu Galilei** UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS DEPARTAMENTO DE FILOSOFIA 2018
- ROVELLI, C. **Aristotle's Physics: a Physicist's Look** 2014
<https://arxiv.org/abs/1312.4057v2>

SÁ, R. SANTOS, A. JÚNIOR, J. **Aproximações didáticas entre o discurso educativo de Richard Feynman e a aprendizagem significativa** – proposições iniciais 2019.

STUART. N. **Professor ‘Ricardo’ Feynman: Contribuições ao Ensino de Física.** Física na Escola, v. 16, n. 2, 2018

VASCONCELOS, J. **Galileu contra a inércia circular** scientiæ zudia, São Paulo, v. 3, n. 3, p. 395-414, 2005

7. APÊNDICES

Apêndice A:

Considerando uma bola esférica de massa m caindo de uma certa altura no campo gravitacional com força de resistência do ar proporcional à velocidade dada por:

$$F_{ar} = -\gamma v \quad (A.1)$$

Desprezando o empuxo que o ar exerce sobre a bola, a equação de movimento de acordo com a segunda lei de Newton:

$$F_R = ma = mg + F_{ar} = mg - \gamma v \quad (A.2)$$

Tal que:

$$a = \frac{dv}{dt} = g - \frac{\gamma}{m}v \Rightarrow$$

$$\frac{dv}{\left(g - \frac{\gamma}{m}v\right)} = dt \quad (A.3)$$

Integrando os dois lados de A. 3:

$$\int \frac{dv}{\left(g - \frac{\gamma}{m}v\right)} = \int dt$$

$$-\frac{m}{\gamma A} \ln \ln \left(g - \frac{\gamma}{m}v\right) = t + C' \Leftrightarrow g - \frac{\gamma}{m}v(t) = e^{\frac{\gamma}{m}t + \frac{\gamma}{m}C} = e^{\frac{\gamma}{m}C} e^{\frac{\gamma}{m}t}$$

$$e^{\frac{\gamma}{m}C} = \text{constante} \therefore$$

$$g - \frac{\gamma}{m}v(t) = C e^{\frac{\gamma}{m}t} \quad (A.4)$$

Considerando que a bola parte do repouso em $t = 0s$, $v(0) = 0 m/s$ então utilizando as condições iniciais em A. 4 concluímos que:

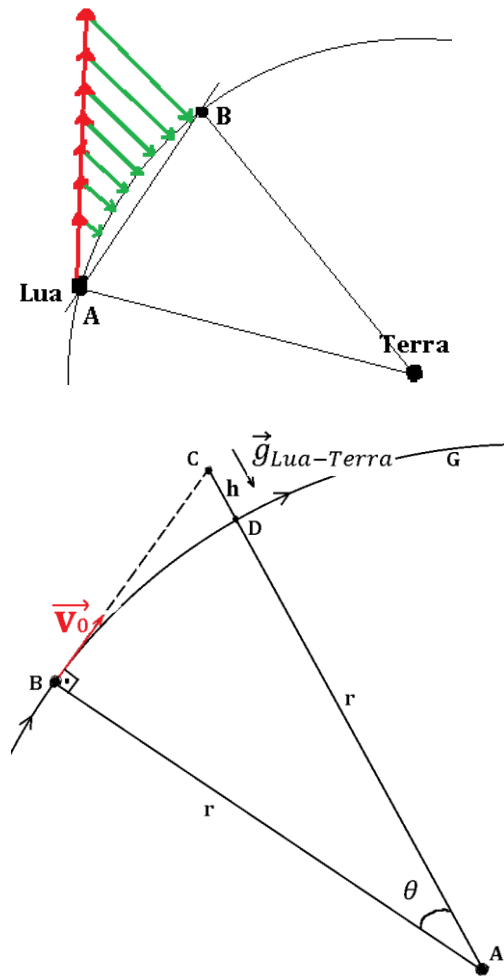
$$g = C \quad (A.5)$$

substituindo (A.5) em (A.4) e escrevendo a velocidade da bola em função do tempo finalmente concluimos que:

$$v = v(t) = \frac{mg}{\gamma} \left(1 - e^{\frac{\gamma}{m}t}\right), \forall t \geq 0. \quad (A.6)$$

Apêndice B:

Veamos como Galileu compõe o movimento da Lua. Na figura ao lado podemos ver a Lua descrevendo um movimento violento galileano, e um movimento naturalmente acelerado para baixo em relação ao centro da Terra, para um deslocamento muito pequeno \overline{AB} Galileu enxergaria o arco \widehat{AB} como um arco parabólico, então podemos concluir que a órbita da lua é composta de sucessivos arcos parabólicos infinitesimais, logo a Lua é um projétil, e concorda com o argumento de Isaac Newton sobre o lançamento dos satélites artificiais. Vamos mostrar agora, de duas maneiras diferentes que o pensamento de Galileu está certo. Chamaremos de r a distância Terra-Lua, e v_0 a velocidade tangente à curva G . Mostraremos primeiramente que o movimento violento de galileu faria a Lua subir uma altura h em relação ao centro da Terra, na figura ao lado, entretanto o movimento naturalmente acelerado faz ela cair em queda livre e descer a mesma altura h , no mesmo instante de tempo em que ela sobe. Sabemos que num intervalo de tempo t muito pequeno a Lua iria percorrer o caminho $\overline{BC} = v_0 t$. Por Pitágoras, o triângulo ABC é retângulo então:



$$\begin{aligned} \overline{AC}^2 &= \overline{BC}^2 + \overline{AB}^2 \Leftrightarrow \\ (h+r)^2 &= r^2 + (v_0 t)^2 \\ h^2 + 2hr + r^2 &= r^2 + (v_0 t)^2 \Leftrightarrow \\ h^2 + (2r)h - (v_0 t)^2 &= 0 \end{aligned}$$

Resolvendo para h e considerando a raiz positiva, dado que é uma medida de altura, temos que:

$$\begin{aligned} h &= \frac{-2r \pm \sqrt{4r^2 + 4(v_0 t)^2}}{2} \Leftrightarrow \\ h(t) &= \sqrt{r^2 + (v_0 t)^2} - r = r \sqrt{1 + \frac{(v_0 t)^2}{r^2}} - r \quad .(B.1) \end{aligned}$$

Para um intervalo de tempo muito pequeno $v_0 t \ll r$, então o fator: $\frac{(v_0 t)^2}{r^2} \ll 1$.

Sabemos também que $f(x) = \sqrt{1+x} \cong 1 + \frac{1}{2}x - \frac{1}{4}x^2 + \frac{3}{8}x^3 - \dots$

para um deslocamento pequeno, temos que, expandindo a (B.1) em série de Taylor até o segundo termo:

$$h(t) = r \sqrt{1 + \frac{(v_0 t)^2}{r^2}} - r \cong r \left(1 + \frac{1}{2} \frac{(v_0 t)^2}{r^2} \right) - r$$

Finalmente concluímos que o movimento violento de Galileu faz a Lua subir em um intervalo de tempo t tal que:

$$h(t)_{subida} = \frac{v_0^2}{r} \left(\frac{t^2}{2} \right) \quad .(B.2)$$

Agora mostraremos que a Lua estando no ponto no ponto C, decorrido um intervalo de tempo pequeno t , cai **a partir do repouso** descrevendo um movimento naturalmente acelerado até o ponto D de forma que ao longo da curva G existe uma aceleração da gravidade sentida pela Lua, e a altura que ela cai nesse intervalo Galileu nos diz então que:

$$\overline{CD}(t) = h(t)_{descida} = g_{(Terra-Lua)} \left(\frac{t^2}{2} \right) \quad .(B.3)$$

Sabemos que pela lei da gravitação universal, existe uma força de interação entre a Terra e a Lua, e se por acaso quiséssemos calcular seu peso em relação à Terra considerando valores absolutos:

$$\begin{aligned} m_{Lua} g_{Terra-Lua} &= G \frac{m_{lua} M_{Terra}}{r^2} \Leftrightarrow \\ g_{(Terra-Lua)} &= G \frac{M_{Terra}}{r^2} \end{aligned} \quad .(B.4)$$

Sabemos também que força centrípeta está orientada na mesma direção e sentido da força gravitacional e elas são equivalentes em módulo:

$$\begin{aligned} |\vec{F}_c| &= |\vec{F}_g| \Leftrightarrow \\ m_{Lua} \frac{v_0^2}{r} &= G \frac{m_{Lua} M_{Terra}}{r^2} \Leftrightarrow \\ \frac{v_0^2}{r} &= G \frac{M_{Terra}}{r^2} \end{aligned} \quad .(B.5)$$

Decorre imediatamente que comparando (B.5), (B.4) e (B.3):

$$h(t)_{descida} = g_{(Terra-Lua)} \left(\frac{t^2}{2} \right) = \frac{v_0^2}{r} \left(\frac{t^2}{2} \right).$$

Finalmente, como queríamos mostrar, no mesmo intervalo de tempo:

$$h(t)_{subida} = h(t)_{descida} = \frac{v_0^2}{r} \left(\frac{t^2}{2} \right).$$

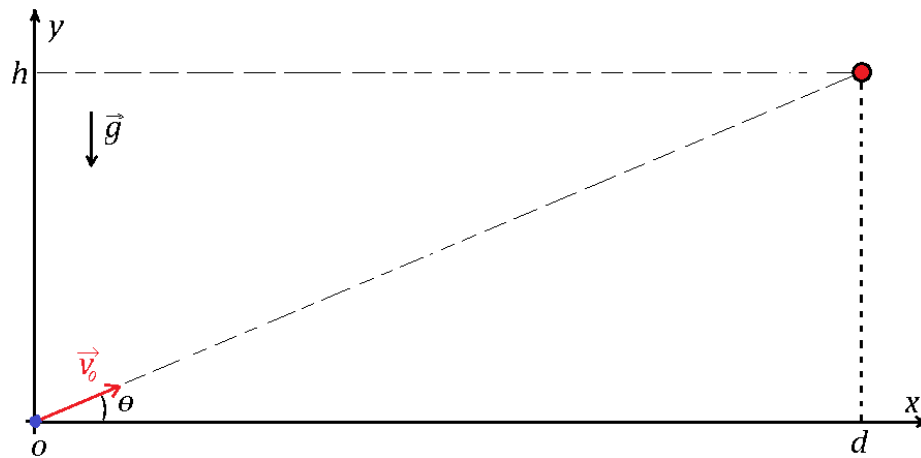
Pelos valores atuais calculamos $g_{(Terra-Lua)} = 2,695 \times 10^{-3} m/s^2$

Então em um segundo de deslocamento a Lua:

$$h(1s) = 2,695 \times 10^{-3} \left(\frac{1^2}{2} \right) \approx 1,35 \text{ milímetros.}$$

Apêndice C:

Da figura acima tiramos as equações de movimento para a maçã e para a bala quando as duas caem simultaneamente:



$$y_{bala}(t) = v_0 \text{sen} \theta t - g \frac{t^2}{2}$$

$$x_{bala}(t) = v_0 \text{cos} \theta t$$

$$y_{maçã}(t) = h - g \frac{t^2}{2}$$

Então a interceptação:

$$y_{maçã}(t) = y_{bala}(t)$$

$$v_0 \text{sen} \theta t - g \frac{t^2}{2} = h - g \frac{t^2}{2} \Leftrightarrow$$

$$t = \frac{h}{v_0 \text{sen} \theta} \quad .(C.1)$$

Mas a bala atinge a massa na posição $x_{bala}(t) = d$ logo

$$t = \frac{x_{bala}(t)}{v_0 \text{cos} \theta} = \frac{d}{v_0 \text{cos} \theta} \quad .(C.2)$$

igualando com (C.1) vem:

$$\frac{d}{v_0 \cos \theta} = \frac{h}{v_0 \sin \theta} \Leftrightarrow \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \operatorname{tg} \theta = \frac{h}{d}$$

