



CLEDSON SILVA LIMA

**CONHECENDO GALILEU: UMA ABORDAGEM DE
SUAS OBRAS NO ENSINO DE FÍSICA**

Belém – 2014

CLEDSON SILVA LIMA

CONHECENDO GALILEU: UMA ABORDAGEM DE SUAS OBRAS NO ENSINO DE FÍSICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
disciplina de TCC, do curso de Graduação em Física
da Universidade Federal do Pará

Orientador: Professor Dr. Rubens Silva

BELÉM

JUNHO DE 2014.

CLEDSON SILVA LIMA

CONHECENDO GALILEU: UMA ABORDAGEM DE SUAS OBRAS NO ENSINO DE FÍSICA

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como pré-requisito de
obtenção do título de licenciatura
em Física da Universidade Federal
do Pará, submetida à aprovação
da banca examinadora composta
pelos seguintes membros:

Orientador:

Prof. Dr. Rubens Silva

Examinador 1:

Prof. Dr. João Furtado de Souza

Examinador 2:

Prof. Espec. Manoel Raimundo dos Santos Junior

Belém, 30 de Junho 2014.

Dedico este trabalho meus pais, Renato Favacho de Lima e Telma Maria Silva Lima, por sempre terem acreditado e incentivado este momento.

AGRADECIMENTOS

O Deus, primeiramente, por ter me concedido o dom da vida e realiza mais essa etapa primordial da minha vida.

A meus pais, Renato Favacho de Lima e Telma Maria Silva Lima, pelo apoio e o esforço empregado em minha educação com incentivos constantes.

Ao meu orientador, professor Dr. Rubens Silva, por ter acreditado no trabalho e pelo empenho.

Aos professores que irão analisar este trabalho e a todos aqueles que participaram direta e indiretamente dele.

À minha família pelo grande apoio e incentivo, em especial aos meus avós Raimundo Favacho de Lima e Raimundo Alves da Silva e ao meu padrasto Roberto Galvão Oliveira e a minha esposa Gicéle Neves da Silva, por quem me dediquei ao máximo para este momento.

A todos aqueles que participaram da minha educação e do meu crescimento pessoal e profissional.

A todos os amigos e professores, da universidade por todos estes ano de graduação.

E claro, para todos os meus grandes amigos, filhos, irmãs, tios e enteados: Tiffane Giselle Silva Lima, Jefferson Neves Ferreira, Alef Neves Ferreira, Marlon Neves Ferreira, Marlisson William Silva Lima, Francisca Lima Alves, Wilker Neves da Silva, Milene Silva Lima, Naiana Silva Lima, Renata Silva Lima, Valmira Favacho de Lima, Alcilene Favacho de Lima, Ronilson Lima Silva, Maria Telma Amoras da Silva, Rui Lima Silva, Samara Neves Ferreira, Janiele da Conceição Lima, Galileu Chagas da Silva, Osvaldo de Lima Mendes, e ao professor e vereador kim... E com as suas respectivas famílias.

E a todos que utilizarão este trabalho. Muito obrigado.

**Quando você pensa que
sabe todas as respostas, vem
à vida e muda todas as
perguntas.**

BOB MARLEY

SUMÁRIO

Resumo.....	9
Abstract.....	10
Introdução.....	11
Capítulo 1 – Conhecendo Galileu.....	14
1.1– A biografia de Galileu.....	14
1.2 – Um novo método científico.....	18
CAPÍTULO 2 – Compreendendo a natureza.....	25
2.1 – Experimentos idealizados.....	25
2.2 – Movimento uniforme acelerado (M.U. A).....	29
2.3 – Um teorema cinemático deduzido por Galileu.....	31
2.4 – O pêndulo.....	34
CAPÍTULO 3 – A lei da inércia.....	37
3.1 – A inércia.....	37
3.2 – O movimento relativo.....	39
CAPITULO 4 – Movimento retilíneo uniforme e a simetria de translação.....	42
CAPITULO 5 – Aplicação sobre a queda dos corpos.....	46
5.1– O salto de três paraquedistas.....	47
5.2 – Duas pessoas amarradas com uma corda saltando de um prédio.....	48
5.3 – A queda da maçã.....	49
5.4 – A experiência das bexigas.....	50
CONCLUSÃO.....	51
Referências Bibliográficas.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – A fotografia de Galileu Galilei.....	14
Figura 1.2 – Luneta de Galileu.....	17
Figura 1.3 – As observações de Galileu na luneta.....	17
Figura 1.4 – Imagem de São Francisco de Assis.....	20
Figura 1.5 – Balança hidrostática.....	21
Figura 1.6 – Nicolau Copérnico.....	22
Figura 2.1 – Torre de Pisa.....	25
Figura 2.2 – Zenão de Eléia.....	27
Figura 2.3 – O gato de schroendinger.....	28
Figura 2.4 – Plano inclinado de Galileu.....	29
Figura 2.5 – O pêndulo de Galileu.....	34
Figura 2.6 – O pêndulo simples.....	35
Figura 3.1 – Representação da lei da inércia.....	37
Figura 3.2 – Movimento relativo.....	40
Figura 4.1 – Simetria dos raios solares.....	42
Figura 4.2 – Ilustração sobre o princípio da relatividade.....	43
Figura 4.3 – A mola pneumática.....	44
Figura 5.1 – Três paraquedistas em queda livre.....	47
Figura 5.2 – Três homens pulando sobre um rio.....	48
Figura 5.3 – Newton e a árvore da Macieira.....	49
Figura 5.4 – Quatro bexigas soltas de cima de um prédio.....	50

RESUMO

O objetivo deste trabalho é procurar fazer uma análise mais aprofundada das obras de Galileu, com uma linguagem bem simples e sem usar uma matemática avançada, sendo direcionado para os alunos de Ensino Médio exatamente para enriquecer seus conhecimentos e motivar o interesse em aprender alguns tópicos de Física e quem sabe se interessar pelo curso de Física. Por isso apresentamos alguns tópicos sobre os trabalhos de Galileu como o novo método científico, a aplicação da queda dos corpos, os experimentos idealizados, o movimento uniforme acelerado, experiência do pêndulo, a inércia, o movimento relativo, etc. Esses tópicos são apresentados em uma linguagem clara e simples para que tanto os professores como o aluno não tenha dificuldade em aprender.

Portanto procuramos trabalhar esse conteúdo abordando uma estratégia para que o professor possa passar para seus alunos de maneira incentivadora as Obras desse grande Cientista.

PALAVRAS-CHAVE:

Física, Ensino Médio, As Obras de Galileu

Abstract

The objective of this work is to search for a deeper analysis of the works of Galileu, with a very simple and without using an advanced mathematical language being directed to high school students just to enrich their knowledge and motivate interest in learning some topics physical and maybe get interested in the physics course. So here are some topics on the work of Galileo and the new scientific method, application of Falling Bodies, the idealized experiments, the Uniform Accelerated Motion, Pendulum Experiment, the inertia, the Relative Motion, etc.. These topics are presented in a clear and simple language so that both teachers and students do not have difficulty learning.

So try to work this content addressing a strategy so that the teacher can pass on to your students so supportive of the works of this great scientist.

