



ENSINO E APRENDIZAGEM DE FORÇA MEDIADO POR
TECNOLOGIAS DIGITAS: ANÁLISE DE AUTOEFICÁCIA EM
FÍSICA DO ENSINO MÉDIO

Israel Marinho Araújo

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília (UnB) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Marcello Ferreira

Coorientador:

Prof. Dr. Marcos Rogério Martins Costa

Produto Educacional

Apresentação

O presente produto educacional foi desenvolvido no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) e tem o intuito de oferecer aos professores do Ensino Básico um material pedagógico de apoio para o ensino e aprendizagem de Mecânica Clássica, sobretudo, do conceito newtoniano de força. Ao mesmo tempo, este produto intenta contribuir com o debate e a pesquisa na área do Ensino de Ciências e, particularmente, do Ensino de Física, uma vez que essa proposta busca sanar problemas epistemológicos e conceituais há muito tempo apontadas na literatura (MOREIRA, 2018; 2021)¹.

É imprescindível salientar que a Sequência Didática (SD) e o material educacional aqui proposto foi desenvolvido no contexto do Ensino Remoto Emergencial (SILVA, 2021), momento em que as insituições de ensino - nos níveis básico e superior – tiveram que adaptar-se rapidamente para um formato total ou parcialmente virtual, devido à crise sanitária global provocada pela covid-19 a partir do ano de 2020. Nessa conjuntura, o isolamento social impôs a necessidade de diversas readequações escolares, curriculares e pedagógicas. Amplificou, certamente, os problemas educacionais já existentes e acrescentou novos desafios, principalmente quando considera-se a profunda desigualdade social existente no Brasil.

A partir desse cenário, o produto educacional disponibilizado a seguir é uma proposta que pressupõe a necessidade de uma estratégia de ensino acessível, capaz de atuar como material de apoio em uma situação emergencial, na qual as atividades escolares ficaram estabelecidas por meio de plataformas digitais, sendo o principal dispositivo de acesso (por parte dos estudantes) o *smartphone*¹. No caso da rede pública de ensino do Distrito Federal, uma parte considerável dos alunos passaram a

¹ O Produto Educacional foi construído para a utilização de estudantes do 1º ano do Ensino Médio, com base no que consta em relação aos objetivos de aprendizagem na BNCC (BRASIL, 2018) e no Currículo em Movimento do DF para essa série, o que não impossibilita a sua utilização no Ensino Fundamental, principalmente por apresentar uma contextualização das Ciências da Natureza (DISTRITO FEDERAL, 2014; 2018).

acompanhar as atividades remotas por meio de celular próprio ou de algum familiar. E por isso, o produto abaixo foi projetado com a intenção de ser capaz de proporcionar e/ou facilitar o ensino e o aprendizado do conceito de força de maneira inteiramente remota e suportada por dispositivos consideravelmente simples, como um celular de configurações básica. Ressalva-se que essa proposta não exige limitar-se à aplicações exclusivamente remotas, sendo facilmente adaptáveis para metodologias híbridas e/ou presenciais.

Dessa forma, essa proposição didática espera compor e inspirar novas aborgagens didáticas eficazes e motivadoras – de física e ciências – com o auxílio das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). A Sequência Didática que segue é uma propositura que se estrutura a partir das ideias da Teoria Social Cognitiva, de Albert Bandura (1986), e leva em conta, principalmente, os processos de modelagem e a intenção de produzir maiores ou melhores crenças de autoeficácia em aprender física. Assim, a estratégia é composta por um texto (que se divide em seções ou aulas), dois vídeos explicativos de aproximadamente vinte minutos cada e duas atividades no formato de formulário *on-line*, que proporcionam um *feedback* (em vídeo) quando uma resposta errada é enviada pelo estudante.

Salientamos que:

- i) os textos e os vídeos apesar de terem sido desenvolvidos para os estudantes acessarem assíncronamente, não se exclui a necessidade do acompanhamento e da eventual exposição por parte do professor responsável;
- ii) a versão do texto aqui disponibilizada deve ser utilizada pelo professor de acordo com suas possibilidades e intenções. Como a proposta é fornecer os elementos mais essenciais para a compreensão do conceito de força, o docente poderá ou não lançar mão de outros materiais complementares e suplementares;
- iii) os textos foram desenvolvidos com uma linguagem simples, almejando ser compreensível para estudantes da Educação Básica que venham a ler sem acompanhamento. Acrescenta-se, ainda, que os textos trazem conceitos importantes e temas interessantes suscetíveis ao debate, particularmente, sobre aspectos históricos e característicos da natureza e do desenvolvimento científico.
- iv) os vídeos são densos e necessitam alguma discussão prévia. Por isso, os

vídeos são indicados após alguma introdução, que nesse caso, recomendamos basear-se na discussão e na leitura dos textos. Os vídeos recaptulam muitos pontos do texto e avançam na explicação do conceito de força.

- v) sugerimos, ainda, que o professor desenvolva, inicialmente, atividades pedagógicas baseadas nas seções do texto. Seguido da aplicação do vídeo 1 juntamente com a Atividade 1 e, posteriormente, da aplicação do vídeo 2 juntamente com a Atividade 2.
- vi) entendemos que a compressão conceitualmente correta e epistemologicamente coerente (com essa área da ciência) é primordial. Os detalhes das formulações matemáticas e a convencional estratégia de resolução de exercícios matemáticos devem ficar a cargo das aulas presenciais ou síncronas, bem como do uso do livro didático adotado pelo docente, e dos objetivos de aprendizagem da unidade de ensino.
- vii) Em síntese, propomos que se compreenda as implicações das crenças de autoeficácia no desempenho dos estudantes e a estratégia de modelagem estabelecida aqui por meio das TICs, podem auxiliar tanto no uso desse produto, como no desenvolvimento da disciplina como um todo. Nesse sentido, salientamos a importância do modelo, dos materiais aos quais os estudantes terão contato e de onde tirarão as informações necessárias para compreender o conteúdo. Igualmente, é relevante a aplicação de avaliações formativas contínuas, as quais podem atuar como fontes de regulação dos conhecimentos e estratégias de pensamento, bem como proporcionadoras de experiências positivas sobre o conteúdo, promovendo a autoeficácia dos educandos.

Força: a síntese newtoniana

Segundo Goldstein (2001, p. 1),

O movimento dos corpos materiais foi o assunto de algumas das primeiras pesquisas realizadas pelos pioneiros da física. De seus esforços, desenvolveu-se um vasto campo conhecido como mecânica analítica ou dinâmica, ou simplesmente, mecânica. No século presente, o termo "mecânica clássica" passou a ser amplamente utilizado para denotar este ramo da física em contraste com as teorias físicas mais recentes, especialmente a mecânica quântica².

Do ponto de vista histórico, coube a Isaac Newton (1643 - 1727) o desenvolvimento da síntese teórica que superava as divergências entre as correntes da física matemática fundadas por Johannes Kepler (1571 - 1630) e Galileu Galilei (1564 - 1642), e da filosofia mecânica que tinha René Descartes (1569 - 1650) como principal representante. Com relação à física matemática, foi necessário superar o patamar da mera descrição de regularidades matemáticas espaço-temporais. E com relação à filosofia mecânica, foi necessário superar a ideia de que a causação física se restringia ao contato direto entre corpos (POLITO, 2016), ideia problemática que se arrastava desde a antiguidade, especialmente, por constar na teoria aristotélica sobre o movimento.

Em sua obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, editada em 1687, Newton propõe modificações conceituais importantes que serão basilares para o desenvolvimento da Mecânica como um todo – sobretudo no modelo clássico. Dentre essas modificações, destacam-se: (i) a precisa definição matemática de força; (ii) a transformação de seu estatuto ontológico (agora de agente causal); (iii) a relação da força com o conceito de massa (inercial) – isso anteriormente era confundido com o que seria o peso (POLITO, 2016). Entre as implicações da teoria newtoniana, uma das mais radicais foi estabelecer um conjunto de leis gerais como base para a explicação dos fenômenos celestes e terrestre. A Teoria da Gravitação Universal, de fato, unificou o que antes seriam os mundos Sublunar e Supralunar.

O desenvolvimento da mecânica nos anos seguintes ocorreu na esteira das

² *The motion of material bodies formed the subject of some of the earliest research pursued by the pioneers of physics. From their efforts there has evolved a vast field known as analytical mechanics or dynamics, or simply, mechanics. In the present century the term "classical mechanics" has come into wide use to denote this branch of physics in contradistinction to the newer physical theories, especially quantum mechanics* (GOLDSTEIN, 2001, p. 1).

ideias lançadas nos *Principia*. Como exemplo, podemos citar, as contribuições de Leonard Euler (1707 - 1783) no tratamento de movimentos de rotação, e por sua introdução da noção vetorial à mecânica - principal formulação no qual a teoria newtoniana é apresentada em cursos básicos e introdutórios de física. As reduções operadas no século XVIII estabeleceram a nova categoria nomeada *dinamicismo*, que a partir de um formalismo abstrato, pavimentou o caminho para a superação da visão de mundo mecanicista, por meio do estabelecimento de conceitos fundamentais como o de energia. Dessa forma, a formulação newtoniana alicerça os princípios sobre os quais prosperam parte substancial da física clássica (como a termodinâmica e o eletromagnetismo) e, em certa medida, de outras áreas das ciências da natureza.

Destarte, a teoria newtoniana desempenhou um papel basilar no desenvolvimento da Mecânica e, direta ou indiretamente, no desenvolvimento das áreas modernas e contemporâneas da física, mesmo quando, por vezes, esteve entrelaçada aos paradigmas a serem superados. Mesmo assim, a despeito da importância histórica, conceitual e epistemológica dessa teoria, é recorrente na literatura as dificuldades encontradas na transposição desse conhecimento para estudantes do nível básico de ensino. Comumente, essa teoria é apresentada como um formalismo acabado, segmentado e sem historicidade (ROCHA, 2002).

Cabe, então, uma proposta didática que contextualize a importante teoria newtoniana, demonstrando sua relação com a história das civilizações que desde a antiguidade se debruçaram e, em certo sentido, falharam em compreender o movimento e o cosmos. Apontando assim a relevância dessa teoria que, com sua precisa formulação, suscitaram avanços científicos e tecnológicos que até o dias atuais não se exauriram os desdobramentos. Assim, o produto abaixo apresenta a teoria newtoniana por meio da perspectiva do desenvolvimento histórico-conceitual da mecânica, perpassando pela formulação vetorial da mesma.

Sequência Didática Proposta

PRIMEIRO E SEGUNDO ENCONTRO	
DURAÇÃO	Duas aulas (sendo 50 minutos cada aula ³)
PERGUNTAS MOTIVADORAS	Como se explica os fenômenos da natureza? Existem diferentes formas de pensar o mesmo fenômeno natural (dia e noite, chuva, frio e calor, fases da lua, eclipses, movimento dos astros, aquecimento global, etc.)?
OBJETIVOS (memorizar)	<ul style="list-style-type: none"> • Descrever a existência de diferentes tipos de conhecimento; • Distinguir mitologia, filosofia e ciência; • Identificar o surgimento da filosofia natural; • Reconhecer algumas das primeiras perguntas e ideias sobre a natureza elaboradas pela filosofia grega.
METODOLOGIA	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação e discussão sobre o texto “Capítulo 1 - Mecânica - Introdução à filosofia natural”. • Resolução de atividade (avaliação proposta)
ATIVIDADE (AVALIAÇÃO PROPOSTA)	Questionário 1 https://docs.google.com/forms/d/1gTLk69PjBM7IO8SaW7KsF1GVPoi63warOQavP0yoHHo/

³ Conforme a Matriz Curricular para o Ensino Médio, que determina que para o turno diurno o módulo-aula é de 50 minutos, conforme descrito no Parecer nº 62/99 – do Conselho de Educação do Distrito Federal - CEDF.

Seção 1) Questionário 1 - Mitologia e Filosofia Natural

As perguntas estão de acordo com o texto "Capítulo 1 - Mecânica - Introdução à filosofia natural". Sempre teremos questionários para exercitar e avaliar a aprendizagem em cada texto.

***Obrigatório**

1. E-mail *

2. Digite seu nome completo: *

Seção 2) Com relação ao que foi discutido no Meet e ao texto disponibilizado:

Lembre-se que os exercícios são parte fundamental do processo de aprendizagem de vocês. Então levem a sério. Respondam com dedicação. Quero suas palavras, copiar é inaceitável. :)

3. 1) Comente o que achou do texto. *

4. 2) Explique (brevemente) o que é a mitologia e como ela ajudou os povos antigos a entenderem o mundo, a Natureza.

5. 3) Surgiu na Grécia Antiga um tipo de conhecimento que não se baseava mais nas lendas. Esse conhecimento que buscava explicações naturais para os acontecimentos/fenômenos é chamado de:

Marcar apenas uma oval.

- Mitologia
- Ciência
- Religião
- Filosofia
- Outro: _____

6. 4) Comente sobre as diferenças entre o conhecimento Mitológico e Filosófico. *

7. 5) Natureza é uma palavra (que vem do grego physis) e se refere:

Marcar apenas uma oval.

- Aos animais e plantas somente
- Ao mundo físico, ou seja, ao Universo como um todo
- Outro: _____

8. 6) Tales de Mileto foi considerado: *

Marcar apenas uma oval.

- Um teólogo
- O primeiro cientista
- Um filósofo pós-socrático
- Um filósofo natural. Isto é, que discutia sobre a Natureza.
- Um governante influente
- Outro: _____

9. 7) Muitos filósofos pré-socráticos investigavam sobre a origem das coisas. Boa parte deles imaginavam que haveria uma substância primordial que geraria tudo que existe. Chamamos esse "princípio de tudo" de "Arché". Qual era a Arché de Tales?

Marcar apenas uma oval.

- O Átomo;
- Os quatro elementos: Terra, Água, Ar e Fogo;
- O Fogo;
- O Éter;
- A Água;
- Outro: _____

10. 8) O que significa dizer que a filosofia sobre a Natureza (ou seja, a Filosofia Natural) buscava explicações através de Causas Naturais? *

11. 9) Com as suas palavras, explique o que significa dizer que a Física é uma Ciência da Natureza. *

12. 10) Comente sobre a importância da Ciência no desenvolvimento da humanidade. *

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

GABARITO DO QUESTIONÁRIO 1

Questão 1.

Resposta: Resposta pessoal.

Questão 2.

Resposta: Resposta aberta. Sugestão de resposta: É extremamente importante analisar cada mito em seu contexto (linguístico, social, religioso, etc), evitando reduzi-los a uma descrição literal de acontecimentos. Assim, podemos afirmar que os mitos são constituídos por alegorias que, por sua vez, são formadas de metáforas. As narrativas mitológicas fizeram e fazem parte da tradição de vários povos, contribuindo na reafirmação de valores morais, éticos e religiosos, além de carregarem explicações cosmológicas sobre, por exemplo, o início de tudo, a existência ou não de um ou mais criadores do cosmos, o surgimento dos seres vivos, entre outras coisas. Um conjunto de mitos de um povo (ou o estudo deste) pode ser identificado como mitologia.

Questão 3.

Resposta: Filosofia.

Questão 4.

Resposta: Resposta pessoal. Sugestão de resposta: os mitos são formados por alegorias e metáforas, geralmente buscando explicações míticas ou da intervenção divina para os fenômenos da natureza. Já a filosofia busca (principalmente por meio da observação) uma explicação lógica e causas naturais para os fenômenos.

Questão 5.

Resposta: Ao mundo físico, ou seja, ao Universo como um todo.

Questão 6.

Resposta: Um filósofo natural. Isto é, que discutia sobre a Natureza.

Questão 7.

Resposta: A água.

Questão 8.

Resposta: Resposta pessoal. Sugestão de resposta: a filosofia natural buscava respostas para os fenômenos naturais dentro da própria natureza, pelo funcionamento (e interação entre) os elementos da natureza. Em outras palavras, sem recorrer ao uso de mitos e ou à vontade de divindades.

Questão 9.

Resposta: Resposta pessoal. Sugestão de resposta: significa dizer que a Física é uma Ciência e, por isso, difere da Mitologia e Filosofia. Dentre as principais distinções podemos citar que a metodologia científica da Física em boa parte baseia-se na análise quantitativa de parâmetros da natureza, além de apoiar-se em constatações experimentais.

Questão 10.

Resposta: Resposta pessoal.

TERCEIRO E QUARTO ENCONTRO	
DURAÇÃO	Duas aulas (sendo 50 minutos cada aula)
PERGUNTA MOTIVADORA	Quem foi Aristóteles? Conhece alguns de seus pensamentos?
OBJETIVOS (Compreender)	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar desenvolvimento do conhecimento acadêmico; • Demonstrar principais pontos da Teoria de Tudo, de Aristóteles (Constituição da Matéria, Movimento dos Corpos e Estrutura do Universo); • Relacionar a relevância histórica e conceitual da teoria aristotélica à história ocidental; • Associar a proposta aristotélica ao estabelecimento da visão de mundo cristã-aristotélica.
METODOLOGIA	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação e discussão sobre o texto “Capítulo 2 - Mecânica - Filosofia Natural e Aristóteles”. • Resolução de atividade (avaliação proposta)
ATIVIDADE (AVALIAÇÃO PROPOSTA)	<p>Questionário 2</p> <p>https://docs.google.com/forms/d/1cDqFn4imECZPf0xQqoV4RyUbKefXbNw-5dBjlg1D43Q/</p>

Seção 1) Questionário 2 - Filosofia Natural e Aristóteles

Com base no texto "Cap 2 - Mecânica - Filosofia Natural e Aristóteles" e o slide postado pelo professor responda as perguntas acerca da vida e obra aristotélica (lembre-se de citar quaisquer fontes que utilizar, trechos copiados e colados serão desconsiderados).

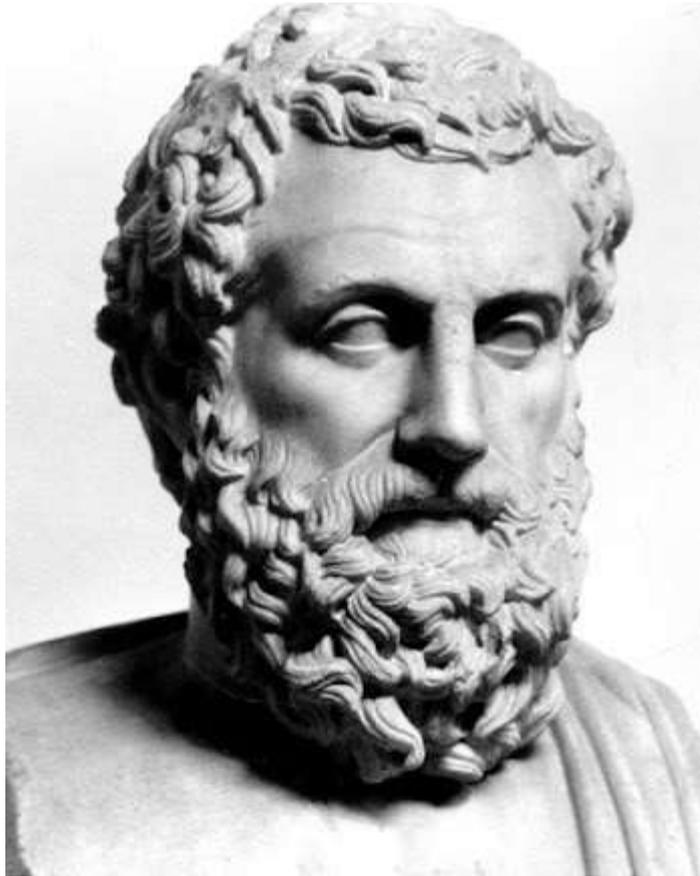
***Obrigatório**

1. E-mail *

2. Digite seu nome: *

Seção 2)

3. 1) Quem foi Aristóteles? *



-
4. 2) Aristóteles escreveu sobre muitos assuntos, sendo muito influente na maioria deles. Sua filosofia natural acerca da constituição dos corpos era diferente, por exemplo, da de Tales de Mileto. Aristóteles se baseou no seguinte filósofo pré-socrático: *

Marcar apenas uma oval.

- Demócrito de Abdera (teoria do átomo, partículas minúsculas e indivisíveis)
- Tales de Mileto (a água como elemento primordial)
- Xenófanés de Cólofon (a terra como primordial)
- Heráclito de Éfeso (o fogo como primordial)
- Anaxímenes de Mileto (o ar como elemento primordial)
- Empédocles de Agrigento (o fogo, o ar, a água e a terra como os 4 elementos primordiais)

5. 3) Explique brevemente, e com suas palavras, a teoria aristotélica da Composição da Matéria.

6. 4) Quais eram os dois tipos de movimento que Aristóteles afirmou existir? E o que eles tem a ver com a composição material dos corpos (isto é, se tem terra, ou água...)?

7. 5) Tendo a resposta da questão 5 em mente, a teoria aristotélica afirma que: *

Marcar apenas uma oval por linha.

	É de todo pesado (a)	É de todo leve	É pesado (a)	É leve
O fogo é	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O ar é	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A água é	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A terra é	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. 6) Essa teoria dos movimentos ajuda a explicar por que os corpos caem? Explique brevemente.

9. 7) Aristóteles notou que o movimento dos astros eram muito diferentes dos movimentos terrenos e por isso afirmou existir uma quinta essência. O que é o Éter na teoria aristotélica? *

Marcar apenas uma oval.

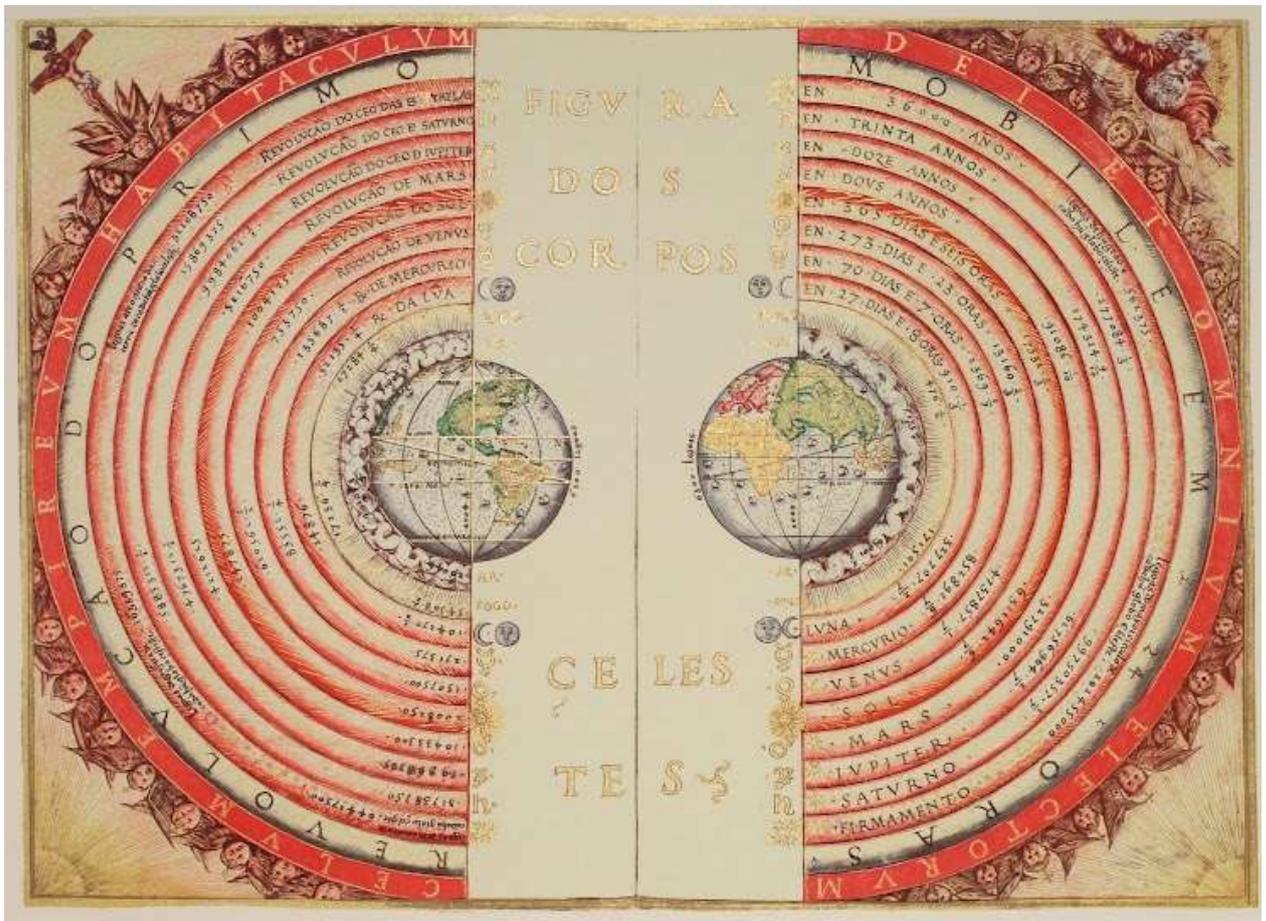
- Elemento primordial terreno (Mundo Sublunar)
- Elemento não primordial terreno (Mundo Sublunar)
- Elemento primordial existente apenas no mundo celeste (Mundo Supralunar)
- Elemento primordial mais leve que o fogo.

10. 8) Aristóteles acreditava que haviam dois mundos com regras naturais distintas. O mundo Sublunar (terreno) e o mundo Supralunar (celeste). Essa teoria era: *

Marcar apenas uma oval.

- Geocêntrica (pois afirmava que a Terra estaria no centro do Universo)
- Heliocêntrica (pois afirmava que o Sol estaria no centro do Universo)
- Outro: _____

11. 9) A teoria de tudo de Aristóteles, ou seja, sua teoria acerca do Universo foi muito influente, sendo aderida por muitos povos no Ocidente. Explique o que seria a chamada Visão de mundo cristã-aristotélica e o que ela tem a ver com o surgimento da ciência. *



Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

GABARITO DO QUESTIONÁRIO 2

Questão 1.

Resposta: Resposta pessoal.

Questão 2.

Resposta: Empédocles de Agrigento (o fogo, o ar, a água e a terra como os 4 elementos primordiais).

Questão 3.

Resposta: Resposta pessoal. Resposta sugerida: A base material para os corpos do mundo sublunar seriam os quatro elementos: terra, água, ar e fogo. A composição específica de cada corpo lhes conferiria determinadas propriedades, a exemplo de ser pesado ou leve. Já os corpos celestes seriam constituídos por um elemento imutável, o Éter, que realizaria movimentos circulares em torno da Terra e com velocidade constante.

Questão 4.

Resposta: Movimentos Natural e Violento. O Movimento Natural ocorreria para cima ou para baixo a depender do peso ou leveza do corpo, o que por sua vez, dependeria da sua composição. Da mesma forma, os corpos celestes (formados por Éter) estariam submetidos um movimento distinto (circular).

Questão 5.

Resposta: O fogo é de todo leve. O ar é leve. A água é pesada. E a terra é de todo pesada.

Questão 6.

Resposta: Os corpos cairiam para ocupar o seu Lugar Natural no universo. A terra, por exemplo, por ser o elemento mais pesado buscaria ocupar o centro do cosmos.

Questão 7.

Resposta: Elemento primordial existente apenas no mundo celeste (Mundo Supralunar).

Questão 8.

Resposta: Geocêntrica (pois afirmava que a Terra estaria no centro do Universo).

Questão 9.

Resposta: Resposta pessoal. Resposta sugerida: Uma forma de compreender o mundo, a existência, a vida e a Natureza como um todo apoiada pela teoria aristotélica complementarmente aos ensinamentos bíblicos. Essa visão de mundo veio a estabelecer-se principalmente pela influência de estudos como o do influente filósofo católico Tomás de Aquino (1225 – 1274 d.C.).