Ou seja, a bala intercepta a maçã, a única condição é mirar nela, entretanto existe uma velocidade mínima para a velocidade da bala, tal que ela atinge a maçã em cheio quando percorre uma distância d :

$$d = v_{\text{mínimo}} \cos \theta t \Leftrightarrow t^2 = \left(\frac{d}{v_{\text{mínimo}} \cos \theta} \right)^2$$

interceptação ocorre no chão, quando $y(t)_{\text{maçã}} = 0$

$$y(t)_{\text{maçã}} = 0 = h - \frac{gt^2}{2} \Leftrightarrow \frac{g}{2h} = \frac{v_{\text{mínimo}}^2 \theta}{d^2}, d = \frac{h}{\operatorname{tg} \theta} \Leftrightarrow$$

$$\frac{g}{2h} = \frac{v_{\text{mínimo}}^2 \theta}{\frac{h^2}{\operatorname{tg}^2 \theta}} \Leftrightarrow \frac{2gh}{4} = \frac{v_{\text{mínimo}}^2 \theta \operatorname{sen}^2 \theta}{\theta} \Leftrightarrow$$

$$v_{\text{mínimo}} = \frac{1}{2 \operatorname{sen} \theta} \sqrt{2gh} \quad .(C.3)$$

Então desprezando a resistência do ar, o giro da Terra, e sua curvatura, a velocidade tem de ser tal que:

$$v_0 \geq \frac{1}{2 \operatorname{sen} \theta} \sqrt{2gh} \quad .(C.4)$$

Não existe velocidade máxima limite, só mínima pois tem o chão. Mesmo se existisse um buraco entre o atirador e a maçã, a bala acertaria ela do mesmo jeito.

8. ANEXOS AULA 1

<p>Apresentação Da Unidade Didática de Queda livre e lançamento de projéteis</p> <p>Sor. Pedro</p>	<p>Questão 1 - Qual sua disciplina favorita e qual você menos gosta?</p> <p>Matemática História Educação Física Literatura</p> <p>Biologia</p> <p>Química</p> <p>Literatura</p> <p>Filosofia porque é chato</p>
<p>Questão 2 – Você gosta de Física?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quando eu entendo, sim • Sim, gosto muito, pois abrange matemática e lógica que são meus pontos fortes. • Mais ou menos não curto muito • Não, muito complicada. 	<p>Questão 3 – “Eu gostaria de Física se”</p> <p>Se fosse fácil</p> <p>Menos detalhada e mais objetiva</p> <p>Não sei</p> <p>Tivesse futebol</p>
<p>Questão 4 – O que você achá mais interessante na Física?</p> <ul style="list-style-type: none"> • O fato de estar presente em tudo • A forma como os conteúdos se encaixam no nosso cotidiano • Viagem no tempo • A descoberta da distância • Não sei 	<p>Questão 5 – Que tipo de assunto você gostaria que fosse abordado nas aulas de Física?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Todos eles do mais simples ao mais complexo • Qualquer tipo de assunto desde que seja bem explicado de formas mais compreensíveis • Gravidade • Mecânica quântica • Viagem no tempo
<p>Questão 6 – Você vê alguma utilidade em aprender Física?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sim, penso que a Física, assim como as outras matérias nos ajuda a entender o mundo • Sim nossa vida é Física • Sinceramente não muito, mas é bacana 	<p>Questão 7 – Quais dificuldades você costuma ter ao estudar Física</p> <ul style="list-style-type: none"> • Todas possíveis • Nas unidades de medida • entender
<p>Questão 9 e 10</p> <ul style="list-style-type: none"> • Psicologia UFRGS • Engenharia mecânica UFRGS • Biomedicina Ulbra. • Técnico em eletrônica • Programador PUC • Jogador • Não sabem ainda 	<p>Aula 1 - 12/08 Um pouco de Astronomia: o que foi a teoria geocêntrica e a teoria heliocêntrica</p> 
<p>Aula 2 - 19/08</p> <ul style="list-style-type: none"> • Por que as coisas caem? • Por que a Lua não cai na Terra? 	<p>Aula 3 e 4 26/08 - 02/09</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medir a aceleração da gravidade local usando o movimento de queda livre. (trabalho) 6,0 pontos

Aula 5 - 09/09

O que se explora desse conteúdo nos vestibulares da UFRGS, PUC, ENEM, Ulbra e outros..



Aula 6 - 16/09 – Prova 4,0 pontos

Não se anime não

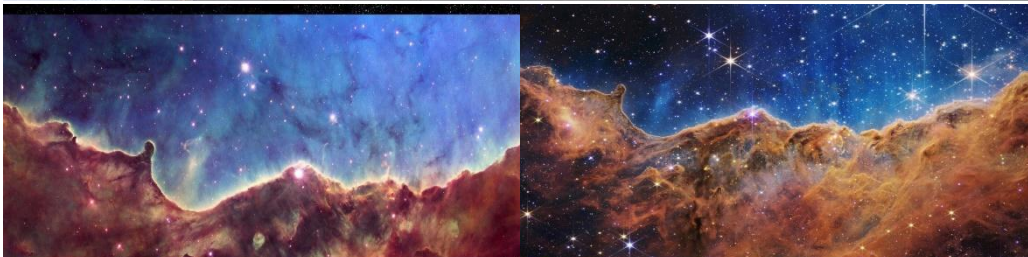
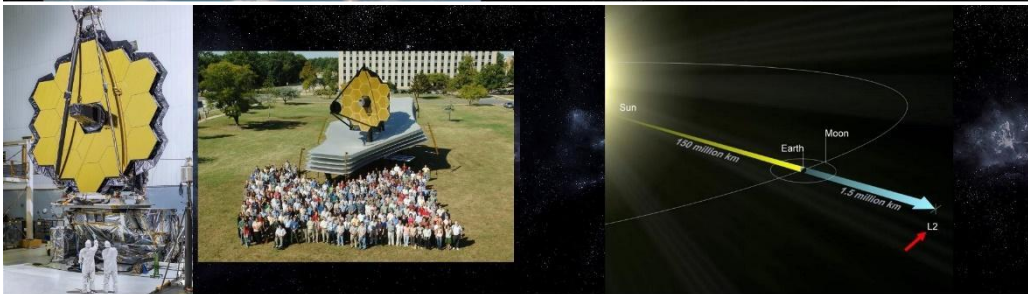
A semana do provas pode ter acabado, mas o pior terror é a semana da entrega das notas



Aula 7 - 23/09 - Por que o Pelé não fez aquele gol do meio do campo?

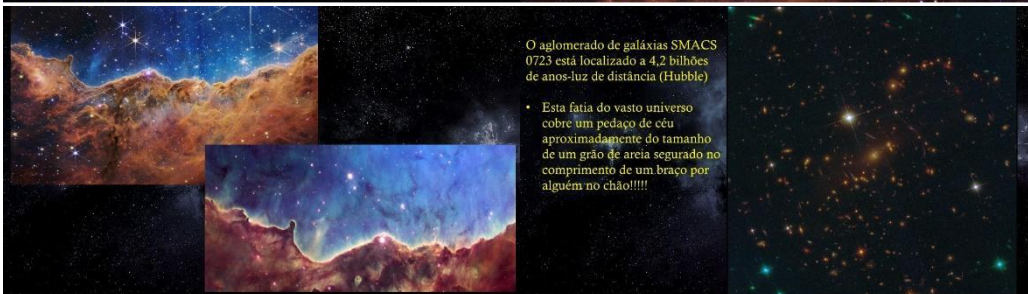


Porque estudar Física pode ser transformador?



Os berçários de estrelas da nebulosa Carina, que está localizada a uma distância de cerca de 7.600 anos-luz da Terra.

Tamanho aproximadamente de 50 anos luz



O aglomerado de galáxias SMACS 0723 está localizado a 4,2 bilhões de anos-luz de distância (Hubble)

• Esta fatia do vasto universo cobre um pedaço de céu aproximadamente do tamanho de um grão de areia segurado no comprimento de um braço por alguém no chão!!!!



Hubble-2015: GN-z11, é observada como era há 13,4 bilhões de anos, apenas 400 milhões de anos após o Big Bang.

constelação de Ursa Maior

Em poucas semanas o Webb quebra o recorde do Hubble!! Com o nome GLASS-z13, esta aparece tal como era cerca de 300 milhões de anos após o Big Bang. 100 milhões de anos mais nova do que o registro anterior, explicou a agência France-Pressé (AFP) Rohan Naidu, do Centro de Astrofísica de Harvard.

ATMOSPHERE COMPOSITION

vapor de água sendo observado em um exoplaneta wasp-96b a 1150 anos luz da Terra!!!!!!

WEBB



“Meu objetivo aqui é expor uma ciência muito nova que trata de um tema muito antigo. Talvez nada na Natureza seja mais antigo que o movimento”

Galileu Galilei

Duas novas ciências (1638)

Astronomia grega


384 a.C.- 322 a.C.

Astronomia grega

Foi o astrônomo grego Cláudio Ptolomeu (90-168 d.C.), no início da Era Cristã, quem deu forma final a essa teoria na obra *Almagesto*, com uma sofisticação matemática jamais encontrada até então. A Igreja Católica defendia esse pensamento por estar de acordo com os textos bíblicos que colocavam o homem como figura central da criação divina.


O Almagesto

Um dos textos científicos mais influentes de todos os tempos. Lá ele discute um modelo geocêntrico do Universo que foi aceito por mais de 1200 anos desde sua origem no Helenístico. É também uma fonte importante de informações sobre a astronomia grega antiga.




O Almagesto:

Schema huius praeiudicij diffusionis Sphaerarum.



Astronomia grega



Movimento retrógrado de um planeta externo

Os gregos pensaram no modelo heliocêntrico?



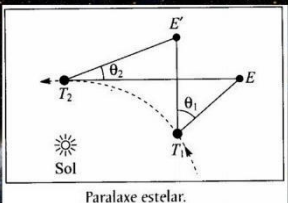
Aristarchus of Samos

Porém os astrónomos gregos tinham fortes argumentos contra o Heliocentrismo

Se baseava em duas observações que apoiaram a ideia de que a Terra gira o centro do Universo.

Primeira, de qualquer lugar da Terra, o Sol parece girar em torno da Terra uma vez por dia. Embora a Lua e os planetas tenham seus próprios movimentos, eles também parecem girar em torno da Terra cerca de uma vez por dia. As estrelas parecem estar fixas em uma esfera celeste girando uma vez por dia em torno de um eixo através dos pólos geográficos da Terra.

Em segundo lugar, a Terra parece estar imóvel da perspectiva de um observador terrestre; parece sólido, estável e estacionário.

Paralaxe estelar.

Certos problemas começaram a surgir no Tratado de Geografia de Ptolomeu.....

As Grandes Navegações, também conhecidas como Expansão Marítima, foram o processo de exploração e navegação do Oceano Atlântico que se iniciou no século XV e estendeu-se até o século XVI.