KEYWORDS:

Physics, High School, The Works of Galileo

INTRODUÇÃO

No cotidiano sempre nos deparamos com certos fenômenos físicos que nos enche de curiosidade para saber o que acontece e como ocorre tal fenômeno. Por exemplo, porque que dois corpos com massas diferentes ao cair de mesma altura atingem o solo ao mesmo tempo, como os corpos conseguem se equilibrar na superfície da terra; o que vem ser a gravidade da terra e a gravidade entre os planetas; porque que um carro em movimento conduzindo várias pessoas ao frear as pessoas tende a ir para frente; e quando subimos no elevador por que dar um frio na barriga; como foi descoberto o relógio e qual o processo de seu funcionamento; enfim, como descobriram o que acontece com esses fenômenos; qual a explicação para tudo isso; quem foram os verdadeiros responsáveis por isso; existem muitas dúvidas e curiosidades por parte dos alunos e das pessoas curiosas.

As obras e a biografia de Galileu sempre são mencionadas dentro da sala de aula, porém poucos sabem quem foi esse pesquisador da natureza ou da Física que marcou a Idade Moderna com suas obras e experimentos na Física e na Astronomia. Quando se pergunta para o aluno, quem foi Galileu Galilei poucos sabem responder, pois seus trabalhos ainda são transmitidos de maneira muito restrita no âmbito escolar ao ponto do aluno ter pouco conhecimento de suas obras. Poucos alunos houve dizer ou leram alguma coisa, por exemplo, sobre a luneta de Galileu, e há aqueles que nunca estudaram a influência da aceleração da gravidade da terra sobre os corpos em movimento. Portanto, pouco da maioria desses alunos não tem

conhecimento da relação de Galileu com o estudo desses fenômenos. Além disso, este trabalho apresenta poucos cálculos matemáticos para que o aluno não fique preso só às equações físicas, mas também se dedique mais aos conceitos que aparece por trás da Física, para que ele possa ter uma visão melhor e mais teórica dos fenômenos físicos.

Todos os temas deste trabalho chegarão até o professor e conseqüentemente aos alunos de forma contextualizada e teórica, para que eles possam ter uma visão mais revolucionária da história deste grande pensador. Nosso objetivo é também abordar os temas de forma clara e coesa para que os professores não tenha dificuldade na transmissão para o aluno e este, possa se motivar e se interessar pelo estudo da Física.

A organização deste trabalho segue na seguinte ordem: No capítulo I, fizemos uma abordagem sobre a biografia de Galileu, começando pela sua vida em Pisa e Florença onde passou a maior parte de sua infância, depois passou a se dedicar ao estudo da Astronomia onde realizou vários experimentos sendo o principal responsável pela sua repercussão. No ano de 1593 foi um grande professor de matemática sendo marcado pelas incríveis invenções como a máquina para elevar água, uma bomba que se movimentava a cavalos, entre outros.

No capítulo II, citamos os estudos feitos sobre os experimentos idealizados, o movimento uniforme acelerado, o teorema deduzido por Galileu, e o movimento pendular.

No capítulo III, vimos como Galileu chegou à lei da inércia e o movimento relativo.

No capítulo IV, abordamos o estudo de Galileu sobre o movimento dos corpos e a simetria de translação.

No capítulo V, apresentamos algumas aplicações sobre a queda dos corpos através do salto de três paraquedistas entre e três homens pulando sobre um rio; a queda da maçã sendo observada por Isaac Newton e a experiência das bexigas sendo largadas por duas pessoas de cima de um prédio.

CAPÍTULO 1

1 - CONHECENDO GALILEU

Neste capítulo abordamos uma biografia resumida de Galileu Galilei buscando as principais passagens de sua vida que ocorreu na Idade Moderna e apresentamos também a descoberta do principal Método Científico que revolucionou a ciência nessa época.

1.1 - A Biografia de Galileu



Figura 1.1: Fotografia de Galileu [21]

Galileu Galilei, um jovem Cientista que nasceu em 15 de Fevereiro de 1564, passou parte de sua vida em Pisa, Florença. Ele é considerado um dos maiores Cientistas Italiano da modernidade que realizou vários experimentos e

foi o responsável pela grande repercussão na Astronomia. Além disso, ele também foi o responsável pelo movimento uniforme acelerado; pelo movimento pendular; pela descrição da lei da queda livre e pela lei da inércia.

Na Universidade de Pádua foi um grande professor de matemática, onde no ano de 1593 foi marcado por várias invenções como, uma máquina para elevar água, uma bomba que se movimentava a cavalos, entre outros. Galileu também conseguiu relacionar algumas operações matemática que descreveu a cinemática do movimento dos corpos de acordo com o tópico abaixo segundo Pierre Lucie:

“Galileu não teve tempo de se interrogar quanto às hipóteses relativas aos movimentos na superfície da terra (queda livre, movimentos dos projéteis): Teria talvez descoberto o papel único da aceleração nesses vários tipos de movimentos.” Pierre Lucie (1917-1985) (Física Básica – Mecânica I, p.53). [3]

O Cientista obteve grande sucesso nas suas observações ao perceber que a Via Láctea é composta por inúmeras estrelas, a lua por grandes montanhas e vale, como a terra e Júpiter formado por quatro satélites.

Alguns resultados de Galileu como a lei da inércia, foram importantes na sistematização da Mecânica anunciada por Newton no século XVII. Realmente foi esse físico inglês que apresentou as leis do movimento como veremos a seguir de acordo com Pierre Lucie:

“Pela primeira vez, vamos encontrar leis que não somente traduzem a regularidade do comportamento da natureza em classes isoladas de fenômenos, mas que, descendo a um nível de compreensão mais profunda, vão revelar essa regularidade em todos os movimentos, quaisquer que sejam as causas e a origem.” Pierre Lucie (1917-1985) (Física Básica – Mecânica I, p.53). [3]

Galileu foi um dos primeiros divulgadores de ciência ao estudar as teorias de Copérnico e de Kepler sobre o livro “Astronomia Nova”, reunindo várias evidências sobre a teoria heliocêntrica chegando a uma importante conclusão e depois as publicou.

Ao se dedicar a fundo ao estudo da Astronomia, ele teve contribuições importantes à teoria da queda dos corpos, dos movimentos relativos, que obteve maior repercussão na sua velhice, quebrando a teoria de que a capacidade e a criatividade em fazer trabalhos importantes com relação à pesquisa não se limitam só aos jovens.

A vida de Galileu e suas grandes obras foram muito bem divulgadas por alguns autores como: Vida e Obra, de Gonçalo Ferreira da Silva da literatura de cordel que diz o seguinte:

“Galileu empreendeu pesquisas de admirar sobre dinâmica e estática, fez um estudo sem par e o mais profundo trabalho sobre o sistema solar”.

Galileu na sala de aula, Caruso, Jorge e Oguri, São Paulo:

Editora Livraria da Física, 2013. [1]



Figura 1.2: Luneta de Galileu [22]

Galileu conseguiu construir e especializar no ano de 1609, a luneta para observação a longas distâncias que revolucionou o mundo com esse instrumento tão útil e importante para a o estudo e observações dos astros.