QUINTO E SEXTO ENCONTRO	
DURAÇÃO	Duas aulas (sendo 50 minutos cada aula)
PERGUNTAS MOTIVADORAS	Quem foi Galileu Galilei? Como você explicaria os movimentos?
OBJETIVOS (Analisar)	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar a transição da filosofia antiga e a medieval para o surgimento das Ciências da Natureza (e a Física); • Diferenciar modelos de universo (geocêntrico e heliocêntrico); • Investigar os conceitos Referencial, Posição, Deslocamento, Instante e Intervalo de tempo e Velocidade Média.
METODOLOGIA	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação e discussão sobre o texto “Capítulo 3 - Mecânica - Introdução à Cinemática”. • Resolução de atividade (avaliação proposta)
ATIVIDADE (AVALIAÇÃO PROPOSTA)	Questionário 3 https://docs.google.com/forms/d/1Cuu86jsrz0Hsd_EtP5g-Q4BFFeIXItfLkIVG4ajUQNs/

Seção 1) Questionário 3 - Introdução à Cinemática

Essas questões baseiam-se no conteúdo do texto 03 (Cap3 - Mecânica - Introdução à Cinemática)

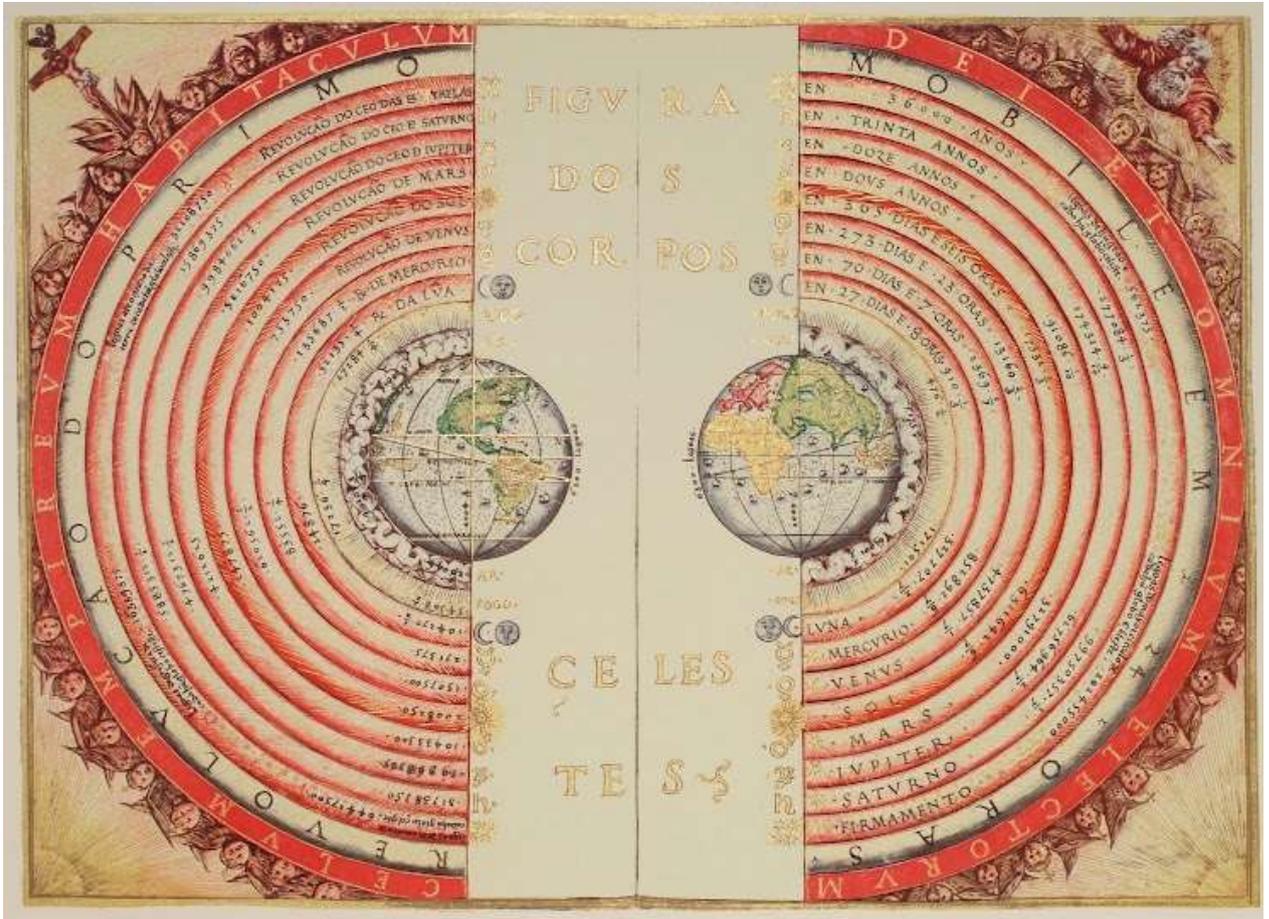
***Obrigatório**

1. E-mail *

2. Digite seu nome completo *

Seção 2) De acordo com o que vimos...

3. 1) Durante a Idade Média uma determinada visão de mundo era hegemônica no ocidente. A compreensão de como funcionava e se organizava o nosso Universo era baseada na teoria de um filósofo Grego. Quem foi esse filósofo que defendeu o Geocentrismo (Terra fixa no centro do Universo) e teve sua teoria superada apenas cerca de 2000 anos após sua morte?



Marcar apenas uma oval.

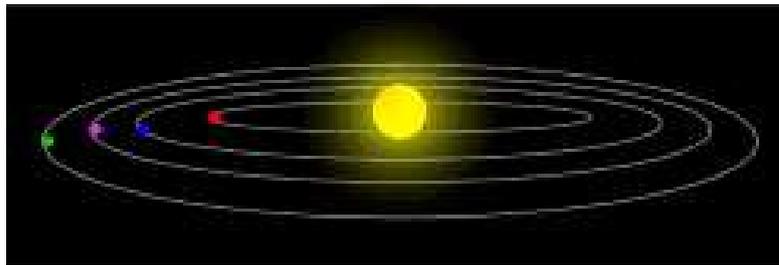
- Tales de Mileto
- Sócrates
- Platão
- Aristóteles
- Nicolau Copérnico
- Galileu Galilei

4. 2) Baseado nas informações contidas nos estudos Gregos e na teoria sobre a Natureza do filósofo da questão anterior, um matemático chamado Cláudio Ptolomeu criou um modelo geométrico do nosso Universo capaz de mapear e prever o movimento dos astros. Podemos afirmar que:

Marcar apenas uma oval.

- o modelo de Ptolomeu era geocêntrico (Terra no centro) e geostático (Terra parada).
- o modelo de Ptolomeu era geocêntrico (Terra no centro), mas ele acreditava que a Terra se moveria.
- o modelo de Ptolomeu era geostático (Terra parada), mas ele acreditava que a Terra não estaria no centro.

5. 3) Três matemáticos (que nasceram mais de 1500 anos depois de Cláudio Ptolomeu) foram importantes para a negação da visão de mundo cristã-aristotélica. Esses três estudiosos "colocaram" o Sol no centro do nosso Universo (Heliocentrismo), enquanto nosso planeta girava em torno dele. Quem foram esses três?



Marcar apenas uma oval.

- Tales de Mileto, Platão e Aristóteles
- Aristóteles, Alexandre e Cláudio Ptolomeu
- Nicolau Copérnico, Kepler e Galileu Galilei
- Cláudio Ptolomeu, Jean Buridan e Galileu Galilei
- Outro: _____

6. 4) Galileu iniciou um estudo matemático do movimento que continuou a ser desenvolvido por outros que hoje chamamos de Cinemática. Explique com suas palavras e de maneira objetiva o que é a Cinemática.



Galileu

7. 5) Explique com as suas palavras o conceito Referencial. Dê um exemplo em que a escolha de diferentes referenciais mudam a nossa interpretação do movimento de um corpo (lembre do exemplo dado no texto 3, sobre as paredes da sua casa).

Pular para a pergunta 8

Seção 3)
Introdução
à
Cinemática

Calcule com cuidado. Essas questões baseiam-se no conteúdo do texto 03.

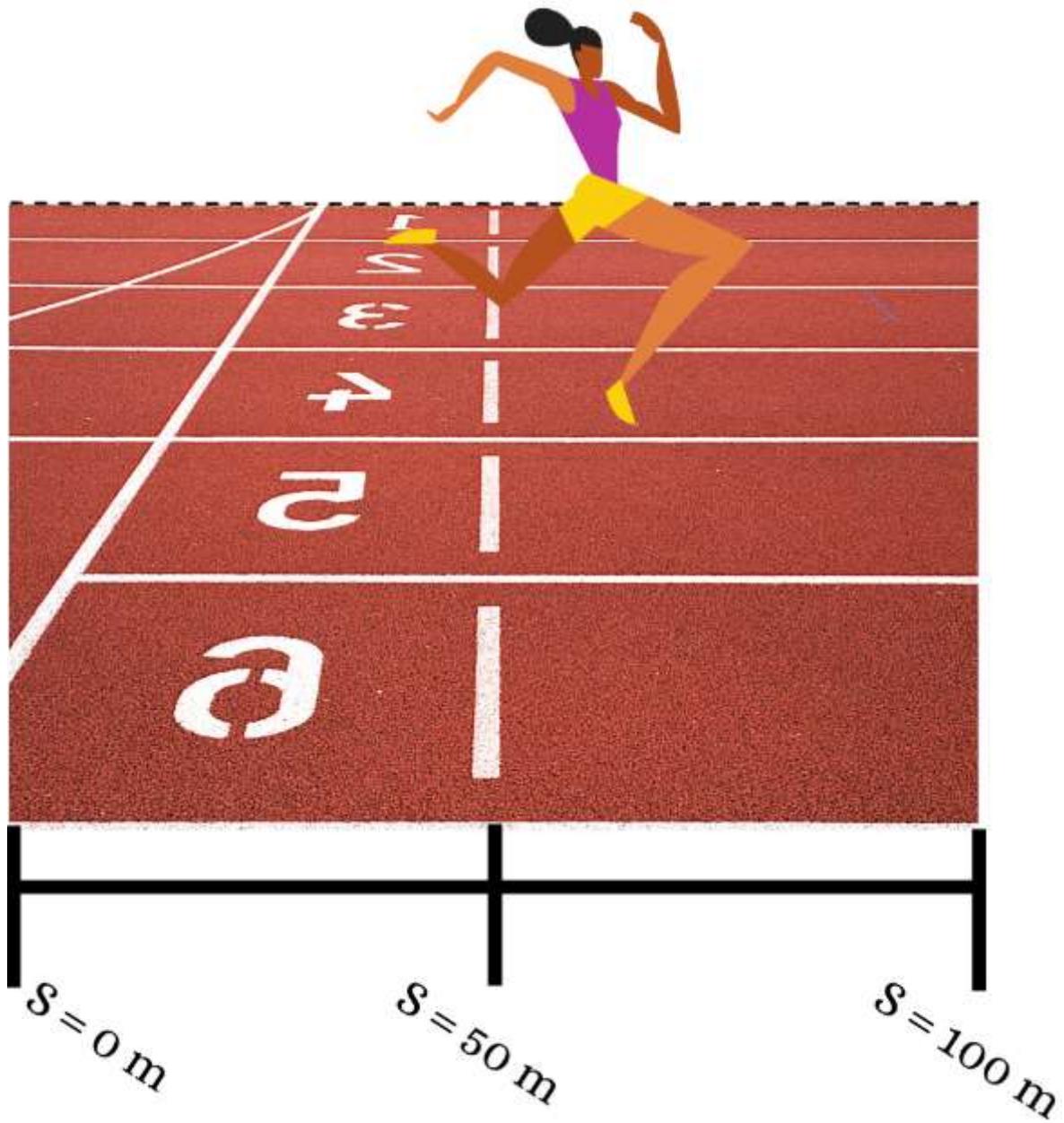
"Rosângela Cristina Oliveira Santos [...] é uma velocista brasileira, recordista sul-americana dos 100 m rasos e primeira brasileira a correr a distância em menos de 11 segundos, com a marca de 10.91 [segundos] conquistada na semifinal do Campeonato Mundial de Atletismo de 2017, em Londres." Fonte:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Ros%C3%A2ngela_Santos

A medalhista olímpica Rosângela Santos



Considere o sistema de referência representado pela linha preta abaixo da figura. Essa será a "régua" (sistema de referência) para as questões a seguir.



8. 6) Como no exemplo da formiga (utilizado no texto 3), sempre utilizaremos uma "régua" (um sistema de referência) para saber qual a posição de um corpo. Sempre chamaremos o "zero da régua" de "origem do sistema de referencia", ou melhor, apenas de "origem". A origem é sempre a posição igual a zero ($S = 0$ metros, centímetros ou quilômetros). Considerando a origem da pista de corrida como sendo a linha de largada. Qual a posição da linha de chegada? Dica: observe o texto sobre a Rosângela.

Marcar apenas uma oval.

- $S = 0$ metros
- $S = 50$ metros
- $S = 90$ metros
- $S = 100$ metros
- $S = 150$ metros

9. 7) Quando Rosângela Santos alcançou a linha de chegada, outra competidora ainda estava na metade da pista, chegando nos 100 metros apenas aos 13,51 segundos. Qual o deslocamento realizado por essa outra atleta no instante em que Rosângela terminava a prova?

Marcar apenas uma oval.

- $\Delta S = 0$ metros
- $\Delta S = 50$ metros
- $\Delta S = 90$ metros
- $\Delta S = 100$ metros
- $\Delta S = 150$ metros

10. 8) Considerando os textos acima responda. Em que instante de tempo Rosângela Santos alcançou a linha de chegada?

Marcar apenas uma oval.

- t = 0 segundos
- t = 5 segundos
- t = 10,91 segundos
- S = 100 segundos
- t = 10,91 minutos

11. 9) Caso Rosângela tenha continuado correndo durante mais 50 metros após a linha de chegada, alcançando os 150 metros em $t = 15,97$ segundos. Durante quanto tempo ela percorreu esses últimos 50 metros?

Marcar apenas uma oval.

- $\Delta t = 5,06$ segundos
- $\Delta t = 2$ segundos
- $\Delta t = 10,91$ segundos
- $\Delta t = 15,97$ segundos
- $\Delta t = 15,97$ minutos

12. 10) Qual a velocidade média da outra corredora que chega ao final dos 100 metros em 13,51 segundos? Dica: veja o cálculo feito no final do texto 3.

Marcar apenas uma oval.

- $v_m = 7,4$ metros por segundo (m/s)
- $v_m = 9,16$ metros por segundo (m/s)
- $v_m = 10$ metros por segundo (m/s)
- $v_m = -7,4$ metros por segundo (m/s)
- $v_m = -9,16$ metros por segundo (m/s)

13. 11) Ainda considerando os textos acima responda. Qual a velocidade média de Rosângela quando consideramos que ela percorreu mais 50 metros? Veja os dados da questão 9.



Marcar apenas uma oval.

- $V_m = 7,4$ metros por segundo (m/s)
- $V_m = 9,16$ metros por segundo (m/s)
- $V_m = 9,39$ metros por segundo (m/s)
- $V_m = -7,4$ metros por segundo (m/s)
- $V_m = -40$ metros por segundo (m/s)
14. 12) Caso Rosângela corra no sentido contrário, ou seja, comece na posição de 100 metros e termine a corrida na posição de 0 metros aos 10,91 segundos. Sua velocidade média continua a mesma? Justifique.

15. 13) O que significa dizer que a velocidade de algo é negativa? (Dica: se não for claro, pode pesquisar na internet, mas não copie).

16. 14) Questão desafio! Considere que a velocidade média de Rosângela em uma outra prova foi $V_m = 9 \text{ m/s}$. Note que essa velocidade está em metros por segundo, no nosso dia a dia costumamos utilizar a unidade de quilômetros por hora (km/h) para velocidade. Qual seria a velocidade média da corredora em quilômetros por hora (km/h)? Dica: você precisará transformar os metros em quilômetros e os segundos em horas. Digite o valor abaixo:

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

GABARITO DO QUESTIONÁRIO 3

Questão 1.

Resposta: Aristóteles.

Questão 2.

Resposta: o modelo de Ptolomeu era geocêntrico (Terra no centro) e geostático (Terra parada).

Questão 3.

Resposta: Nicolau Copérnico, Kepler e Galileu Galilei.

Questão 4.

Resposta: A Cinemática é uma parte fundamental da Mecânica e da Física, onde se desenvolve a descrição matemática do movimento dos corpos.

Questão 5.

Resposta: O movimento é relativo. De modo que para descrever matematicamente um movimento necessitamos escolher um referencial (inercial). Muitas vezes nos podemos pensar no referencial como um corpo que servirá de base comparativa para o estudo de algum movimento. Um sistema de referência pode ser estabelecido, por exemplo, por meio de um sistema de coordenadas cartesianas, o que permite definir numericamente a posição, a velocidade, a aceleração e demais grandezas físicas de um corpo.

Questão 6.

Resposta: $S = 100$ metros.

Questão 7.

Resposta: $\Delta S = 50$ metros

Questão 8.

Resposta: $t = 10,91$ segundos.

Questão 9.

Resposta: $\Delta t = 5,06$ segundos.

Questão 10.

Resposta: $V_m = 7,4$ metros por segundo (m/s).

Questão 11.

Resposta: $V_m = 9,39$ metros por segundo (m/s).

Questão 12.

Resposta: Resposta pessoal. Resposta sugerida: o valor (módulo) da velocidade continua a mesma, porém com o sinal negativo, pois agora Rosângela corre no sentido contrário.

Questão 13.

Resposta: Resposta pessoal. Resposta sugerida: Significa que o corpo se move no sentido negativo estabelecido pelo sistema de referência em questão.

Questão 14.

Resposta: 32, 4 km/h.

SÉTIMO E OITAVO ENCONTRO	
DURAÇÃO	Duas aulas (sendo 50 minutos cada aula)
PERGUNTAS MOTIVADORAS	Quais tipos de movimento existem? Todo movimento é idêntico ao outro?
OBJETIVOS (Aplicar)	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar o conceito de Inércia e o conceito de aceleração gravitacional; • Demonstrar o conceito de aceleração média; • Calcular dois tipos de movimento: movimento uniforme (MU) e movimento uniformemente variado (MUV).
METODOLOGIA	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação e discussão sobre o texto “Capítulo 4 - Mecânica – Movimento Uniforme e Movimento Uniformemente Variado”. • Resolução de atividade (avaliação proposta).
ATIVIDADE (AVALIAÇÃO PROPOSTA)	<p>Questionário 4</p> <p>https://docs.google.com/forms/d/1sGZhJRMamyQ7HKKQe56DF-GLxfZGubmjGSpTYZmj5Go/</p>

Questionário 4 - Cinemática Escalar

Com base na discussão feita pelo Meet. E os materiais disponibilizados pelo professor responda:

***Obrigatório**

1. E-mail *

2. Digite seu nome completo *

Cinemática

O que é isso?

3. 1) Com suas palavras explique o que é a Cinemática.

Vamos calcular...

Observe a figura abaixo. Ela é um pedaço do mapa da Ceilândia que mostra a linha do metrô cruzando a cidade. Cada bolinha azul, demarca a posição de cada uma das 5 estações do metrô (Terminal, C. Norte, C. Centro, Guariroba e C. Sul). Para resolver as seguintes questões, considere a estação Ceilândia Centro como a Origem ($S = 0$ km) de um sistema de referência. Considere também, que o sentido norte é o sentido POSITIVO, e o sentido sul é o sentido NEGATIVO. Não confunda!!!



4. 2) Cada estação está a uma distância de um quilômetro (1 km) das estações vizinhas (de maneira que a distância entre o Terminal e a Est. C. Sul é 4 km). Sabendo que o sentido norte é o sentido positivo, qual é a posição da estação Ceilândia Norte? *

Marcar apenas uma oval.

- $S = 2$ km
- $S = 1$ km
- $S = 0$ km
- $S = -1$ km
- $S = -2$ km

5. 3) Sabendo que cada estação está a uma distância de um quilômetro (1 km) das estações vizinhas (de maneira que a distância entre o Terminal e a Est. C. Sul é 4 km) e que o sentido norte é o sentido positivo, qual é a posição da estação Ceilândia Sul? *

Marcar apenas uma oval.

- S = 2 km
 S = 1 km
 S = 0 km
 S = -1 km
 S = - 2 km

6. 4) Qual o deslocamento (ΔS) realizado por alguém que pega um vagão na Est. Ceilândia Sul e chega na Est. Ceilândia Norte? *

Marcar apenas uma oval.

- $\Delta S = 4$ km
 $\Delta S = 3$ km
 $\Delta S = 1$ km
 $\Delta S = - 3$ km
 $\Delta S = - 4$ km
 Outro: _____

7. 5) Caso essa pessoa resolva voltar, qual o deslocamento (ΔS) realizado ao pegar o vagão na Est. Ceilândia Norte e desembarcar na Est. Ceilândia Sul? *

Marcar apenas uma oval.

- $\Delta S = 4$ km
 $\Delta S = 3$ km
 $\Delta S = 1$ km
 $\Delta S = - 3$ km
 $\Delta S = - 4$ km
 Outro: _____

8. 6) O Google Maps afirma que caso pegássemos o metrô hoje, demoraríamos certa de 15 minutos para cruzar todas as 5 estações (da Ceilândia Sul ao Terminal). Quanto equivale em horas esses 15 minutos? Dica: você pode usar uma regra de três.

Marcar apenas uma oval.

- 15 horas
- 0,5 hora
- 0,3 hora
- 0,25 hora
- 0,1 hora
- Outro: _____

9. 7) Calcule a velocidade média em quilômetros por hora (km/h) de alguém que vá da Ceilândia Sul ao Terminal em 15 minutos. Dica: cuidado com as unidades, use as informações da questão anterior. *

Marcar apenas uma oval.

- $V = 0,26 \text{ km/h}$
- $V = - 0,26 \text{ km/h}$
- $V = 8 \text{ km/h}$
- $V = - 8 \text{ km/h}$
- $V = 16 \text{ km/h}$
- $V = -16 \text{ km/h}$
- $V = 60 \text{ km/h}$
- $V = - 60 \text{ km/h}$
- Outro: _____

10. 8) Existem alguns vagões do metrô que são mais novos e por isso são mais rápidos também. Caso um vagão esteja a uma velocidade $V = 20 \text{ km/h}$, quanto essa velocidade irá equivaler em metros por segundo (m/s)? Digite o valor abaixo.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

GABARITO DO QUESTIONÁRIO 4**Questão 1.**

Resposta: A Cinemática é uma parte fundamental da Mecânica e da Física, onde se desenvolve a descrição matemática do movimento dos corpos.

Questão 2.

Resposta: $S = 1 \text{ km}$.

Questão 3.

Resposta: $S = - 2 \text{ km}$.

Questão 4.

Resposta: $\Delta S = 3 \text{ km}$.

Questão 5.

Resposta: $\Delta S = - 3 \text{ km}$.

Questão 6.

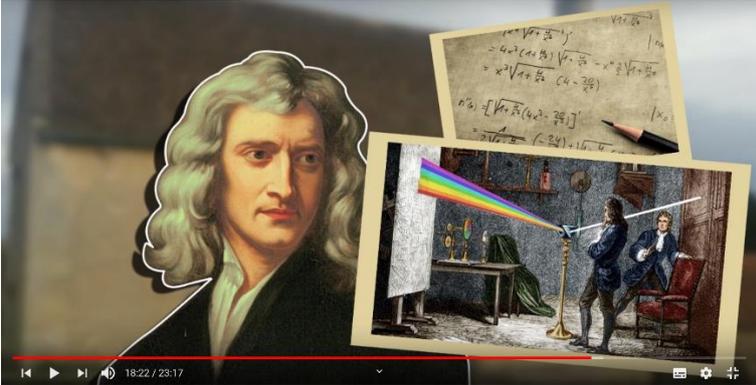
Resposta: 0,25 hora.

Questão 7.

Resposta: $V = 16 \text{ km/h}$.

Questão 8.

Resposta: aproximadamente 5,55 m/s.

NONO E DÉCIMO ENCONTRO	
DURAÇÃO	Duas aulas (sendo 50 minutos cada aula)
PERGUNTAS MOTIVADORAS	Quem foi Isaac Newton? Você conhece alguma história ou conceito desse pensador?
OBJETIVOS (Avaliar)	<ul style="list-style-type: none"> • Delimitar o conceito de Revolução Científica; • Explicar uma definição de massa, as Leis de Newton e a Teoria da Gravitação Universal; • Justificar as definições vetoriais de posição, deslocamento, velocidade e aceleração.
METODOLOGIA	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação e discussão sobre o texto “Capítulo 5 - Mecânica Newtoniana”. • Exposição do vídeo 1  <ul style="list-style-type: none"> • https://www.youtube.com/watch?v=MOGpeH8YSyg • Aula expositiva sobre as definições vetoriais de posição, deslocamento, velocidade e aceleração. • Resolução de atividade (avaliação proposta).
ATIVIDADE (AVALIAÇÃO PROPOSTA)	Questionário 5 https://docs.google.com/forms/d/1F5K4hMhJLuv-nrznk3wPpouWQeHupZDcVI9tpq3t7IM/

Seção 1) Questionário 5 - Mecânica

Olá, pessoas. Esse questionário também faz parte da minha pesquisa de mestrado. Meu objetivo aqui é que vocês desenvolvam e verifiquem os conhecimentos obtidos no vídeo e no texto. É muito importante para mim que vocês resolvam individualmente e com bastante atenção. Obrigado pela participação! Abraço!

O e-mail do participante (**null**) foi registrado durante o envio deste formulário.

***Obrigatório**

1. E-mail *

Com base no texto e no vídeo responda as seguintes questões.

2. 1) A Mecânica é uma parte muito importante da Física que estuda o movimento dos objetos. Marque abaixo quais as áreas do conhecimento que estiveram envolvidas no desenvolvimento da Mecânica antes desta se tornar uma área específica da ciência. *

Marque todas que se aplicam.

Astronomia (estudo dos astros) e Cosmologia (estudo do Universo).

Matemática/Geometria

Engenharia

Construção de máquinas

Outro: _____

Seção 2)

3. 2) Desde a Grécia Antiga, principalmente a partir do século nove (a.C), cada vez menos espaço havia para a compreensão mitológica. A busca por explicações sobre a origem das coisas, e do funcionamento do nosso mundo foi se tornando cada vez menos dogmática e dependente dos mitos. Ou seja, o conhecimento passou, cada vez mais, a tornar-se fruto de observações e interpretações lógicas. Dentre os filósofos gregos, um deles se tornou muito importante no estudo do movimento, pois elaborou uma teoria completa sobre a Natureza que demorou quase 2 mil anos para ser abandonada. Qual era o nome desse filósofo?

*

Marcar apenas uma oval.

- Pitágoras
- Demócrito
- Heráclito
- Sócrates
- Platão
- Aristóteles
- Ptolomeu

Seção 3)

4. 3) Aristóteles escreveu sobre muitos assuntos, sendo muito influente na maioria deles. Sua teoria acerca da constituição dos corpos era diferente, por exemplo, da de Tales de Mileto (que achava que "tudo vinha da água"). Nesse aspecto, Aristóteles baseou sua teoria no seguinte filósofo grego: *

Marcar apenas uma oval.

- Demócrito de Abdera (com a ideia do átomo, partículas minúsculas e indivisíveis da matéria)
- Pitágoras de Samos (com a ideia de que os números são a essência das coisas)
- Xenófanes de Cólofon (com a ideia da terra como elemento primordial)
- Heráclito de Éfeso (com a ideia do fogo como elemento primordial)
- Anaxímenes de Mileto (com a ideia do ar como elemento primordial)
- Empédocles de Agrigento (com a ideia do fogo, do ar, da água e da terra como os elementos primordiais)

Seção 4)

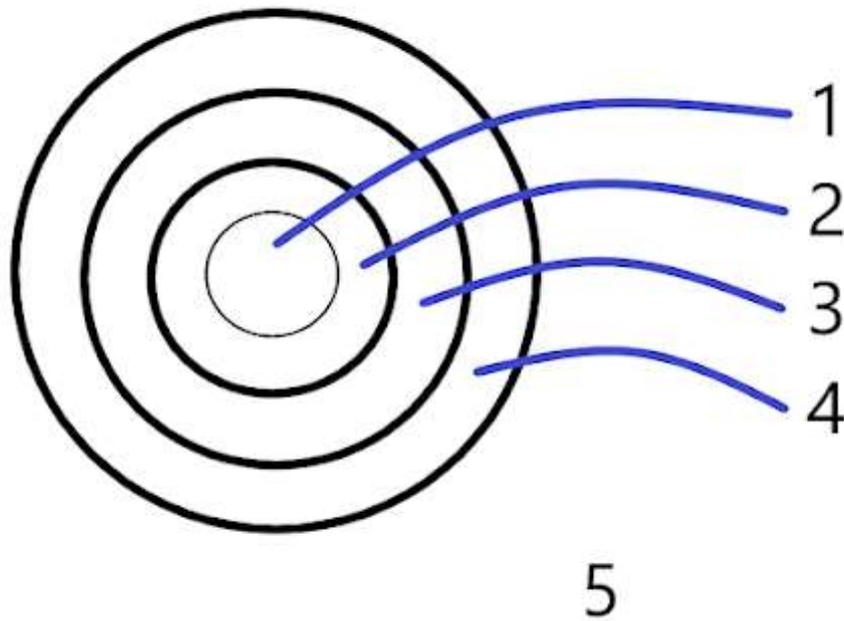
5. 4) A teoria aristotélica afirmava que as propriedades de um objeto (como de ser pesado, leve, seco, úmido, quente, frio, ...) dependeria de sua Natureza, ou seja, do que ele seria constituído. Ao observar os corpos celestes (Lua, Sol, estrelas e planetas) e notar que eles aparentavam ser muito diferentes dos corpos terrestre (Sublunares), o filósofo concluiu: os corpos celestes (Supralunares) são formados de um elemento diferente. Ele deu o nome desse elemento de: *

Marcar apenas uma oval.