A chegada do Renascimento entre os séculos XIV e XVI

~1510



~1490




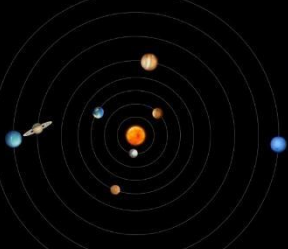
A proposta de um modelo Heliocêntrico

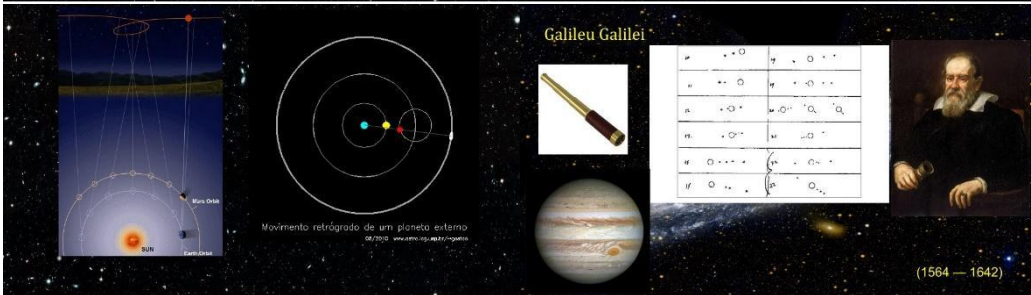
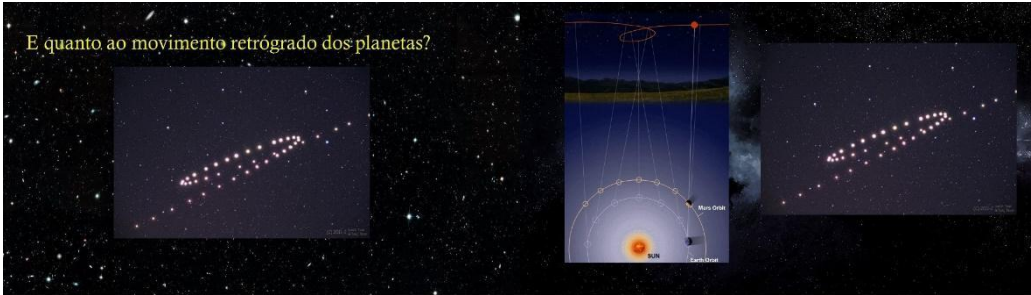
O Grande tratado de Copérnico: "Sobre as Revoluções das Esferas Celestes" de 1543

Os planetas giram ao redor do Sol em orbitas circulares.


Unidade astronômica (UA): é uma unidade de distância, aproximadamente igual à distância média entre a Terra e o Sol. O valor da constante é 1UA = 14959787.0700 Km

1473 - 1543



8.1 ANEXOS OBSERVAÇÃO 1

	CENTRO ESTADUAL DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES
	INSTITUTO DE EDUCAÇÃO GENERAL FLORES DA CUNHA
<small>Sede Provisória: Rua Cabral, 621-Rio Branco - Fone: 33110936 - 33114948</small>	

Estudante: _____ Turma 114 Data: _____
 Componente Curricular: Física Ano: 1º

Observação importante: Os cálculos devem estar presentes nas atividades entregues, para que as questões sejam consideradas integralmente corretas.

Objetos do Conhecimento	Habilidades
Movimento Retilíneo Uniforme	Interpretar as principais grandezas físicas envolvidas nos movimentos dos corpos, tais como velocidade, aceleração, tempo de deslocamento e distância percorrida e as suas respectivas unidades de medida.

1-Dada a tabela abaixo, determine:

t (h)	0,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
s (km)	-200	170	140	110	80	50

- Posição inicial e velocidade do móvel;
- Função horária da posição;
- instante em que o móvel vai passar pela origem das posições.

2-Dadas as funções horárias abaixo, determine a posição inicial e a velocidade escalar(no SI) e classifique o movimento em progressivo ou retrógrado.

a) $S = -40 + 10t$

b) $S = 8 - t$

3-É dado o movimento $S = 20 - 10t$, no SI, determine:

a) a posição inicial e a velocidade escalar;

b) a posição quando $t = 10$ s;

c) o instante em que o móvel se encontra na posição $S = -80$ m

d) se o movimento é progressivo ou retrógrado.

4-Um móvel com velocidade constante igual a 30 m/s parte da posição 5 m de uma reta numerada e anda de acordo com o sentido positivo da reta. Determine a posição do móvel após 15 s de movimento.

a) 155 m

b) 305 m

c) 355 m

d) 405 m

e) 455 m

5-Um homem sai da posição 15 m de uma pista de caminhada e anda até a posição 775 m mantendo uma velocidade constante de 2 m/s. Sabendo disso, determine o tempo gasto para completar a caminhada.

a) 430 s

b) 320 s

c) 380 s

d) 630 s

e) 530 s

8.3 ANEXOS OBSERVAÇÃO 6



Sofistas: os sofistas pertenciam, em geral, à periferia do mundo grego. Eram professores viajantes que vendiam seus ensinamentos, empregando a exposição ou o monólogo como método de ensino. Conforme o interesse dos alunos, davam aulas de eloquência e de sagacidade mental ou ensinavam elementos úteis para o sucesso nas atividades públicas e privadas. Alguns deles diziam-se mestres em qualquer assunto, desde a arte de fazer sapatos até a ciência política e de como viver bem na pólis grega. Por isso eram chamados de sofistas, palavra de origem grega que quer dizer "grande mestre ou sábio". Segundo alguns estudiosos, entre os ensinamentos dos sofistas

destacavam-se aqueles que tinham como principal objetivo o desenvolvimento da habilidade da argumentação, além do domínio de doutrinas divergentes. Eles buscavam transmitir a seus discípulos todo um jogo de palavras, raciocínios e concepções úteis em um debate para driblar as teses dos adversários e convencer as pessoas.

Muitos cidadãos sentiam a necessidade de aprender a retórica ou oratória para conseguir persuadir as pessoas em assembleias e, muitas vezes, fazer prevalecer seus interesses individuais e de seu grupo social. Essas características dos ensinamentos dos sofistas favoreceram o surgimento de concepções filosóficas relativistas sobre as coisas. Para o relativismo não há uma verdade única, absoluta (ou, se ela existe, não podemos conhecê-la). Assim, a "verdade" seria algo relativo ao indivíduo, ao momento histórico, a um conjunto de fatores, circunstâncias e consensos dentro de uma sociedade.

Heróis ou vilões? Como vimos, o termo sofista teve originalmente um significado positivo. Entretanto, com o decorrer do tempo, ganhou o sentido de "enganador" ou "impostor", devido sobretudo às críticas de Platão. Desde então, considerou-se a sofística (ou arte dos sofistas) apenas uma atitude viciosa do espírito, uma arte de manipular raciocínios, produzir o falso, iludir os ouvintes, sem nenhum amor pela verdade. Verdade, em grego, se diz aletheia. Aletheia opõe-se a pseudos, que significa "o falso", "aquilo que se esconde, que ilude". Os sofistas pareciam não buscar a aletheia; contentavam-se com pseudos. Por isso hoje se utiliza a palavra sofisma, derivada de sofista, para designar um raciocínio aparentemente correto, mas que na realidade é falso ou inconclusivo, geralmente formulado com o objetivo de enganar alguém. Entretanto, abordagens mais recentes sobre a atuação dos sofistas procuram mostrar que o relativismo de suas teses fundamenta-se em uma concepção flexível sobre os seres humanos, a sociedade e a compreensão do real, e esta não pode, portanto, ser reduzida a um único sistema. Assim, não existiriam valores ou verdades absolutas.



Embora os sofistas não tenham sido diretamente responsáveis pela democracia ateniense, suas contribuições foram importantes para o crescimento do espírito democrático. Eles contribuíram para a democracia ao **subjeter a verdade, o que permitiu que surgisse a tolerância aos diferentes**. Além disso, os sofistas contribuíram para o desenvolvimento do Direito, pois foram os primeiros advogados profissionais do mundo, graças à sua enorme capacidade argumentativa. A partir da leitura de Platão e de Aristóteles, os sofistas passaram a ser vistos, no fim da Antiguidade, como professores de retórica e oradores públicos.



8.4 ANEXOS QUESTÕES DO PEER INSTRUCTION:

Questões de Vestibular:

- 1) (UFP) É possível afirmar que o **movimento de queda livre segundo Galileu:**
 - a) Percorre espaços iguais em tempos iguais.
 - b) Percorre espaços que são proporcionais ao quadrado do tempo
 - c) Percorre espaços que são proporcionais à velocidade.

- 2) (UFP) Uma bola de basquete e uma de handebol são largadas de uma mesma altura em relação ao solo da Terra considere que essa altura é muito grande, e que as duas bolas partiram do repouso. **Desprezando a resistência do ar que atua sobre as duas bolas**, é possível afirmar que:
 - a) A de handebol chega primeiro no chão.
 - b) A de basquete chega primeiro no chão.
 - c) A de basquete não chega no chão.
 - d) Ambas chegam juntas no chão.
 - e) A handebol não chega no chão.

Ainda nessa questão, **se considerarmos a resistência do ar que atua sobre as duas bolas**, é possível afirmar que:

 - a) A de handebol chega primeiro no chão.
 - b) A de basquete chega primeiro no chão.
 - c) A de basquete não chega no chão.
 - d) Ambas chegam juntas no chão.
 - e) A de handebol não chega no chão.

- 3) (UFP) Uma bola de Basquete e uma de handebol são largadas de uma mesma altura em relação ao solo da Terra, considere que essa altura é muito grande. A bola de basquete é largada 5s depois que a de handebol. Considere a aceleração da gravidade igual a 10m/s^2 e, que ambas as bolas partiram do repouso em relação ao chão. **desprezando a resistência do ar que atua sobre as duas bolas**, é possível afirmar **fisicamente** que:
 - a) A bola de basquete encontra a bola de handebol 30s depois do seu lançamento.
 - b) A bola de handebol para no ar e espera a de basquete chegar até ela.
 - c) A bola de basquete não alcança a bola de handebol em nenhum momento da queda.
 - d) A bola de basquete chega primeiro no chão.
 - e) A bola de handebol dispara raios laser que vaporizam a bola de basquete no ar.

- 4) (UFP) Por que a Terra não cai no Sol CIENTÍFICAMENTE FALANDO?
 - a) Porque não tem gravidade lá em cima.
 - b) Porque ela está caindo eternamente, ou seja, ela quer escapar, mas a gravidade da Sol puxa ela para baixo, fazendo-a cair para sempre.
 - c) Porque ela é vegetariana.
 - d) Porque não tem atrito no espaço.
 - e) Porque Deus não quer.

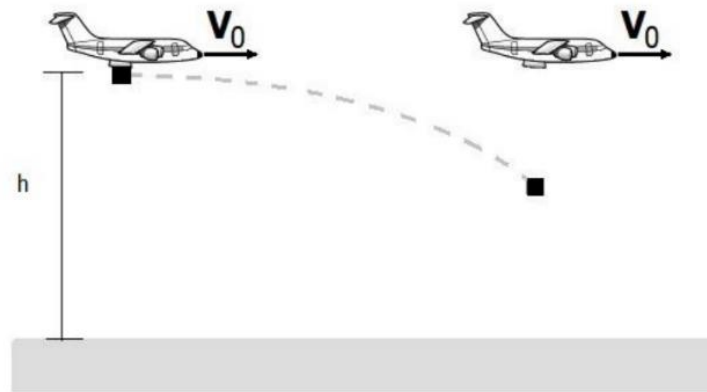
- 5) (UFP) uma bola de basquete é lançada para cima, em relação ao solo da Terra, com uma velocidade de $180 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, considere que o valor da aceleração da gravidade vale $36 \frac{\text{km/h}}{\text{s}}$ determine, a partir do momento em que ela foi lançada, o tempo que demora para a bola de basquete atingir a altura máxima em relação ao solo:

50s b) 100s c) 5s d) infinito e) 10s

- 6) (UFP) Para deslocar tijolos, é comum vermos em obras de construção civil um operário no solo, lançando tijolos para outro que se encontra postado no piso superior. **Considerando o lançamento vertical, a resistência do ar nula, a aceleração da gravidade igual a 10m/s^2 e a distância entre a mão do lançador e a do receptor 3,2m**, a velocidade com que cada tijolo deve ser lançado para que chegue às mãos do receptor com velocidade nula deve ser de:

a) 5,2m/s b) 6m/s c) 7,2m/s d) 8,0 m/s e) 9m/s

- 7) (UFRGS) Um avião, viajando paralelamente ao solo com velocidade constante de módulo V_0 , solta uma carga desde uma altitude h, conforme representado na figura abaixo.