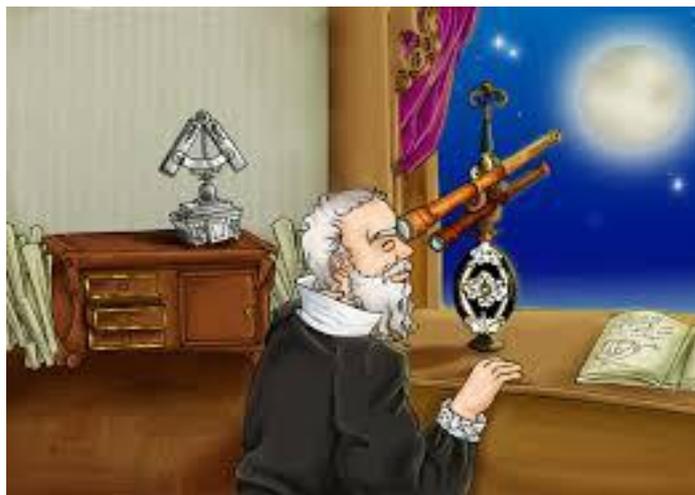


Figura 1.3: As observações de Galileu na Luneta. [23]

O telescópio originou-se da Holanda, e foi aperfeiçoado por Galileu que fez grandes descobertas durante suas observações, desvendando os anéis de Saturno, as estrelas na Via Láctea, Satélites em Júpiter, etc. Essas descobertas foram muito importantes na derrubada do modelo cosmológico que há muito tempo vinha sendo combatido e contribuíram para a defesa de suas ideias de que todos os planetas giram em torno do sol e não do planeta Terra como foi defendido durante toda a Idade Média.

Finaliza-se a biografia resumida de Galileu apresentando a sua principal contribuição que foi o método científico, revolucionando as principais ideias dos autores da época sobre a natureza e que teve início no Renascimento, um dos principais acontecimentos na Europa no século XV. Para isso vamos conhecer um pouco como se deu esse grande e importante acontecimento.

1.2 - Um novo método científico

No fim da Idade Média, os grandes estudiosos passaram a olhar a natureza de forma completamente diferente do passado quando os pensamentos estavam presos somente à teoria; agora uma imagem diferente de mundo passou a ser visto através de observações em que os pensadores pudessem tirar suas próprias conclusões.

Vamos conhecer a história desse grande movimento que revolucionou o início da Idade Moderna, que é o renascimento segundo Luiz Marques:

“O renascimento, movimento que teve origem na Itália, entre os séculos XV e XVII, representou uma transição entre a Idade Média e a Idade Moderna. Diversos fatores, e transformações, tanto sociais quanto técnicos, propiciaram o seu surgimento. A ascensão da classe burguesa foi um deles, pois contribuiu para o acúmulo de capital nas cidades, onde investimentos em novas áreas, tais como a da educação, foram realizados. A invenção da imprensa, o declínio do feudalismo, os descobrimentos e a reforma também foram imprescindíveis para dar o impulso de partida para as mudanças intelectuais, traduzindo-se em uma notável revolução na forma de pensar do homem. Até aquela época, a visão de mundo do homem culto estava muito restrita ao que a Igreja considerava como verdade e à filosofia que a mesma havia abraçado. Todas as explicações para os fenômenos da natureza eram dadas de acordo com o que a Igreja aprovava. Não se questionava nem se buscava verificar se o que era dito poderia mesmo ser verdade. Aliás, o próprio conceito de “verdade” vai mudar no renascimento, principalmente no que tange à ciência. Desse momento em diante, os conceitos passam a ser questionados e o homem adota uma postura mais aberta ao rompimento com diversas ideias arraigadas na cultura medieval.”

“Marques, Luiz”. O antigo como totalidade. In Marques, Luiz.

(org). O Triunfo da Antiguidade. Revista História Viva, coleção.

O Tempo do Renascimento. São Paulo: Dueto Editorial, 2009.

Vol. 3. [2]



Figura 1.4: Imagem de São Francisco de Assis. [24]

Para chegar à descoberta do método científico, Galileu se inspirou nas obras de alguns autores e estudiosos da época como São Francisco de Assis (1182-1226), que ensinou um novo caminho de como se chegar a Deus sem ser aquele visto no Livro das Escrituras, que teve alternativa no chamado Livro da Natureza. Pois todas as concepções baseadas na natureza tiveram suas origens em seus ensinamentos. Galileu Galilei usou a metáfora do Livro da Natureza no seu próprio Il libro Saggiatore.



Figura 1.5: Balança Hidrostática [25]

A Balança Hidrostática foi um dos inventos essencial na época, baseado no princípio de Arquimedes, que podiam descobrir de que eram feitos os metais e por Galileu foi aperfeiçoado como compasso geométrico usado para medir áreas e ângulos, usados também como termômetro e o pioneiro do relógio de pêndulos.

Galileu Galilei ficou conhecido como o “pai” da ciência moderna entre muitos pensadores, pelo fato de seus métodos experimentais darem uma maior ênfase aos fenômenos físicos. Além do modo de enxergar e observar a natureza e ser o responsável pela evolução do pensamento científico com relação ao teste e a experimentação.

Ao aperfeiçoar a luneta, Galileu passou a investigar e a observar profundamente o universo, concordando plenamente com a teoria de Copérnico sobre o Heliocentrismo.

Através de seus pensamentos e observações com o aperfeiçoamento da luneta e mais tarde com o uso do microscópio, Galileu pode constatar o que o Astrônomo Nicolau Copérnico afirmava em sua teoria dizendo que o sol era o centro do universo. Por isso, vamos ler um pouco da história de Copérnico, o confronto com a Igreja devido à defesa de que tudo gira em torno sol e não da terra, como pensava a humanidade durante séculos.



Figura 1.6: Nicolau Copérnico [26]

Veremos um pequeno resumo sobre o pensador e cientista que muito contribuiu na época para o fundamento da Teoria Heliocêntrica revolucionando a Idade Moderna de acordo com o tópico abaixo:

“Nicolau Copérnico (1473-1543) foi um importante Astrônomo, Médico e Matemático Polonês de sua época. Sua Teoria Heliocêntrica (segundo a qual o sol, e não a terra ocupa o centro do sistema solar) foi revolucionária, tendo sido publicada postumamente em seu livro *Da Revolução dos Orbes Celestes*, pois tanto ele quanto seus discípulos temiam uma repressão da Igreja à sua proposição. De fato, suas ideias negam o sistema geocêntrico, de inspiração aristotélica, que havia sido abraçado pela Igreja como um dogma. Isto porque o homem, feito a imagem e semelhança de Deus,

deveriam ocupar um lugar de destaque em relação à totalidade da Criação. A terra ser o centro do Universo era muito conveniente para esta visão da Igreja. A Revolução Copernicana é tida como uma das mais importantes de todos os tempos, pois influenciou não apenas nas concepções científicas que se sucederam como também contribuiu para que se formasse uma nova visão social do mundo. Alexandre Koyré (1892-1964), importante historiador da ciência, refere-se assim à importância da contribuição de Copérnico: O ano de 1543, ano da publicação do *De Revolutionibus Orbium Coelestium* e da morte do autor, Nicolau Copérnico, marca uma data importante na história do pensamento humano. Estamos tentados a considerar essa data como significando o fim da Idade Média e o começo dos tempos modernos, porque, mais que a conquista de Constantinopla pelos turcos ou a descoberta da América por Cristóvão Colombo, ela simboliza o fim de um mundo e o começo de outro.” <<http://www.ahistoria.com.br/>> [4]

Ao aperfeiçoar a luneta, Galileu passou a observar e investigar profundamente o universo, concordando plenamente com a teoria de Copérnico sobre o Heliocentrismo. Então, ele pegou esse conhecimento e incluiu em sua obra *Diálogo sobre os Dois Grandes Sistemas do Mundo*, publicando mais tarde. Por esse motivo, a Igreja Católica condenou o trabalho de Galileu, e em 1633, através do Tribunal do Santo Ofício, mandou prendê-lo e julgá-lo por infringir os Dogmas da Igreja. Por isso, todos os livros de Galileu foram proibidos de serem publicados e somente anos depois na Holanda, foram impressos e publicados. Portanto, não vendo outra saída e temendo ter o mesmo fim que todos aqueles que iam contra os princípios da Igreja, prometeu esquecer-se de suas ideias e jurou perante o conselho da Igreja Católica, dizendo:

“Eu, Galileu, filho do falecido Vincenzo Galilei, florentino, de setenta anos de idade, intimado pessoalmente à presença deste tribunal e ajoelhado diante de voz, Eminentíssimos e Reverendíssimos Senhores Cardeais Inquisidores-Gerais contra a gravidade herética em toda a comunidade cristã, tendo diante dos olhos e tocando com as mãos os Santos Evangelhos, juro que sempre acreditei que acredito, e, mercê de Deus, acreditarei no futuro, em tudo quanto é definido, pregado e ensinado pela Santa Igreja Católica e Apostólica. Mas, considerando que escrevi e imprimi um livro no qual discuto a nova doutrina (o Heliocentrismo) já condenada e aduzo argumentos de grande força em seu favor, sem apresentar nenhuma solução para eles, fui pelo Santo Ofício acusado de veementemente suspeito de heresia, isto é, de haver sustentado e acreditado que o sol está no centro do mundo e imóvel, e que a terra não está no centro, mas se move; desejando eliminar do espírito de Vossas Eminências e de todos os cristãos fiéis essa veemente suspeita concebida mui justamente contra mim, com sinceridade e fé verdadeira, abjuro, amaldiçoo e detesto os citados erros e heresias, e em geral qualquer outro erro, heresia e seita contrários à Santa Igreja, e juro que no futuro nunca mais direi e nem afirmarei, verbalmente nem por escrito, nada que proporcione motivo para tal suspeita a meu respeito.” <<http://www.eniopadilha.com.br/>> [5]

CAPÍTULO 2

2 - COMPREENDENDO A NATUREZA

Neste tópico, veremos alguns exemplos de experiências idealizadas para comprovar algumas teorias sobre os fenômenos que ocorrem ao nosso redor, realizadas por alguns pensadores da época e principalmente por Galileu que usava suas ideias e o conhecimento lógico para idealizar seus experimentos e esclarecer algumas dúvidas e paradoxo.

2.1 - Experimentos idealizados.

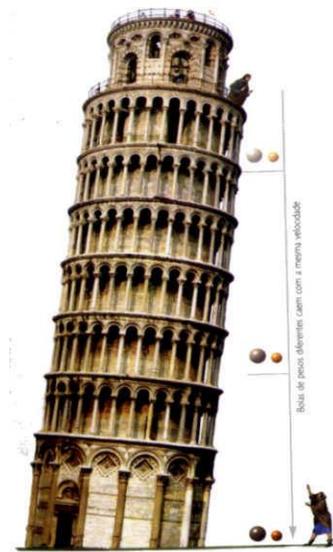


Figura 2.1 Torre de Pisa. [27]

O exemplo acima foi idealizado por Galileu sobre a experiência de dois objetos de diferentes massas solto do alto da Torre de Pisa, tendo a mesma velocidade e caindo ao mesmo tempo, sendo que isto só será possível no vácuo em que a resistência do ar não esteja presente. Por isso Galileu, reformulou a teoria aristotélica de que o tempo de queda dos corpos depende da massa do objeto.

Os experimentos idealizados através da imaginação dos grandes estudiosos entre os quais os físicos, tiveram uma grande importância entre os séculos XIX e XX, para esclarecerem dúvidas sobre suas teorias.

E se tratando das escolas brasileiras, essas experiências imaginárias são usadas com frequência pelos professores de física para explicar os fenômenos naturais, devido à falta de contato dos estudantes com o excitante mundo da pesquisa por causa da ausência de laboratórios nas escolas.

Veremos a seguir outros exemplos de experimentos idealizados por pensadores e filósofos da antiguidade que teve grande importância para que alguns autores, assim como Galileu, usaram para que enriquecessem a sua teoria.



Figura 2.2: Zenão de Eléia [28]

Zenão de Eléia foi um pensador muito importante na sua época, discípulo de Parmênides também defendeu sua teoria através da criação de seu paradoxo, como veremos a seguir:

“Paradoxo de Zenão, um antigo paradoxo relacionado ao movimento”.

“Imaginemos um atleta desejando percorrer uma distância de 60m. Para chegar ao final do percurso, ele primeiro deverá passar no ponto que corresponde a $\frac{1}{2}$, depois no próximo ponto, que corresponde a $\frac{2}{3}$, a seguir $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{5}$, $\frac{5}{6}$,... do percurso total, chegando a $\frac{5647}{5648}$ da distância (que numericamente corresponderia a 59.9893798 metros), tendendo, assim, a um número infinito de pontos antes que o corredor atinja o final da prova. Como o infinito é uma abstração matemática, significando algo que não tem limite, o atleta jamais conseguiria, por esse paradoxo mental, chegar aos 60m; do contrário, o infinito teria um fim alcançável. Esse é um dos paradoxos de Zenão, classicamente apresentado como uma curiosa corrida entre Aquiles e uma tartaruga, na qual esta larga na frente e nunca é alcançada por Aquiles.” <<http://pt.wikipedia.org/>> [6]



Figura 2.3: O gato de Schroedinger (29)

Mais uma teoria de grande importância na sua época que inspirou alguns pensadores da Física em suas observações como veremos no tópico a seguir:

“Gato de Schroedinger, um paradoxo da Mecânica Quântica”.

“Um gato é preso em uma câmara de aço, no interior da qual há um contador Geiger e uma quantidade de substância radioativa, tão pequena, que talvez durante o período de uma hora, um dos átomos decaia; se isso acontecer, o tubo do contador descarrega e, através de uma chave, libera um mecanismo que quebra um pequeno frasco de veneno, capaz de matar o gato. Por outro lado, há a possibilidade de que não haja decaimento e o gato permaneça vivo. Após uma hora, alguém sem abrir a caixa, poderia concluir que o gato estaria “morto-vivo”, com probabilidade não nula de ocorrência simultânea de estados macroscópicos que são mutuamente excludentes.” <<http://www.ebah.com.br/>> [7]

2.2 - Movimento uniforme acelerado (m.u.v.)

Neste tópico, vamos ver como Galileu conseguiu comprovar experimentalmente o m.u.v. dos corpos que sofrem com a gravidade da terra, e não aquela experiência idealizada escrita nos livros de Ensino Médio de que Galileu tinha subido em diferentes andares da Torre de Pisa. Porém, Galileu não deixou nada escrito dizendo que ele teria feito alguma experiência com frutas ou outro qualquer objeto; ele simplesmente chamou alguns estudiosos da época até a Torre de Pisa e lá de baixo, explicou-lhes como ocorreria tal fenômeno. A seguir, veremos o experimento feito por Galileu com o plano inclinado que comprovou a sua teoria de fato.