- Vácuo
- Éter
- Ápeiron (infinito)
- Arché
- Terra, água, ar e fogo

Seção 5)

6. 5) As observações de Aristóteles o levaram a acreditar que o Universo tem duas regiões com funcionamentos diferentes: o mundo terrestre (Sublunar) e o mundo celeste (Supralunar). Pensando no movimento dos corpos, ele afirmou que haveriam Locais Naturais, ou seja, lugares específicos do espaço para onde os corpos desejariam ir (e se moveriam sozinhos de acordo com sua leveza ou peso). Considerando que na figura abaixo o número 1 representa o centro do Universo, marque corretamente os quais seriam os Locais Naturais para cada um desses elementos (segundo a teoria aristotélica). *



Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Terra	<input type="radio"/>				
Fogo	<input type="radio"/>				
Ar	<input type="radio"/>				
Água	<input type="radio"/>				
Éter	<input type="radio"/>				

Seção 6)

7. 6) A teoria aristotélica separa o movimento dos corpos em: *

Marcar apenas uma oval.

- Movimento Retilíneo e Movimento Circular
- Movimento Lento e Movimento acelerado
- Movimento Natural e Movimento Violento
- Movimento Uniforme e Movimento Uniformemente Variado
- Nenhum dos itens acima

Seção 7)

8. 7) Podemos afirmar que a teoria aristotélica tem 3 pontos importantes: 1º) A Composição da Matéria, 2º) O Movimento dos Corpos e 3º) A Estrutura do Universo. Resumidamente, esses 3 pontos da sua teoria dão resposta para três perguntas básicas: 1ª) do que os corpos são feitos? 2ª) como e porque os corpos se movem? 3ª) como se organiza nosso universo? Com relação à Estrutura do Universo, a teoria aristotélica afirma que: *

Marcar apenas uma oval.

- O Sol é móvel (se move) e está no centro do Universo
- A Terra é móvel (se move) e está no centro do Universo
- A Terra é imóvel (não se move) e está no centro do Universo
Pular para a pergunta 9
- O Sol é imóvel (não se move) e está no centro do Universo

Seção 8)

9. 8) Desde a Antiguidade, o conhecimento astronômico foi essencial nas mais diversas civilizações. Seja como um guia para os navegantes ou para a contagem do tempo. A geometria e a matemática eram e são as ferramentas poderosas dos astrônomos. Na antiguidade se destaca o trabalho de Cláudio Ptolomeu. Esse sábio desenvolveu um sistema matemático incrivelmente preciso, capaz de descrever o movimento dos astros. Seu complexo modelo era baseado na teoria aristotélica. Por mais de 1000 anos, sua obra junto com a física de Aristóteles eram tidas como as absolutamente verdadeiras. Isso começa a mudar quando o astrônomo Copérnico (1473-1543) propõe um modelo Heliocêntrico. Com relação ao modelo de Copérnico marque a opção correta. *

Marcar apenas uma oval.

- O modelo Heliocêntrico de Copérnico apesar de matematicamente correto, foi inicialmente considerado um absurdo porque, entre outras coisas, parecia fisicamente impossível.
- O modelo de Ptolomeu e de Copérnico utilizavam o mesmo referencial, isto é, partiam da ideia de que o Sol está parado no centro e nos movemos em torno dele.
- O modelo de Ptolomeu e de Copérnico utilizavam o mesmo referencial, isto é, partiam da ideia de que a Terra está parada e os astros que se movem ao nosso redor.
- O modelo Heliocêntrico de Copérnico estava incorreto pois a gravidade de fato funciona como Aristóteles ensinava.
- O modelo de Ptolomeu é mais adequado do que de Copérnico, pois está de acordo com os livros da Bíblia.

Seção 9)

10. 9) Os trabalhos do matemático/astrônomo alemão Johannes Kepler foi essencial para a compreensão que começou a ser desenvolvida sobre a gravidade e o funcionamento do nosso sistema solar. De acordo com as Leis de Kepler é correto dizer que: *

Marcar apenas uma oval.

- As órbitas dos planetas em torno do Sol são circulares. A velocidade dos planetas variam ao longo da trajetória. E o tempo que demora para completar uma volta é proporcional à distância do planeta ao Sol (ou seja, do tamanho do semi-eixo maior dessa órbita).
- As órbitas dos planetas em torno do Sol são elípticas. A velocidade dos planetas são constantes ao longo da trajetória. E o tempo que demora para completar uma volta é proporcional à distância do planeta ao Sol (ou seja, do tamanho do semi-eixo maior dessa órbita).
- As órbitas dos planetas em torno do Sol são elípticas. A velocidade dos planetas variam ao longo da trajetória. E o tempo que demora para completar uma volta não depende da distância do planeta ao Sol (ou seja, do tamanho do semi-eixo maior dessa órbita).
- As órbitas dos planetas em torno do Sol são elípticas. A velocidade dos planetas variam ao longo da trajetória. E o tempo que demora para completar uma volta é proporcional à distância do planeta ao Sol (ou seja, do tamanho do semi-eixo maior dessa órbita).
- As órbitas dos planetas em torno do Sol são circulares. A velocidade dos planetas são constantes ao longo da trajetória. E o tempo que demora para completar uma volta não depende da distância do planeta ao Sol (ou seja, do tamanho do semi-eixo maior dessa órbita).

Seção 10)

11. 10) Galileu foi condenado por heresia contra a Igreja por defender o Modelo Heliocêntrico de Universo elaborado por Copérnico. O físico defendia essa ideia pois seus estudos demonstravam que a mecânica aristotélica estava incorreta. Galileu estudou sistematicamente o movimento, e seus experimentos demonstravam que era essencial considerar a resistência do ar para compreendermos o movimento dos corpos na Terra. Com relação as constatações de Galileu, podemos afirmar que: *

Marcar apenas uma oval.

- As ideias de Movimento Natural e Violento estavam corretas. O que Galileu fez foi modificar seus nomes para Movimento Uniformemente Variado e Movimento Uniforme.
- As ideias de Movimento Natural e Violento não estavam corretas. Pois diferente do que os aristotélicos pensavam, eliminando a resistência do meio, quaisquer corpos cairiam com a mesma aceleração, e poderiam se moveriam horizontalmente apenas por Inércia.
- Apenas a ideia de Movimento Violento estava correta, pois seus experimentos demonstravam que os corpos não caem como a teoria aristotélica da gravidade afirmava.
- Apenas a ideia de Movimento Natural estava correta, pois seus experimentos demonstravam que os corpos precisavam de um agente externo para se manter em movimento.
- As ideias de Movimento Natural e Violento estavam corretas. O que Galileu fez foi melhorá-las, adicionando um tratamento matemático.

Seção 11)

12. 11) O conceito de Inércia é um dos mais importantes para a física. Ela aparece nos trabalhos de Galileu. Kepler também já tinha uma alguma noção sobre a Inércia. Newton mais a frente, utiliza esse conceito em sua 1ª lei do movimento (que depois ficou conhecida como 1ª Lei de Newton ou Lei da Inércia). A Inércia foi fundamental no debate sobre a Estrutura do Universo pois: *

Marcar apenas uma oval.

- ao contrário do que os aristotélicos pensavam, por mais rápido que seja o movimento do nosso planeta no espaço, todos os corpos tendem a manter sua velocidade no espaço, e por isso não podemos simplesmente ficar para trás quando o planeta se move. E isso fortaleceu o modelo heliocêntrico.
- se os corpos tendem a manter sua velocidade, isso evidencia que a Terra deve estar imóvel. Pois não há o que possa movê-la do centro. E isso fortaleceu o modelo geocêntrico.
- se os corpos tendem a manter sua velocidades, isso prova a existência do mundo supralunar, onde os astros sem movem em círculos constantemente. E isso fortaleceu o modelo geocêntrico.
- a existência da Inércia prova que os modelo geocêntrico precisava ser melhorado, a Terra está no centro, mas não parada.
- agora sabemos que os corpos além de se mover para seus Locais Naturais (Movimento Natural), se movem livremente pelo espaço (por inércia).

Seção 12)

13. 12) Os estudos de Galileu foram de fato muito importantes para nossa compreensão atual do movimento. Nós entendemos, por exemplo, que os corpos tem inércia, e que em queda livre os corpos caem com uma aceleração gravitacional $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. O estudo de Galileu também demonstrou que um movimento complexo, como o movimento de um projétil, pode ser explicado por meio da ocorrência de dois ou mais movimentos simples. Considere a figura abaixo, onde uma esfera rola em cima até atingir sua borda, caindo sem resistência do ar. Caso essa esfera tenha no início de sua queda uma velocidade horizontal de 1 m/s , o módulo (V) da velocidade dessa esfera após cair por $0,1$ segundos será aproximadamente: *

Marcar apenas uma oval.

- $V = 0 \text{ m/s}$
- $V = 0,98 \text{ m/s}$
- $V = 1 \text{ m/s}$
- $V = 1,4 \text{ m/s}$
- $V = 9,8 \text{ m/s}$

Seção 13)

14. 13) Isaac Newton é um dos cientistas mais importantes da história. Seus trabalhos foram muito importantes para o processo chamado de Revolução Científica. Considerando as suas importantes contribuições científicas, é correto dizer: *

Marcar apenas uma oval.

- que Newton foi genial pois demonstrou o correto funcionamento do movimento com o uso da matemática, alquimia e teologia.
- que sua Teoria da Gravitação Universal causou uma melhora na teoria de Aristóteles e Ptolomeu, estabelecendo que os movimentos dos astros não são circulares, mas elípticos.
- que sua Teoria da Gravitação Universal validou a existência dos mundos Sublunar e Supralunar, e outros planetas foram descobertos por conta de sua teoria.
- que somando os conhecimentos de Aristóteles e Newton temos uma explicação mais completa do Universo. Assim, a visão de mundo cristã-aristotélica permaneceu.
- que sua Teoria da Gravitação Universal causou um rompimento definitivo com a teoria de Aristóteles, estabelecendo uma nova compreensão da organização e funcionamento do nosso Universo, por meio de uma explicação mais adequada da gravidade.

Seção 14)

15. 14) Newton era um atomista, isto é, acreditava que a matéria é formada por átomos. Objetos extremamente pequenos e indivisíveis (que não se pode dividir ou quebrar) que se juntariam para formar todos os corpos que vemos no nosso dia a dia. Atualmente temos uma teoria bastante sofisticada sobre os átomos. Newton já tinha a noção de que a massa dos objetos está relacionada à sua quantidade de matéria (e em outras palavras, à sua quantidade de átomos). O que o cientista percebeu foi que toda matéria tem gravidade, isto é, que "matéria atrai matéria". Com relação a atração gravitacional entre dois objetos, podemos afirmar que: *

Marcar apenas uma oval.

- quanto menor as massas dos dois objetos, maior será a atração gravitacional entre os dois, independente da distância entre eles.
- quanto maior as massas e quanto maior a proximidade dos dois objetos, maior será a atração gravitacional entre os dois.
- quanto menor as massas e quanto menor a proximidade dos dois objetos, maior será a atração gravitacional entre os dois.
- quanto maior a massa dos dois objetos, maior será a atração gravitacional entre os dois, independente da distância entre eles.
- Nenhuma das opções acima.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

GABARITO DO QUESTIONÁRIO 5

Questão 1.

Resposta: Todos os itens.

Questão 2.

Resposta: Aristóteles.

Questão 3.

Resposta: Empédocles de Agrigento (com a ideia do fogo, do ar, da água e da terra como os elementos primordiais).

Questão 4.

Resposta: Éter.

Questão 5.

Resposta: Terra 1, Fogo 4, Ar 3, Água 2 e Éter 5.

Questão 6.

Resposta: Movimento Natural e Movimento Violento.

Questão 7.

Resposta: A Terra é imóvel (não se move) e está no centro do Universo.

Questão 8.

Resposta: O modelo Heliocêntrico de Copérnico apesar de matematicamente correto, foi inicialmente considerado um absurdo porque, entre outras coisas, parecia fisicamente impossível.

Questão 9.

Resposta: As órbitas dos planetas em torno do Sol são elípticas. A velocidade dos planetas varia ao longo da trajetória. E o tempo que demoram para completar

uma volta é proporcional à distância do planeta ao Sol (ou seja, do tamanho do semi-eixo maior dessa órbita).

Questão 10.

Resposta: As ideias de Movimento Natural e Violento não estavam corretas. Pois diferente do que os aristotélicos pensavam, eliminando a resistência do meio, quaisquer corpos cairiam com a mesma aceleração, e poderiam se mover horizontalmente apenas por Inércia.

Questão 11.

Resposta: ao contrário do que os aristotélicos pensavam, por mais rápido que seja o movimento do nosso planeta no espaço, todos os corpos tendem a manter sua velocidade no espaço, e por isso não podemos simplesmente ficar para trás quando o planeta se move. E isso fortaleceu o modelo heliocêntrico.

Questão 12.

Resposta: $V = 1,4 \text{ m/s}$.

Questão 13.

Resposta: que sua Teoria da Gravitação Universal causou um rompimento definitivo com a teoria de Aristóteles, estabelecendo uma nova compreensão da organização e funcionamento do nosso Universo, por meio de uma explicação mais adequada da gravidade.

Questão 14.

Resposta: quanto maior as massas e quanto maior a proximidade dos dois objetos, maior será a atração gravitacional entre os dois.

<p>DÉCIMO PRIMEIRO E DÉCIMO SEGUNDO ENCONTRO</p>	
<p>DURAÇÃO</p>	<p>Duas aulas (sendo 50 minutos cada aula)</p>
<p>PERGUNTAS MOTIVADAS</p>	<p>O que é uma Lei da Física? O que dizem as três Leis de Newton? O que faz um corpo ser acelerado?</p>
<p>OBJETIVOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar as Leis de Newton; • Delimitar o conceito de força (newtoniana); • Correlacionar os parâmetros cinemáticos de velocidade e aceleração às leis de movimento newtoniana; • Justificar a importância, as possibilidades e os limites da teoria de Newton sobre o movimento e a Gravitação Universal.
<p>METODOLOGIA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição e discussão sobre o vídeo 2 <div data-bbox="561 1267 1241 1617" data-label="Image"> </div> <p>https://www.youtube.com/watch?v=ClI30gNJGeA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resolução de atividade (avaliação proposta).
<p>ATIVIDADE (AVALIAÇÃO PROPOSTA)</p>	<p>Questionário 6 https://docs.google.com/forms/d/1M5k59dfUSs7piy1DXOM3yWzzFbNTVaB1ko-F5RRdUa0/</p>

Questionário 6

Atenção, em todas as questões estaremos assumindo que as direções para a direita e para baixo são positivas. Essa atividade serve de preparação para o Questionário 7.

O e-mail do participante (**null**) foi registrado durante o envio deste formulário.

***Obrigatório**

1. E-mail *

2. Digite seu nome: *

3. Qual sua turma? *

Marcar apenas uma oval.

A

B

C

D

E

F

G

Seção sem título

4. 1) Com relação ao conceito de Inércia, podemos afirmar corretamente que: * 100 pontos

Marcar apenas uma oval.

- Todos os corpos têm a tendência de manter um Movimento Retilíneo Uniforme.
- Apenas os corpos mais massivos têm a tendência de manter um Movimento Retilíneo Uniforme
- Apenas os corpos menos massivos têm a tendência de manter um Movimento Retilíneo Uniforme
- Nenhum corpo têm a tendência de manter um Movimento Retilíneo Uniforme.

Seção sem título

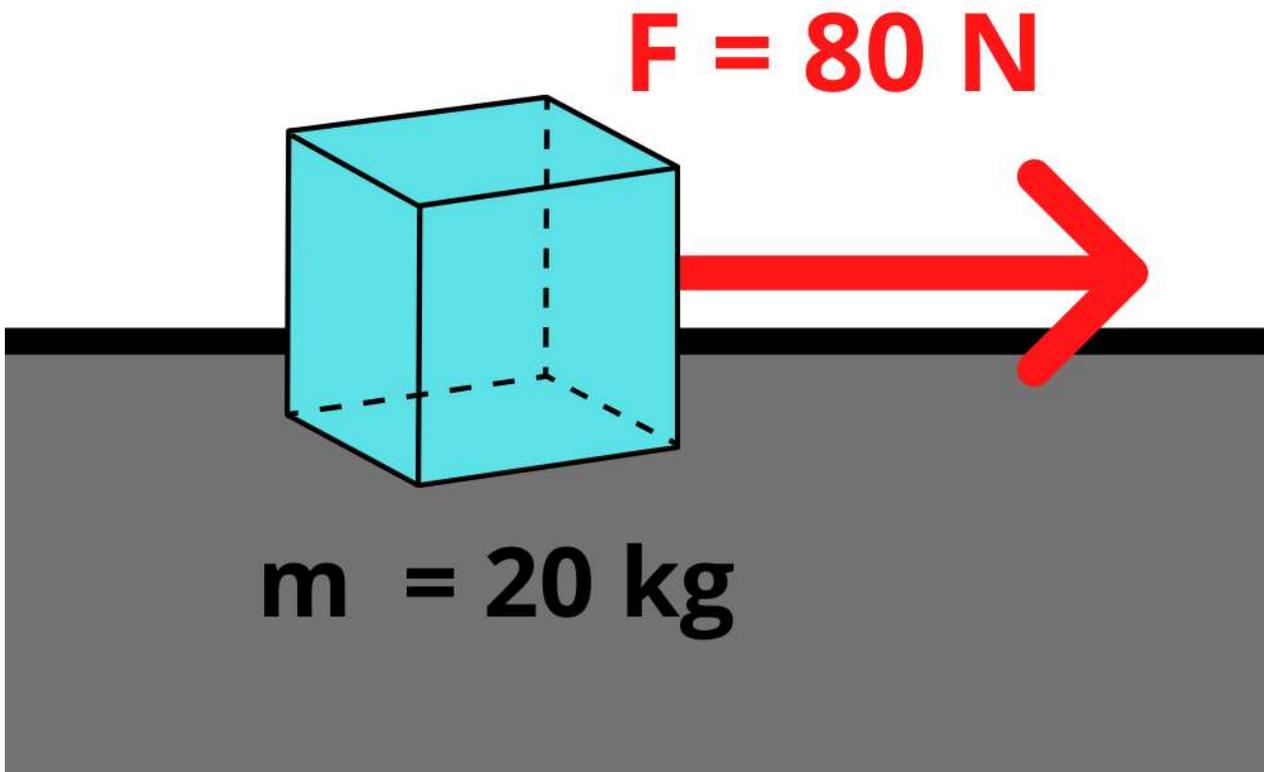
5. 2) A força é: * 100 pontos

Marcar apenas uma oval.

- uma ação incapaz de tirar um corpo da inércia.
- a ação capaz de alterar a velocidade de um corpo.
- a ação necessária para que um corpo tenha ou continue em movimento.
- a mesma coisa que a massa de um corpo.

Seção sem título

FIGURA 1



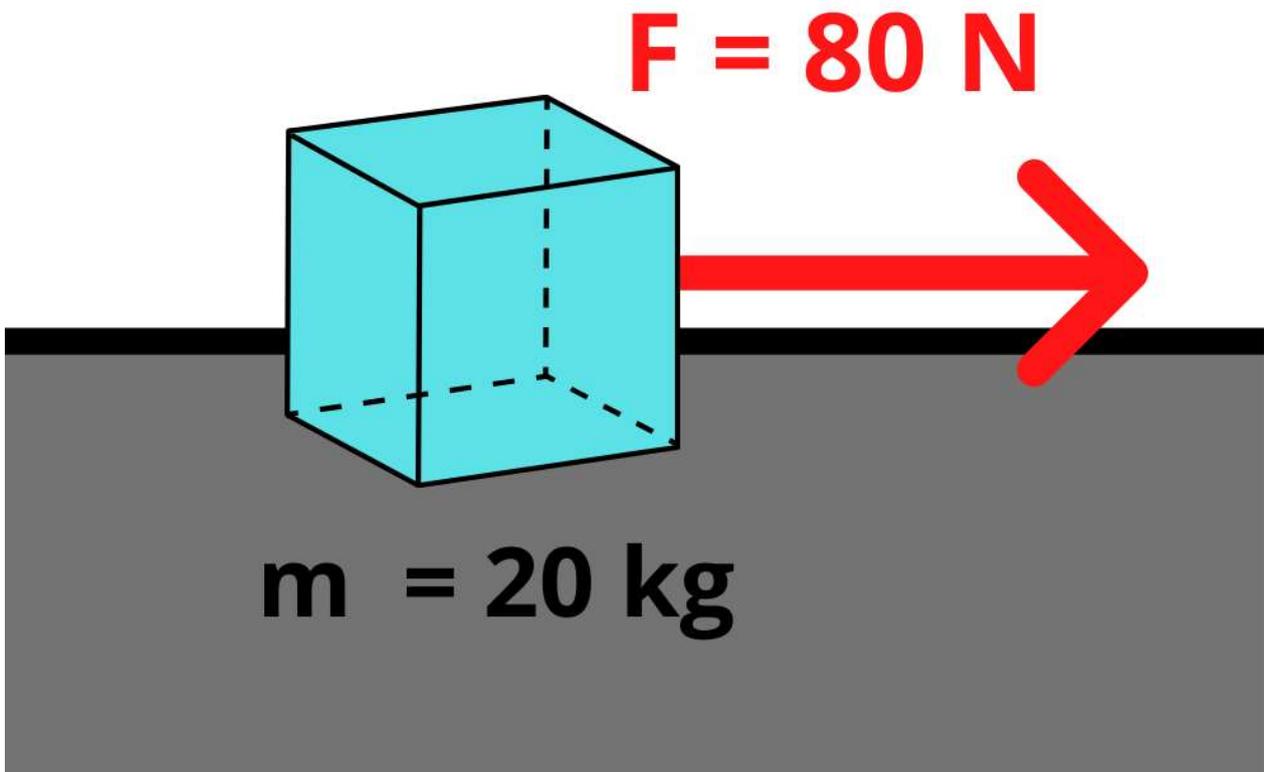
6. 3) Considere o bloco representado acima (FIGURA 1). Qual a aceleração (a) obtida por ele, sabendo que sua massa é igual a 20 quilogramas ($m = 20 \text{ kg}$), e que ele está sob ação de apenas uma força $F = 80 \text{ N}$ para a direita? *

Marcar apenas uma oval.

- 1 m/s^2
- 2 m/s^2
- 3 m/s^2
- 4 m/s^2

Seção sem título

FIGURA 1



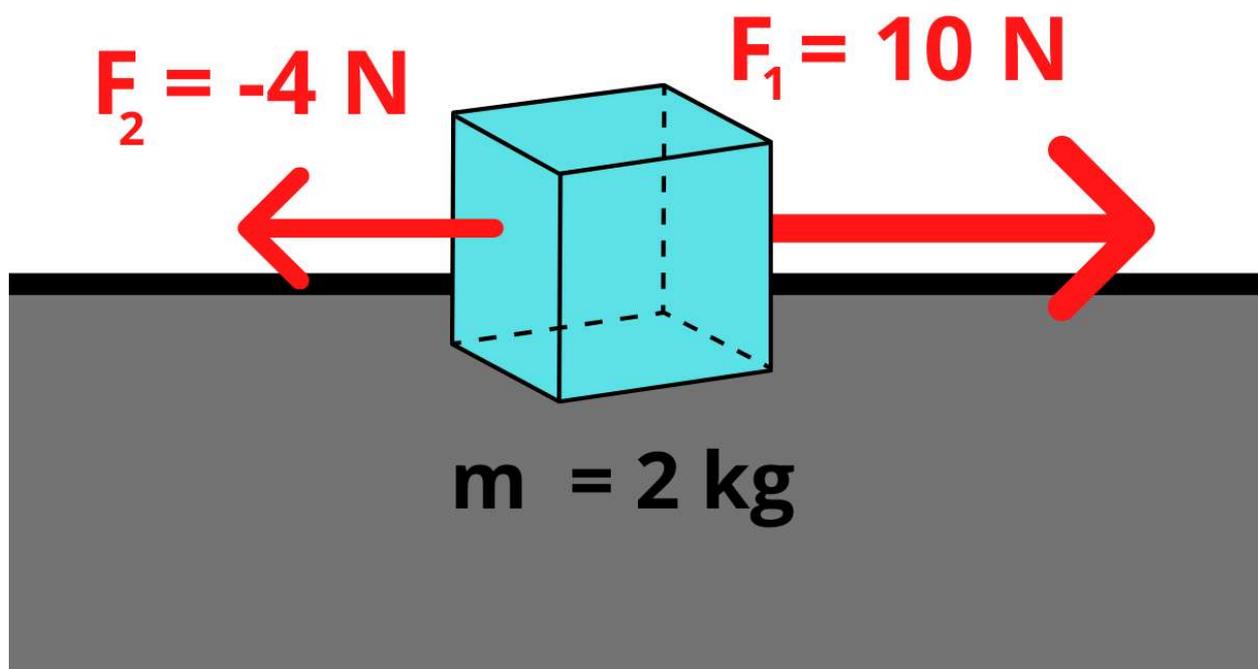
7. 4) Caso a mesma força $F = 80 \text{ N}$ fosse aplicada a outro bloco com o dobro da massa, isto é, $m = 40 \text{ kg}$. A aceleração que ele obteria seria: * 100 pontos

Marcar apenas uma oval.

- menor que a do bloco anterior ($m = 20 \text{ kg}$).
- igual que a do bloco anterior ($m = 20 \text{ kg}$).
- maior que a do bloco anterior ($m = 20 \text{ kg}$).
- Outro: _____

Seção sem título

FIGURA 2



8. 5) Como representado na figura acima (FIGURA 2), considere um bloco de massa $m = 2 \text{ kg}$, que está sob ação de duas forças ($F_1 = 10 \text{ N}$ e $F_2 = -4 \text{ N}$). Adotando o sentido para a direita como positivo, e sendo essa superfície sem atrito, o valor Força Resultante (F_r) sobre o bloco será: *

Marcar apenas uma oval.

- $F_r = 10 \text{ N}$
- $F_r = -6 \text{ N}$
- $F_r = 6 \text{ N}$
- $F_r = 14 \text{ N}$

Seção sem título

9. 6) Agora, qual é o valor do seu Peso (P) do bloco, considerando que sua massa é igual a 20 quilogramas ($m = 20 \text{ kg}$), e que ele esteja na superfície da Terra? Ou seja, que a aceleração gravitacional (g) seja $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. *

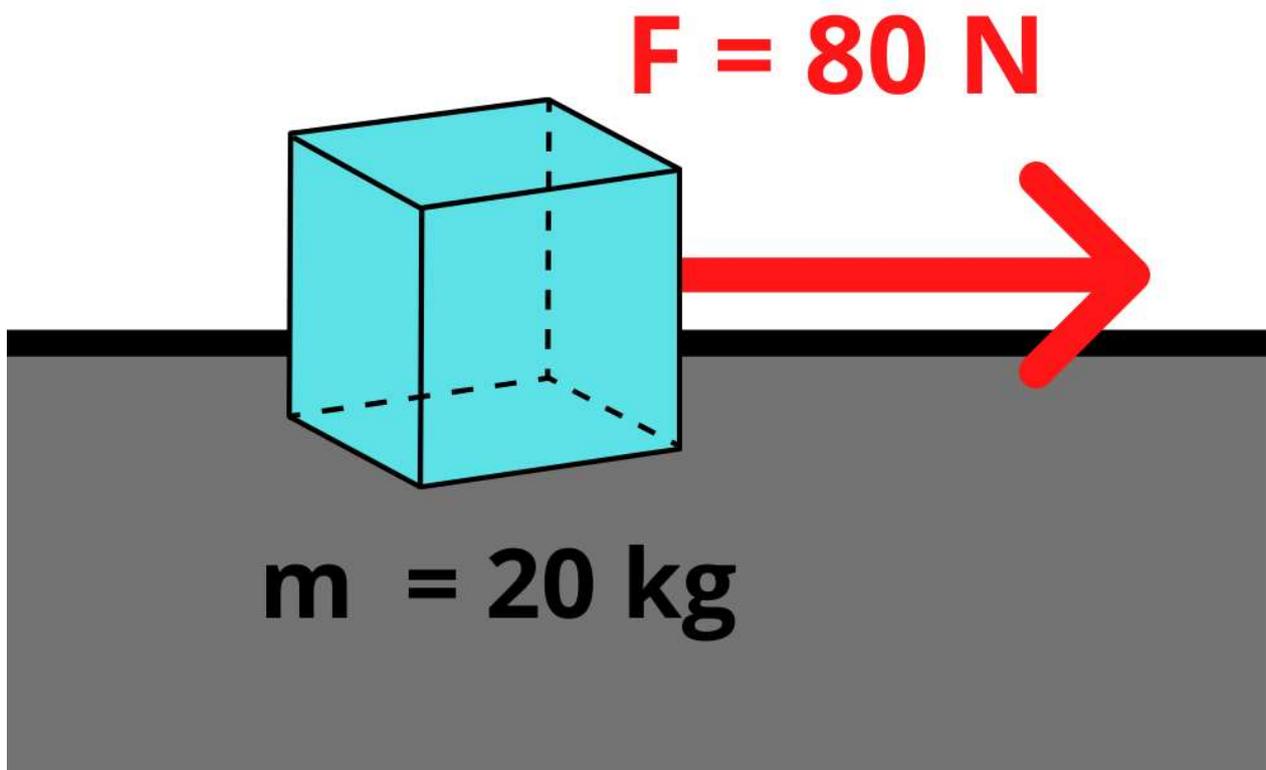
100 pontos

Marcar apenas uma oval.