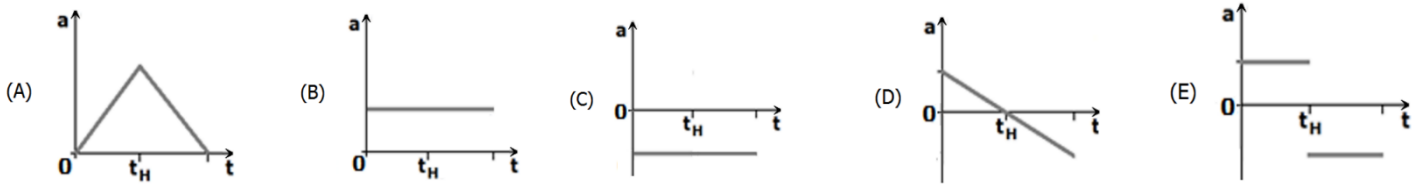
Seo $V_0 = 80 \text{ m/s}$ o m3dulo da velocidade do avião e $h = 300 \text{ m}$, qual ser3, depois de 5 s , o m3dulo da velocidade da carga em rela33o ao avião, desprezando-se a resist3ncia do ar?

Considere o m3dulo da acelera33o da gravidade igual a 10 m/s^2 .

- (A) 0 m/s . (B) 30 m/s . (C) 50 m/s . (D) 90 m/s . (E) 130 m/s .

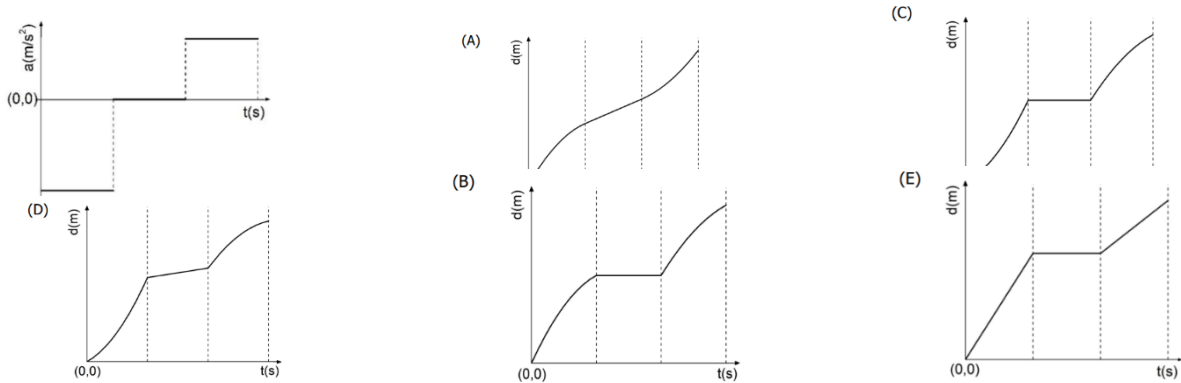
8) (UFRGS) Considere que uma pedra 3 lan3ada verticalmente para cima e atinge uma altura m3xima H . Despreze a resist3ncia do ar e considere um referencial com origem no solo e sentido positivo do eixo vertical orientado para cima. Assinale o gr3fico que melhor representa o valor da acelera33o sofrida pela pedra, desde o lan3amento at3 o retorno ao ponto de partida.


9)



10) (PUC) Um autom3vel viaja por uma estrada retil3nea com velocidade constante. A partir de um dado instante, considerado como $t = 0\text{s}$, o autom3vel sofre acelera33es distintas em tr3s intervalos consecutivos de tempo, conforme representado no gr3fico abaixo.

Assinale a alternativa que cont3m o gr3fico que melhor representa o deslocamento do autom3vel, nos mesmos intervalos de tempo. **Informa33o: nos gr3ficos, (0,0) representa a origem do sistema de coordenadas.**



	<p>CENTRO ESTADUAL DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES INSTITUTO DE EDUCAÇÃO GENERAL FLORES DA CUNHA</p> <p>Sede Provisória: Rua Cabral, 621- Rio Branco – Fone: 33110956 - 33114968</p>
---	--

Estudante: _____ Turma: 114 Data:

Componente Curricular: **Física** Ano: 1º Nota máxima: 4,0 pontos.

Observação importante: Os cálculos devem estar presentes na atividade entregue, para que as questões sejam consideradas integralmente corretas

Objetivos do conhecimento	Habilidades
Movimento retilíneo uniformemente variado	Interpretar as principais grandezas físicas envolvidas nos movimentos dos corpos tais como velocidade aceleração tempo de deslocamento, distância percorrida e suas respectivas unidades de medida no sistema internacional (SI)

1) A) Uma bola de Basquete e uma de handebol são largadas de uma mesma altura em relação ao solo da Terra considere que essa altura é muito grande, e que as duas bolas partiram do repouso juntas. **Desprezando a resistência do ar** que atua sobre as duas bolas, **o Sor. observa que as bolas chegam juntas no chão**, por que? Justifique sua resposta.

B) Ainda nessa questão, **se considerarmos a resistência do ar** na letra A), o que **o Sor. observa?** Isto é, qual das bolas chega primeiro no chão, e por que? Justifique sua resposta.

C) O que se pode afirmar a respeito da queda dos corpos na superfície da Terra, qual é o tipo de movimento?

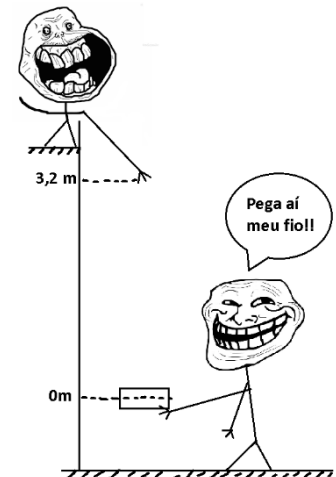
2) Uma bola de Basquete e uma de handebol são largadas de uma mesma altura em relação ao solo da Terra, considere que essa altura é muito grande. A bola de basquete é largada 5 segundos depois que a de handebol. Considere a aceleração da gravidade igual a 10m/s^2 e que ambas as bolas partiram do repouso em relação ao chão. **desprezando a resistência do ar que atua sobre as duas bolas**, é possível afirmar **fisicamente** que a bola de basquete **não** encontra a de handebol em nenhum momento da queda. Por que? Justifique sua resposta.

(Questão com ponto extra 0,5): Mostre que matematicamente o tempo para o encontro das bolas é **negativo** e igual a 2,5 segundos! ou seja, fisicamente, é impossível existir tempo menor que zero.

3) A) Uma bola de basquete é lançada para cima, em relação ao solo da Terra, com uma velocidade de 216 km/h , considere que o valor da aceleração da gravidade vale $(36\text{ km/h})/s$ **determine, a partir do momento em que ela foi lançada**, o intervalo de tempo para a bola de basquete atingir a altura máxima em relação ao solo, **desconsidere a resistência do ar**.

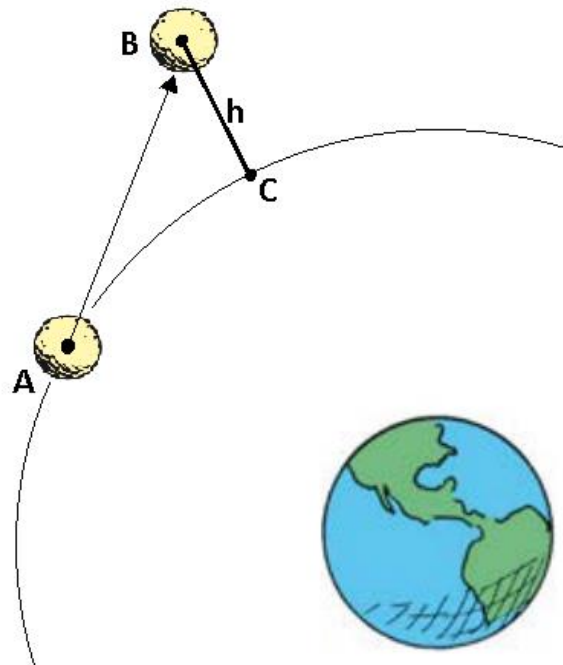
B) Determine a altura máxima que a bola de basquete atinge em relação ao chão.

4) Para deslocar tijolos, é comum vermos em obras de construção civil um operário no solo, lançando tijolos para outro que se encontra postado no piso superior. Considerando o lançamento vertical, a resistência do ar nula, a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 e a distância entre



a mão do lançador e a do receptor 3,2 metros, **mostre** que a velocidade com que cada tijolo deve ser lançado para que chegue às mãos do receptor com velocidade nula deve ser de 8 m/s^2

- 5) **Questão extra desafio!!! (1,0 pontos)** A Lua não cai na Terra porque ela está caindo eternamente!, ou seja, ela quer escapar, mas a gravidade da Terra puxa ela para baixo, fazendo-a cair para sempre, esse argumento pode ser compreendido para os satélites ao redor da Terra e para todo o sistema solar, no qual os planetas estão caindo eternamente no Sol. Segundo Galileu a Lua possui um **movimento violento** que vai do ponto A até o ponto B, (Olhar figura ao lado), entretanto o **movimento naturalmente acelerado, isto é, o movimento de queda a partir do repouso, causado pela Terra**, faz ela cair do ponto B até o ponto C, obviamente que **NÃO enxergamos essa composição** dos movimentos na realidade, ou seja, enxergamos o resultado final, isto é, a órbita da Lua! Porém o movimento naturalmente acelerado da Lua é chamado de **QUEDA LIVRE** e isso nós estudamos como as bolas de basquete e handebol. É possível mostrar que o valor da aceleração da gravidade que a Terra faz na Lua em sua órbita é de $g_{Terra-Lua} = 0,0027 \text{ m/s}^2$. Supondo que a gravidade da Terra seja desligada por um segundo, a Lua sobe até o ponto B, nesse instante, ligamos a gravidade novamente e **ela cai em queda livre** até chegar no ponto C, **mostre que em 1s a Lua cai de uma altura $h = 1,35 \text{ milímetros}$!!!!**



Dica 1: Assuma que a Lua é uma bola de basquete caindo do segundo andar de um colégio onde o ponto B e C são, o parapeito do segundo andar e o chão do colégio **respectivamente**.