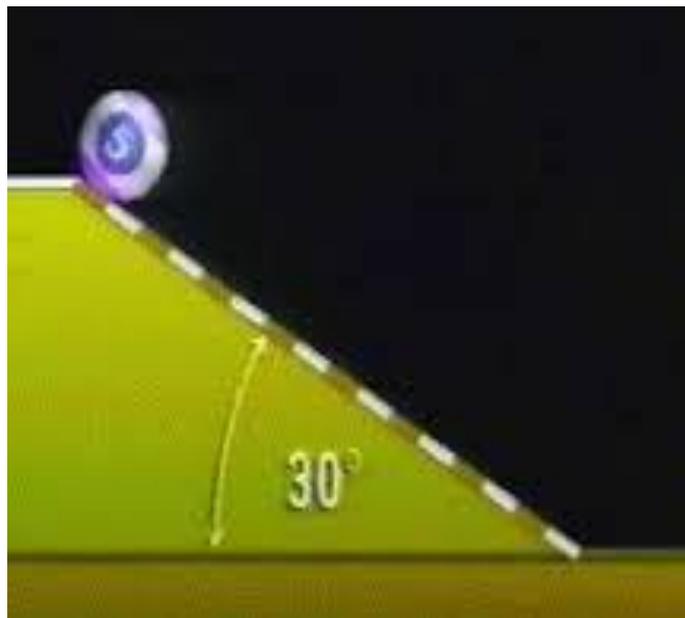


Figura 2.4: Plano inclinado de Galileu [30]

Galileu deixou realmente escrito algumas experiências com plano inclinado, na qual ele pode demonstrar através de pequenas esferas. Então, ele pegava um relógio e media o tempo de queda da bola e a sua velocidade.

Portanto suas conclusões foram que os tempos da esfera eram iguais e a sua velocidade de queda aumentava constantemente.

Através de outros exemplos podemos constatar essa experiência, pegando um pedaço de papel e uma caneta abandonando de certa altura, levando em consideração a resistência do ar; a caneta chegará mais rápido até o solo que o papel. Agora, realizando o experimento onde não há ar, no vácuo, por exemplo, os dois objetos tanto a caneta como o papel, chegarão juntos em um mesmo intervalo de tempo. Galileu pode chegar a essa conclusão sem precisar ir até a lua. Além disso, ele pode comprovar que tanto o movimento de uma esfera em um plano inclinado como no movimento de queda livre, ambos tem as mesmas características, ou seja, são uniformemente acelerados.

Por outro lado, podemos fazer essa análise da queda de um corpo, através da queda de um sólido sobre um plano inclinado envolvendo o movimento de translação, de rotação e o momento de inercia do corpo. Para isso, é preciso tirar os dados do valor da aceleração do corpo sobre o plano, verificar se a velocidade é constante e depois comparar as duas situações.

Sobre o movimento do corpo em um plano inclinado, Galileu concluiu que: “Os espaços percorridos eram proporcionais aos quadrados dos tempos do percurso, em todas as inclinações do plano”. Realmente, a partir dessa conclusão podemos encontrar a equação de movimento para um corpo que é abandonado a partir do repouso: [2]

$$h = h_0 + 1/2at^2 \quad (1)$$

Expressando o espaço percorrido em cada segundo:

$$h(t + 1) - h(t) = (a/2) (2 t + 1) \quad (2)$$

Esses espaços são diretamente proporcionais a uma série de números ímpares.

2.3 - Um teorema cinemático deduzido por Galileu

Na Mecânica de Newton, a maior parte dos alunos que estudam Física, tem a convicção de que a velocidade média de um determinado corpo que sai do repouso e se desloca em uma reta com movimento retilíneo e uniforme acelerado, durante a variação de certo tempo, chega à metade da velocidade final também em certo período, ou seja:

$$v_m = \frac{d}{\Delta t} \quad (3)$$

Sendo que:

d = é o espaço percorrido no intervalo de tempo.

Δt = é a variação do tempo percorrido pelo corpo.

O espaço e a velocidade final ficam da seguinte forma:

$$d = \frac{v}{2} \Delta t \quad (4)$$

Certamente um corpo percorreria o mesmo espaço em determinado período de tempo, se deslocando em linha reta e uniforme com a mesma velocidade igual a $v/2$.

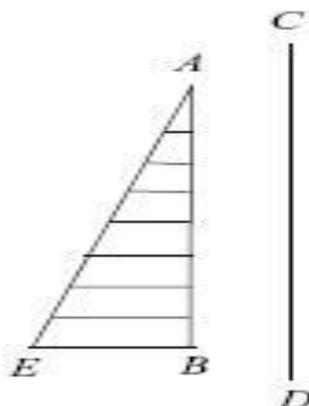
Em uma das passagens de sua obra sobre esse fato, Galileu deduz e apresenta muito bem, dizendo o seguinte:

“O tempo no qual um espaço é percorrido por um corpo que parte do repouso uniformemente acelerado é igual ao tempo no qual esse mesmo espaço seria percorrido pelo mesmo corpo com velocidade constante, de valor igual a valor alcançado no movimento uniformemente metade do maior e último acelerado.” <<http://www.revista.vestibular.uerj.br/>> [8]

Esse fragmento quer dizer que, certo corpo ao sair do repouso em movimento uniforme e acelerado, ele alcança uma velocidade depois de certa distância dentro de um período gasto durante esse percurso da seguinte forma:

$$\square t = \frac{d}{v/2} \quad (5)$$

Galileu comentou esse teorema representando as grandezas físicas por meio de figuras geométricas, deduzindo da seguinte maneira:



“Nas figuras acima, representamos por meio do segmento de reta AB o intervalo de tempo durante o qual um corpo, partindo do repouso em C, percorrerá o espaço CD em um movimento uniformemente acelerado; seja o final e maior valor da velocidade adquirido durante esse intervalo de tempo representado pelo segmento de reta EB, que forma com AB um ângulo reto.” <<http://www.revista.vestibular.uerj.br/>> [8]

Assim temos:

CD = d é a distância a ser percorrida

AB = Δt é o intervalo de tempo gasto no percurso

EB = v é a velocidade final alcançada durante o intervalo de tempo

De acordo com o tópico abaixo temos o seguinte:

“Traçado o segmento de reta AE, todos os segmentos de reta que partem de pontos equidistantes sobre AB, e paralelos a BE representarão os valores crescentes de velocidade a partir do instante”. <<http://www.galileunasaladeaula.com/>> [9]

Nessa figura entendemos que:

A = é o tempo em que o corpo começa a se movimentar.

Portanto, analisando o teorema apresentado, Galileu pode tirar as devidas conclusões:

“Portanto é evidente que os espaços iguais serão percorridos em tempos iguais por dois corpos, um dos quais, partindo do repouso, desloca-se com movimento uniformemente acelerado, enquanto o outro, em movimento uniforme, desloca-se com valor de velocidade igual à metade do valor máximo de velocidade atingido pelo primeiro.”galileunasaladeaula.com [9]

2.4 - O pêndulo

Uma das Obras de grande importância divulgada por Galileu foi ao observar e ter estudado o pêndulo de um relógio rudimentar, em uma Catedral em Pisa que acabou trazendo muitos benefícios para a ciência e depois para a humanidade.

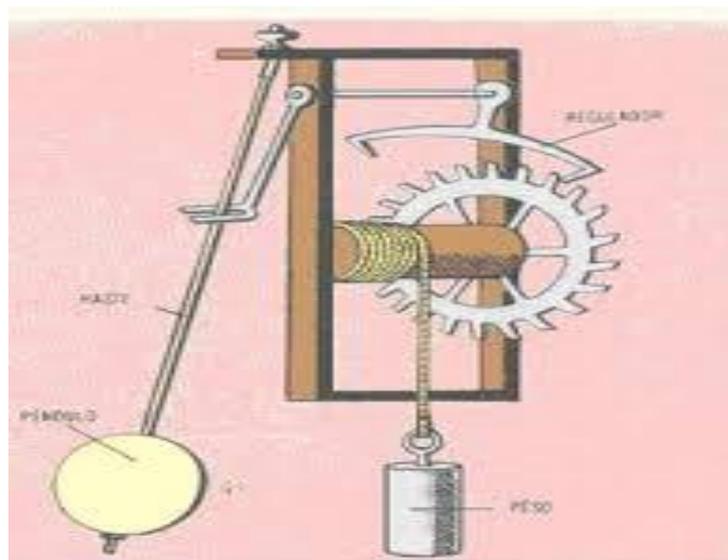


Figura 2.5: O pêndulo de Galileu [31]

Galileu ao passar pela Catedral de Pisa, se deparou com um relógio rudimentar oscilando, observando que os intervalos de oscilação do pêndulo eram sempre os mesmos. Para comprovar sua teoria, Galileu construiu dois relógios com pêndulos iguais e colocou-os para oscilar com diferentes

amplitudes. Ele concluiu que os dois pêndulos se moviam em um mesmo intervalo de tempo e que era independente das massas e do comprimento do fio. Assim, Galileu confirmou suas observações, enunciando que podia ocorrer em qualquer pêndulo.