- P = 9,8 N
- P = 98 N
- P = 19,6 N
- P = 196 N

Seção sem título

FIGURA 1



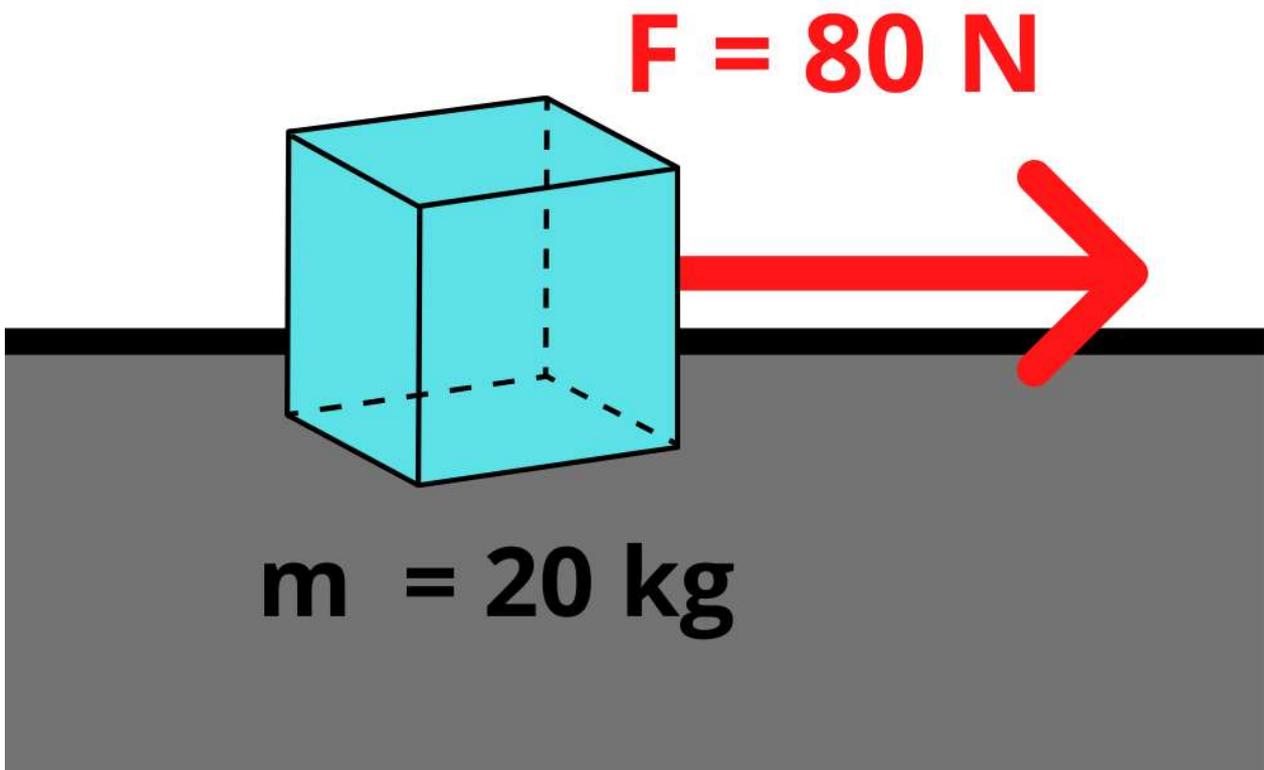
10. 7) Caso esse bloco esteja parado sobre o chão horizontal, podemos dizer que Força Normal que atua sobre ele tem: * 100 pontos

Marcar apenas uma oval.

- o mesmo valor, direção e sentido de sua força Peso.
- o mesmo valor, mas direção e sentido diferentes ao seu Peso.
- o mesmo valor e direção, mas sentido contrário ao seu Peso.
- valor, direção e sentido diferentes ao seu Peso.

Seção sem título

FIGURA 1



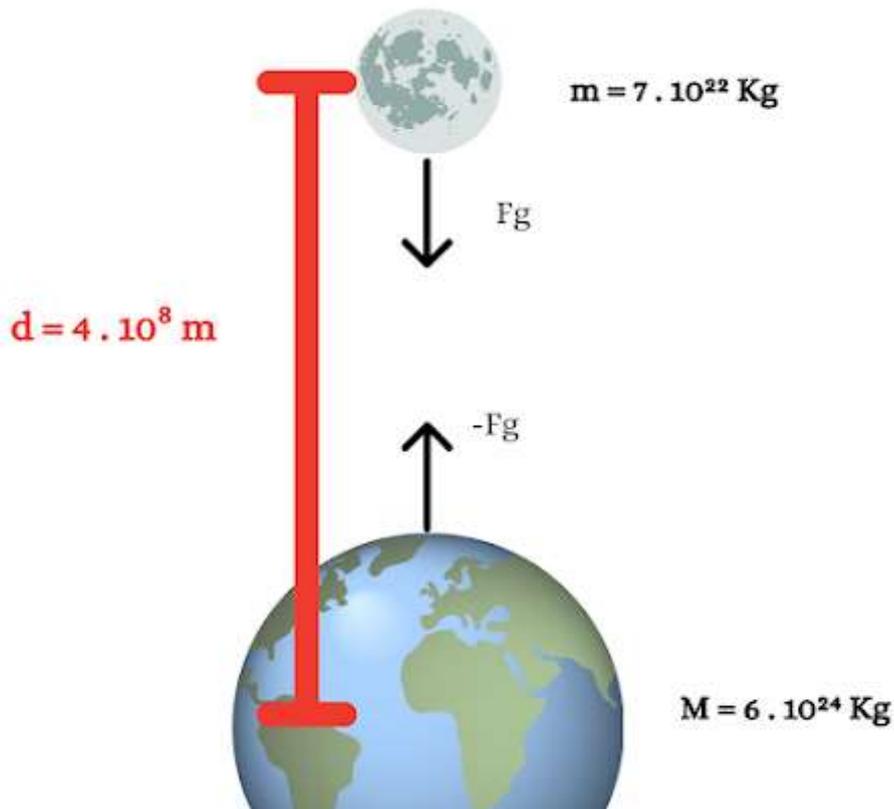
11. 8) Em situações reais as superfícies não são perfeitamente lisas. 100 pontos
- Considere novamente o bloco da FIGURA 1 (com $m = 20 \text{ kg}$ e sob ação da força $F = 80 \text{ N}$), e agora, que ele esteja em uma superfície áspera, com coeficiente de atrito dinâmico igual a $\mu = 0,4$. Sabendo que o valor da aceleração gravitacional é $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, o valor da da Força de Atrito (Fat) será: *

Marcar apenas uma oval.

- Fat = - 78,4 N
- Fat = 78,4 N
- Fat = 196 N
- Fat = - 196 N
- Fat = - 8 N

Seção sem título

FIGURA 3



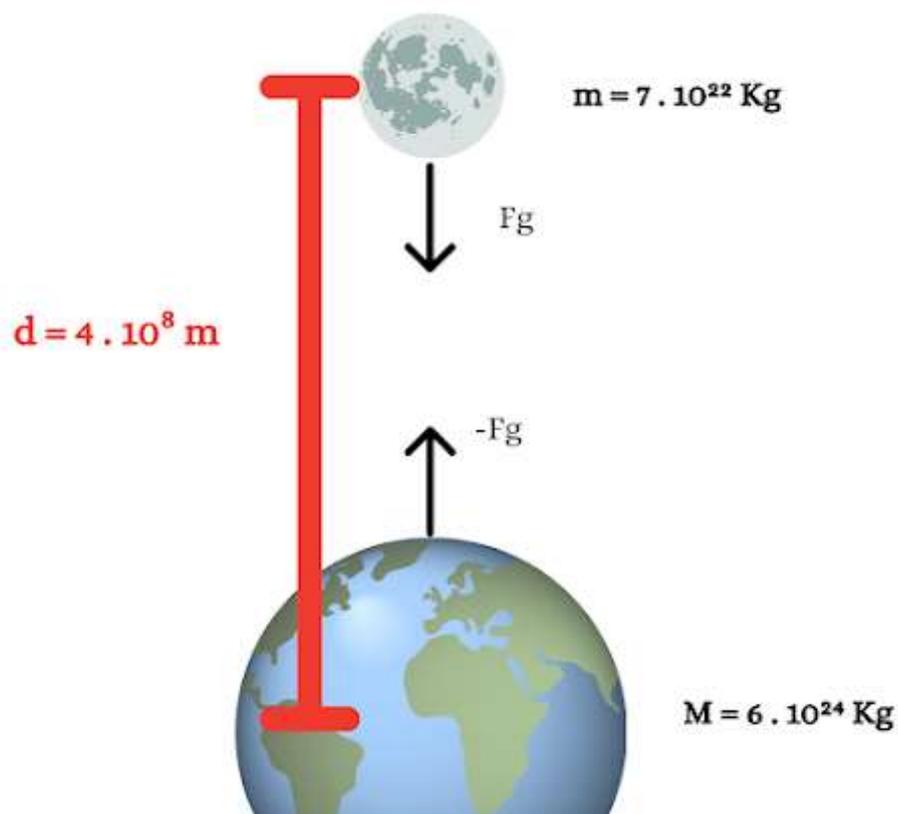
12. 9) De acordo com a 3ª lei de Newton podemos afirmar que a única coisa que é diferente entre a ação e reação gravitacional entre a Terra e a Lua: é: *
- 100 pontos

Marcar apenas uma oval.

- a intensidade da força.
- a direção da força.
- o sentido da força.
- a potência da força.

Seção sem título

FIGURA 3



13. 10) Como discutimos nos vídeos postados na plataforma. A Teoria Newtoniana também serve para tratar problemas astronômicos. Newton demonstrou que se soubermos as massas de dois astros, e a distância que existe entre eles, conseguimos calcular a Força Gravitacional (F_g) que há entre os dois. Considere os dados da FIGURA 3, isto é, a massa da Lua (m) e da Terra (M) e a distância (d) entre as duas, e o valor da Constante Gravitacional $G = 7 \cdot 10^{-11}$ (Nm^2/kg^2). Calcule o valor da força gravitacional F_g *
- 100 pontos

Marcar apenas uma oval.

- $F_g = 9 \cdot 10^{19}$ N
- $F_g = 11 \cdot 10^{19}$ N
- $F_g = 15 \cdot 10^{19}$ N
- $F_g = 18 \cdot 10^{19}$ N

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

GABARITO DO QUESTIONÁRIO 6**Questão 1.**

Resposta: Todos os corpos têm a tendência de manter um Movimento Retilíneo Uniforme.

Questão 2.

Resposta: a ação capaz de alterar a velocidade de um corpo.

Questão 3.

Resposta: 4 m/s^2 .

Questão 4.

Resposta: menor que a dor bloco anterior ($m = 20 \text{ kg}$).

Questão 5.

Resposta: $F_r = 6 \text{ N}$.

Questão 6.

Resposta: $P = 196 \text{ N}$.

Questão 7.

Resposta: o mesmo valor e direção, mas sentido contrário ao seu Peso.

Questão 8.

Resposta: $F_{at} = - 78,4 \text{ N}$.

Questão 9.

Resposta: o sentido da força.

Questão 10.

Resposta: $F_g = 18 \cdot 10^{19} \text{ N}$.

APÊNDICE I

APOSTILA DA UNIDADE 1: MECÂNICA – CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO À FILOSOFIA NATURAL

Autoria: Israel Marinho Araújo

Objetivo: o material didático desta unidade foi produzido com o intuito de oferecer uma sucinta introdução histórica e conceitual para a Mecânica Clássica. Esse texto intenta: descrever a existência de diferentes tipos de conhecimento; distinguir mitologia, filosofia e ciência; identificar o surgimento da filosofia natural; reconhecer algumas das primeiras perguntas e ideias sobre a natureza elaboradas pela filosofia grega. Essa unidade fundamenta teórica e metodologicamente os conteúdos abarcados no primeiro e segundo encontro (ou aula) da sequência didática proposta.

FÍSICA



DE TALES DE MILETO A ISAAC NEWTON

Mecânica Clássica

Israel Marinho Araújo – Brasília-DF, 2022.

1. A Mitologia, a Filosofia e a Ciência

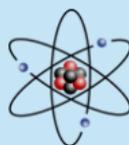
Vocês sabem qual o significado das palavras **Mitologia**, **Filosofia** e **Ciência**? A **Ciência** é uma área do **conhecimento** muito importante. Ou melhor, é um jeito de examinar e compreender as coisas. A Física é uma das **Ciências da Natureza**, logo, a Física é uma das áreas de conhecimento sobre a **Natureza**. Em outras palavras, é uma prática humana dedicada a produzir conhecimento sobre o **mundo** que nos cerca. Podemos dizer que as “descobertas” científicas, além de interessantes, são úteis para entendermos o funcionamento do nosso **Universo**. Além disso, a ciência é muito útil para solucionarmos diversos problemas de nossas vidas. Por exemplo, por meio do método científico podemos estudar e conhecer melhor as doenças e, assim, criar **remédios** mais eficazes. Ou criarmos sistemas de distribuição de **energia elétrica** para iluminar nossas casas e possibilitar o uso dos nossos aparelhos elétricos. As aplicações do **conhecimento científico** no nosso cotidiano são incontáveis!



Para entendermos melhor a Ciência e a Física, vamos discutir primeiro outros conhecimentos que **não são científicos**.

A palavra **ciência** vem do latim “**scientia**”, e pode ser traduzida como “**conhecimento**”.

A **Física**, a **Química** e a **Biologia** formam o que chamamos de **Ciências da Natureza!**



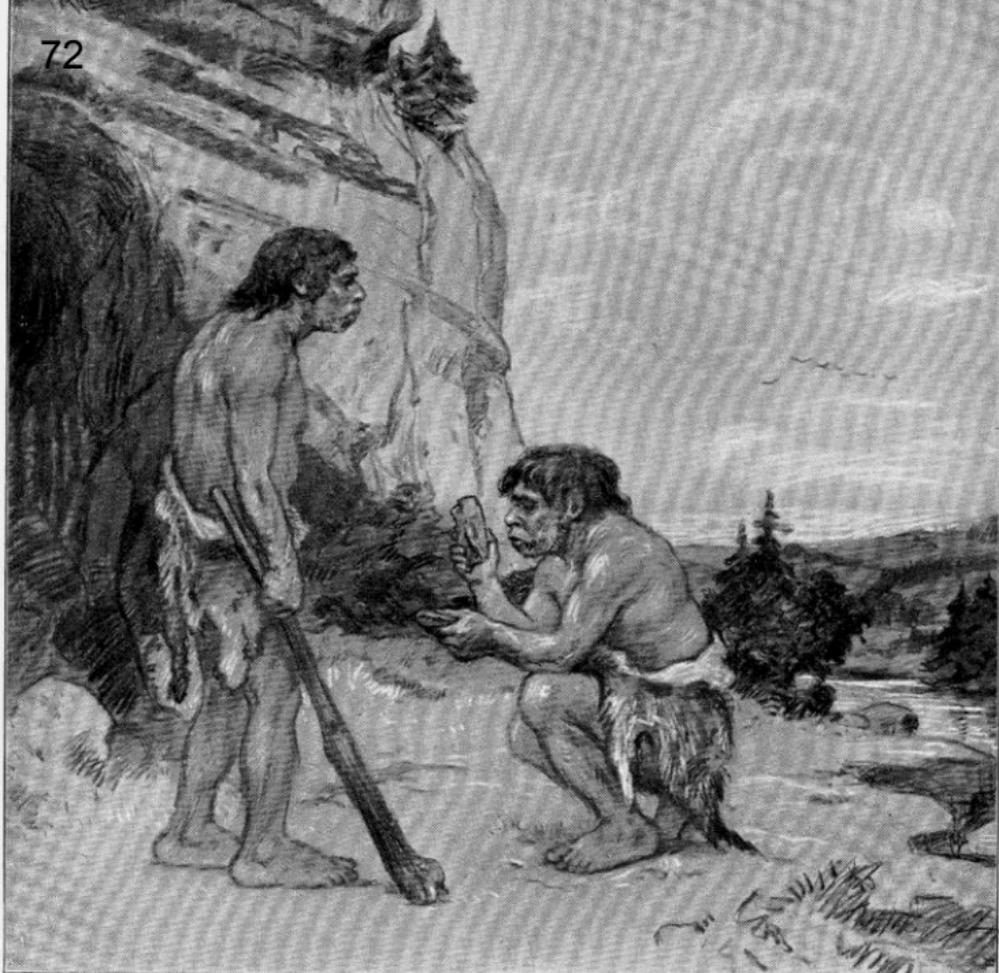


Figura 2 – Homens Neandertais – Autor: Charles Knight (1911)

1.1 Mitologia

Imagine a vida dos “primeiros” homens e mulheres que viveram na **Terra**, há milhares de anos atrás. Nossos antepassados tiveram, por muito tempo, um estilo de vida **nômades**. Ou seja, não tinham uma **moradia** em um local fixo. Os nômades mudavam de lugar permanentemente, vagavam pelo mundo buscando recursos necessários à sua **sobrevivência**. Caçavam animais, colhiam frutas e utilizavam ferramentas muito “simples” (como estacas, varas e pedras afiadas). Não haviam panelas para cozinhar, facas para cortar o alimento, muito menos gela-

deiras para guardar o que sobrasse. Meio tenso, né?

Adquirir **conhecimento** para **aperfeiçoar** as ferramentas, as técnicas, foi de certa forma uma **necessidade**. Os nômades iam migrando em busca de alimento e proteção, e foi assim que as mulheres e os homens se espalharam pelo mundo.

Ao longo do tempo, fomos desenvolvendo uma série de conhecimentos, e, hoje, temos uma vida extremamente diferente da dos nossos antepassados, principalmente por termos dominado algumas técnicas (tecnologias), como é o caso da **agricultura** (saber plantar e colher).

Aliás, foi justamente com o desenvolvimento da **agricultura** que as pessoas mudaram radicalmente o seu estilo de vida. Ter recursos (água, comida, etc) suficientes para morar sempre no mesmo local, possibilitou o surgimento de povoados e, posteriormente, das cidades e dos países. Deixamos de ser **nômades** para sermos "**sedentários**". Temos muitas evidências de que, além da **agricultura**, outra tecnologia foi fundamental para que "saíssemos das cavernas": a arte de criar e manipular o **fogo**.

O fogo nos esquentava, serve para cozinhar alimentos, afugentar animais, iluminar na escuridão, e é essencial a **metalurgia** (produção e manipulação de **metais**). Demoraram milhares de anos para que nós (humanos) conseguíssemos '**dominar**' a agricultura e o fogo. Demorou para percebermos que enterrar partes das plantas, como as sementes, faria nascer árvores do mesmo tipo. Que lascas de duas pedras, uma na outra, poderia produzir faíscas capazes de incendiar folhas secas. Ou que esfregando insistentemente dois gravetos, poderíamos fazer surgir uma chama.

*Mas por que conseguimos produzir fogo dessas duas maneiras? E por que conseguimos criar fogo com tanta facilidade atualmente? Aliás, o que é o fogo? Sem dúvida, responder essas e outras perguntas requer algum tipo de **conhecimento**.*



Figura 3: Grécia Antiga (parte colorida)

Ao longo do tempo, muitas pessoas deram ao fogo um caráter **sobrenatural**, achavam que ele era uma substância divina, de natureza mística. Antes de existirem os países como conhecemos na atualidade, há mais de 2000 anos atrás existiu uma importante civilização: a **Grécia Antiga** (veja).

A Grécia Antiga não era um país, mas, sim, um conjunto de cidades que compartilhavam a mesma língua, os costumes, a religião e algumas leis...

Os gregos costumavam explicar os fatos de acordo com a sua fé politeísta, isto é, de acordo com um conjunto de lendas (**mitos**) sobre os seus vários deuses. Atualmente, nós costumamos chamar esse conhecimento de **Mitologia Grega**, pelo fato de se basear em mitos. Você já deve ter ouvido falar de Zeus, Hades, Atenas, Poseidon, etc. Essas lendas narram a criação do mundo, do céu, da humanidade, e de tudo o que existe (incluindo o fogo, claro).

De acordo com a Mitologia Grega:

“Antes da criação da humanidade, os deuses gregos venceram uma grande luta contra a legião de gigantes; os **Titãs**. A maioria dos Titãs foram destruídos ou levados ao inferno eterno de Tártaro. Mas o Titã **Prometeu** [Figura 3], cujo nome significa “presságio” [ou “previsão”], convenceu seu irmão Epimeteu a lutar com ele no lado dos deuses. Como agradecimento, Zeus encarregou os irmãos com a tarefa de criar todas as coisas vivas. Epimeteu tinha que distribuir os presentes dos deuses entre as criaturas. Para alguns, ele deu o voo [como aos pássaros]; para outros, a habilidade de mover-se pela água [como aos peixes] ou correr pela grama como aos cavalos]. Ele deu aos monstros escamas brilhantes, pelo macio e garras afiadas. Enquanto isso, Prometeu **moldava os primeiros humanos com argila**.

Ele os fez segundo a imagem dos deuses, mas Zeus ordenou que eles [os humanos] deveriam ser mortais e adorar os habitantes do Monte Olimpo [os deuses] de baixo [por exemplo ofertando sacrifícios]. Zeus considerava os humanos criaturas submissas, vulneráveis aos elementos e dependentes dos deuses para proteção. Contudo, Prometeu havia imaginado um propósito maior para suas rústicas criações.

*Quando Zeus perguntou a ele como seriam feitos os sacrifícios [de adoração aos deuses], o astuto Prometeu planejou uma trapaça que daria vantagem aos humanos [...]. Irado, Zeus proibiu o uso do **fogo** na Terra, quer fosse para cozinhar carne ou qualquer outro propósito. Mas Prometeu se recusou a ver suas criaturas sem este recuso.*

Figura 3 – Prometeu criando o “homem”





Figura 4 – Prometeu leva o fogo para a humanidade (Heinrich Fuger)

*Ele então escalou o monte Olimpo para roubar o **fogo** do altar de Hefesto e Atenas [Figura 4]. Ele escondeu as chamas num talo oco de uma planta e o levou com segurança ao povo. Isso os deu o poder de controlar a natureza para seu benefício próprio e por fim, dominar a ordem natural. Com o fogo, os humanos podiam cuidar de si mesmos com comida e aquecimento. Mas eles também podiam confeccionar armas e travar batalhas.*

As chamas de Prometeu serviram como um propulsor para o progresso da civilização.

Quando Zeus olhou o cenário abaixo, ele percebeu o que tinha acontecido. Prometeu

havia ferido seu orgulho mais uma vez e desrespeitado sua autoridade. Furioso, Zeus impôs um castigo brutal. Prometeu ficaria acorrentado a um penhasco para sempre. Diariamente, ele seria visitado por um abutre [ave] semelhante aos urubus] que arrancaria seu fígado e todas as noites seu fígado cresceria para ser atacado novamente pela manhã”.

O trecho acima foi adaptado de:
[The myth of Prometheus - Iseult Gillespie](#) - Ted-Ed.

Esse pequeníssimo pedaço da **Mitologia Grega** nos mostra como a crença nessas lendas e entidades superiores (os deuses, os gigantes, etc) ajudava os gregos a “compreender” coisas importantes de seu cotidiano. Observe, o mito de Prometeu explica, entre outras coisas, a origem da **humanidade**, dos **animais**, e como chegamos a dominar o **fogo**. Prometeu teria nos criado moldando argila, presenteou-nos com o fogo para que pudéssemos, apesar de frágeis e mortais, cuidar de nós mesmos.

Mas... tudo isso aconteceu assim mesmo? Como surgiram essas narrativas, esses mitos? Existem evidências de que essas coisas aconteceram? E se eu duvidar da mitologia dos deuses gregos, como poderei explicar essas coisas, o surgimento da Terra, dos céus, das estrelas, do mar, da humanidade, dos animais e de tudo o que existe?

1.2 Filosofia Natural

Com a intenção de responder essas e outras perguntas surgiu na Grécia Antiga uma outra forma de conhecimento muito importante que não se baseava em lendas, e influenciou fortemente a história da humanidade. Estamos falando da **Filosofia**, essa área do saber que é considerada a “mãe da ciência”. A palavra **Filosofia** (do grego *Φιλοσοφία*) significa “amor pelo conhecimento” ou “amor pela sabedoria” e, diferente da Mitologia, não baseia suas explicações na crença em mitos. O conhecimento filosófico se desenvolve por meio do **estudo** e **debate** de questões relevantes para a época, na **discussão crítica** destas questões, e as explicações se baseiam no pensamento ou raciocínio **lógico**, que pode ser aceito ou não. Até hoje, essa área do conhecimento se dedica a estudar questões fundamentais sobre: a própria **realidade**, os valores morais e estéticos, a razão, a mente, o próprio conhecimento, etc.

Na **Grécia Antiga**, muitos dos “primeiros filósofos”, que chamamos atualmente de **pré-socráticos**, dedicavam-se a estudar questões básicas sobre a **Natureza**, ou seja, da **physis**.

Os pré-socráticos pensavam e **teorizavam** sobre a origem mundo e a composição das coisas, ou seja, refletiam sobre a **Natureza**. Um estudioso chamado **Tales** [Figura 5], nascido em 624 a.C em uma cidade grega chamada **Mileto**, é considerado por alguns o primeiro filósofo da Grécia. Foi fundador de uma escola grega muito importante, teve muitos discípulos e suas ideias tornaram-se muito influentes.

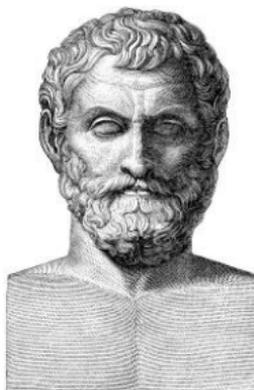


Figura 5 – Tales



Figura 6 - Deméter

Uma deusa muito cultuada na Grécia chamava-se **Deméter** [Figura 6], a deusa da **agricultura**. Muitos a adoravam na intenção de obter boas colheitas. Tales, entretanto, notava, por meio de suas **observações**, que uma boa colheita estava, na verdade, relacionada com uma boa plantação e condições climáticas favoráveis (**chuva** e **Sol**), e não com o quanto alguém adorava Deméter. Ele não recorreu

Physis significa **Natureza** em grego. Mas **Natureza** aqui não tem a ver com florestas, árvores e animais, somente. Natureza, nesse contexto, tem um significado amplo, como: “mundo real”, “mundo concreto”, “mundo físico” ou “realidade”. A Natureza é o mundo que nos cerca, externo a nós. As coisas do Universo que existem independente de nós.

aos mitos para embasar suas explicações, mas buscou por meio do raciocínio lógico, **causas naturais** para os fenômenos que observava cuidadosamente. Há relatos de que Tales teria grande conhecimento de **matemática, geometria e astronomia** (estudo dos corpos **celestes**), sendo o primeiro grego a "prever" um **eclipse solar** ainda no ano de 585 a.C.