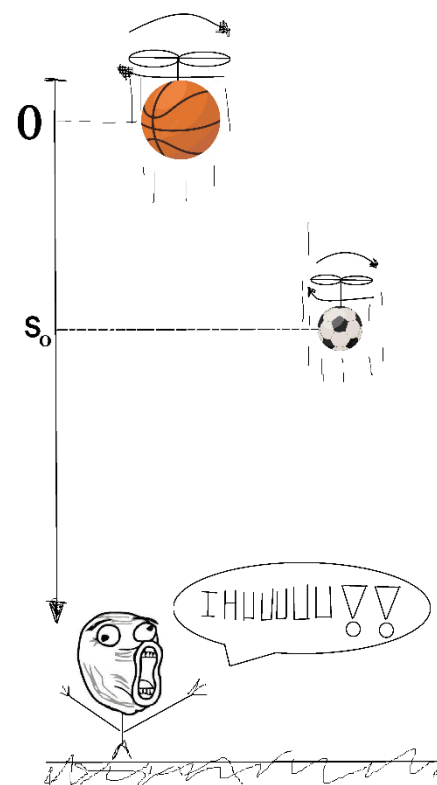
Dica 2: 1 metro é igual a 1000 milímetros, **use regra de três** para converter metro para milímetro.

- 6) **Questão extra (desafio!!!) 3,5 pontos**

A **resistência do ar tem certas vantagens!!!!** construímos uma bola de basquete e uma de handebol com um ventilador acoplado que mede a aceleração das duas bolas a cada intervalo de tempo (ver figura ao lado). Para a bola de **handebol** o seu ventilador acelera e desacelera afim de manter uma **aceleração de queda constante e igual a 2 m/s^2** . Já para a de **basquete**, o ventilador acelera e desacelera afim de manter sua **aceleração de queda constante e igual a 8 m/s^2** . Essas bolas modificadas, são largadas de uma mesma altura em relação ao solo da Terra, **considere que essa altura é muito grande**. A bola de basquete é largada 5 segundos depois que a de handebol. **Mostre que a bola de basquete encontra a de handebol 10 segundos depois do lançamento da mesma**, ou seja, passados os primeiros 5 segundos de queda da bola de handebol, a bola de basquete demora mais 5 segundos para alcançá-la.

Sugestão 1: Para facilitar as contas, coloque o referencial **y** com origem na bola de basquete e orientado para baixo.

Sugestão 2: Analise os primeiros 5s de queda da bola de handebol, determine sua posição inicial e velocidade no ponto s_0 . Construa então a equação de movimento para a bola de handebol passados 5s de queda, e compare com a equação de movimento da bola de basquete.



8.6 ANEXOS MATERIAIS DE APOIO:

Neste capítulo, continuaremos a discutir as ideias de um homem que foi submetido à prisão domiciliar por causa de suas ideias, o cientista italiano Galileu Galilei, que faleceu no mesmo ano do nascimento de Newton. Tais ideias constituíram um alicerce para Isaac Newton, o qual, ao ser indagado sobre seu sucesso na ciência, respondeu que se devia ao fato de ele estar em pé sobre os ombros de gigantes. O mais notável destes foi Galileu.

Desde cedo, Galileu desenvolveu interesse pelo movimento e logo se colocou em oposição a seus contemporâneos, que sustentavam as ideias Aristotélicas a respeito dos corpos em queda e acreditavam que o Sol girava em torno da Terra. Galileu deixou Pisa para lecionar na Universidade de Pádua e tornou-se um defensor da nova teoria de Copérnico do Sistema Solar. Ele foi o primeiro a descobrir montanhas na Lua e as luas de Júpiter. Uma vez que publicou seus resultados em italiano, a linguagem do povo, em vez de em latim, que era a linguagem dos estudiosos, e por causa da recente invenção da imprensa, suas ideias alcançaram uma ampla gama de leitores. Rapidamente entrou em rota de colisão com a Igreja e foi advertido para não ensinar ou sus-

tentar os pontos de vista de Copérnico. Ele conteve-se publicamente por cerca de 15 anos e, então, de forma desafiadora, publicou suas observações e conclusões, que iam contra a doutrina da Igreja. O resultado foi um julgamento em que ele foi considerado culpado, sendo forçado a negar sua descoberta de que a Terra se move. Quando saía da corte, ele teria sussurrado "mas ela se move". Já então um homem idoso, abalado em sua saúde e em seu espírito, foi sentenciado à prisão domiciliar perpétua. Apesar disso, completou seus estudos sobre o movimento, e seus escritos foram contrabandeados para fora da Itália e publicados na Holanda. Suas ideias a respeito do movimento constituem o assunto deste capítulo.



FIGURA 3.5
Quando você está sentado numa cadeira, sua rapidez é nula com relação à Terra, mas é de 30 km/s em relação ao Sol.

3.4 O movimento é relativo

Tudo se move. Mesmo as coisas que parecem estar em repouso. Elas se movem em relação ao Sol e às estrelas. Enquanto você está lendo isto, está se movendo a aproximadamente 107.000 quilômetros por hora em relação ao Sol. E está se movendo ainda com mais rapidez em relação ao centro de nossa galáxia. Quando discutimos o movimento de algo, descrevemos o movimento em relação a alguma outra coisa. Se você caminha no corredor de um ônibus em movimento, sua rapidez em relação ao piso do ônibus provavelmente é diferente de sua rapidez relativa ao asfalto. Quando dizemos que um carro de corrida alcança uma rapidez de 300 quilômetros por hora, queremos dizer que tal rapidez é relativa à estrada. A menos que outra coisa seja dita, sempre que nos referirmos à rapidez com que se movem as coisas em nosso ambiente, estaremos supondo-a relativa à superfície da Terra. O movimento é relativo.

A aceleração nos planos inclinados de Galileu

Galileu desenvolveu o conceito de aceleração em seus experimentos com planos inclinados. Ele estava interessado na queda de objetos, e como lhe faltavam instrumentos precisos para medir tempo, usou planos inclinados para tornar efetivamente mais lentos os movimentos acelerados e assim poder investigá-los de forma mais detalhada.

Galileu descobriu que uma bola rolando para baixo em um plano inclinado ganha o mesmo valor de velocidade em sucessivos segundos de duração; isto é, a bola rolará com aceleração constante. Por exemplo, uma bola rolando para baixo em um plano inclinado num certo ângulo podia aumentar sua rapidez de 2 metros por segundo a cada segundo de seu movimento. Este ganho por segundo é a sua aceleração. Com esta aceleração, sua velocidade instantânea em intervalos de 1 segundo cada é, então, 0, 2, 4, 6, 8, 10 e assim por diante, em metros por segundo. Pode-se ver que a rapidez instantânea ou a velocidade da bola, em qualquer instante de tempo após ela ter sido solta a partir do repouso, é simplesmente igual à sua aceleração multiplicada pelo tempo:

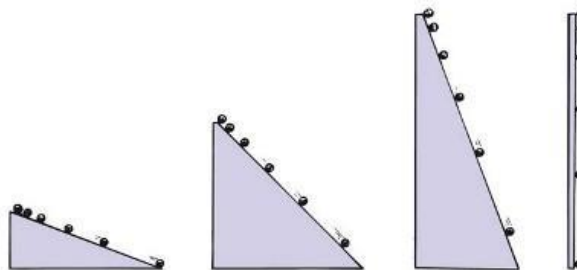
$$\text{Velocidade adquirida} = \text{aceleração} \times \text{tempo}$$

Se substituirmos a aceleração da bola nesta relação (2 metros por segundo ao quadrado), podemos ver que, ao final de 1 segundo, a bola estará viajando a 2 metros por segundo; ao final de 2 segundos, estará viajando a 4 metros por segundo; ao final de 10 segundos, estará a 20 metros por segundo e assim por diante. A rapidez instantânea ou a velocidade em qualquer instante de tempo é igual à aceleração multiplicada pelo número de segundos durante os quais ela foi acelerada.

³ Observe que esta relação segue da definição de aceleração. Para uma bola que parte do repouso, $a = \Delta v / \Delta t$ pode ser reescrita como $a = v / t$ e, então, rearranjada (multiplicando-se por t ambos os membros da equação) como $v = at$.

FIGURA 3.6

Quanto mais inclinada for a rampa, maior será a aceleração da bola. Qual será sua aceleração se a rampa for vertical?



Rigorosamente, a aceleração gravitacional é cerca de 10 m/s a cada segundo, para baixo, em todo lugar. Para saber por que isso ocorre, para qualquer massa, aguarde o Capítulo 4.

Galileu descobriu que quanto mais inclinadas eram as rampas usadas, maiores eram as acelerações. A bola possui uma aceleração máxima quando a rampa é vertical. Neste caso, a aceleração torna-se igual àquela de um objeto em queda (Figura 3.6). Sem importar o peso ou o tamanho, Galileu descobriu que todos os objetos caem com a mesma aceleração invariável, desde que a resistência do ar seja pequena o bastante para que possa ser desprezada.

3.5 Queda livre

Quão rápido

As coisas caem por causa da força da gravidade. Quando um objeto está caindo sem enfrentar qualquer impedimento – sem atrito com o ar ou qualquer outro – e cai sob influência exclusiva da gravidade, o objeto encontra-se em estado de **queda livre**. (Iremos considerar os efeitos da resistência do ar sobre a queda dos corpos no Capítulo 4.) A Tabela 3.2 mostra os valores instantâneos da rapidez de um corpo em queda livre, em intervalos de 1 segundo. É importante notar, nesses números, a maneira como muda a rapidez. *Durante cada segundo de queda, o objeto torna-se 10 m/s mais rápido.* Este ganho por segundo é a aceleração. A aceleração da queda livre é aproximadamente igual a 10 metros por segundo a cada segundo, ou, em notação abreviada, m/s^2 (lê-se 10 metros por segundo ao quadrado). Note que a unidade de tempo, o segundo, aparece duas vezes – na unidade de rapidez e de novo no intervalo de tempo durante o qual ocorreu a variação da rapidez.

No caso de objetos em queda livre, é costume usar a letra g para representar esta aceleração (porque ela se deve à *gravidade*). O valor de g é muito diferente na superfície da Lua e na superfície de outros planetas. Aqui na Terra, g varia ligeiramente em diferentes locais, com um valor médio de 9,8 metros por segundo a cada segundo, ou, em notação abreviada, $9,8 \text{ m/s}^2$. Arredondamos isso para 10 m/s^2 em nossa presente discussão e na Tabela 3.2, para deixar mais claras as ideias envolvidas; múltiplos de 10 são mais óbvios do que múltiplos de 9,8. Onde for importante a precisão, deveremos usar o valor de $9,8 \text{ m/s}^2$.

Note, na Tabela 3.2, que os valores instantâneos de rapidez ou velocidade de um objeto em queda livre a partir do repouso são coerentes com a equação que Galileu deduziu com seus planos inclinados:

$$\text{Velocidade adquirida} = \text{aceleração} \times \text{tempo}$$

A velocidade instantânea v de um objeto em queda livre a partir do repouso⁴, depois de um tempo t , pode ser expressa em notação abreviada como

$$v = gt$$

TABELA 3.2 Queda livre a partir do repouso

Tempo da queda (em segundos)	Velocidade adquirida (metros/segundo)
0	0
1	10
2	20
3	30
4	40
5	50
...	...
...	...
...	...
t	$10t$

⁴Se, em vez de ser solto a partir do repouso, o objeto for arremessado para baixo com uma velocidade v_0 , a velocidade depois de decorrido um tempo t será $v = v_0 + at = v_0 - gt$, sendo considerado positivo o sentido de baixo para cima.

Para ver que essa equação faz sentido, confronte-a com a Tabela 3.2. Observe que a rapidez ou velocidade instantânea em metros por segundo é simplesmente a aceleração $g = 10 \text{ m/s}^2$ multiplicada pelo tempo t em segundos.