Galileu percebeu que através desse simples experimento, podiam trazer grandes resultados que mais tarde facilitariam a vida das pessoas, que realmente lhe permitiu construir medidores do tempo que teve como consequência com alguns anos, o relógio de pêndulo.



Figura 2.6: O pêndulo simples [32]

Para calcular o período de um pêndulo simples, deve-se levar em consideração à volta para completar uma oscilação quando o fio e o corpo são solto de uma determinada posição. Para isso, vamos analisar a seguinte equação que se aplica ao movimento de um pêndulo simples:

$$T = 2\pi \frac{\sqrt{L}}{g} \quad (6)$$

Veremos a seguinte relação:

L = é o comprimento do fio

g = é a aceleração local da gravidade e seu valor é de aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$.

π é aproximadamente a 3,14.

A incerteza na medição do período desse pêndulo é da ordem de um segundo se medido com um cronômetro manual, sendo muito grande em comparação da medição em várias oscilações determinando pela divisão do tempo total em que o pêndulo está oscilando e o número de vezes de oscilações do mesmo.

CAPÍTULO 3

3 - A LEI DA INÉRCIA

A interpretação sobre a inércia foi observada desde o tempo do filósofo Aristóteles e seus seguidores que mantiveram a teoria de que “um corpo só permanece em movimento se estiver atuando sobre ele uma força”, sendo aceita até o início da Idade Moderna em que outros pensadores e estudiosos como Buridan e Oresme aproveitaram essa teoria para explicar o movimento de projéteis e a queda livre dos corpos. [10]

3.1 - A inércia



Figura 3.1: Representação da lei da inércia [33]

Galileu se inspirou na antiga teoria do ímpeto para interpretar o princípio da inércia dizendo o seguinte:

“Os movimentos poderiam permanecer no mesmo estado inicial assim que todos os impedimentos ao movimento fossem retirados”.
<<http://www.slideshare.net/>> [11]

Como mostra a figura acima, um corpo em repouso ou em movimento, a tendência desse corpo é continuar desde que as forças de resistência sejam retiradas.

Galileu ao estudar profundamente o movimento dos corpos, descobriu através de vários experimentos que ao impulsionar um corpo, este iria se deparar com a resistência de uma força contrária a este movimento denominada força de atrito. Se não houvesse a presença desta força, o corpo continuaria em movimento.

Com relação à resistência interna sobre o movimento dos corpos, Galileu publicou em 1613 sobre a lei da inércia como podemos ler a seguir:

“Se todos os impedimentos internos são removidos, um corpo pesado sobre uma superfície esférica concêntrica com a Terra será indiferente ao repouso ou ao movimento para qualquer parte do horizonte. E, ele permanecerá no estado em que pela primeira vez for colocado; isto é, se for colocado em movimento para o oeste, por exemplo, ele manter-se-á nesse movimento.”
<<http://www.funag.gov.br/>> [12]

Isaac Newton mais tarde se baseando nas conclusões de Galileu sobre a teoria da inércia, criou a primeira lei da dinâmica ou lei da inércia, dizendo:

“Se um corpo estiver em repouso, é necessária a aplicação de uma força para que ele possa alterar o seu estado de repouso. Uma vez iniciado o movimento e depois de cessada a aplicação da força, o corpo permanecerá em movimento retilíneo uniforme (chamado nos livros modernos de m.r.u.) indefinidamente.” <<http://www.wikiciencias.casadasciencias.org/>> [13]

Portanto Galileu e logo depois Newton, puderam concluir que um corpo em movimento continuaria, sem precisar de uma força externa atuando no mesmo.

3.2 - O movimento relativo

Sobre esse tópico, muitos alunos de ensino médio têm suas dúvidas, pois era de se esperar porque mesmo entre os grandes observadores e estudiosos da época causou muita discussão e só mais tarde foi esclarecido por Galileu que através de uma carta enviada a um amigo Francesco Ingoli (1578-1649) dizendo o seguinte:

“Uma bola que cai do alto do mastro de um navio (imóvel ou em movimento uniforme) sempre cai no pé do mastro.”

<<http://www.fisicanalixa.blogspot.pt/>> [14]

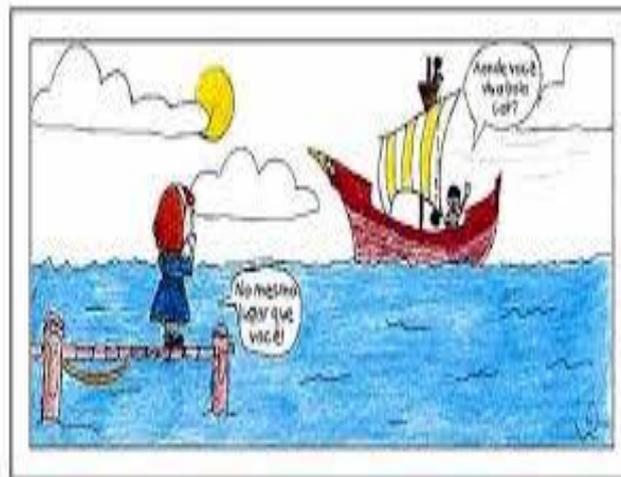


Figura 3.2: Movimento Relativo [34]

Com relação à imagem acima, Galileu fez Salviati reformular sua teoria e refazer o experimento fazendo mais tarde o seguinte enunciado:

“Eu, sem experiência, estou certo de que o efeito seguir-se-á como vos digo [isto é, que a pedra cai ao pé do mastro, quer o navio esteja parado, quer esteja em movimento uniforme] porque assim é necessário que se siga (...).”
<<http://www.crv.educacao.mg.gov.br/>> [15]

Galileu defendeu em seus discursos o movimento de translação uniforme para dois observadores que se movimentam em relação ao outro, através do discurso de Salviati que diz o seguinte:

“Feche-se com um amigo em uma grande sala sob a ponte de um navio e arranje moscas a voar, borboletas e outros pequenos animais; tenha também um grande vaso com água contendo peixes; suspenda um balde cuja água cai gota a gota por um orifício no chão. Com o navio parado, observe cuidadosamente os pequenos animais a voar, os peixes a nadar com a mesma velocidade para todos os lados, as gotas caindo no vaso pousado no chão; e você mesmo lance ao seu amigo um objeto e verifique que o pode fazer com a mesma facilidade em uma e em outra direção, quando as distâncias são iguais e que, saltando a pés juntos, você atravessa espaços iguais em todos os sentidos. Quando tiver observado com cuidado todas essas coisas (embora não se duvide que tudo se passe assim com o navio parado) faça avançar o navio tão velozmente quanto queira, desde que o movimento seja uniforme sem oscilações para um lado e para outro. Você não descobrirá nenhuma mudança em todos os efeitos precedentes e nenhum deles medirá se o navio está em marcha ou está parado (...), e a razão pela qual todos esses efeitos permanecem iguais é que o movimento é comum ao navio e a tudo que ele contém, incluindo o ar.” <<http://www.sobrefulanos.blogspot.com/>> [16]

O estudo do movimento dos referenciais inerciais adotados nessa época deu um grande impulso e foi fundamental para o Princípio da Relatividade de Galileu, que hoje serve de base para os alunos obter uma resposta correta sobre essa questão. Além disso, esse princípio foi enunciado por Galileu dizendo:

“Se as leis da mecânica são válidas em dado referencial, então são igualmente válidas em qualquer outro referencial que se mova em translação uniforme em relação ao primeiro.” <<http://www.pt.wikipedia.org/>> [17]

CAPÍTULO 4

4 - MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME E A SIMETRIA DE TRANSLAÇÃO

Neste capítulo estudaremos o conceito de simetria que vem ser essencial para entender a simetria de uma lei física que é abstrato.