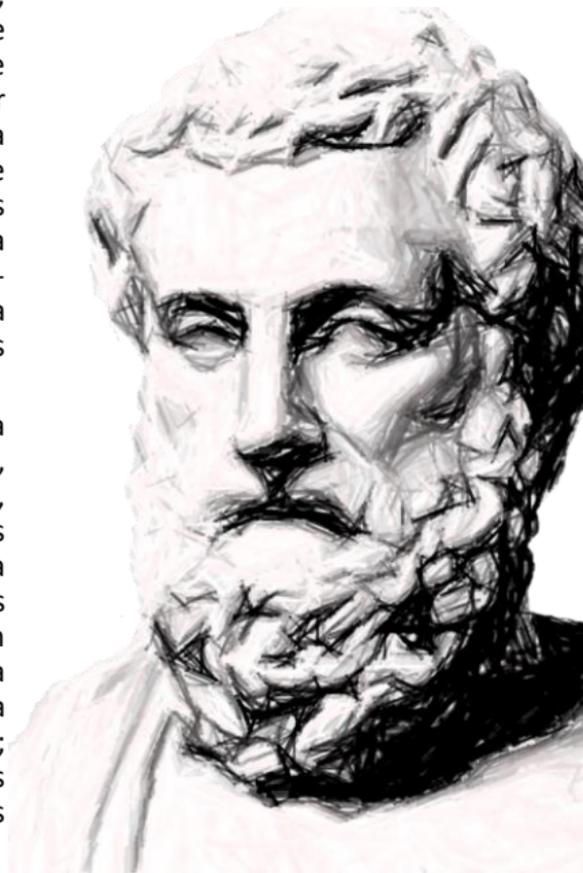
O filósofo passou grande parte de sua vida pensando sobre a **origem de tudo**, sobre o que deveria ter existido primeiro, a primeira coisa do Universo. Quando Tales pensava sobre algo que deveria ter originado todo o restante, ele imaginava uma **substância primordial**, algo que deveria: 1) ser capaz de formar qualquer coisa, e por isso ser encontrada em tudo; 2) ser essencial para a vida; e 3) ter a capacidade de movimento, de provocar mudanças. Após atingir uma certa idade refletindo sobre suas observações, Tales defendeu que essa **substância primordial** deveria ser a água; ou seja, a água seria a **essência** de todas as coisas no Universo.

Tales notou que a vida depende da água, sempre presente nas plantas, nos animais, e em nós mesmos. Além de brotar da terra, compõe a chuva, os rios e mares, estando em toda parte. Mileto era uma cidade no litoral, e Tales fazia muitas viagens de barco; observou que as ilhas ficavam "maiores" quando as águas dos rios abaixavam.

Para ele, isso seria uma evidência de que a água poderia e estaria se transformando em terra.

Hoje em dia, pode parecer um pouco esquisit (maluca?) a ideia de que a água pode se transformar em outras coisas, sendo o princípio de tudo que existe. Porém, essa maneira de pensar (a partir de **argumentos lógicos** e procurando **causas naturais** para os fenômenos do mundo) foi um **rompimento com o pensamento mitológico**, influenciando grandemente os estudiosos que vieram depois.

Um fato importante para o desenvolvimento do conhecimento é a escrita. Escrever é um jeito de registrar as informações,



e teorias e, caso não haja registro, um conhecimento ou ideia pode simplesmente se perder ao longo do tempo. Tales não chegou a registrar sua própria filosofia, mas conhecemos suas ideias pelos escritos de outros filósofos que falavam sobre ele.

As principais fontes escritas que temos das ideias de Tales foram escritas por **Aristóteles** (384 a.C. - 322 a.C.), que se tornaria um dos filósofos mais influentes de toda a história humana.

Nascido em 384 a.C. na **Macedônia** (região da Grécia Antiga), Aristóteles era filho de um médico do rei. Mudou-se para Atenas com 17 anos, tornando-se aluno na **Academia** (uma escola fundada por seu mestre **Platão**). Aristóteles escreveu com muita profundidade sobre um grande número de temas, como: lógica, crítica, retórica, física, biologia, psicologia, matemática, metafísica, ética e política (sendo radicalmente importante na maioria desses temas).

Vários textos de Aristóteles que tratavam de uma mesma temática foram organizados por seus discípulos, virando livros. Um livro importante recebeu o nome de **Metafísica**.

Neste livro, Aristóteles afirma que Tales de Mileto teria sido o fundador da filosofia natural (filosofia relacionada à reflexão sobre a Natureza, sobre as causas naturais dos fenômenos), mas criticou suas ideias, incluindo a da água como

base material das coisas do mundo, ou seja, de que “tudo teria se formado a partir da água”.

Havendo sido muito influenciado por seus antecessores (como Tales, Sócrates e Platão), Aristóteles desenvolveu um raciocínio sistemático, metódico e muito rigoroso, que o guiou em suas investigações nas várias áreas. Seus estudos se tornaram muito influentes no mundo (Ocidental), e durante milhares de anos após a sua morte, suas ideias foram tidas como a única explicação verdadeira sobre o mundo. A **Ciência** como a conhecemos atualmente, teve início quando as ideias de Aristóteles são questionadas. O filósofo levantou boa parte das questões que os cientistas começaram a estudar.

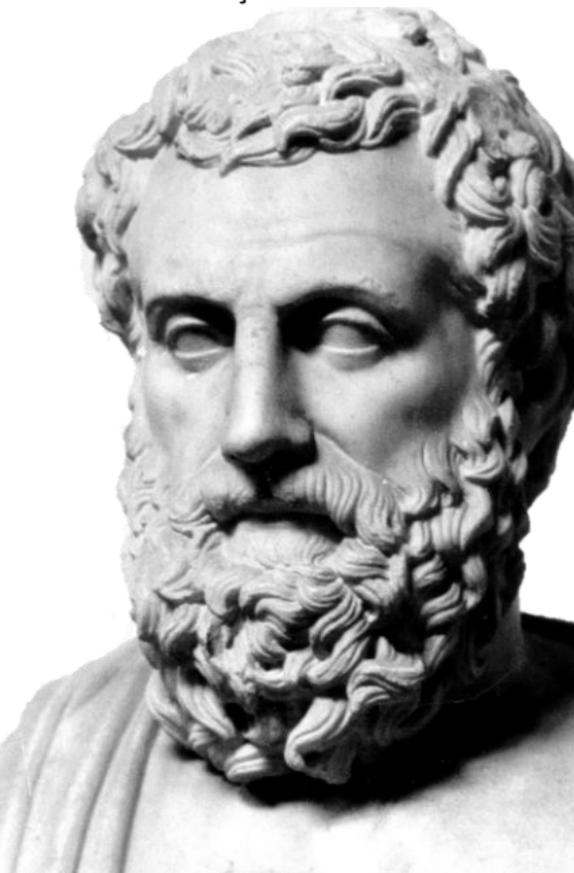


Figura 7 - Aristóteles

Saiba mais!

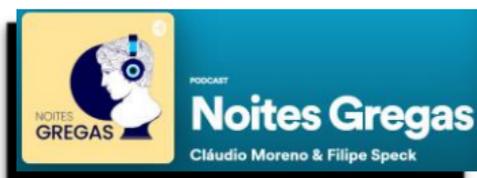
Você sempre pode saber mais. Essas são algumas sugestões, basta **clicar** na imagem para acessar.



Esse é um vídeo curtinho sobre [O Mito de Prometeus](#).

Por Iseult Gillespie

Dica: ative a legenda em Português.



Esse é o [link](#) para o primeiro episódio de um *PODCAST* muito bom sobre [Mitologia Greco-Romana](#).



Esse é o [link](#) para uma *playlist* sobre a [Evolução e dispersão dos hominídeos](#) (Humanos?).

Com o paleontólogo Paulo Miranda (Pirulla).



Esse é o [link](#) para uma *playlist* sobre a [História da Grécia Antiga](#).

Com o professor Donald Kagan

APÊNDICE II

APOSTILA DA UNIDADE 2: MECÂNICA – CAPÍTULO 2 - FILOSOFIA NATURAL E ARISTÓTELES

Autoria: Israel Marinho Araújo

Objetivo: o material didático desta unidade foi produzido com o intuito de oferecer uma sucinta introdução histórica e conceitual da Teoria de Tudo de Aristóteles. Particularmente, esse texto intenta: explicar desenvolvimento do conhecimento acadêmico; demonstrar principais pontos da Teoria de Tudo, de Aristóteles (Constituição da Matéria, Movimento dos Corpos e Estrutura do Universo); relacionar a relevância histórica e conceitual da teoria aristotélica à história ocidental; associar a proposta aristotélica ao estabelecimento da visão de mundo cristã-aristotélica. Essa unidade fundamenta teórica e metodologicamente os conteúdos abarcados no terceiro e quarto encontro (ou aula) da sequência didática proposta.

FÍSICA



DE TALES DE MILETO A ISAAC NEWTON

Mecânica Clássica

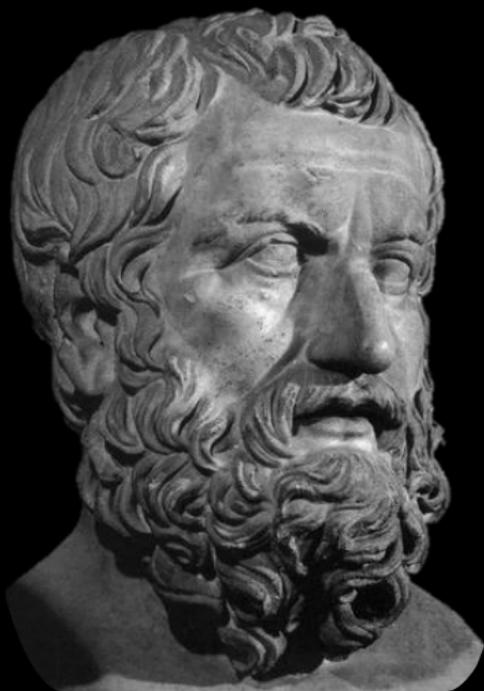
Israel Marinho Araújo, Brasília-DF, 2022

2 . A Filosofia Natural de Aristóteles

Em toda as partes do mundo, nos diferentes povoados, as homens e mulheres foram aperfeiçoando seus conhecimentos, desenvolvendo suas tecnologias ao longo dos anos. Como já discutimos, a **mitologia** (conjunto de lendas com personagens divinos) teve papel central na cultura dos povos antigos. Na Grécia Antiga, por volta de 600 anos antes de Cristo, essa maneira de explicar o mundo começa a ceder espaço para um outro tipo de saber, a **Filosofia**. Ao longo desses textos você perceberá que a Filosofia grega ocupa uma papel fundamental na história da humanidade.

Costumamos chamar de **pré-socráticos** alguns dos primeiro pensadores gregos de que temos registros. Esses filósofos tinham em comum o fato de terem vivido antes de **Sócrates** (e por isso o nome pré-socráticos), e também a vontade de entender ou explicar a **Natureza**, isto é, a origem e o funcionamento do nosso mundo e de tudo o que existe. **Tales de Mileto** foi um dos primeiros filósofos pré-socráticos. Ele pensava que “**tudo não poderia ter vindo do nada**”, ou seja, algo devia ter existido primeiro, uma **matéria** capaz gerar as outras. Tales acreditava, que por meio da observação, seria possível identificar o **princípio material** das coisas.

Tales de Mileto
624 – 546 a.C.



Sócrates de Atenas
470 – 399 a.C.

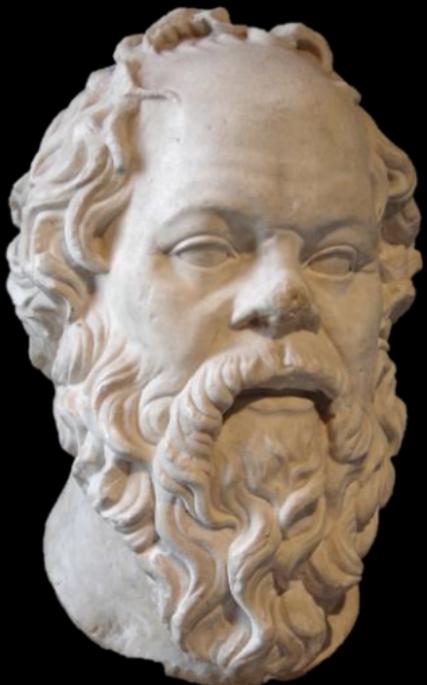
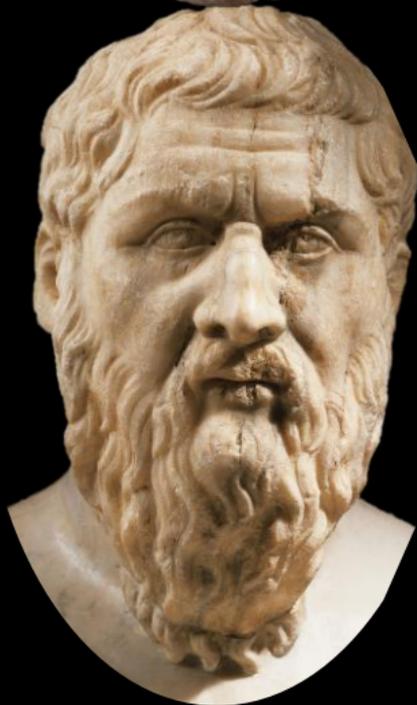
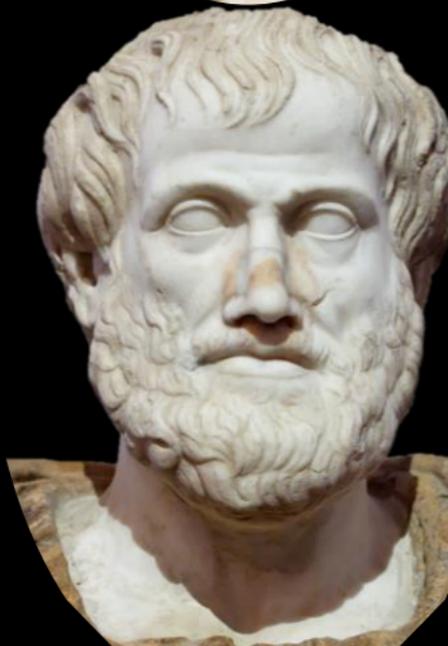


Por meio de suas observações, Tales identificou inicialmente a **água** como a **essência** da **vida**. Pois não existe vida sem água ou umidade. A água é algo universal a todos os seres vivos. E por isso seria possível explicar a vida a partir da água. Depois sugeriu que **“tudo é água”**, ou seja, que tudo tem um princípio único, e o princípio material seria a **água**. Outros filósofos pré-socráticos também tentaram desvendar qual teria sido o elemento primordial, originário, que damos o nome de **Arché**.

A filosofia grega se desenvolveu ao ponto de ter sido o berço dos três pensadores mais influentes da Grécia Antiga: **Sócrates**, **Platão** e **Aristóteles** (ao lado suas estátuas). Sócrates mudou o rumo da filosofia, focando menos em questões sobre a Natureza, e tratando de ética, de lógica e do próprio conhecimento.

Sócrates foi professor de Platão, e Platão foi professor de Aristóteles. Suas ideias impactaram a história da humanidade. A filosofia sobre a Natureza, de **Aristóteles**, é o que nos interessa aqui, pois ele elaborou uma **teoria** que foi aceita como a **explicação correta do mundo** durante milhares de anos. Apenas com o **surgimento da ciência** (moderna), fomos capazes de abandonar suas ideias sobre o universo.

Como dito anteriormente, ele nasceu em 384 a.C. na Macedônia (região da Grécia Antiga), e era filho do

S
Ó
C
R
A
T
E
SP
L
A
T
Ã
OA
R
I
S
T
Ó
T
E
L
E
S

médico do rei. Mudou-se para Atenas com 17 anos, tornando-se aluno da Academia (escola fundada por seu mestre, Platão). Aristóteles escreveu com muita profundidade sobre um grande número de temas, como: lógica, crítica, retórica, física, biologia, psicologia, matemática, metafísica, ética e política (tendo sido importante para todas estas áreas).

Vários textos de Aristóteles, que tratavam de uma mesma temática, foram reunidos, virando livros, como o **Metafísica**. Nesse livro, Aristóteles afirma que Tales de Mileto seria o fundador da **filosofia natural** (filosofia relacionada à reflexão sobre a **Natureza**, sobre as causas naturais dos fenômenos), mas também critica suas ideias, como a da água servir de base material para a formação das coisas do mundo, ou seja, de que “tudo se formaria a partir da água”.

Tendo sido muito influenciado por seus antecessores (como Tales, Sócrates e Platão), Aristóteles desenvolveu estudos que iriam guiar muitas das ideias do **Mundo Ocidental** durante milhares de anos. Ele desenvolveu um raciocínio **sistemático**, metódico e rigoroso, que o guiava em suas análises nos diversos temas.

A parte de seus estu-

dos que é mais relevante para a compreensão das **Ciências Naturais** e, particularmente, da Física, é a **filosofia natural aristotélica**. A filosofia desenvolvida por Aristóteles sobre a Natureza é a base para o surgimento das **Ciências Naturais (Física, Química, Biologia)**. Por isso, estudá-la pode nos auxiliar na compreensão desses conhecimentos modernos.

Na época em que viveu Aristóteles a compreensão sobre os seres (vivos e não vivos) do nosso mundo era, de certa forma, desordenada. O Filósofo desenvolveu um importante trabalho organizando e interpretando as ideias de seus antecessores. Em parte de seus estudos, ele organizou e explicou os seres e os acontecimentos da Natureza.

Aristóteles, diferente de Tales, desenvolveu uma **teoria completa** sobre a Natureza. Sua **“Teoria de Tudo”** se baseou em ideias e informações de alguns filósofos pré-socrático, como o as de **Empédocles** (495-430 a.C), que acreditava que existem quatro **elementos fundamentais: terra, água, ar e fogo**. E que tudo o que conhecemos no planeta seria formado pela “mistura” desses quatro elementos.

Assim, cada coisa que existe no mundo tomaria forma a partir de uma composição com proporções

diferenciadas de terra, água, ar e/ou fogo. Considerando isso, o filósofo analisou a transformação e o movimento das coisas, além de identificar as causas dessas mudanças.

Pense comigo: do que precisamos para uma árvore crescer, para produzirmos madeira? Precisamos de uma semente... e o que mais? Ora, de terra, de água e de luz, certo? Estes são, justamente, três dos quatro elementos fundamentais de Aristóteles (lembrando que os gregos consideravam o fogo como a fonte da luz).

*Assim, para o filósofo, um pedaço de madeira seria uma substância formada por **água, terra e fogo.***

“madeira = água + terra + fogo”

Aristóteles chamava as coisas do nosso Universo de **substância**. Para ele, toda **substância** teria uma série de **propriedades**, como: temperatura, umidade, quantidade, lugar, tempo, etc. Em sua teoria, estas propriedades dependeriam da composição dessa substância. O fogo estaria relacionado, por exem-

plo, com o **quente** e o **Seco**. Já a **água**, com o **frio** e o **úmido**. Aliás, se algo é úmido é porque tem água, né?

Pensando nas mudanças, das alterações, dos movimentos que ocorrem na natureza, propôs uma divisão interessante entre **ato** e **potência**. Todo objeto (substância) do mundo tem a possibilidade de se transformar, em outras palavras, de se **atualizar**. Nada no mundo está parado para sempre! Um exemplo famoso para explicar isso é o caso da semente: a semente é uma árvore em **potência**. Isto significa que, enquanto é semente, a semente é o **ato** da **substância**, que poderá se transformar em uma árvore, atualizando sua forma.

A semente vira um brotinho, uma mudinha e depois uma árvore. A cada nova forma que a substância adquire, novas propriedades podem surgir. Por exemplo, a folha de uma árvore quando cai (ou seja, atualiza seu lugar no espaço), muda de cor, resseca, muda de textura, etc.

Figura 8: Semente brotando



Não se preocupe com todos os detalhes desta teoria, pois a parte mais importante virá a seguir!

O que mais nos interessa na teoria aristotélica são suas ideias sobre o **Movimento**. Pois algumas das ideias mais importantes para a Física (Moderna) nascem da crítica à teoria aristotélica. Após anos de observações cuidadosas, Aristóteles passou a afirmar que na Natureza haviam apenas dois tipos de movimento: o **natural** e o **violento**. Ao entendermos o primeiro, aprenderemos mais facilmente o segundo. O movimento **natural** é aquele realizado “sozinho” por um objeto. Isto significa que é que ocorre por uma **causa interna**. Por exemplo, para onde vai o fogo e a fumaça de uma fogueira? Sempre sobe, né? Nunca vemos o fogo ou a fumaça caindo e acumulando no chão. O movimento para cima ocorre “sozinho”, então é um **movimento natural**.

Para entendermos melhor essa ideia, vamos imaginar uma situação um pouco esquisita. Imagine uma piscina cheia de água, na qual você irá mergulhar levando com você uma pedra e um balão cheio de ar. Caso você solte os dois, para onde irá a pedra e o balão? Certamente, a rocha afundará até o piso da piscina. Já o balão, subirá até boiar. Consegue imaginar?



Aristóteles afirmou que dependendo da composição do objeto, ou seja, de sua composição, os corpos seriam **leves** ou **pesados**, e isso lhes faria cair (e afundar) ou subir (e flutuar). O filósofo considerou a **terra** o elemento mais **pesado**, seguido pela **água**, e considerou o **ar** e o **fogo** como **leves**, sendo o **fogo** o mais leve de todos, veja a tabela abaixo.

	Elemento	Característica
	Fogo	É de todo <u>Leve</u>
	Ar	É <u>Leve</u>
	Água	É <u>pesada</u>
	Terra	É de todo <u>pesada</u>

Isso explicaria porque a rocha afunda na piscina, mas o balão flutua. A rocha, que é feita de **terra**, é de todo **pesada**, e por isso move-se **naturalmente** para baixo da **água** – que é menos pesada do que a **terra**. O **ar** que está no balão é **leve**, e por isso move-se para cima da **água** – que é mais pesada que o **ar**. E o **fogo**? Como podemos observar, ele sempre sobe, e assim foi considerado o mais **leve** dos elementos, Aristóteles diria que ele é **de todo leve**.

Como já foi dito, na teoria aristotélica todo corpo é formado pela composição desses quatro elementos. Então, pensando novamente no caso da **madeira**, ela seria composta por uma proporção de terra, água e fogo (**madeira = água + terra + fogo**). Então, ela não é nem tão **leve** quanto o **fogo**, nem tão **pesada** quanto a **água** e a **terra**. A madeira não seria nem tão leve nem tão pesada, e seria por isso que ela é capaz de flutuar na **água**, pois é mais leve que a água, mas mais pesada que o **ar** (ficando entre os dois ao boiar).

Tá começando a fazer sentido? Olha que genial! Você costuma ver bolhas de ar paradas no meio ou no fundo da água? Não! Quando você solta ar dentro da água, ele sempre sobe, nunca desce. Então, olha só, podemos pensar que a terra sempre quer ficar abaixo da água, o ar sempre fica acima da água e o fogo sempre acima do ar. Outra maneira de pensar isso: no fundo do

mar temos terra, acima do mar temos o ar, e qualquer fogo aceso no ar, sobe.

Essas observações levaram Aristóteles a compreender que os elementos tendem a ficar empilhados, do mais pesado para o mais leve: terra, depois água, ar e fogo. Assim, Aristóteles começou a imaginar como seria o Universo. Afirmou que existiriam locais para onde cada elemento quer ir naturalmente, e por isso chamou esses locais de **locais naturais**. O **local natural** do elemento mais pesado (a **terra**) seria o centro do Universo. Acima teríamos o **local natural** da **água**, depois o do **ar** e o do **fogo**, como se fossem as camadas de uma cebola [Figura abaixo]. Aristóteles estava começando a elaborar uma explicação sobre a organização, a **estrutura do Universo**.



Neste texto, demos apenas alguns exemplos (apesar de existirem inúmeros outros) que poderiam “confirmar” a explicação dos movimentos de acordo com o **peso** ou a **leveza** das substâncias. Como

é o caso das próprias nuvens que são formadas por vapor de água. Quando a água do mar é aquecida (recebe fogo), ela se torna vapor, uma substância mais leve, e por isso flutua. Ela retorna ao seu lugar natural (entre a terra e o ar) quando "volta" a ser água (quando perde o fogo).

Deu para entender o **movimento natural**? Basicamente, você deve entender que é um movimento que ocorrerá sozinho, naturalmente. E que ele dependerá da composição do corpo: se ele for pesado cairá, se for leve subirá.

Agora que falamos do movimento natural, vamos explicar o **movimento violento**. Ficou mais fácil de entendê-lo! Toda vez que um corpo é forçado a sair de seu **local natural**, ocorre um **movimento violento**, por exemplo, a tendência de uma pedra (que é feita de terra) é sempre ir para baixo por ser pesada. Então, uma pedra só irá se mover para cima caso alguém a levante de maneira forçada, isto é, "violentamente". O **movimento violento** só pode ser executado por um outro corpo, um **agente externo**, que enquanto estiver em **contato** com o objeto pode movê-lo, retirando-o de seu **local natural**. Assim, uma rocha, que é de todo pesada, só pode estar no ar enquanto um agente externo a levanta. Caso o agente resolva soltá-la, rocha cairá novamente, retornando ao seu local natural; agora, através de um movimento natural.

Vamos fazer uma breve resumo para relembrarmos os pontos mais importantes?

Vamos lá!

Abandonando a **mitologia** como meio de alcançar a verdade sobre os acontecimentos, os fenômenos naturais, os pensadores gregos deram início a uma tradição de pensamento que busca as causas naturais para os fenômenos. Aristóteles, seguindo os passos de seus antecessores, estudou uma grande variedade de problemas. Após muitas observações, propôs que existiriam em nosso mundo apenas quatro elementos fundamentais (**terra, água, ar e fogo**), e que todos os outros materiais seriam formados pela "mistura" desses quatro.

Assim, cada corpo, cada objeto, cada ser (vivo ou não) apresentaria determinadas características (como cor, temperatura, peso, etc) a depender de sua composição. Dizer que um objeto é leve ou pesado significa dizer que ele tem uma "vontade" natural de se mover para cima (subir/flutuar) ou para baixo (cair/afundar). Assim, podemos pensar que o nosso mundo tem quatro lugares naturais, para onde cada corpo pesado ou leve se move naturalmente. De modo que um corpo só é retirado de seu local natural ao sofrer um movimento violento. Ou seja, quando é forçado a se movimentar por meio de um outro objeto (externo).

Aristóteles criou um esquema explicativo muito completo sobre a **Natureza** (*physis*). Criou uma **teoria** da física do mundo, sobre o seu funcionamento. Mas falta explicar uma explicação. E os objetos celestes? O Sol, a Lua, as Estrelas fazem parte da Natureza, mas não sobem nem descem... Os gregos já sabiam que esses astros pareciam girar em círculos em torno de nós. Por que isso acontece e do que eles são formados?

Os povos antigos eram grandes estudiosos do céu. Conheciam muitos detalhes do movimento dos planetas, das estrelas, do Sol e da Lua. As estrelas, por exemplo, aparecem fixas no céu, não mudam de posição entre si com o passar do tempo. O Sol e a Lua já têm um movimento característico e parecido entre si, cruzam o céu inteiro durante o dia ou a noite. Já os planetas são diferentes do restante, viajam indo e voltando no céu, e é por isso que receberam esse nome: “planeta”, que significa “vianjante”, pois viajam pelo céu.

Dessa maneira, Aristóteles percebeu que os objetos celestes (que estão no céu) não poderiam ser formados dos quatro elementos terrestres, pois não são pesados ou leves, não sobem ou descem... Na verdade, pareciam girar sem fim. Além de que, diferentemente das substâncias terrenas, eles não se modificam com o tempo, não se transformam em outras coisas.

Por esse motivo, Aristóteles afirmou que os corpos celestes deviam ser formados por um quinto elemento não existente no mundo terreno; esse elemento diferente recebeu o nome **Éter**.

O filósofo concebeu a ideia de que o nosso Universo seria uma esfera com várias camadas (tipo uma cebola), podendo cada camada girar independente das outras, o que explicaria o movimento em círculo dos astros. De modo que a última camada do Universo seria aquela onde as estrelas estão incrustadas, presas, e por isso são fixas, imóveis uma em relação às outras. Abaixo da última camada (das estrelas), haveriam as camadas dos planetas sete planetas conhecidos até então, do Sol e, por fim, a camada da Lua, que ficaria logo acima das camadas (ou **locais naturais**) do fogo, do ar, da água e da terra – essa última, no centro do Universo (veja a Figura 11).