A aceleração de queda livre é mais facilmente compreendida quando consideramos um objeto em queda livre equipado com um velocímetro (Figura 3.7). Suponha que o objeto seja um pedaço de rocha abandonado do alto de um penhasco e que você acompanha com um telescópio. Com o telescópio focado no velocímetro, você notaria um crescimento na rapidez com o passar do tempo. Mas de quanto? A resposta é 10 m/s a cada segundo que passa.

PAUSA PARA TESTE

O que marcaria o velocímetro da Figura 3.7, preso ao pedaço de rocha em queda, 5 segundos depois de solta? E 6 segundos depois de solta? E depois de 6,5 s?

VERIFIQUE SUA RESPOSTA

As leituras do velocímetro seriam 50 m/s , 60 m/s e 65 m/s , respectivamente. Você pode obter isso na Tabela 3.2 ou usar a equação $v = gt$, onde g vale 10 m/s^2 .

Até aqui, temos considerado objetos que estão se movendo em linha reta para baixo sob ação da gravidade. E um objeto arremessado diretamente para cima? Uma vez liberado, ele continua a mover-se para cima por algum tempo e depois retorna. No ponto mais alto, quando ele está mudando o sentido de seu movimento de ascendente para descendente, sua rapidez instantânea é nula. Então ele inicia seu movimento para baixo, *exatamente como se tivesse sido solto do repouso naquela altura*.

Durante a parte ascendente de seu movimento, o objeto torna-se gradualmente mais lento enquanto sobe. Não deveria causar surpresa que ele se torna 10 m/s mais lento a cada segundo decorrido – a mesma aceleração que você experimenta quando está caindo. Assim, como mostra a Figura 3.8, a rapidez instantânea em pontos de sua trajetória que se encontram na mesma altura é a mesma, esteja o corpo subindo ou descendo. As velocidades são opostas, é claro, porque ele se move então em sentidos contrários. Note que as velocidades para baixo possuem sinal negativo, indicando o sentido para baixo (é costumeiro atribuir sinal positivo ao que aponta *para cima*, e negativo ao que aponta *para baixo*). Seja movendo-se para cima ou para baixo, a aceleração vale aproximadamente 10 m/s^2 o tempo todo.

PAUSA PARA TESTE

Uma bola é atirada diretamente para cima e sai de sua mão a 20 m/s . Que previsões você pode fazer sobre a bola? (Por favor, pense sobre isso antes de ler as previsões sugeridas.)

VERIFIQUE SUA RESPOSTA

Existem várias. Uma previsão é que a rapidez da bola diminua para 10 m/s um segundo após abandonar sua mão e que a bola estará momentaneamente parada dois segundos após, quando chegar ao topo de seu caminho ascendente. Isso porque ela perde 10 m/s a cada segundo decorrido. Outra previsão é que um segundo mais tarde, 3 segundos no total, ela estará se movendo para baixo a 10 m/s . Outro segundo depois, ela terá retornado ao seu ponto de partida com rapidez de 20 m/s . Assim, ela gasta 2 segundos em cada parte do movimento e o tempo total de voo é de 4 segundos. A distância que ela percorre para cima e para baixo será tratada na próxima seção.

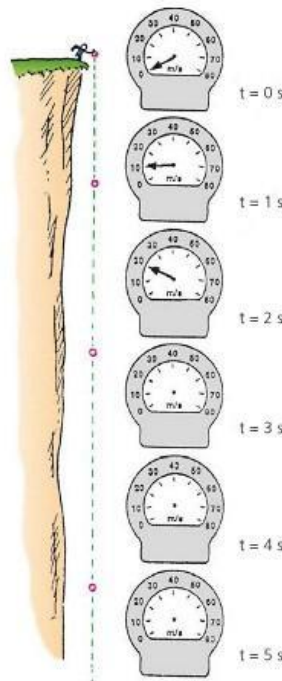


FIGURA 3.7 Suponha que uma pedra em queda esteja equipada com um velocímetro. Você descobrirá que, a cada segundo decorrido, a rapidez da pedra sempre aumentará aproximadamente 10 m/s . Desenhe a agulha do velocímetro que está faltando na figura correspondente a $t = 3 \text{ s}$, $t = 4 \text{ s}$ e $t = 5 \text{ s}$. (A Tabela 3.2 mostra os valores de rapidez que leríamos nos vários segundos da queda.)

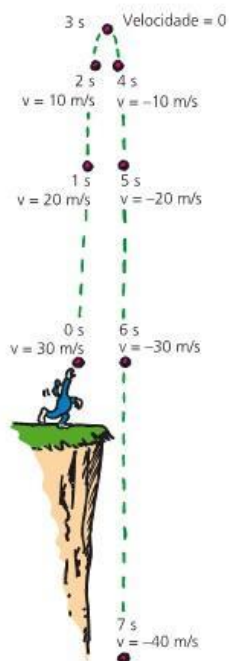


FIGURA 3.8
A taxa com a qual a velocidade varia a cada segundo é sempre a mesma.

TABELA 3.3 Distância percorrida em queda livre

Tempo da queda (em segundos)	Distância percorrida (metros)
0	0
1	5
2	20
3	45
4	80
5	125
...	...
...	...
...	...
t	$10t^2$

Quanto cai

A que *distância* um objeto cai é completamente diferente de *quão rápido* ele cai. Com seus planos inclinados, Galileu descobriu que a distância que um objeto uniformemente acelerado percorre é proporcional ao *quadrado do tempo*. A distância percorrida por um objeto uniformemente acelerado que parte do repouso é

$$\text{Distância percorrida} = \frac{1}{2} (\text{aceleração} \times \text{tempo} \times \text{tempo})$$

Essa relação se aplica à distância percorrida por algo em queda. Para o caso de um objeto em queda livre, podemos expressá-la numa notação mais condensada, como

$$d = \frac{1}{2}gt^2$$

onde d é a distância de queda quando o tempo de queda em segundos é substituído por t e elevado ao quadrado.⁵ Se usarmos 10 m/s^2 para o valor de g , a distância de queda para vários instantes de tempo será como mostrado na Tabela 3.3.

Observe que um objeto cai por uma distância de apenas 5 metros durante o primeiro segundo de queda, muito embora sua rapidez seja de 10 m/s. Isso pode parecer confuso, pois podemos achar que o objeto deveria cair 10 metros no primeiro segundo de queda. Mas, para isso, ele teria de cair com uma rapidez *média* de 10 metros por segundo durante o segundo todo. Ele inicia sua queda com 0 metros por segundo, e sua rapidez é de 10 metros por segundo somente no último instante do intervalo de 1 segundo. Sua rapidez média durante este intervalo é a média aritmética entre sua rapidez inicial e sua rapidez final, 0 e 10 metros por segundo. Para obter a média aritmética desses dois números, simplesmente somamos e dividimos o resultado por 2. Isso dá 5 metros por segundo, que, ao longo do intervalo de 1 segundo, dá uma distância de 5 metros. Enquanto o objeto continua caindo nos segundos subsequentes, ele cairá por distâncias cada vez maiores em cada um dos segundos, porque sua rapidez está continuamente aumentando.

PAUSA PARA TESTE

Um gato sobe num parapeito e salta até o chão em meio segundo.

- Qual é a sua rapidez ao atingir o chão?
- Qual é a sua rapidez média durante o meio segundo de queda?
- A que altura em relação ao chão está o parapeito?

VERIFIQUE SUA RESPOSTA

- Rapidez: $v = gt = 10 \text{ m/s}^2 \times 1/2 \text{ s} = 5 \text{ m/s}$.
- Rapidez média: $\bar{v} = \frac{v_{\text{inicial}} + v_{\text{final}}}{2} = \frac{0 \text{ m/s} + 5 \text{ m/s}}{2} = 2,5 \text{ m/s}$
Usamos uma barra sobre o símbolo da rapidez para denotar a rapidez média: \bar{v} .
- Distância: $d = \bar{v}t = 2,5 \text{ m/s} \times 1/2 \text{ s} = 1,25 \text{ m}$.
Ou, de maneira equivalente,

$$d = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \text{ m/s}^2 \times \left(\frac{1}{2} \text{ s}\right)^2 = 1,25 \text{ m}$$

Note que podemos encontrar a distância por qualquer dessas duas relações.

⁵Distância de queda a partir do repouso: $d = \text{velocidade média} \times \text{tempo}$

$$d = \frac{\text{velocidade inicial} + \text{velocidade final}}{2} \times \text{tempo}$$

$$d = \frac{0 + gt}{2} \times t$$

$$d = \frac{1}{2}gt^2$$

(Veja o Apêndice B para explicações adicionais.)

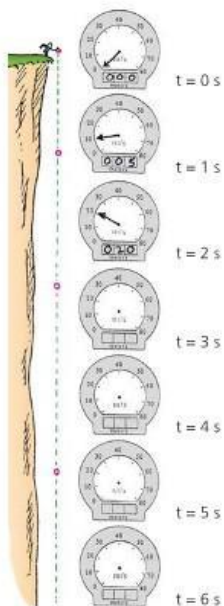


FIGURA 3.9 Suponha que uma pedra em queda esteja equipada com um velocímetro e com um hodômetro. Em cada segundo, as leituras da rapidez aumentam por 10 m/s e as de distância crescem segundo $1/2 gt^2$. Você consegue completar as leituras do velocímetro e do hodômetro?

É muito comum observar muitos objetos caírem com acelerações diferentes. Uma folha de árvore, uma pena ou uma folha de papel podem esvoaçar até o chão lentamente. O fato de que a resistência do ar seja responsável por essas diferenças nas acelerações pode ser demonstrado de maneira muito divertida com um tubo de vidro lacrado, em cujo interior estão objetos leves e pesados – uma pena e uma moeda, por exemplo. Na presença de ar, os dois caem com acelerações completamente diferentes. Mas se o ar é removido do tubo por uma bomba de vácuo e depois invertido, a pena e a moeda caem com a mesma aceleração (Figura 3.10). Embora a resistência do ar altere sensivelmente o movimento de coisas como folhas de árvore em queda, o movimento de objetos mais pesados, como pedras e bolas de beisebol em velocidades ordinárias baixas, quase não é afetado pelo ar. As relações $v = gt$ e $d = 1/2 gt^2$ podem ser usadas com muito boa aproximação para a maioria dos objetos caindo no ar, partindo do repouso de suas posições iniciais.



FIGURA 3.10 Uma pena e uma moeda caem com a mesma aceleração no vácuo.

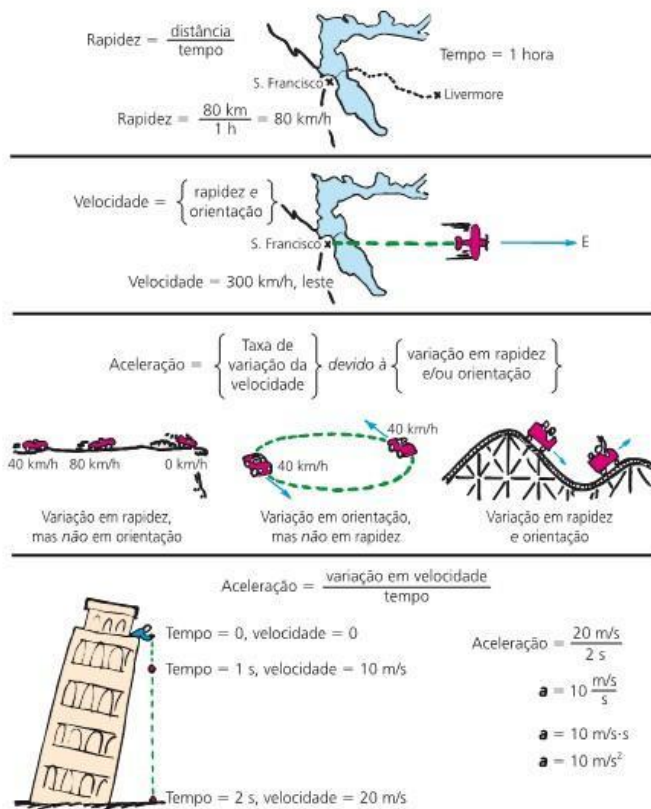


FIGURA 3.11 Análise do movimento.