Vejamos alguns exemplos de simetria aplicados na pintura, no princípio da relatividade de Galileu, na lei de Hooke, enfim, para que possamos entender melhor a ideia de simetria dentre muitos exemplos.



Figura 4.1: Simetria dos raios solares [35]

Podemos evidenciar a simetria na natureza e em algumas formas geométricas como nas flores, nas orquídeas, nos seres vivos, nas equações

matemáticas, etc. Na simetria de translação o objeto percorre uma reta se mantendo inalterado. O grande matemático Hermann Weyl, definiu a simetria na sua intuição dizendo:

“Uma coisa é simétrica se é possível mudar nela qualquer coisa deixando imutável seu aspecto.” <<http://www.scielo.br/>> [18]

Veremos outro exemplo de simetria aplicado na física para deixar bem claro aos estudantes à equivalência entre algumas teorias físicas.



Figura 4.2: Ilustração sobre o Princípio da Relatividade. [36]

No ponto de vista da simetria física podemos perceber evidência clara como no movimento retilíneo uniforme e o repouso. Não podemos deixar de dizer que não há simetria nessas duas situações (fig. 4.2), ou seja, não há como dizer que existe algum fenômeno que possa diferenciar uma da outra. Essa ideia foi observada com clareza pelo autor Pierre Curie, enunciando o seguinte:

“A simetria característica de um fenômeno é a simetria máxima compatível com a existência do fenômeno (...). Alguns elementos de simetria podem coexistir com certos fenômenos, mas eles não são necessários. O que é necessário é que certos elementos de simetria não existam: É a assimetria que cria o fenômeno”. <<http://www.educ.fc.ul.pt/>> [19]

Vejamos outra situação de simetria de translação aplicada na lei de Hooke que apresenta o movimento de uma mola elástica fixa em um corpo.



Figura 4.3: A Mola Pneumática [37]

Essa figura apresenta uma experiência que os professores podem fazer para os alunos do ensino médio, apresentando o comportamento do objeto em equilíbrio preso em uma mola onde a mesma exerce sobre o corpo uma força pela qual é representada através da expressão abaixo na forma unidimensional devido às grandezas ter a mesma direção:

$$F = -P \quad (7)$$

Onde “F” é uma força deformadora no ponto entre a extremidade da mola e o corpo. E “P” está no mesmo sentido do deslocamento da mola. A lei de Hooke para esse caso fica da seguinte forma:

$$F = -k \Delta x = -k(x - x_0) \quad (8)$$

Nessa equação, k é a constante elástica da mola, enquanto que x_0 é a posição inicial e x, é a posição final.

CAPÍTULO 5

5 - APLICAÇÕES SOBRE A QUEDA DOS CORPOS

Neste capítulo citarei algumas aplicações referentes à queda dos corpos que ocorre no cotidiano. Antes veremos a definição de Galileu sobre esse fenômeno que marcou a Idade Moderna e perdura até hoje.

Um objeto ao ser abandonado de certa altura, podemos notar que a sua velocidade aumenta no decorrer do tempo, ou seja, esse movimento denominou de movimento acelerado. Agora, ao jogar o objeto para cima, sua velocidade tende a diminuir no decorrer do tempo até anular sua velocidade, ou seja, denominamos de movimento retardado. Galileu estudou profundamente essa teoria e comprovou experimentalmente por meio de técnicas e medições, chegando a tal conclusão:

“Abandonados de uma mesma altura, um corpo leve e um corpo pesado, caem simultaneamente, atingindo o chão no mesmo instante.”
<<http://www.fisica.tubalivre.com/>> [20]

Na figura (2.1) do capítulo 2, vimos à experiência de Galileu em cima da torre de pisa, onde pegou dois objetos um leve e outro mais pesado jogando da mesma altura.

5.1 - O salto de três paraquedistas

Veremos o exemplo de três paraquedistas que localizado em certa altura de dentro de um helicóptero, saltam em queda livre sem abrir seus paraquedas.



Figura 5.1: Três paraquedistas em queda Livre [38]

A imagem mostra a queda livre de três paraquedistas do alto de um helicóptero, confirmando a teoria de Galileu Galilei de que dois corpos com massas diferentes, ou seja, uma mais pesada (paraquedista) e outra mais leve (paraquedas), desprezando a resistência do ar os dois corpos chegariam ao mesmo tempo no solo, com velocidade acelerada. De acordo com a equação do movimento uniformemente variado, podemos comprovar que a velocidade do corpo, o tempo de queda e a altura em que o corpo se encontra até o solo não dependem da massa do corpo.

Equações de um corpo em queda livre:

$$v = g \cdot t \quad (9)$$

$$d = g.t^2 \quad (10)$$

V: velocidade

g: aceleração da gravidade

t: tempo de queda

d: distância percorrida pelo corpo em queda

5.2 – Três homens pulando de cima de uma ponte



Figura 5.2: Três homens pulando sobre um rio. [39]

O exemplo da figura (5.2) mostra três homens pulando de cima de uma ponte sobre um rio da mesma altura com o objetivo de qual dos três chegará

primeiro sobre a água. Sabemos que fisicamente isso não pode ocorrer, uma vez que a lei da queda livre dos corpos sem levar em consideração as forças que se opõe ao movimento, anuncia que dois corpos de massas diferentes ao cair de uma mesma altura, chegarão juntos em um determinado ponto, ou seja, a massa do corpo não depende da velocidade, do tempo e da altura em que o corpo se encontra de acordo com as equações (9, 10, cap.5.1) do movimento uniforme variável.

5.3 - A queda da maçã

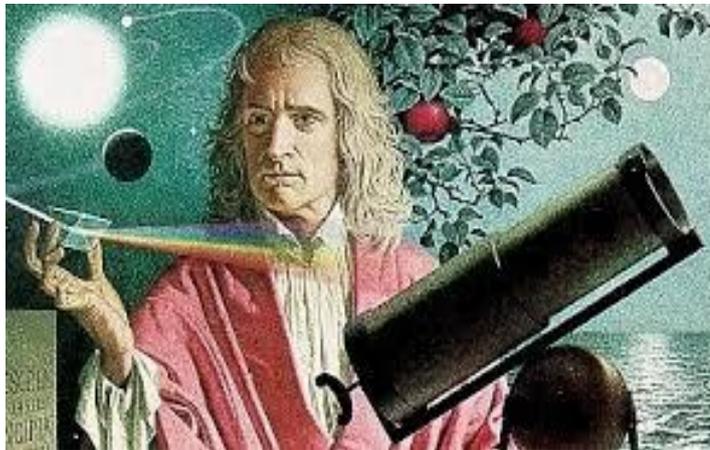


Figura 5.3: Newton e a árvore da macieira [40]

Como podemos ver na imagem acima, Isaac Newton encontrava-se em baixo de uma macieira para observar o tempo de queda e a velocidade da maçã no solo. Além de Galileu, Newton chegou às mesmas conclusões sobre a força da gravidade e a queda dos corpos.