Dessa maneira, o pensador separou dois mundos, um “perfeito” e outro “imperfeito”. Chamou de mundo **Supralunar** (“acima da lua”) todas as camadas a partir da Lua onde os objetos eram imutáveis, e moviam-se infinitamente em círculos, sendo todos constituídos de **Éter**. Aristóteles chamou as camadas abaixo da Lua de mundo **Sublunar** (“abaixo da Lua”), onde tudo seria feito a partir dos quatro elementos mundanos (fogo, ar, água e terra), tendo cada um sua



respectiva camada (ou **local natural**). O “miolo da cebola”, ou seja, o centro do Universo, seria o local natural da terra, onde nós habitamos. Por isso essa é uma teoria **Geocêntrica** (da Terra no centro do Universo).

Um matemático grego chamado **Cláudio Ptolomeu** (168 a.C. - 90 a.C.) se baseou na ideia **geocêntrica** de universo descrita por Aristóteles e desenvolveu um preciso modelo matemático capaz de calcular e prever a posição dos corpos celestes, o que fortalecia a crença de que nosso planeta está parado no centro do universo.

Sócrates, Platão e Aristóteles foram os filósofos mais influentes da Antiguidade. Após vinte anos de estudos, Platão (o mestre de Aristóteles) morre. Em seguida, Aristóteles volta de Atenas, casa-se e tem dois filhos. Foi escolhido pelo rei Filipe II da Macedônia para

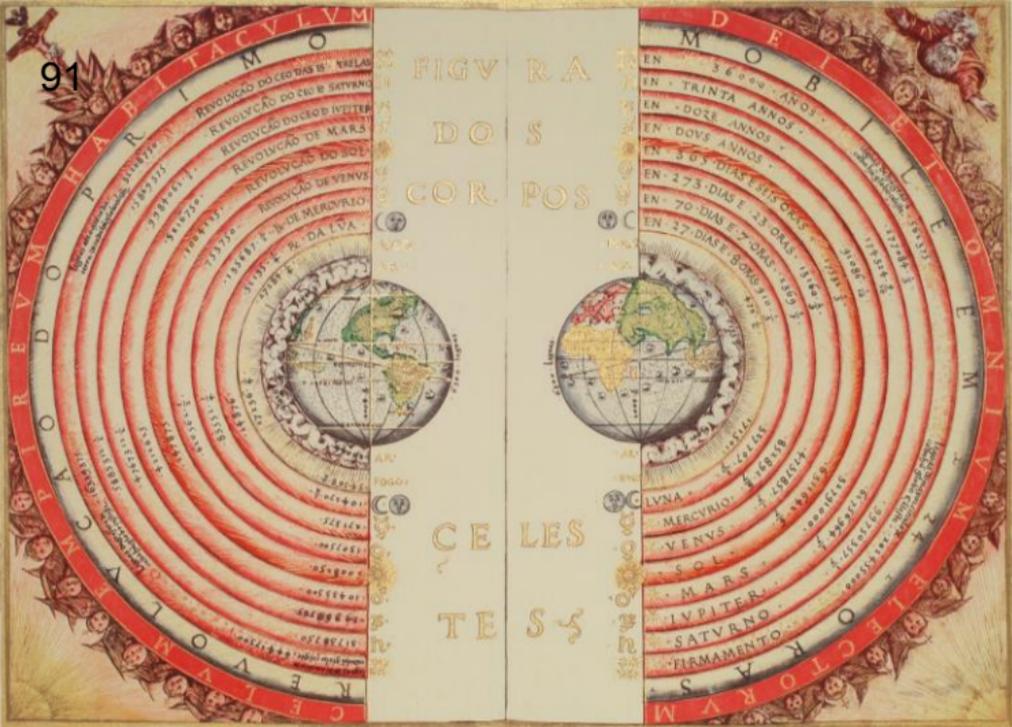
educar seu filho, **Alexandre**. Com a morte de Filipe, Alexandre se torna o novo rei, e inicia uma grande expansão do império macedônico. Alexandre venceu tantas guerras, que recebeu apelidos como Alexandre Magno e **Alexandre, o Grande**.

Dessa forma, Aristóteles esteve ligado ao gigantesco império que estava se formando. A filosofia grega, principalmente a de Platão e Aristóteles, começou a se espalhar e foi herdadas por muitas civilizações que surgiram nas regiões onde hoje é a Europa, o leste da Ásia e o norte da África.

Seus estudos foram amplamente lidos e divulgados; muitos filósofos que vieram depois (estendendo-se até hoje) estudaram a filosofia aristotélica. Com o fim da Antiguidade e início da Idade Média, muitos textos da filosofia grega foram traduzidos para o **árabe** e depois para o **latim**, a língua de um dos mais maiores e importantes impérios da história da humanidade: o Império Romano.

Uma série de mudanças sociais, econômicas e políticas transformaram o modo antigo de viver. Mesmo assim, o romanos herdaram muitas coisas dos gregos, inclusive, seus mitos eram praticamente os mesmos dos gregos.

Porém, mudanças importantes ocorreram. O romanos, por exemplo, aos poucos foram aderindo à fé cristã. Cada vez mais se esta-



belecia uma nova forma de ver e pensar nas coisas. A união entre o cristianismo (que surgiu com os romanos) e o pensamento aristotélico deu início a uma importante **visão de mundo**: a chamada de visão **cristã-aristotélica**.

A **visão de mundo cristã-aristotélica** se caracterizava por entender o universo ordenado como descreveu Aristóteles, com a Terra (nosso planeta) no centro de tudo, fazendo parte do mundo **Sublunar**, separado do mundo **Supralunar**. E tudo isso havendo sido criado e controlado pelo único deus da fé cristã (**monoteísmo**).

Agora, o “**céu**”, local onde Deus está, estaria localizado **acima das estrelas**, ou seja, além da **última camada do universo** na teoria aristotélica (veja a Figura 11). Uma curiosidade seria a da localização do Inferno na fé cristã, que geralmente é afirmado estar

no centro da Terra, mesmo local do submundo de Tártaro da Mitologia Grega (coincidência?).

A Igreja Católica (também chamada de Igreja Católica Apostólica Romana) nasce com os romanos, e durante muito tempo teve membros filósofos (padres, bispos) que trabalhavam nessa compreensão **cristã-aristotélica** do mundo. Entretanto, após quase dois mil anos de estudos e críticas, a filosofia natural de Aristóteles começa a ser fortemente questionada. Vários problemas em sua teoria foram apontados na medida em que novas observações eram feitas.

Foi rompendo com a **filosofia natural aristotélica**, e com essa visão de mundo que perdurou quase dois mil anos que surge a tão falada e importante **Física** e as outras **ciências da natureza (Química e Biologia)**.

Veremos mais sobre isso no próximo texto.

APÊNDICE III

APOSTILA DA UNIDADE 3: MECÂNICA – CAPÍTULO 3 - INTRODUÇÃO À CINEMÁTICA

Autoria: Israel Marinho Araújo

Objetivo: o material didático desta unidade foi produzido com o intuito de oferecer uma sucinta introdução histórica e conceitual do surgimento da Cinemática e expor introdutoriamente alguns conceitos da Cinemática Escalar. Particularmente, esse texto intenta: explicar a transição da filosofia antiga e a medieval para o surgimento das Ciências da Natureza (e a Física); diferenciar modelos de universo (geocêntrico e heliocêntrico); investigar os conceitos Referencial, Posição, Deslocamento, Instante e Intervalo de tempo e Velocidade Média. Essa unidade fundamenta teórica e metodologicamente os conteúdos abarcados no quinto e sexto encontro (ou aula) da sequência didática proposta.

FÍSICA



DE TALES DE MILETO A ISAAC NEWTON

Mecânica Clássica

Israel Marinho Araújo, Brasília-DF, 2022

3. A Filosofia Natural abre espaço para as Ciências Naturais

A **Grécia Antiga** costuma ser entendida com o berço da filosofia (ocidental). A filosofia grega tornou-se muito influente, espalhando-se em um primeiro momento pelas regiões que hoje conhecemos como Europa, Oriente Médio, Ásia e África. No capítulo anterior vimos um pouco sobre **Aristóteles**, um dos filósofos gregos mais influentes. Sua teorias sobre a **natureza** (ou seja, sua **filosofia natural**) foi assimilada por muitos povos, e durante quase 1500 anos foi tida como a melhor ou única explicação possível do nosso universo.

Isso ocorreu principalmente por conta da **Igreja Católica**, instituição romana que incorporou a filosofia aristotélica ao mesmo tempo em que detinha grande influência sobre as pessoas que viviam naquela região.

Padres e outros membros da Igreja Católica estudavam obrigatoriamente disciplinas como filosofia, matemática, astronomia, entre outras. Assim, muitos estudiosos católicos seguiram e fortaleceram as ideias de Aristóteles.

A Igreja Católica Apostólica Romana era tão poderosa, que em alguns lugares se confundia com o próprio governo durante a Idade Média (veja a linha do tempo no topo da página).

Ela era capaz de impor leis segundo seu dogma. No ano de 1022 d.C, a Igreja católica criou o Tribunal Público contra a Heresia, tribunais desse tipo deram início a um processo de combate a heresia (ir contra deus ou contra a igreja), processo que durou aproximadamente 800 anos. Chamamos esses tribunais de Inquisição.

Em algumas épocas esse combate tornou-se violento ao ponto de condenar à morte na fogueira aqueles que eram considerados hereges, bruxos, pecadores.

“Ameaçada pela reforma protestante, a Igreja Católica Romana exigia a adesão total a seu dogma, e tinha o reforço da violenta ameaça da inquisição. O medo da heresia estava no ar.” (Fonte: Documetário: [Galileu Galilei - Gênios da Ciência - Futura](#))

Tudo que pudesse ferir as ideias tidas como verdadeiras pela Igreja (incluindo a **visão aristotélica**) poderia ser considerado um crime punível com a morte.

Centralizando o conhecimento acadêmico, isto é, nas áreas da matemática, astronomia e filosofia, os estudiosos da igreja seguiam os dogmas cristãos, e os associavam as ideias do filósofo Aristóteles. Isso inclui a crença de que o planeta Terra está parada no centro do universo. Aliás, so-

mos a obra-prima de Deus, faz sentido estarmos no centro de tudo. Certo? Durante um longo tempo, não houve espaço para discordância.

3. 1. O início da Ciência Moderna

Nicolau Copérnico foi um matemático polonês (também membro da Igreja). Ele desenvolveu um modelo matemático capaz de descrever o universo, isto é, de descrever precisamente o movimento dos corpos celestes (planetas). Isso já havia sido feito anteriormente, mas os cálculos de Copérnico eram muito mais simples e eficientes. Só que havia um problema, seus cálculos funcionavam bem porque considerava que o Sol (não a Terra) estava no centro do universo. Obviamente que essa ideia não “foi para frente” (lembra da **Inquisição?**).

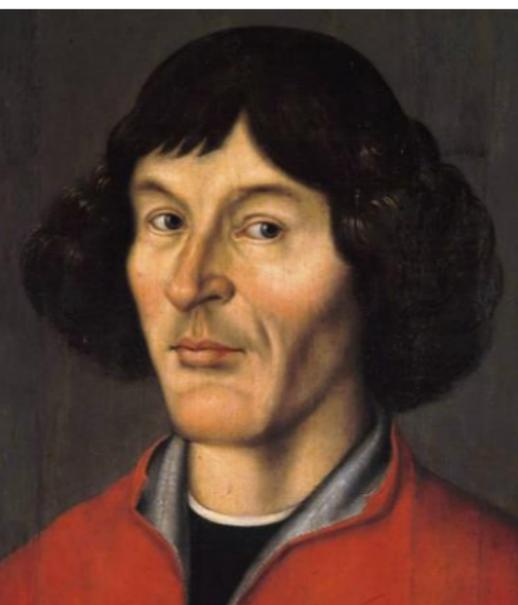
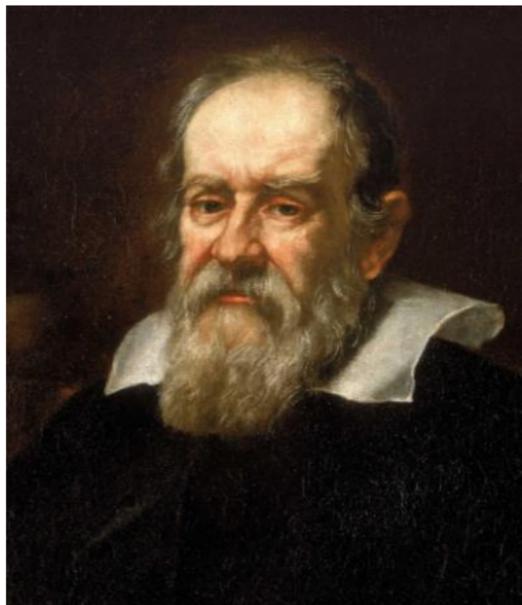


Figura 1: Nicolau Copérnico (1473-1543)



Galileo Galilei (um italiano nascido em 1564 d.C) era um católico fervoroso. Suas duas filhas viraram freiras, dedicando suas vidas à Igreja Romana. Galileu era um matemático muito habilidoso e ocupou-se, entre outras coisas, em discutir a ideia do já falecido Nicolau Copérnico.

Galileu Galilei, acreditava e afirmava enfaticamente que **Copérnico** estava correto, ou seja, que o Sol estava realmente no centro do nosso universo. Por conta da Inquisição foi perseguido, e para não perder a vida, Galileu teve de negar suas ideias e parar de defender o **Heliocentrismo** (do Sol no centro). Mas acabou sendo condenado a prisão domiciliar, passando seus últimos nove anos de vida preso em casa.

Hoje sabemos que Galileu estava correto em defender em afirmar que o

planeta Terra se move em torno do Sol. Seus estudos foram fundamentais para o desenvolvimento da astronomia, sendo ele, o inventor da luneta (uma espécie de telescópio) mais potente de sua época. As observações de Galileu, junto com seus estudos **experimentais** dão início à **ciência natural**, ao ramo do conhecimento que chamamos de **Física**.

Podemos dizer que Galileu é um dos "primeiros" cientistas. A **ciência** é diferente da filosofia, nesse contexto, pois para tratar da **natureza**, os estudos científicos passaram a se basear e realizar **experimentos** e cálculos **matemáticos** para comprovar ou refutar as ideias das teorias. Esse é o "começo" da **Física**.

3 . 2 . Cinemática

Uma frase famosa de Galileu diz: "**A matemática é o alfabeto no qual Deus escreveu o universo**". Galileu foi um dos principais personagens que trabalharam para que a **visão de mundo aristotélica** fosse superada. O físico ocupou-se em estudar o movimento das coisas. Sua maneira de tratar o movimento matematicamente foi e é muito importante para a Física como um todo. Damos o nome a essa área iniciada por Galileu de **Cinemática** (palavra que vem de "*kinema*", que significa **movimento** em grego).

A **Cinemática** foi e é um conhecimento importante por vários motivos, ele é utilizado em uma série de tecnologias, na astronomia, aeronáutica, robótica, entre muitas outras. A **Cinemática** é o ramo da **Física** que se ocupa em **descrever o movimento** das coisas, dos objetos, dos corpos.

Começaremos estudando o movimento em uma **única direção**, por ser o caso mais simples. Quando fazemos isso, utilizamos uma matemática mais "simples", numérica e, por isso, damos o nome de **Cinemática Escalar** (escalar = número).

3 . 2 . 1 . Referencial e Sistema de Referência

Galileu percebeu a necessidade de adotar um **Referencial** no estudo do movimento. Todo movimento só pode ser analisado comparativamente. Isto é, só podemos dizer se um corpo está em movimento e como ele é quando o comparamos com outra coisa, com um objeto de referência. Pense comigo, as paredes da sua casa estão se movendo? A resposta certa é: depende. Pois a sua casa está presa no planeta Terra, que por sua vez gira em alta velocidade em torno do Sol. Isso significa que as suas paredes se movem se a compararmos com o Sol (ou melhor, se adotarmos o Sol como referencial). Entretanto, as

paredes de sua casa não se movem entre si, nem em relação ao chão.

Dessa forma, o **movimento é relativo**, relativo a um certo **referencial**. As paredes da sua casa estão paradas em relação ao chão, mas estão em movimento em relação ao Sol.

3.2.2. Espaço, Tempo e Movimento

Quando Galileu ia à igreja observava um **lustre** (Figura 3) que ficava preso no teto, balançando constantemente para lá e para cá. Ele percebeu que o movimento de vai e vem demorava um tempo "exato". Isso o motivou a estudar esse tipo de movimento (quando temos um objeto pendurado, que oscila, isto é, balança, chamamos esse objeto de **pêndulo**). Veja as figuras abaixo. O estudo de Galileu possibilitou que fossem criados **relógios de pêndulo** (Figura 4), muito mais precisos do que os relógios da europeus da época.



Figura 3:
Lustre



Figura 4:
Relógio de pêndulo

O **tempo**, na Física, só pode ser definido e medido por meio de um **movimento**. Como é o caso dos ponteiros de um relógio: seu giro **constante** conta o tempo. Assim, podemos dizer que algo está em movimento se, no decorrer do **tempo**, ele muda de **posição**, ou seja, muda sua **localização**. Como os ponteiros de um relógio: o ponteiro das horas completa sua volta em 12 horas; e por isso, ele dá duas voltas em um dia.

Os ponteiros de um relógio se **movem** pois mudam de **posição** com o passar do **tempo**. A **posição (S)** é um conceito fundamental para o **estudo do movimento** e, por isso, é uma noção essencial para a **Física**.

3.2.3. Posição (S)

A **posição é o espaço que um corpo ocupa, ou seja, é onde este objeto se localiza**. Em linguagem matemática, podemos associar a localização de um objeto a um **número** (escalar) que indica a distância desse corpo em relação ao Sistema de Referência adotado. Veja o esquisito exemplo de uma formiga que caminha em cima de uma régua.



Si = 2 cm

Sf = 8 cm

Figura 5: sistema de referência

Na primeira figura a posição da formiga é igual a 2 centímetros. Matematicamente podemos escrever: **posição = 2 cm**. Tradicionalmente utilizamos a letra **S** como abreviação da palavra **espaço** (devido a palavra "Space" em inglês, que significa "espaço"). O **espaço** é a **localização** do corpo, isto é, sua **posição (S)** em um dado Sistema de Referência. Assim, podemos escrever: **S = 2 cm** e lemos assim: "a **posição é igual a dois centímetros**". Caso a formiga esteja, por exemplo, saindo de uma **posição inicial (Si)** igual a dois centímetros para uma **posição final (Sf)** igual a oito centímetros. Podemos escrever da seguinte maneira:

$$S_i = 2 \text{ cm}$$

$$S_f = 8 \text{ cm}$$

Esse raciocínio não parece muito útil para analisarmos o movimento de uma formiga, mas essa é uma ideia muito poderosa na Física e, particularmente, na Mecânica. Pois essa ideia pode ser aplicada a inúmeros problemas reais. Pois a partir da definição da **posição (S)** elaboramos conceitos muito interessantes (como **velocidade**, **aceleração**, **força**, **energia**, etc) e que nos auxiliam a interpretar e compreender diversos fenômenos da *Natureza*. Esses conceitos são importantes não apenas para a Física em si, mas para diversas áreas das Ciências (como Biologia e Química), das engenharias, dentre outros campos do saber. Não seria exagero

afirmar que esses conceitos tiveram forte influência sobre a forma como as sociedades se desenvolveram nas últimas décadas. Não apenas por tentar entender e explicar o funcionamento da Natureza (ou do Universo), mas também por que esteve relacionada ao desenvolvimento de diversas tecnologias, como a criação e a sofisticação das máquinas. A Mecânica é uma das áreas da Física que foram mais relevantes para a ocorrência, no século XVIII, do processo histórico chamado de **Revolução Industrial**. Os conceitos **força** e **energia** foram e são fundamentais para entendermos e desenvolvermos máquinas e outras tecnologias.

Antes de falarmos de conceitos centrais como **força** e **energia**, precisamos falar de algumas ideias e definições matemáticas. A partir do conceito de **posição (S)** definiremos o **deslocamento (ΔS)** realizado por um corpo.

3.2.4.

Deslocamento (ΔS)

Ao se mover, um objeto muda de **posição (S)**. Sempre que estivermos estudando um movimento utilizaremos um **Sistema de Referência**. Os sistema de referência utilizado no exemplo da formiga é a **régua**. Matematicamente, a régua será uma **Reta Real**. Ou seja, uma linha imaginária que contém todos os números **Reais**, que por sua

vez, representam comprimentos no mundo físico – compare a Figura 5 com a Figura 6. Na **Cinemática** sempre é necessário utilizar uma “régua” para tratar o movimento matematicamente. Vejamos agora o conceito de **deslocamento** (ΔS).

Quando a formiga muda de **posição** (S) ela está realizando um **deslocamento** (ΔS). Quantos centímetros a formiga se deslocou saindo da posição dois centímetros ($S_i = 2 \text{ cm}$) e indo para a posição oito centímetros ($S_f = 8 \text{ cm}$)? Dá para perceber pela figura que o deslocamento foi de 6 cm. Um deslocamento sempre pode ser calculado subtraindo a **posição final** da **posição inicial**. Matematicamente: $S_f - S_i$. Assim:

$$\begin{aligned} \text{deslocamento} &= 8 \text{ cm} - 2 \text{ cm} \\ \text{deslocamento} &= 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Costumamos representar o conceito de deslocamento com o símbolo ΔS (Δ é a letra grega **delta** e, em geral, representa uma **subtração**, neste caso, uma subtração das **posições inicial** (S_i) e **final** (S_f). Dessa forma, fica definido matematicamente o **deslocamento** (ΔS) como:

$$\Delta S = S_f - S_i$$

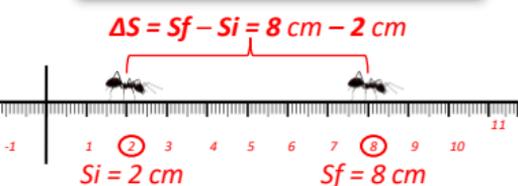


Figura 6: Sistema de Referência (Reta Real)

Dessa forma, o Deslocamento (ΔS) é definido matematicamente como a **diferença** entre as **posições final** (S_f) e **inicial** (S_i). Algo é importante de ser observado: qual seria o valor do **deslocamento** (ΔS) caso a formiga tivesse feito o caminho oposto? Nesse caso, a **posição final** ($S_f = 2 \text{ cm}$) e a **posição inicial** ($S_i = 8 \text{ cm}$) são diferentes. O que resulta em $\Delta S = -6 \text{ cm}$. Isso significa que ela percorreu a mesma distância, mas no sentido oposto. Observar isso é importante, pois sempre que se utiliza um Sistema de Referência (que nesse caso é a régua), haverá um **sentido negativo** e um **sentido positivo**. Da forma como esta régua está desenhada, o **sentido positivo** é para a **direita**, e o **sentido negativo** para a **esquerda**.

3.2.5. Instante (t) e Intervalo (Δt) de tempo

Medir o tempo é essencial no estudo do movimento. É importante entendermos aqui o que é um **instante de tempo** (t) e um **intervalo de tempo** (Δt).

Um **instante de tempo** (t) é um momento de “tamanho zero”, é um ponto na linha do tempo. Por exemplo, uma corredora brasileira chamada Rosângela Santos bateu em 2017 o recorde sul-americano na corrida de 100 metros. Ela cruzou a linha de chegada

exatamente 10,91 segundos após a largada. Esse foi o **instante (t)** em que ela terminou a corrida. O tiro de largada da corrida marcou o **instante de tempo inicial (ti)**. Assim, consideramos atletas começam a correr aos zero segundos (**ti = 0 s**).

Chamamos de **instante de tempo final (tf)** o instante em que “acaba” o movimento que estamos analisando, no caso da corredora, foi exatamente em **tf = 10,91 s** o instante em que ela terminou a prova, estabelecendo um recorde.

Diferente do instante (**t**), o **intervalo de tempo (ti)** é um **período**. Isso significa que um intervalo é sempre o tempo decorrido entre dois **instantes (ti e tf)**. Nesse exemplo, o cronômetro começa marcar a corrida de Rosângela em **ti = 0 s** e encerra em **tf = 10,91 s**.

Agora imagine uma aula de Física que inicie às 13,25 horas e termine às 14,25. Qual é o período de duração dessa aula? Bom, ela dura um **intervalo de tempo** de uma hora, isto é, **Δt = 1 h**. Matematicamente, definimos o **intervalo de tempo (Δt)** como:

$$\Delta t = t_f - t_i$$

Veja a conta em detalhes **intervalo de tempo (Δt)** da aula:

$$\Delta t = 14,25 \text{ h} - 13,25 \text{ h} = 1,0 \text{ h}$$

Perceba a semelhança dessa definição com a de **deslocamento (ΔS)** na página anterior.

3.2.6.

Velocidade Média (Vm)

A **velocidade (V)** é um dos conceitos mais importantes da **Cinemática**, na verdade, de toda a Física. A **velocidade (V)** está relacionada com a **rapidez** com que um determinado objeto se move. Vamos continuar usando o exemplo da corredora. Ela se moverá rápido se percorrer o trajeto em um tempo muito curto. Correto? Note, o recorde de Rosângela foi alcançado pois ela correu **100 metros** em **10,91 segundos**. Ela teria se movido devagar caso corresse a mesma distância em um tempo muito longo.

Dessa maneira, a **velocidade (V)** de um corpo está relacionada com o seu **deslocamento (ΔS)** e com o **intervalo de tempo (Δt)**, isto é, a **velocidade** é a proporção entre o comprimento ou a distância percorrida pelo corpo em um certo período de tempo. Matematicamente, podemos definir a **velocidade média (Vm)** como:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

O termo “**média**” significa que essa definição não permite calcular a **velocidade (V)** em cada **instante de tempo (t)**, mas estamos fazendo uma média do que ocorreu em um **intervalo de tempo (Δt)**. Por exemplo, quando as corrido-

ras saem da largada, elas ainda estão devagar, mas vão aumentando suas velocidades até o fim da corrida. O que esse cálculo faz é uma média das velocidades que a atleta atingiu durante o tempo de corrida. Veja o quadro azul abaixo!

Durante as próximas aulas, iremos desenvolver outros conceitos importantes

no estudo do movimento e, especialmente, para a compreensão da teoria newtoniana. Como é o caso da: **velocidade instantânea (V)**; do **Movimento Uniforme (MU)**; da **aceleração (a)**; do **Movimento Uniformemente Variado (MUV)**; e das funções horárias da **posição S(t)** e da **velocidade V(t)**.

Agora que entendemos como calcular a velocidade média (V_m) de um corpo, podemos aplicar essa ideia a uma grande variedade de situações. Vamos pegar o exemplo do recorde de Rosângela, e calcular sua **velocidade média (V_m)**. Sabemos que:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t},$$

e Rosângela parte da **posição inicial ($S_i = 0 \text{ m}$)** e termina a corrida na **posição final ($S_f = 100 \text{ m}$)**. Logo, seu **deslocamento (ΔS)** foi:

$$\Delta S = 100 \text{ m} - 0 \text{ m} = 100 \text{ m}.$$

E como vimos, ela demorou **10,91** segundos nesse movimento. Ou seja, ela partiu no **instante de tempo inicial ($t_i = 0 \text{ s}$)**, e terminou a prova no **instante de tempo final ($t_f = 10,91 \text{ s}$)**. Ou seja:

$$\Delta t = 10,91 \text{ s} - 0 \text{ s} = 10,91 \text{ s}.$$

Dessa maneira, sua **velocidade média (V_m)** foi:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{100 \text{ m}}{10,91 \text{ s}} \Rightarrow V_m = 9,16 \text{ m/s}.$$

Desafio: qual seria sua velocidade na unidade de quilômetros por hora (km/h)?

Figura 7: Rosângela Santos (2021) – Fonte: [olimpíada todo dia](#).



APÊNDICE IV

APOSTILA DA UNIDADE 4: MECÂNICA – CAPÍTULO 4 - MOVIMENTO UNIFORME E UNIFORMEMENTE VARIADO

Autoria: Israel Marinho Araújo

Objetivo: o material didático desta unidade foi produzido com o intuito de apresentar aspectos históricos dos estudos cinemáticos realizados por Galileu, o Movimento Uniforme (M.U.) e o Movimento Uniformemente Variado (M.U.V.). Particularmente, esse texto intenta: utilizar o conceito de Inércia e o conceito de aceleração gravitacional; demonstrar o conceito de aceleração média; calcular dois tipos de movimento: movimento uniforme (M.U.) e movimento uniformemente variado (M.U.V.). Essa unidade fundamenta teórica e metodologicamente os conteúdos abarcados no sétimo e oitavo encontro (ou aula) da sequência didática proposta.