TEMPO DE VOO

Alguns atletas e dançarinos possuem grande habilidade em saltar. Ao pularem diretamente para cima, parecem “manter-se no ar”, desafiando a gravidade. Peça a seus colegas para estimarem o “tempo de voo” de alguns grandes saltadores – o tempo durante o qual um saltador está no ar com os pés fora do chão. Eles poderão dizer 2 ou 3 segundos. Mas, surpreendentemente, o tempo de voo dos maiores saltadores é quase sempre menor do que 1 segundo! Um tempo aparentemente maior é uma das muitas ilusões que temos sobre a natureza.

Uma ilusão relacionada é a altura vertical que um homem consegue pular. A maioria de seus colegas de turma provavelmente não consegue saltar mais alto do que 0,5 metro. Eles conseguem saltar por cima de uma cerca de 0,5 metro, mas, ao fazerem isso, seus corpos se elevam apenas ligeiramente. A altura da barreira é diferente da altura que atinge o “centro de gravidade” de um saltador. Muitas pessoas podem saltar por cima de uma cerca de 1 metro, mas raramente aparece alguém capaz de elevar seu “centro de gravidade” em 1 metro. Mesmo no melhor da forma, estrelas do basquete como Michael Jordan e Kobe Bryant não conseguiriam elevar seu corpo mais de 1,25 m, embora eles pudessem alcançar facilmente uma cesta de altura consideravelmente maior do que 3 m.

A habilidade de saltar é melhor medida por meio de um salto vertical. Fique perto de uma parede com os pés plantados no chão e os braços esticados para cima. Faça uma marca na parede no lugar mais alto que sua mão alcança. Em seguida, salte para cima e faça uma marca na parede no lugar mais alto que sua mão alcançar. A distância entre essas duas marcas mede seu salto vertical. Se ele mede mais de 0,6 metros, você é excepcional.

Aqui está a física. Quando você salta para cima, a força do salto é aplicada apenas enquanto seus pés fazem contato com o chão. Quanto maior a força, maior será a sua velocidade de lançamento e mais alto será o salto. Quando seus pés deixam o chão, sua velocidade para cima começa imediatamente a decrescer a uma taxa constante de $g = 10 \text{ m/s}^2$. No topo do salto, ela terá se tornado nula. Então você inicia sua queda, tornando-se mais rápido exatamente na mesma razão, g . Se você aterrizar como decolou, de pé com as pernas estendidas, então o tempo de subida será igual ao de descida; e o tempo de voo é a soma dos dois. Enquanto está no ar, nenhum impulso de perna ou braço ou qualquer outro movimento do corpo pode mudar seu tempo de voo.

A relação entre o tempo de subida ou de descida e a altura vertical atingida é dada por

$$d = \frac{1}{2}gt^2$$

Se conhecemos a altura vertical d , podemos reescrever esta expressão como

$$t = \sqrt{\frac{2d}{g}}$$

O recorde mundial de salto vertical diretamente para cima é de 1,25 metros⁶. Vamos usar a altura 1,25 metros de seu salto para d , e usar o valor mais preciso de $9,8 \text{ m/s}^2$ para g . Resolvendo para t , que é a metade do tempo de voo, obtemos

$$t = \sqrt{\frac{2d}{g}} = \sqrt{\frac{2(1,25 \text{ m})}{9,8 \text{ m/s}^2}} = 0,50 \text{ s}$$

Multiplicamos isso por dois (porque este é o tempo de subida, que é igual ao de descida) e vemos que o recorde para o tempo de voo é 1 segundo (porque o tempo de voo é o tempo gasto na jornada de ida e volta).

Estamos falando aqui de movimento vertical. E sobre saltos realizados correndo? No Capítulo 10, veremos que o tempo de voo depende apenas da rapidez vertical do saltador no instante do lançamento. Enquanto estiver no ar, a rapidez do saltador na horizontal permanecerá constante, ao passo que a rapidez vertical estará submetida à aceleração. A física é interessante!

⁶ Para um salto realizado correndo, a velocidade de decolagem pode ser aumentada, e o tempo de permanência no ar também, quando o pé bate no solo, antes do salto. Isso será discutido no Capítulo 10.



Quão rapidamente muda a rapidez

Grande parte da confusão ao se analisar o movimento de objetos em queda provém da facilidade em confundir “quão rápido” com “quanto cai”. Quando desejamos especificar o quão rápido algo está caindo, falamos sobre *rapidez* ou *velocidade*, o que é expresso como $v = gt$. Quando desejamos especificar o quanto algo cai, falamos sobre *distância*, o que é expresso como $d = 1/2 gt^2$. Rapidez ou velocidade (quão rápido) e distância (quão longe) são inteiramente diferentes uma da outra.

Um conceito mais difícil, provavelmente o mais difícil encontrado neste livro, é “quão rapidamente muda a rapidez” – ou seja, a aceleração. O que a torna tão complexa é que ela é *uma taxa de uma taxa*. Frequentemente ela é confundida com a velocidade, que, por si só, é uma taxa (a taxa de variação da posição). A aceleração não é a velocidade, nem mesmo é uma variação da velocidade. Uma aceleração é a taxa com a qual a própria velocidade varia.

QUESTÕES RESOLVIDAS

- R1** Despreze a resistência do ar e calcule o tempo de queda de uma pedra abandonada de uma altura de 20 m em relação ao solo.

(Dado: $g = 10 \text{ m/s}^2$)

► **Resolução**

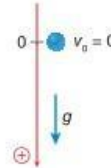
Vamos considerar uma trajetória vertical orientada positivamente para baixo, com a origem coincidindo com o ponto inicial da queda. Dessa forma, a aceleração da gravidade, por ter o mesmo sentido que a orientação da trajetória, será considerada positiva.

Aplicando a função horária do espaço do MRUV, temos:

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow 20 = 0 + 0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot 10 t^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 20 = 5t^2 \therefore t = 2 \text{ s}$$

Portanto, o tempo de queda, nesse caso, é igual a 2 s.



- R2** Qual é a velocidade com que uma pedra abandonada de uma altura de 45 m atinge o solo? (Despreze a resistência do ar e suponha $g = 10 \text{ m/s}^2$.)

► **Resolução**

Podemos resolver a questão por meio da equação de Torricelli, $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s$. Para tanto, consideramos a trajetória orientada positivamente para baixo, de modo que o sinal da aceleração da gravidade seja positivo.

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s \Rightarrow v^2 = 0 + 2 \cdot 10 \cdot 45 \Rightarrow v^2 = 900$$

$$\therefore v = 30 \text{ m/s}$$

Portanto, a pedra atinge o solo com velocidade escalar de 30 m/s.

- R3** Da janela do 8º andar, a 30 m de altura, uma pessoa lança uma esfera verticalmente para baixo com velocidade escalar de 10 m/s. Depois de quanto tempo a esfera lançada terá percorrido a metade da distância até o solo?

► **Resolução**

Vamos orientar a trajetória positivamente para baixo, com a origem coincidindo com o ponto de lançamento, de modo que $s_0 = 0 \text{ m}$ e a velocidade escalar inicial e a aceleração da gravidade tenham sinais positivos.

A função horária do espaço no MUV permite escrever:

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow 15 = 0 + 10t + 5t^2 \Rightarrow$$

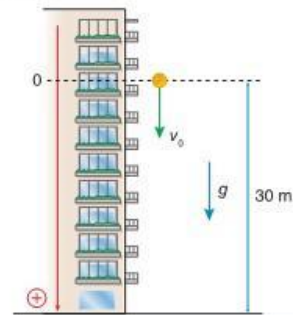
$$\Rightarrow t^2 + 2t - 3 = 0 \therefore t = -3 \text{ s ou } t = 1 \text{ s}$$

Portanto, depois de 1 s (pois a solução $t = -3$ não convém para a resolução do problema), a esfera terá percorrido a metade da distância até o solo. Vale observar que o tempo necessário para ela percorrer toda a distância de 30 m (dobro de 15 m) não é igual a 2 s (dobro de 1 s), como se pode perceber pelo cálculo:

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 30 = 0 + 10t + 5t^2 \Rightarrow$$

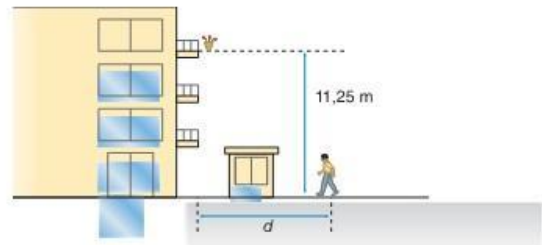
$$\Rightarrow t^2 + 2t - 6 = 0 \therefore t = 1,64 \text{ s}$$



QUESTÕES PROPOSTAS

(Sempre que necessário, considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.)

- 1 Distraidamente, o morador do 7º andar de um prédio deixa cair a carteira, que 3 s mais tarde atinge o solo, 30 m abaixo. Desconsidere o atrito com o ar e responda: o movimento de queda da carteira foi uma queda livre? Justifique.
- 2 Uma pequena pedra despenca do 8º andar de um edifício, a 31,25 m do solo. Desprezando a resistência do ar, calcule:
 - a) o tempo que a pedra demora para atingir o solo;
 - b) a velocidade escalar com que a pedra atinge o solo;
 - c) a altura, em relação ao solo, em que a pedra estava 2 s após ter iniciado a queda;
 - d) a distância que a pedra havia percorrido quando sua velocidade instantânea era igual a 15 m/s.
- 3 Lançando um objeto verticalmente para baixo com velocidade escalar de 8 m/s, qual será sua velocidade escalar ao atingir o solo, 30 m abaixo do ponto de lançamento? Despreze o atrito com o ar. (Utilize: $\sqrt{664} = 25,8$)
- 4 Um corpo em queda livre, a partir do repouso, percorre certa distância d nos dois primeiros segundos da queda. Qual é a distância que o corpo percorrerá nos 2 s seguintes?
- 5 Durante uma ventania, um vaso cai da janela do 3º andar de um prédio, a 11,25 m de altura; enquanto isso, uma pessoa caminha em direção ao prédio com velocidade escalar constante de 1,5 m/s. Despreze a resistência do ar e calcule a distância inicial entre a pessoa e a base do prédio para que o vaso caia no chão rente aos pés da pessoa.
- 6 Um objeto cai de uma altura $\frac{x}{4}$ e demora 3 s para chegar ao solo. Desprezando a resistência do ar, calcule o tempo que o objeto demoraria para atingir o solo caso fosse solto de uma altura igual a $2x$.
- 7 (UEL-PR) Para calcular a altura de uma ponte sobre o leito de um rio, um garoto abandonou uma pedra da ponte, a partir do repouso, e mediu o tempo transcorrido até que ela atingisse a superfície da água. Considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 e sabendo que o tempo de queda da pedra foi de 2,2 segundos, pode-se afirmar que a altura da ponte, em metros, é um valor próximo de:
 - a) 16
 - b) 20
 - c) 22
 - d) 24
 - e) 48



3 Lançamento vertical para cima

Um objeto lançado verticalmente para cima, com determinado valor de velocidade escalar, sobe, diminuindo, a cada segundo, o valor de sua velocidade escalar de $9,8 \text{ m/s}$, para na altura máxima, inverte o sentido de seu movimento e passa a descer acelerando, aumentando, a cada segundo, o valor de sua velocidade escalar de $9,8 \text{ m/s}$, como mostra a figura 4. Nessa situação, desconsideramos a resistência do ar.