A aceleração da gravidade mede $9,8 m/s^2$, uma vez que um corpo em queda livre aumenta sua velocidade nessa ordem a cada segundo.

5.4 - A experiência das bexigas



Figura 5.4: Quatro bexigas soltas de cima de um prédio [41]

Duas pessoas encontram-se de cima de um prédio com uma altura de 200 metros do solo com a intenção de soltar dois pares de bexigas, sendo o primeiro par com um volume de água de 120 ml e o segundo com 80 ml de água, portanto as duas pessoas sem conhecer a lei de queda dos corpos, querem saber qual dos dois pares chegará primeiro no solo. Como já vimos nos tópicos (5.1, 5.2, 5.3) deste capítulo, a massa não depende da velocidade do corpo e do tempo, se qualquer corpo for abandonado de qualquer altura sempre chegarão juntos em qualquer ponto no solo.

CONCLUSÃO

A obra de Galileu está presente no cotidiano das pessoas através do movimento dos corpos, dentro de casa quando observamos o relógio na parede, no ônibus, nos elevadores, e é um dos assuntos mais vistos em sala de aula devido a sua importância no mundo da Física.

Galileu foi um dos personagens que mais contribuiu para a revolução científica, através dos estudos feitos sobre o movimento acelerado e do pêndulo, além de descobrir a lei dos corpos, o princípio da inércia e introduzir o conceito de referencial inercial. Além disso, uma das principais contribuições de Galileu foi à descoberta do método científico.

A obra de Galileu também está presente na luneta e no telescópio quando observamos o movimento dos planetas e os eclipses lunares que ocorre quando a lua é ocultada totalmente ou parcial pela sombra da terra.

Muita dúvida surge entre os alunos de Ensino Médio sobre alguns temas debatido na sala de aula com relação à queda dos corpos que é mais uma das descobertas de Galileu que contribuiu para o grande avanço da ciência. Podemos presenciar através de dois corpos sendo largados de mesma altura e chegando ao mesmo tempo até o solo, sendo possível calcular esse tempo, a velocidade desse movimento, a altura e a gravidade.

A aplicação dos trabalhos de Galileu está presente também nos meios de comunicação, como jornais, revistas, rádio, televisão e principalmente pela

internet. Quando ouvimos falar sobre a queda de um avião, ficamos preocupados se houve sobreviventes devido à velocidade com que um corpo adquire ao cair de certa altura com a influência da aceleração da gravidade.

As obras de Galileu são muito citadas nos livros didáticos de Ensino Médio, porém a maior parte desses trabalhos são poucos transmitidos e apreciados pelos alunos no seu cotidiano escolar. Apesar dos professores terem um vasto conhecimento sobre os conceitos físicos, mas a forma como são transmitidos os mesmos deixa muito a desejar. Por isso nosso trabalho dispõe de uma abordagem conceitual e prática de forma mais atraente e dinâmico, não prendendo o aluno apenas a parte mecânica que é como se caracteriza o aprendizado do curso de Física atual no curriculum escolar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Galileu na sala de aula, Caruso, Jorge e Oguri, São Paulo: Editor Livraria da Física, 2013.
- [2] “Marques, Luiz”. *O antigo como totalidade*. In Marques, Luiz (org). *O Triunfo da Antiguidade*. Revista História Viva, coleção *O Tempo do Renascimento*. São Paulo: Duetto Editorial, 2009. vol. 3.
- [3] Pierre Lucie (1917-1985) (Física Básica – Mecânica I, p.53).
- [4] <<http://www.ahistoria.com.br/>> consulta realizada em 02/03/2014
- [5] <<http://www.eniopadilha.com.br/>> consulta realizada em 02/03/2014
- [6] <<http://pt.wikipedia.org/>> consulta realizada em 03/03/2014
- [7] <<http://www.ebah.com.br/>> consulta realizada em 03/03/2014
- [8] <<http://www.revista.vestibular.uerj.br/>> consulta realizada em 04/03/2014
- [9] <<http://www.galileunasaladeaula.com/>> consulta realizada em 04/03/2014
- [10] <<http://www.pt.wikipedia.org/wiki/>> consulta realizada em 05/03/2014
- [11] <<http://www.slideshare.net/>> consulta realizada em 05/03/2014
- [12] <<http://www.funag.gov.br/>> consulta realizada em 06/03/2014
- [13] <<http://www.wikiciencias.casadasciencias.org/>> consulta realizada em 06/03/2014
- [14] <<http://www.fisicanalixa.blogspot.pt/>> consulta realizada em 07/03/2014
- [15] <<http://www.crv.educacao.mg.gov.br/>> consulta realizada em 07/03/2014
- [16] <<http://www.sobrefulanos.blogspot.com/>> consulta realizada em 08/03/2014
- [17] <<http://www.pt.wikipedia.org/>> consulta realizada em 08/03/2014

- [18] <<http://www.scielo.br/>> consulta realizada em 09/03/2014
- [19] <<http://www.educ.fc.ul.pt/>> consulta realizada em 09/03/2014
- [20] <<http://www.fisica.tubalivre.com/>> consulta realizada em 10/03/2014
- [21] <<http://fotosearch@fotoseach.com/>> consulta realizada em 15/03/2014.
- [22] <<http://www.im.terra.com.br/>> consulta realizada em 17/03/2014
- [23]<<http://www.astonomiapg.files.com.br/>> consulta realizada em 18/03/2014
- [24] <<http://www.cleofas.com.br/>> consulta realizada em 19/03/2014
- [25] <<http://www.mortesubita.org/>> consulta realizada em 21/03/2014
- [26] <<http://www.anduvido.com.br/>> consulta realizada em 24/03/2014
- [27] <<http://www.planetario.com.br/>> consulta realizada em 27/03/2014
- [28] <<http://www.paxprofundis.org.br/>> consulta realizada em 27/03/2014
- [29] <<http://www.fisica.ufpb.br/>> consulta realizada em 04/04/2014
- [30]<<http://www.sbtud.anadigi.zip.net.br/>> consulta realizada em 04/04/2014
- [31] <<http://www.if.ufrgs.br/>> consulta realizada em 04/04/2014
- [32] <<http://visperna.com.sapo.pt/>> consulta realizada em 16/04/2014
- [33]<<http://www.luizperna.com.sapo.pt/>> consulta realizada em 16/04/2014
- [34] <<http://www.cbpf.br/>> consulta realizada em 01/05/2014
- [35] <<http://www.sitedepoesias.com/>> consulta realizada em 01/05/2014
- [36] <<http://www.papodevarzea.blogosfera.uol.com.br/>> consulta realizada em 01/05/2014
- [37] <<http://www.euachei.com.br/>> consulta realizada em 11/05/2014

[38] <<http://www.ubatubacobra.blogspot.com/>> consulta realizada em 18/05/2014

[39] <<http://www.jmartinsrocha.blogspot.com/>> consulta realizada em 22/05/2014

[40] <<http://www.viagensnotempo-alpha.blogspot.com/>> consulta realizada em 25/05/2014

[41] <<http://www.cursoseaulas.com.br/>> consulta realizada em 26/05/2014