FÍSICA



DE TALES DE MILETO A ISAAC NEWTON

Mecânica Clássica

Israel Marinho Araújo, Brasília-DF, 2022

4. Galileu e a Revolução Científica

“No final do ano de 1609, Galileu Galilei apontou seu rudimentar telescópio para o céu e enxergou o cosmos mais longe e com maior nitidez do que qualquer outro ser humano havia, até então, imaginado.”
 Fonte: OEI.

Galileu Galilei é sem dúvida um dos pensadores mais centrais do período de surgimento da Ciência e da **Física (Moderna)**. No mundo ocidental, a compreensão sobre o nosso Universo estava, em grande parte, ligada à **filosofia natural** grega, especialmente, às ideias de **Aristóteles**. Galileu, por um outro lado, adotou uma abordagem **matemática** rigorosa para o estudo dos problemas físicos, e também utilizou **experimentos** bem elaborados para fazer constatações e validar suas ideias. Seus cálculos e experimento eram fortes o suficiente para iniciar a demolição da duradoura teoria aristotélica.

Como discutido nos capítulos anteriores, Galileu Galilei (juntamente com outros estudiosos) foi responsável por demonstrar que nosso planeta **não** está parado no centro do Universo (**modelo geocêntrico**). Hoje sabemos nosso planeta se move rapidamente pelo espaço, girando em torno de si mesmo e do Sol (**Rotação e Translação**).

A defesa do **Heliocentrismo** por Galileu,

(isto é, que o Sol e não a Terra, estava no centro do Universo) gerou muita polêmica e, conseqüentemente, problemas para o cientista.

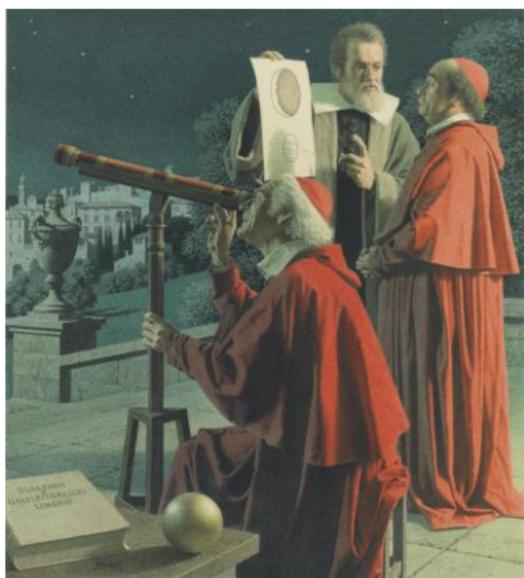


Figura 1: Galileu, seu telescópio e membros da Igreja Católica - Autor: Jean-Leon Huens



Figura 2 - Esses são rascunhos da Lua feitos por Galileu (ao visualizar a Lua melhor do que qualquer pessoas já havia visto na história).

Galileu foi fundamental para o início do **abandono da teoria aristotélica**. Isso significa que a duradoura **visão de mundo aristotélica** veio a ser superada, particularmente, por meio da maior exatidão alcançada pela uso sistemático dos **experimentos** e da **matemática**, metodologia que permanece até os dias atuais. Ou seja, essa é a forma como os permanecessem trabalhando atualmente. O conteúdo da Cinemática é essencial para a **Mecânica**, isto é, para o **estudo do movimento**.

No capítulo anterior, discutimos sobre a medição e a escrita matemática dos conceitos: **posição** (S), **deslocamento** (ΔS), **instante** (t) e **intervalo** (Δt) de tempo e **velocidade média** (V_m).

Na Cinemática, precisamos estabelecer um “ponto de vista” para **observar o movimento**. Quando visualizamos o movimento do Sol durante o dia, o observamos do “ponto de vista” da Terra, ou seja, de alguém que está na superfície do planeta. O Sol se move no céu. Mas o Sol realmente se move? Certamente, pois ele cruza o céu durante o dia. Mas qual movimento alguém, digamos, um astronauta, veria o Sol descrever estando ele fora da Terra? Para descrevermos (matematicamente) o movimento de um corpo é necessário adotar um **referencial**, um determinado “ponto de vista”. Isso está ligado à noção de que o **movimento é relativo**.

Esta noção nos auxilia

a desenvolver uma compreensão mais ampla do funcionamento do nosso mundo, bem como, permite desenvolver cálculos extremamente úteis para as tecnologias atuais.

4.1. Movimento Uniforme (MU)

O conceito de **velocidade média** (V_m) é poderoso porque pode ser desenvolvido para inúmeras situações. A análise do movimento de alguma coisa pode ser bastante complicado, e por isso começamos por casos mais simples. Um tipo de movimento muito simples, e que nos ajuda a pensar em casos mais complicados é o caso em que a velocidade é **constante**.

Dizer que a **velocidade** de algo é **constante** significa dizer que ele está percorrendo distâncias iguais em tempos iguais. Por exemplo, caso alguém se mova 1 metro por segundo, ela se moverá 2 metros em 2 segundos, 3 metros em 3 segundos, e assim por diante. Caso um ônibus percorra 80 quilômetros por hora, se sua **velocidade** for **constante**, ele percorrerá 160 quilômetros em duas horas, ou seja, o dobro da distância no dobro de tempo. Podemos dizer que o corpo se desloca de maneira **uniforme** e por isso

chamamos esse tipo de **movimento** (com **velocidade constante**) de **Movimento Uniforme**, pois o corpo muda de **posição uniformemente**.

Velocidade constante
↓
Movimento Uniforme (MU)

Veja a Figura 3 abaixo, no qual um **ponto representa um corpo** que se move com uma **velocidade constante** ($v = 2 \text{ m/s}$), ou seja, que realiza um **Movimento Uniforme (MU)**. Nesse exemplo, esse objeto se desloca 2 metros a cada segundo.

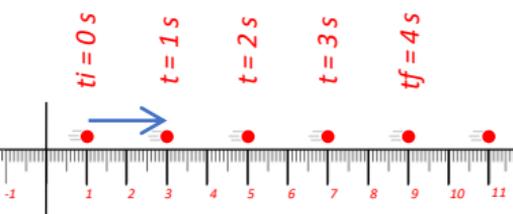


Figura 3: Representação de um Movimento Uniforme

Pergunta: qual é a média de uma velocidade constante? Quando calculamos a média de uma quantidade que não varia, ou seja, que é constante, a média é igual ao valor que permanece constante. Por esse motivo, quando estivermos falando de **Movimento Uniforme (MU)**, onde a velocidade não varia, deixamos de acrescentar o “média” na “velocidade média”. Logo, chamaremos apenas de **velocidade (V)**, ao

invés de **velocidade média (Vm)**.

Outra simplificação que podemos adotar é medir o tempo a partir do zero. Isto é, assumir que o **instante de tempo inicial** ($t_i = 0 \text{ s}$) de algum movimento em estudo será igual a zero. Dessa forma:

$$t_i = 0 \text{ s} \rightarrow \\ \Delta t = t_f - t_i = t_f - 0 \text{ s} = t_f \rightarrow \\ \Delta t = t_f$$

Dizer que $\Delta t = t_f$ significa que o **intervalo de tempo** (Δt) no qual ocorre a um movimento será igual ao **instante final** (t_f) que medimos (com um relógio ou cronômetro). Como em nossos cálculos lidaremos apenas com t_f , podemos simplificar ainda mais: $t_f \equiv t$. Dessa forma, a definição de **velocidade (V)** fica:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} \rightarrow V = \frac{\Delta S}{t}$$

Essa definição é “simples”, mas muito poderosa, pois podemos lidar e entender com inúmeros problemas físicos a partir dela. Você verá que se soubermos algumas coisas sobre o movimento de um objeto, podemos determinar a sua **posição (S)** em um **instante de tempo (t)** futuro. A seguir, discutiremos sobre o **determinismo** na Mecânica.

4.1.2 Determinismo

A **Cinemática** é uma ciência **determinística**, isso significa que ela tem a capacidade de fazer “previsões”, estimativas, em outras palavras, de determinar o movimento. Se soubermos qual a **velocidade** (média ou constante) de uma algo ou alguém, e sua **posição inicial** (S_i), pode-se prever onde ele estará em um determinado momento futuro. Por exemplo, é com base nessa ideia que nosso celular utiliza o **GPS** para “prever” quanto tempo demoraremos para chegar em algum lugar. Vamos entender esse procedimento nos exemplos a seguir.

Exemplo (1): Imagine um carro com velocidade constante que se deslocou por uma distância de 8 quilômetros ($\Delta S = 8 \text{ km}$) em 15 minutos ($\Delta t = 15 \text{ min}$). Qual foi sua velocidade (V)?

Resolução:

$$V = \frac{\Delta S}{t} = \frac{8 \text{ km}}{15 \text{ min}}$$

$$V = 0,53 \text{ km/min}$$

Observação: qual seria sua **velocidade** (V) em quilômetros por hora (km/h)?

Atividade sugerida: prove que

$$V = 0,53 \frac{\text{km}}{\text{min}} = 32 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Exemplo (2): Poderíamos abordar o problema do **Exemplo (1)** de outra forma, caso soubéssemos sua velocidade e quanto tempo o carro andou. Ou seja, caso o carro tenha andado com **velocidade** $v = 32 \text{ km/h}$ durante $t = 15 \text{ minutos}$ ($= 0,25 \text{ horas}$). Qual seria o deslocamento realizado pelo carro?

Resolução:

$$V = \frac{\Delta S}{t} \rightarrow 32 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{\Delta S}{0,25 \text{ h}}$$

Ao “passar” os $0,25 \text{ h}$ para o lado esquerdo da equação multiplicando, temos:

$$32 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 0,25 \text{ h} = \Delta S$$

$$\downarrow$$

$$8 \text{ km} = \Delta S$$

Perceba que os dois exemplos são semelhantes, o que muda são as informações que temos inicialmente. Mesmo assim, conseguimos utilizar o mesmo processo matemático (utilizando a equação $V = \Delta S/\Delta t$ para representar e solucionar as questões.

Veja agora um exemplo no qual determinaremos em que lugar, isto é, qual **posição** (S) um objeto ocupará em um determinado instante de tempo futuro.

Exemplo (3): Um estudante decide pegar o metrô para ir para escola. Considere que a rodoviária é a **origem** ($S = 0 \text{ km}$) do **Sistema de Referência**, e que ele tenha pego às 13h05 horas um vagão.

A – Sabendo que o estudante tenha que chegar na escola às 13h15, e que a estação mais próxima da escola está a **4,5 km** da rodoviária, caso o vagão se mova com uma velocidade constante de $V = 25 \text{ km/h}$, o estudante conseguirá chegar no horário correto?

B – Qual será a **posição (S)** do vagão exatamente às 13h15?

É importante que você tente resolver esses problemas. Os dois podem ser solucionados de uma maneira “lógica”, por exemplo, via a conhecida “regra de três”. Você também pode utilizar a definição de **velocidade** ($V = \Delta S/t$). Existe uma forma muito interessante de escrever essa equação, que facilita o cálculo da **posição (S)** de um corpo em algum **instante de tempo (t)**, como é requisitado na questão **B** acima. Veja abaixo a dedução da **função horária da posição S(t)**.

Quando a **velocidade** de um corpo é **constante**, ou seja, o **Movimento é Uniforme**:

$$Vm = \frac{\Delta S}{\Delta t} \rightarrow V = \frac{\Delta S}{t}$$

Porém,

$$\Delta S = Sf - Si \rightarrow V = \frac{Sf - Si}{t}$$

$$V \cdot t = Sf - Si$$

Ao passar **t** e **Si** para o lado esquerdo da equação obtemos:

$$Si + V \cdot t = Sf$$

Que é a mesma coisa que:

$$Sf = Si + V \cdot t$$

Essa equação nos diz que a **posição (S)** que o corpo ocupará em um dado **instante (t)** é igual a soma de sua **posição inicial (Si)** com o quando ele se deslocou (isto é, $V \cdot t = \Delta S$). Essa equação deixa claro que se a **posição inicial (Si)** e a **velocidade (V)** do corpo forem conhecidas, é possível determinar a **posição (Sf)** em qualquer **instante de tempo (t)**. Matematicamente, isso significa que a **posição (S)** está em **função do tempo (t)**. Para simplificar a escrita passaremos a escrever: $Sf = S$ ou $S(t)$, para evidenciar que se trata de uma função. Assim:

$$S = Si + V \cdot t ;$$

essa função recebe o nome de **função horária da posição**.

Sugestão: tente responder novamente o **Exemplo (3) B** com esta função.

Por meio da definição matemática de **velocidade (V)**, pudemos deduzir a função $S(t)$, que permite determinar a **localização** de um corpo em **Movimento Uniforme (MU)**, em qualquer **instante (t)**. Na Mecânica,

É importante refletir sobre a utilidade dessa função (do primeiro grau). No nosso dia a dia, nem sempre é fácil observar um **MU**. Contudo, na **Física** trabalhamos com **modelos**, isto é, ideias que são “simplificações” da realidade. Todo modelo tem limites, e por isso, precisamos desenvolver modelos cada vez mais adequados ao fenômenos ob-

servados. Um movimento “simples”, como um metrô, que se move em uma trajetória bem definida e, em certos momentos, com **velocidade (V)** constante, é muito útil ter uma função como $S(t)$, por exemplo, para evitar a colisão entre vagões que andam nos mesmos trilhos. Pois conseguimos **determinar** como ocorrerá seu movimento.

Para situações mais complexas, precisaremos de ideias mais sofisticadas. Por isso, mais adiante, falaremos de movimentos em que a velocidade varia. Antes disso, cabe uma discussão sobre as **Unidades de Medida**.

4.2.

Unidades de Medida

Na Física, e particularmente na Mecânica, trabalhamos com **grandezas**, isto é, com **quantidades físicas** que podem ser **medidas**, como: *tempo, comprimento, temperatura, pressão, velocidade, volume, massa, peso*, dentre outras.

Na Mecânica é essencial falarmos das unidades de medidas **espaciais** e **temporais**. Existiram e existem muitas formas diferentes de medirmos o comprimento e o tempo. Essa é uma necessidade muito antiga, dos primórdios das civilizações humanas. Em 1960 foi criado o **Sistema Internacional de Unidades**

(SI), que foi adotado pelo Brasil em 1962. Isso ajuda a evitar confusões entre os diferentes povos. Por padrão, utilizaremos: o **metro (m)**, como unidade de **comprimento**; e o **segundo (s)**, como unidade de **tempo**. Isso significa que quando falarmos de comprimento (distância, deslocamento, área, volume e outra quantidades derivadas do comprimento) utilizaremos múltiplos do **metro (m)**. Da mesma forma, para o tempo, utilizaremos os múltiplos do **segundo (s)**.

Exemplo (4): Um viajante percorreu uma distância de 500 km; isso significa que ele percorreu 500.000 metros.

$$500 \text{ km} = 500.000 \text{ m}$$

Essa viagem durou 2 dias; e isso significa que sua duração foi de 48 horas.

$$2 \text{ d} = 48 \text{ h}$$

Nas ciências, muitas vezes precisamos lidar com números muito grandes ou muito pequenos e, por isso, faz facilita muito utilizar a **Notação Científica**, isto é, representar as grandezas multiplicadas por uma potência de dez (10^a , onde a é um número real).

Exemplo (5): O diâmetro do Sol (D_s) é aproximadamente:

$$D_s = 1.400.000.000 \text{ m}$$

$$D_s = 1,4 \cdot 10^9 \text{ m}$$

Exercício: demonstre que esses dois valores são iguais.

Veja a seguinte tabela das palavras (prefixos) que utilizamos no **Sistema Internacional de Unidades**.

Fator	Prefixo	Símbolo
10^{-12}	pico	p
10^{-9}	nano	n
10^{-6}	micro	μ
10^{-3}	mili	m
10^{-2}	centi	c
10^{-1}	deci	d
10^1	deca	da
10^2	hecto	h
10^3	quilo	k
10^6	mega	M
10^9	giga	G
10^{12}	tera	T

Por isso que **1 quilometro** tem **1000** metros, ou seja, **1 km = 1000 m**. Porque **1 km = $1 \cdot 10^3$ m**. Em relação ao tempo, é importante que você perceba que:

- **1 min = 60 s ;**
- **1 h = 60 min = 3600 s ;**
- **1 d = 24 h = 86400 s .**

4.3.

A Inércia e o Movimento Uniformemente Variado

Em relação ao estudo do movimento, até a época de Galileu (em torno do século XVII), imperava no ocidente uma forma: o aristo-

télico. Lembra-se das ideias de **Movimento Natural** e **Movimento Violento**? Essas duas formas de movimento faziam parte da teoria de Aristóteles que, mesmo com as diversas críticas desenvolvidas por filósofos da Idade Média, suas ideias permaneceram vivas até os séculos XVII e XVIII, encontrando seu fim pelos estudos de vários cientistas, dentre os quais se destacam Galileu Galilei e Isaac Newton.

Os experimentos e os cálculos realizado por Galileu confrontavam diretamente diversos aspectos da teoria aristotélica. Por exemplo: que corpos mais pesados não caem mais rápidos; que os corpos celestes seriam “perfeitos”; que nem todos corpos celestes giravam em torno da Terra, ao ver, pela primeira vez, 4 das 79 luas de Júpiter; ainda, que objetos se movem horizontalmente sem a ação de outro corpo (movimento violento), dentre outros.

Galileu investigou o movimento de corpos celestes e de corpos terrestres. Um tipo de estudo experimental realizado por ele, foi o de analisar o movimento objetos deslizando sobre uma superfície inclinada (como na figura abaixo).

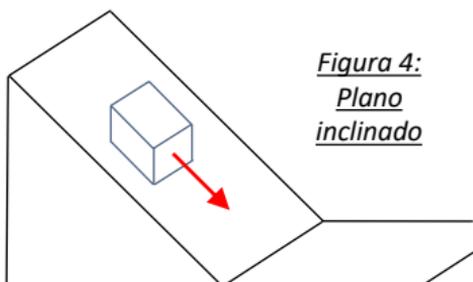


Figura 4:
Plano
inclinado

Galileu percebeu algo importante: quando um objeto se move, como no caso de um bloco deslizando sobre uma plano, em geral, o ambiente oferece uma **resistência** ao seu movimento. Isso pode ser percebido imaginando duas situações. A primeira, caso você coloque o bloco sobre uma superfície inclinada (como na Figura 4) ele poderá ficar parado ou deslizar. Agora imagine que antes de colocar o bloco, alguém jogue água e sabão nessa superfície, deixando-a muito escorregadia. O que acontecerá? Faz sentido dizer que há mais chance do bloco escorregar no caso da superfície estar molhada? Se sim, o que mudou?

De fato, em superfícies lisas inclinadas, os corpos tendem a deslizar ou deslizar mais rápidos. Galileu percebia algo fundamental para a Mecânica: que em superfícies horizontais lisas ou escorregadias os objetos tendiam a manter seu movimento inalterado, ou seja, sua **velocidade constante**. Aristóteles não acreditava que os corpos poderiam manter seu movimento horizontal por "conta própria". O que Galileu constatou foi diferente: os objetos tem uma tendência a manter seu **estado de movimento** (com a **velocida-**

de constante e em **linha reta**), mas o ambiente oferece resistências, freios. O movimento em linha reta e com velocidade constante é chamado de **Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)**.

O **atrito** com a superfície e com o ar atuam como freios aos movimentos do nosso dia a dia, mesmo que não percebamos.

A conclusão de Galileu foi a de que todos os corpos têm uma propriedade chamada **Inércia**. Isso significa dizer que se tirássemos toda a resistência que um ambiente oferece (o que pode ser feito em um laboratório, por exemplo), poderíamos ver algo se movendo em um **MRU** (com velocidade constante e em linha reta) "para sempre".

Mas a **velocidade (V)** dos objetos podem mudar com o **tempo (t)**. O que causa isso? Para mudar a **velocidade (V)** de um corpo, é necessário empurrá-lo ou pará-lo. Isso nos ajuda a compreender, por exemplo, os **asteróides**. Rochas que viajam pelo espaço com **velocidade constante**, e em **linha reta** (pois no espaço não existe atmosfera, logo, não há resistência), viajando livremente. Se nada os empurra nem os freia, eles continuam seguindo pelo espaço por **inércia**, em **MRU**.



Figura 5: Asteroide e planeta Terra

Galileu estudou cuidadosamente o movimento de **queda**. Ele buscou realizar experimentos onde a interferência do atrito fosse mínima possível. O cientista verificou que o tempo de queda dos objetos independem do quão pesados de seus pesos. Além disso, verificou que os corpos caem **aceleradamente**. Isso significa que a velocidade varia. Galileu, verificou que quando um corpo cai sem sofrer interferência relevante do ar, sua **velocidade** aumenta constantemente, em uma taxa que o físico conseguiu medir. Galileu encontrou um valor bastante próximo para o que chamamos hoje de **aceleração gravitacional** ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$). Primeiro, precisamos definir a grandeza física **aceleração** (a).

Na Figura 3, nós representamos um objeto em um **MRU**, percorrendo uma distância de 2 metros a cada segundo. Imagine como se estivéssemos tirando uma foto dele a cada segundo, enquanto a bola vermelha anda para a direita. Dessa forma, esse corpo se desloca distâncias iguais ($\Delta S = 2 \text{ m}$) em intervalos de tempos iguais ($\Delta t = 1 \text{ s}$). Quando um movimento é **acelerado**, as distâncias percorridas aumentam ou diminuem ao longo do tempo. A Figura 6 (ao lado), representa uma esfera vermelha caindo. Quando jogamos uma esfera para cima, ela perde **velocidade**, ela **desacelera** até parar. Isso significa que ela percorre distâncias cada vez menores, até que atinge uma altura máxima, nesse momento, ela começa a acelerar (para baixo), ou seja, ela cai.

O que Galileu percebeu, foi que quando eliminamos a interferência do ar, os corpos caem em um **Movimento Uniformemente Variado (MUV)**. Isso significa que quando os objetos caem livremente com uma **aceleração** de $9,8 \text{ m/s}^2$, eles ganham uma **velocidade** de $V = 9,8 \text{ m/s}$ a cada segundo. Veja a Figura 6 abaixo, que representa o que acontece quando uma esfera é solta no ar.

Imagine que estamos filmando uma esfera cair, e assim, podemos observar como sua **posição** (S) muda verticalmente ao longo do tempo (t), com base em uma régua (**Sistema de Referência**) colocada em uma parede ao fundo, e o relógio da câmera.

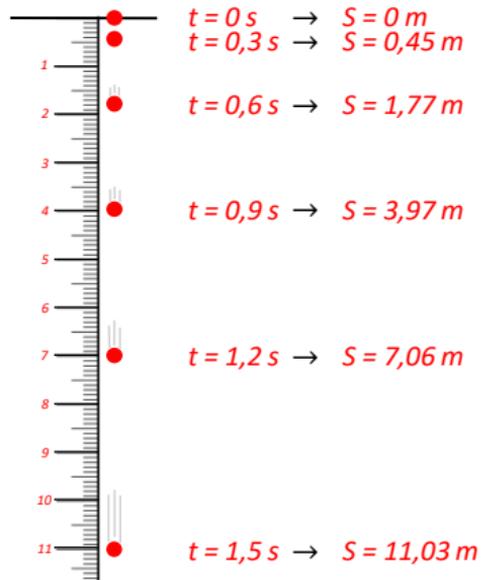


Figura 6: Esfera caindo (sem resistência do ar)

Na próxima página, veremos como calcular a **aceleração média** (a_m), e você poderá estimar a **aceleração gravitacional** (g) por meio dos dados da Figura 6.

Matematicamente, podemos definir a **aceleração média** (am) assim:

Se em um dado **instante inicial** (t_i) um móvel tiver uma **velocidade inicial** (V_i) e, posteriormente, em um **instante final** (t_f), ele tenha uma **velocidade final** (V_f), então sua **aceleração média** (am) será:

$$am = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_f - V_i}{t_f - t_i}$$

Ou seja, a aceleração (am) é o quanto a velocidade varia (ΔV) no em um intervalo de tempo (Δt).

A **aceleração** é um conceito muito importante para a Mecânica, especialmente, porque na **teoria newtoniana**, definiremos o conceito de **força** (F), diretamente relacionado com o conceito de **aceleração**. Pois a **força** é a **ação** que **modifica a velocidade** de um corpo, ou seja, é o que produz uma **aceleração**. Isso nos ajudará, por exemplo, a entender o que é a **força gravitacional**, que é a forma como a **gravidade** do planeta age sobre os objetos em sua superfície, por exemplo, fazendo-os cair.

Exemplo (6): Atualmente, verificar o valor da **aceleração gravitacional** (g) é extremamente facilitado pelas tecnologias que estão disponíveis. Uma forma muito simples e precisa de estimar g é por meio do programa Tracker. A Figura 6 mostra um esquema simples mas muito poderoso, semelhante ao que o próprio Galileu construiu séculos atrás.

Exemplo (6):

A – Observe os dados da Figura 6. Sabendo que no instante $t = 0 \text{ s}$ a **posição** da esfera foi $S = 0 \text{ m}$, e que no instante em que $t = 0,3 \text{ s}$, a **posição** foi $S = 0,45 \text{ m}$, calcule a **velocidade média** (V_m) da esfera entre estes dois instantes.

Resolução:

$$\begin{aligned} V_m &= \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} \rightarrow \\ V_m &= \frac{0,45 \text{ m} - 0 \text{ m}}{0,3 \text{ s} - 0 \text{ s}} \rightarrow \\ V_m &= \frac{0,45 \text{ m}}{0,3 \text{ s}} = 1,5 \text{ m/s} \end{aligned}$$

B – Observando os dados da Figura 6 e o exemplo acima, responda. Considerando que no instante $t = 0,3 \text{ s}$ a **posição** da esfera foi $S = 0,45 \text{ m}$, e que no instante em que $t = 0,6 \text{ s}$, a **posição** é $S = 1,77 \text{ m}$, calcule a **velocidade média** (V_m) da esfera entre estes dois instantes.

C – Considere a velocidade calculada no **Exemplo (6) A** como a **velocidade inicial** (V_i), e a velocidade calculada no **Exemplo (6) B** como a **velocidade final** (V_f) para estimar o valor da **aceleração gravitacional** (g). Utilize a definição de **aceleração média** (am), isto é:

$$g = am = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

D – O valor que você encontrou para g se aproxima de $9,81 \text{ m/s}^2$? O que justificaria essa diferença?

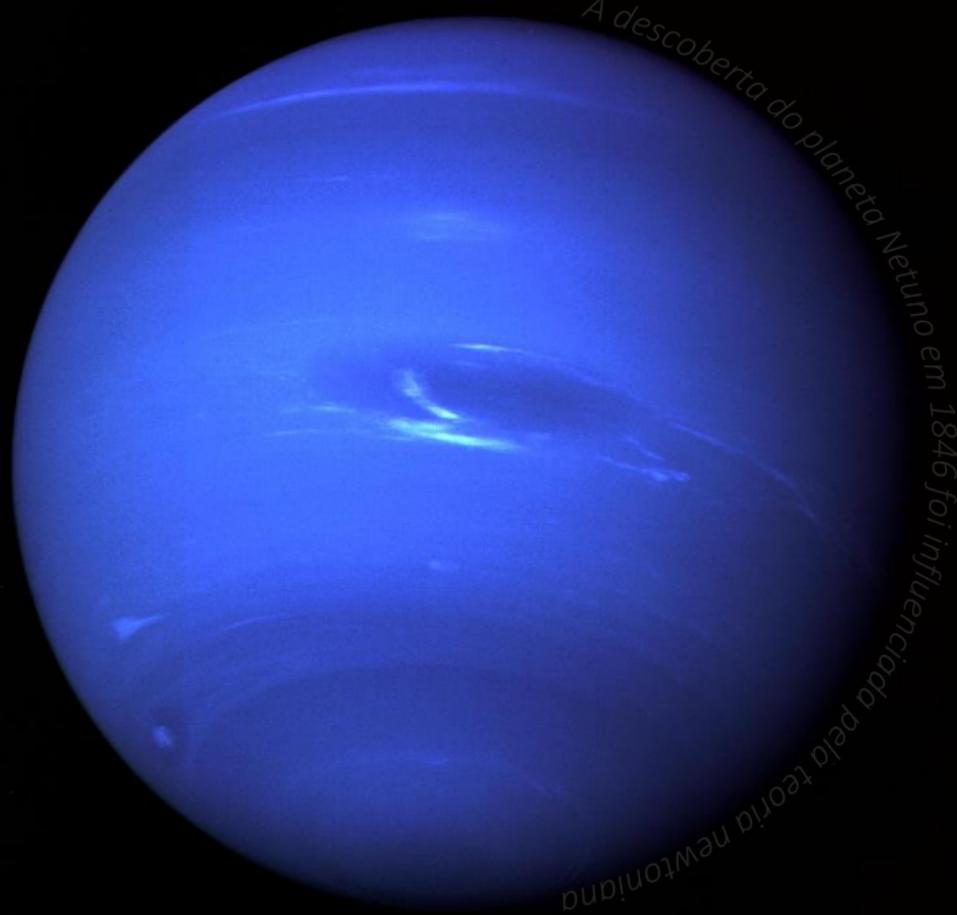
APÊNDICE V

APOSTILA DA UNIDADE 5: MECÂNICA – CAPÍTULO 5 - TEORIA NEWTONIANA

Autoria: Israel Marinho Araújo

Objetivo: o material didático desta unidade foi produzido com o intuito de apresentar aspectos históricos e conceituais da teoria newtoniana sobre o movimento dos corpos e o sistema de mundo moderno. Particularmente, esse texto intenta: delimitar o conceito de Revolução Científica; explicar uma definição de massa, as Leis de Newton e a Teoria da Gravitação Universal; justificar as definições vetoriais de posição, deslocamento, velocidade e aceleração. Essa unidade fundamenta teórica e metodologicamente os conteúdos abarcados no nono, décimo, décimo primeiro e décimo segundo encontro (ou aula) da sequência didática proposta.