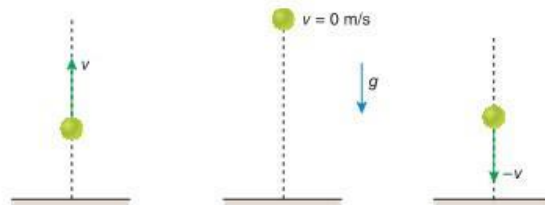


Figura 4 • A velocidade escalar de um objeto lançado verticalmente para o alto inverte de sentido no ponto mais alto da trajetória.

Portanto, o sentido da velocidade escalar do objeto é invertido durante o trajeto, mas o sentido da aceleração da gravidade é sempre o mesmo: para baixo. Por isso, convém estabelecer claramente o sentido da orientação da trajetória na resolução das situações-problema que envolvam lançamento vertical.

Vamos considerar, por exemplo, uma pedra lançada verticalmente para cima, a partir do solo, com velocidade escalar igual a v_0 . Orientando a trajetória positivamente para cima e fazendo coincidir a origem com o ponto do qual a pedra foi lançada (fig. 5), temos os seguintes dados para o problema:

$$v_0 > 0 \quad a = g < 0$$

Se a velocidade escalar é maior que zero e a aceleração da gravidade é menor que zero, podemos afirmar que o movimento de subida da pedra é uniformemente variado (MRUV) e retardado.

Como o módulo da aceleração da gravidade é o mesmo tanto na subida quanto na descida, o tempo gasto pelo móvel para subir será o mesmo que levará para descer. Em outras palavras, para atingir a altura máxima e lá parar, invertendo o sentido de seu movimento, o corpo perde o mesmo valor de velocidade escalar que ganha ao descer.

Assim, com essa orientação de trajetória, podemos ressaltar:

No lançamento vertical para cima sem resistência do ar, durante a subida temos MRUV retardado até a altura máxima, ponto em que a velocidade se anula. Durante a descida, temos MRUV acelerado. Nesse movimento, o tempo de subida é igual ao tempo de descida.

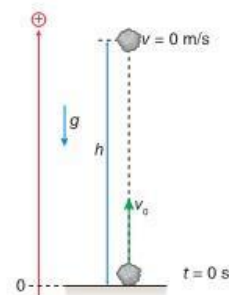


Figura 5

QUESTÕES RESOLVIDAS

R4 Duas pedras, A e B, de massas, respectivamente, 1 kg e 2 kg, foram lançadas verticalmente para cima, ambas com velocidades escalares de 15 m/s. Desprezando a resistência do ar e adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$, responda:

- Qual das duas pedras atingiu a maior altura em relação ao solo?
- Qual a altura máxima, em relação ao solo, atingida pelas pedras?
- Em quais instantes as pedras atingiram a altura de 10 m em relação ao solo?

► **Resolução**

a) As duas pedras atingiram a mesma altura em relação ao solo, uma vez que foram lançadas com a mesma velocidade. As massas diferentes não interferiram na altura.

b) Vamos aplicar a equação de Torricelli, orientando a trajetória positivamente para cima e fazendo coincidir a origem com o solo.

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s$$

Como a velocidade do corpo é nula no ponto mais alto, temos:

$$0 = 15^2 + 2 \cdot (-10)\Delta s \Rightarrow 20\Delta s = 225$$

$$\therefore \Delta s = 11,25 \text{ m}$$

Portanto, a altura máxima atingida pelas pedras foi de 11,25 m.

c) Respeitando a orientação adotada anteriormente, vamos aplicar a função horária do espaço no MRUV.

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow s = 0 + 15t - 5t^2 \Rightarrow$$

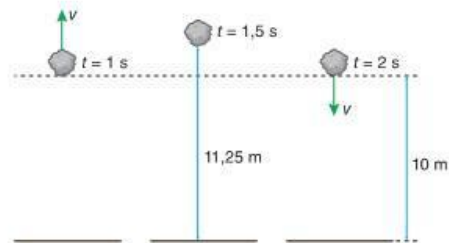
$$\Rightarrow 10 = 0 + 15t - 5t^2 \Rightarrow t^2 - 3t + 2 = 0$$

$$\therefore t = 1 \text{ s e } t = 2 \text{ s}$$

Portanto, as pedras atingiram duas vezes a altura de 10 m. A primeira vez, durante a subida, 1 s após o lançamento, e a segunda vez, na descida, 2 s após o lançamento.

Observação: O tempo decorrido para que a pedra atinja o ponto mais alto da trajetória pode ser calculado de várias maneiras. Uma delas é pela média aritmética entre os valores dos intervalos de tempo correspondentes à altura de 10 m. Assim:

$$t_{(+ \text{ alto})} = \frac{(1 + 2)}{2} \therefore t_{(+ \text{ alto})} = 1,5 \text{ s}$$



R5 Um objeto foi lançado verticalmente para cima, a partir do solo, com velocidade escalar de 12 m/s. Construa os gráficos $v \times t$ e $s \times t$ do movimento do objeto desde o instante do lançamento até o instante em que ele retorna ao solo, adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$ e desprezando a resistência do ar.

► Resolução

Vamos adotar a trajetória orientada positivamente para cima e a origem coincidindo com o solo. Nessas condições, temos as seguintes funções horárias para o movimento descrito:

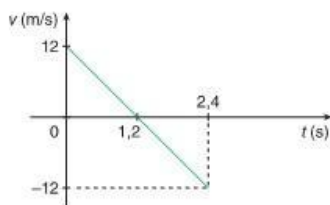
$$v = v_0 + at \quad \therefore \quad v = 12 - 10t \text{ (SI)}$$

$$s = s_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2 \quad \therefore \quad s = 12t - 5t^2 \text{ (SI)}$$

Ao retornar ao solo, o objeto terá velocidade escalar de módulo igual àquela com que foi lançado, porém com sinal negativo, uma vez que percorre a trajetória no sentido contrário ao estabelecido para sua orientação. Isso permite determinar o tempo total do percurso do objeto:

$$v = v_0 + at \Rightarrow -12 = 12 - 10t \quad \therefore \quad t = 2,4 \text{ s}$$

Assim, o gráfico $v \times t$ do movimento do objeto tem o seguinte formato:



Convém observar que o tempo de subida é igual a 1,2 s, metade do tempo total de percurso. O gráfico, sempre decrescente, mostra que, até 1,2 s, a velocidade diminuiu de valor, mas que, entre 1,2 s e 2,4 s, aumentou de valor, porém no sentido oposto ao definido pela orientação da trajetória.

O gráfico $s \times t$ desse movimento é uma parábola que corta o eixo horizontal em dois valores: em $t = 0$ s e em $t = 2,4$ s. O vértice da parábola corresponde ao ponto de maior altura do percurso, isto é, ao instante $t = 1,2$ s. A altura máxima precisa ser determinada e, para isso, podemos aplicar a equação de Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s \Rightarrow 0 = 12^2 + 2 \cdot (-10)\Delta s$$

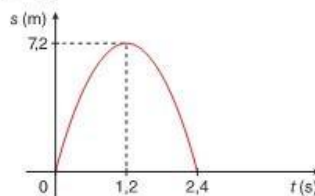
$$\therefore \quad \Delta s = 7,2 \text{ m}$$

Ou podemos aplicar $t = 1,2$ s na função horária da posição do objeto:

$$s = 12t - 5t^2 \Rightarrow s = 12 \cdot 1,2 - 5(1,2)^2$$

$$\therefore \quad s = 7,2 \text{ m}$$

Logo, o gráfico $s \times t$ é:



QUESTÕES PROPOSTAS

8 Uma pedra é lançada para cima com velocidade escalar de 36 km/h, num local, aqui na Terra, onde é possível desprezar a resistência do ar. Quais são os valores da velocidade e da aceleração escalar da pedra no ponto mais alto? (Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.)

9 Com qual valor de velocidade escalar devemos lançar uma pedra verticalmente para cima para que ela atinja a altura máxima de 12 m? Despreze a resistência do ar e adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.

10 Um pequeno projétil é atirado verticalmente para cima e após 5 s volta à posição da qual foi lançado. Desprezando a resistência do ar e adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$, calcule:

- a velocidade de lançamento do projétil;
- a altura máxima atingida pelo projétil.

11 A partir do chão, Álvaro lançou uma maçã verticalmente para cima com velocidade escalar de 10 m/s. Helena, em uma janela a 3 m de altura, apanhou a maçã quando ela já estava descendo. Quanto tempo demorou do lançamento até que a maçã:

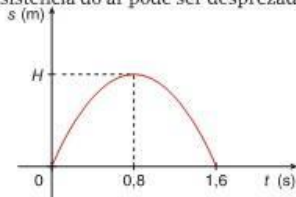
- atingisse o ponto mais alto de sua trajetória?
- fosse apanhada por Helena?

(Despreze a resistência do ar e adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.) **12**

Um corpo foi lançado verticalmente para cima com uma velocidade escalar inicial de 30 m/s e, após 5 s, foi apanhado por uma pessoa. Desprezando a resistência do ar e adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$, construa os gráficos:

- $v \times t$ do corpo durante todo o movimento;
- $s \times t$ do movimento do corpo, assinalando a altura máxima atingida pelo corpo e a altura em que ele estava quando foi apanhado pela pessoa.

13 O gráfico abaixo representa o movimento de um corpo lançado verticalmente para cima numa região onde a aceleração da gravidade é igual a 10 m/s^2 e a resistência do ar pode ser desprezada.



De acordo com o gráfico, responda:

- Qual foi a velocidade escalar de lançamento?
- Qual é o valor de H ?

14 Do alto de uma torre de 60 m de altura foi lançada uma pedra verticalmente para cima com velocidade escalar de 20 m/s, que, na descida, caiu no chão, no pé da torre. Despreze a resistência do ar, adote $g = 10 \text{ m/s}^2$ e calcule:

- o tempo total que a pedra demorou no ar a partir do momento em que foi lançada até atingir o solo;
- a altura máxima, em relação ao solo, atingida pela pedra.

15 Joaquim estava catando goiabas, apoiado em um galho a 2,5 m do chão, quando resolveu lançar verticalmente para cima uma goiaba com velocidade escalar de 16 m/s, para que ela, na descida, caísse no chão e se espatifasse. Desprezando a resistência do ar e adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$, calcule:

- o tempo decorrido entre o momento de lançamento da goiaba e o momento em que ela se espatifou no chão;
- a velocidade escalar da goiaba quando passava por um ponto situado na metade da altura máxima atingida por ela em relação ao chão.

16 (Mackenzie-SP) Ao parar em um cruzamento entre duas avenidas, devido ao semáforo ter mudado para vermelho, o motorista de um automóvel vê um menino malabarista jogando 3 bolas verticalmente para cima, com uma das mãos. As bolas são lançadas uma de cada vez, de uma mesma altura em relação ao solo, com a mesma velocidade inicial e, imediatamente após lançar a 3ª bola, o menino pega de volta a 1ª bola.

O tempo entre os lançamentos das bolas é sempre igual a 0,6 s. A altura máxima atingida pelas bolas é de:

(Dado: aceleração da gravidade = 10 m/s^2)

- 90 cm
- 180 cm
- 240 cm
- 300 cm
- 360 cm