FÍSICA



DE TALES DE MILETO A ISAAC NEWTON

Mecânica Clássica

Israel Marinho Araújo, Brasília-DF, 2022

Apresentação

Olá! Essa é a parte final da nossa apostila. Ela não é muito grande, mas é bastante densa. Parte dos conteúdos serão melhor compreendidos na medida em que você praticar com a resolução de exercícios. Você deve ler o texto em um primeiro momento e fazer as atividades da plataforma em seguida. Também serão disponibilizados dois vídeos para complementar e auxiliar na explicação desse importante tema. Nesse texto queremos aprender sobre: **Johannes Kepler**; **Isaac Newton**; uma definição para **massa**; as **Leis de Newton**; a **Força Resultante**; **tipos de força**; **Força Gravitacional**; e sobre o **sistema de mundo moderno**.

5. 1. O pensamento antigo e medieval é deixado para trás. A ciência nasce.

O **conhecimento científico** tem uma característica importante: todo saber pode ser melhorado, aperfeiçoado ou mesmo abandonado diante de uma melhor (ou mais completa) explicação da *Natureza*.

A teoria sobre o funcionamento da *Natureza* criada pelo filósofo Aristóteles é falha em vários aspectos. Por esse e outros motivos ela perdeu espaço para teorias melhores. Por exemplo, hoje sabemos que a **água** não é algo **elementar**, na verdade, ela é formada por duas coisas mais elemen-

elementares: o **Hidrogênio** e o **Oxigênio**. Isso significa que água pode ser decomposta e recomposta a partir de dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio (**H₂O**). Veja abaixo a representação de uma molécula de água.

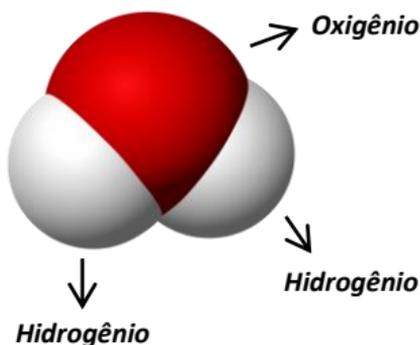


Figura 1: Representação 3D de uma molécula de água

Atualmente, a melhor explicação científica sobre o que **forma** ou **constitui** as coisas do nosso mundo, isto é, os **corpos materiais**, é a **teoria atômica**. Não existe apenas Terra, Água, Ar, Fogo e Éter, como pensava Aristóteles. Pode-se dizer que existem pouco mais de 100 "pedaços" diferentes de matéria, objetos muito pequeninhos, chamados de **átomos**. A junção dessas pequenas partes de matéria que formam os materiais que conhecemos. Por exemplo, a **água** é uma **substância**, não um elemento, pois é formada por **moléculas** que contêm três **átomos** (um átomo maior chamado **oxigênio** e dois menores chamados de **hidrogênio**).

Diversos cientistas estiveram envolvidos na nos estudos sobre a possível **composição** da **água** e do **fogo**. Um jovem francês chamado **Antoine Lavoisier** (1743 – 1794) realizou uma

série de estudos e indicou que para a ocorrência do **fogo**, é necessário **ar**, ou melhor, uma **parte do ar**, que nomeou de **oxigênio**. No século XVI se conhecia um tal “gás inflamável”, um gás explosivo, produzido a partir da mistura de **ferro** com **ácido sulfúrico**. Ao observar que a explosão desse gás produzia umidade (água), Lavoisier, em 1783, sugeriu que a água seria uma substância formada por **oxigênio** e o tal “gás inflamável”, que ele renomeou como **hidrogênio**, que em grego significa “*gerador de água*”. Posteriormente, Lavoisier participou da criação de um aparato que misturava lentamente esses dois gases, de **oxigênio** e **hidrogênio**, colocando em contato essa **mistura** de gases com uma fagulha elétrica. Algo impressionante acontecia: **água era produzida**.



Figura 2: Lavoisier e Marie-Anne, sua esposa.

Lavoisier, por vezes, é considerado o “pai da química moderna” por essa e outras descobertas que revolucionaram a compreensão sobre **matéria** e suas **transformações**. De maneira semelhante, Galileu Galilei é considerado o “pai da física moderna.” Esses títulos indicam que essas pessoas foram essenciais para uma transformação no conhecimento acadêmico: processo chamado de **Revolução Científica**. Os dois são pioneiros da **Física e Química**.

Algumas das principais contribuições de Galileu:

- Matematização do movimento;
- Demonstração da relatividade do movimento;
- Introdução do conceito de Inércia;
- Demonstração que um movimento complexo equivale à soma de vários movimentos simples ocorrendo simultaneamente;
- Desmonstração que na ausência de resistência do ar, os corpos caem com uma aceleração $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ (independente de sua massa);

Galileu começou a trilhar um caminho de estudo que teria o seu ponto mais alto, o topo, anos depois com um físico inglês chamado **Isaac Newton**. Os estudos de Galileu foram essenciais para que Newton pudesse desenvolver sua **teoria sobre o movimento** e sobre a **gravidade**.

A descrição precisa do movimento, e as evidências encontradas por Galileu tiveram grande influ-

ênica nas explicações sobre as **causas do movimento** por **Isaac Newton**.

5. 2. Isaac Newton e o novo Sistema de Mundo

No mesmo ano em que faleceu Galileu (1642) nasceu Isaac Newton. Um bebê prematuro, bastante frágil, que ganhou o nome de seu pai (que havia morrido três meses antes de seu nascimento). Próximo de atingir 3 anos de idade foi enviado para os cuidados de seus avós, e permaneceu praticamente sem contato com sua mãe até os 8 anos. Hannah, sua mãe, o enviou para uma escola na esperança que se tornasse um bom fazendeiro, como seu pai foi.

Newton se tornou um jovem muito fechado, introspectivo, antissocial. Algumas pessoas afirmam que sua complicada vivência familiar o tornou uma pessoa muito solitária, concentrava seus afazeres entre sua fé cristã e em seus estudos de **Alquimia** (uma forma de estudar a matéria anterior à **Química**, que misturava ciência e misticismo).

Newton tinha quase uma compulsão por aprender, os estudos eram como um refúgio para ele .

Quando foi enviado para estudar, Newton dividiu quarto com um homem chamado Clark, o dono de uma farmácia. Newton se interessou pelos misteriosos frascos de Clark, tanto que Clark lhe ensinou sobre suas poções, e lhe deu acesso aos seus livros de Alquimia. Newton se dedicou muito em

aprender sobre alquimia e, posteriormente, em construir umas engenhocas.

Ao terminar a escola, Newton iria começar seus trabalhos na fazenda de sua família, mas um de seus professores, reconhecendo a genialidade de seu aluno, insistiu para que o jovem tentasse ingressar em uma faculdade. Sua mãe foi convencida e Newton foi aceito na universidade Trinity College de Cambridge (Inglaterra).

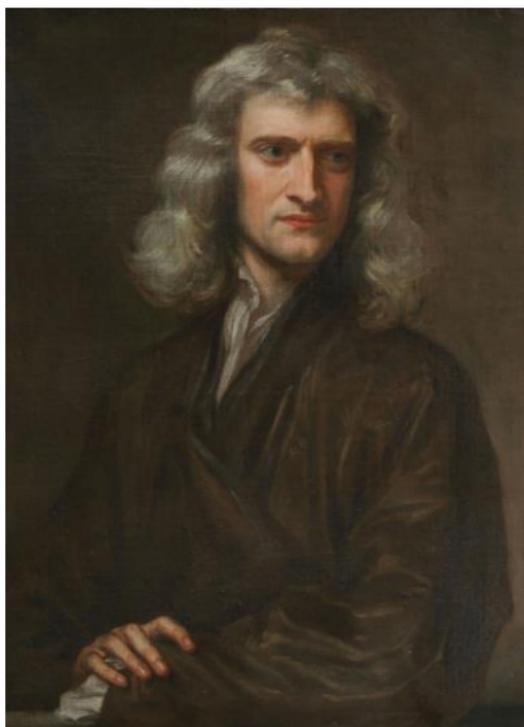


Figura 2: Isaac Newton (1689)

Sua característica individualista o fazia dedicar muito tempo aos livros. Em alguns anos ele já havia dominado os conteúdos mais avançados de matemática.

Quando se formou, ganhou uma bolsa de estudos para continuar na universidade. Mas uma peste (epidemia) atingiu a Europa, e a universidade teve que fechar. Newton ficou 18 meses em casa estudando in-

tensamente. Dedicou-se a estudar fenômenos luminosos. Realizando diversos experimentos importantes, o que lhe fez desenvolver um grande conhecimento sobre o comportamento da luz (no futuro ele apresentaria um trabalho explicando o que são as cores dos objetos e do que a luz seria formada).

Newton, em seu isolamento, também trabalhou em outras questões físicas, e para isso, começou a desenvolver uma nova área que se tornaria uma das mais importantes da matemática: o **Cálculo** (Diferencial e Integral). Nesse momento, ele começava a desenvolver uma compreensão profunda e revolucionária sobre a **gravidade**.

Sua personalidade fechada o fez guardar suas ideias consigo mesmo. Sua teoria sobre o movimento e sobre a gravidade talvez nunca tivesse sido publicada se alguns de seus colegas não tivessem insistido nisso.

5 . 2 . 1. Quem influenciou Newton?

Quando Newton estava na faculdade teve por meio de seu professor acesso aos estudos sobre a **gravidade** e o **movimento** de **Galileu**; sobre as **leis de Kepler**; e a filosofia natural de **Renê Descartes** (um dos filósofos/matemáticos mais importantes de sua época, grande estudioso da **mecânica**).

Descartes pensava no mundo como um mecanismo com várias peças interligadas colocando um sistema em funcionamento, como uma máquina que poderia ser tratada geometricamente.

Newton ficou fascinado com a matemática e a filosofia natural (que depois passou a ser chamada de **Física**), e assim, passou a estudar os grandes mistérios da época. Confrontando duramente algumas ideias de **Descartes**.



Figura 3: René Descartes

5 . 2 . 2. O que são as Leis de Kepler?

Johannes Kepler (1571 – 1630) foi um astrônomo e matemático alemão, ajudante de **Tycho Brahe** (1564 – 1601), um nobre dinamarquês que trabalhava em um dos **observatórios celestes** mais sofisticados de sua época. Tycho compilou uma série de dados (informações) sobre as órbitas celestes. Esses dados foram interpretados por Kepler, que percebeu que as órbitas dos planetas apresentavam três características regulares. Os dados fortaleciam o modelo **Helio-cêntrico**. De maneira simpli-

ficada a **1ª Lei de Kepler** diz que todos os planetas percorrem **órbitas elípticas** com o Sol fixo em um dos **focos** dessa elipse (isto é, em uma posição específica deslocada do centro), veja a figura a seguir.

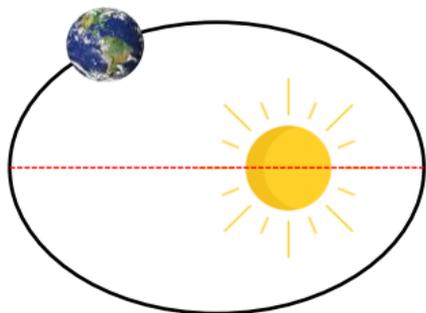


Figura 4: Representação de uma órbita elíptica

Observação:

- A elipse é um “círculo achatado”;
- O foco é uma posição geométrica específica, deslocada do centro;
- A linha pontilhada na Figura 4 é chamada de “semi-eixo maior” da elipse.

A **2ª Lei de Kepler** determinou que os planetas se movem com velocidades variáveis, ao contrário do que se costumava pensar. Eles ganham velocidade quando vão em direção ao Sol, e perdem velocidade quando estão se distanciando. A **3ª Lei de Kepler** determina que há uma proporção exata entre o semi-eixo maior e o tempo que demora para o planeta completar a órbita. [Clique aqui para mais aprender sobre as Leis de Kepler.](#)

Figura 5: Tycho Brahe



Figura 6: Johannes Kepler

5.2.3. Professor de Matemática

Newton ocupou a vaga de seu antigo professor e orientador na universidade, tornando-se um professor de Matemática na Trinity College, uma universidade ligada a fé cristã. O cientista passou a estudar exaustivamente teologia e alquimia durante essa época, tentando compreender o universo, que ele acreditava ser a criação divina. Sua compreensão matemática e física da natureza crescia, e assim, Newton desenvolveu sua ideia de sistema de mundo, em outras palavras, sua nova compreensão do universo.

Com as leis de Kepler, o **sistema de mundo moderno** foi criado, e os **astrônomos** da época buscavam uma explicação para as **órbitas elípticas dos planetas em torno do Sol**. Um astrônomo chamado Halley procurou Newton e lhe indagou sobre o assunto, perguntando: o que faria com que os planetas descrevessem elipses no espaço? Newton respondeu que já tinha achado a solução para essa pergunta, uma **força** específica, que **diminuíva quadraticamente** com a **distância**, algo que ele já havia provado matematicamente. Halley ficou surpreso e insistiu que Newton lhe enviasse seus cálculos. Após recebê-los meses depois, Halley incentivou que Newton publicasse suas ideias. O físico revisou suas anotações e, assim, reescreveu o que seria sua obra-prima: um livro de três partes chamado **Princípios**

Matemáticos da Filosofia Natural. Esse é um dos livros mais importantes da ciência, pois serviu como a base para a ciência moderna.

5.2.4. Teoria Newtoniana sobre o movimento

Nesse livro Isaac Newton desenvolveu uma teoria completa sobre o movimento e sobre a gravidade. Descreveu sua ideia sobre a **estrutura do universo**, mostrou como calcular a **massa (quantidade de matéria)** de um planeta, explicou por que a **Terra é achatada nos polos**, por que há uma **saliência na Linha do Equador** e como as **marés** funcionam, explicou o **movimento dos cometas**, tudo isso, basicamente por que foi capaz de explicar corretamente o funcionamento da **gravidade**. A **teoria newtoniana** é um dos pontos mais altos da **Mecânica**. Para entendermos essa **teoria do movimento** e da **gravidade** de Newton, precisaremos compreender alguns conceitos antes. Você já ouviu falar de **Vetores**?

As grandezas **escalares** são aquelas que podemos determinar com apenas um número (**escalar**), por exemplo, a idade de alguém, a massa de um objeto, sua densidade ou temperatura, etc. Pode-se dizer: “a temperatura chegou a 32 graus hoje”. E nesse caso não precisamos de informações adicionais acerca da temperatura. Ela foi bem determinada por um número. Já as grandezas **vetoriais** (como a **posição**, a **velocidade**, a **aceleração** e a

Força) são quantidades que precisam de mais de uma informação para determiná-las de maneira completa. Se quisermos saber onde estará um carro que mantém uma velocidade de 80 km/h precisaremos saber em qual direção ele está indo, pois ele poderia andar nessa velocidade em qualquer direção e sentido.

Os vetores são objetos matemáticos muito eficientes para o estudo do movimento, pois carregam três informações: o **módulo** (seu valor ou magnitude), a **direção** (orientação) e o **sentido** (“para um lado ou outro” em uma determinada direção). Costumamos representar os vetores como setas (Figura 7), pois as setas podem representar essas três informações.

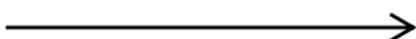


Figura 7: Representação de um vetor

- O **módulo** ou **intensidade** da grandeza física é representada pelo tamanho da seta;
- A **direção** é dada pela orientação do segmento de reta (linha) que forma a seta;
- E o **sentido** é indicado pela “ponta” da seta.

Na Figura 7, o vetor tem a direção horizontal, e o sentido para a direita. Logo, repare que toda direção tem dois sentidos. Na direção vertical os dois sentidos são: para cima e para baixo.

Como já vimos, os vetores também operam semelhante aos números, isto é, se somam, subtraem, etc. Para diferenciá-los dos números, utilizamos setas em cima dos vetores (\vec{V}). Veja o exemplo a seguir:

Um avião viaja para o **Norte** com uma **velocidade** de $V_N = 300$ km/h. Em parte do seu percurso um vento o empurra continuamente para **Leste** com uma **velocidade** $V_L = 100$ km/h. Isso fará com que o avião se desloque na diagonal, pois a cada 3 km que andar para o **Norte** será empurrado 1 km para o **Leste**. Com os vetores podemos calcular a velocidade resultante, ou seja, o efeito somado das duas velocidades, somando os vetores. Veja a Figura abaixo.

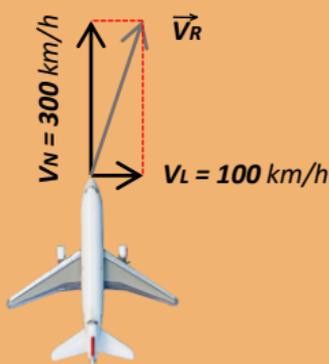


Figura 8: Representação dos vetores velocidade do avião

Podemos calcular essa **velocidade resultante** (\vec{V}_R) somando os dois vetores velocidades ($\vec{V}_N + \vec{V}_L$), os dois vetores velocidade. Perceba que as três setas formam um **triângulo retângulo**, onde a **Hipotenusa** (seta cinza) é a **velocidade resultante**. Assim, podemos calcular seu valor utilizando o **Teorema de Pitágoras**: $a^2 + b^2 = c^2$; onde

onde a , b e c são os lados de um triângulo retângulo, como pode ser visto abaixo:

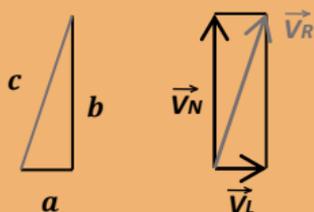


Figura 9: Triângulo retângulo e vetores velocidades

Perceba que as setas, isto é, os vetores também formam um **triângulo retângulo**, no qual os lados a , b e c são \vec{V}_L , \vec{V}_N e \vec{V}_R , respectivamente. Ou seja: um lado do triângulo mede **100 (km/h)**, outro **300 (km/h)** e a hipotenusa (c), é o valor que queremos encontrar, que equivale ao módulo da velocidade resultante (\vec{V}_R) do avião. Logo:

$$\begin{aligned} V_N^2 + V_L^2 &= V_R^2 \rightarrow \\ \sqrt{300^2 + 100^2} &= V_R \rightarrow \\ 316 \text{ km/h} &= V_R. \end{aligned}$$

A seta indica que é na diagonal que o avião irá viajar. A ponta da seta indica que ele se moverá no sentido nordeste (norte + leste). Desse modo, sabemos com precisão como se moverá esse avião, pois sabemos o **módulo da velocidade resultante** ($V_R = 316 \text{ km/h}$), a **direção** (na diagonal) e o **sentido** (nordeste). Ou seja, o **vetor velocidade resultante** \vec{V}_R (representado pela seta cinza) contém as três informações (módulo, direção e sentido) capazes de caracterizar como esse avião se moverá nessas circunstâncias.

O importante aqui é que você compreenda que em diversos problemas físicos existem **grandezas vetoriais**, sendo importante saber operá-las. Uma maneira de fazer essa conta pode ser como no exemplo acima, usando o Teorema de Pitágoras. Mas somar vetores dessa forma só funciona quando os **vetores** formam um triângulo retângulo (ou seja, quando o ângulo entre eles é 90°). Existe uma equação que serve em qualquer caso, para qualquer ângulo que houver entre os vetores, como na Figura 10 abaixo.

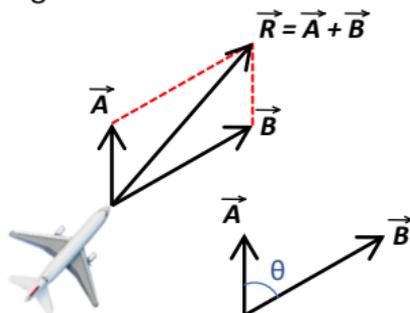


Figura 10: Representação da soma de dois vetores

Onde \vec{R} é o vetor **resultante** da soma entre os vetores \vec{A} e \vec{B} . Sempre que eu quiser **somar** um vetor \vec{A} com um vetor \vec{B} eu posso usar a **Regra do Paralelogramo** para encontrar o **módulo do vetor resultante** \vec{R} .

A **Regra do Paralelogramo** é dada pela seguinte equação:

$$R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \theta}$$

Onde θ é o ângulo entre os vetores \vec{A} e \vec{B} .

[Clique aqui para ver uma explicação sobre a soma de vetores por meio da Regra do Paralelogramo.](#)

5. 2. 5 Leis de Newton

Agora podemos começar a entender a teoria newtoniana. A tentativa de compreender o **movimento** é, sem dúvida, muito antiga e controversa. Haviam muitos problemas a serem resolvidos. Muitas perguntas em aberto. Newton corrigiu e resumiu o desenvolvimento de décadas de estudos sobre o movimento em três frases. Isso foi revolucionário.

Por diversos motivos, podemos dizer que Newton faz parte de uma quebra de paradigma. Seu livro **Principia** causou uma revolução quando demonstrou os corpos terrestres e celestes poderiam ter seus movimentos descritos e determinados por meio de 3 regras, que Newton chamou de **Leis do Movimento**, posteriormente ficando conhecidas como as **Leis de Newton**. Vamos conhecê-las:

Leis de Newton:

1ª - **Lei da Inércia:** Todo corpo mantém seu estado de movimento (parado ou com velocidade constante e em linha reta) a menos que seja forçado a mudar de estado (mudar de velocidade) por meio de forças exercidas sobre ele.

2ª - **Princípio Fundamental da Dinâmica:** A força é a ação capaz de alterar a velocidade de um corpo de massa (m). De maneira que a soma de todas as forças que atuam sobre um corpo produzem nele uma aceleração (\vec{a}) na direção da Força resultante (\vec{F}_R) com intensidade igual a:

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

No qual $\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N$, onde N é o número de forças aplicadas sobre o corpo.

3ª - **Ação e Reação:** Para toda ação (força) surge uma reação, isto é, uma força de mesma intensidade e direção, mas sentido oposto.

Observações:

- a **massa** foi definida por Newton como a **quantidade de matéria** que um corpo tem;

- a **Força Resultante** (\vec{F}_R) é a soma de todas as forças exercidas sobre um objeto. Como discutiremos, existem vários tipos de forças. Veremos algumas delas: a força normal, a força de atrito, a força peso e a força gravitacional.

5. 2. 6 Teoria da Gravitação Universal

Newton entendeu que a gravidade é uma interação atrativa que ocorre à distância entre os corpos. Ou seja, uma força que faz os corpos se atraírem, semelhante à um ímã que atrai uma moeda. Lembra que Galileu já havia descoberto que os corpos caem aceleradamente? Agora faz sentido, pois a força é a ação que causa uma aceleração em um corpo. Então, ao soltar um objeto, a Terra o puxa para seu centro, acelerando-o para baixo na nossa perspectiva. Enquanto seguramos um corpo, estamos exercendo uma

força contrária à **força gravitacional** (\vec{F}_g), anulando-a e, por isso, o objeto só cai quando o soltamos.

E quando um objeto é lançado para a frente? Ela continua movendo-se para frente por **inércia**, com velocidade constante, mas é acelerada para baixo (por conta da **força gravitacional**) e por isso faz esse movimento curvo característico.

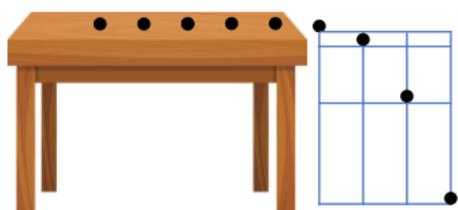


Figura 11: Esfera caindo de uma mesa

Mas o que aconteceria se eu arremessasse uma pedra com velocidade suficiente para que sua trajetória curva acompanhasse a curvatura da Terra? Ora, se não houvesse nenhuma resistência, (como ocorre no espaço) a pedra ficaria girando infinitamente, ou seja, ficaria em órbita.

Na verdade, Newton conseguiu provar matematicamente que se você parasse a Lua, ela cairia na Terra semelhante a qualquer outro corpo. Isso significa que a órbita é uma queda infinita!

Conclusão: ao estudar as descobertas de Galileu, as Leis de Kepler, e para conseguir explicá-las, Newton encontrou uma equação que descreve com uma precisão absurda qual é a intensidade

da **força** de atração que ocorre entre dois corpos de massas M e m , ou seja, a força gravitacional (F_g) que existe, por exemplo, entre um planeta e o Sol. A intensidade da **força gravitacional** é proporcional às **massas** (M e m) dos dois corpos, sendo maior quanto maior for a massa dos dois, e sendo menor de acordo com a distância (d) entre eles. Ou melhor, essa força **diminui quadraticamente com a distância** (d) entre os corpos. Da seguinte forma:

$$F_g = G \cdot \frac{M \cdot m}{d^2},$$

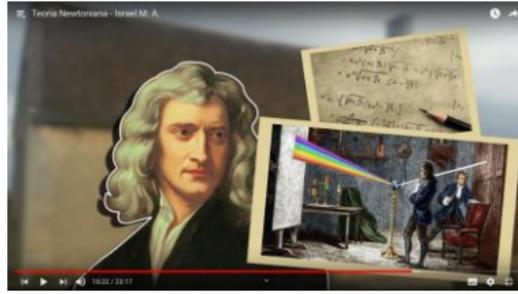
Onde G é um número, chamado de **Constante Universal da Gravidade**, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$.

Isso ajuda a compreender nosso Universo como um todo, o movimento dos planetas, satélites, asteroides, etc. Por isso essa parte recebe o nome de **Teoria da Gravitação Universal**. Newton unificou de vez o celeste e o terrestre. As leis físicas que regem o mundo aqui, regem o mundo nos confins do Universo. A gravidade, efeito de atração dos corpos fazem os objetos caírem na Terra, inclusive nós mesmos estamos presos nela por conta da gravidade. Além disso, a Lua orbita a Terra, e as duas orbitam o Sol, assim como os demais planetas por conta dessa atração.

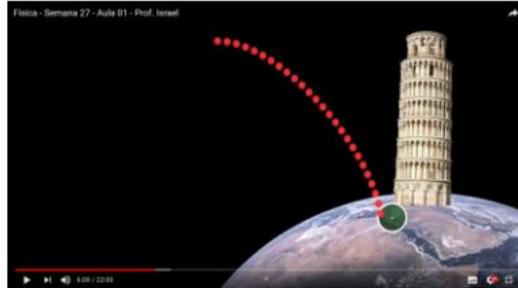
As três leis de Newton associadas à teoria da gravitação dão conta de explicar, em um primeiro momento, o movimento, o repouso e a estrutura do nosso Universo.

Mais do que interessante, vale a pena dizer que ela é uma teoria correta, adequada. Ou seja, conhecendo quais forças agem sobre um objeto, e partindo das três **Leis de Newton**, podemos determinar todo o seu movimento dos corpos. A teoria newtoniana permitiu um grande avanço científico e tecnológico. A visão de mundo newtoniana imperou até o século XX, momento em que algumas ideias da teoria newtoniana precisaram ser reformuladas, o que deu origem a áreas modernas e contemporâneas da Física (como é o caso da Teoria da Relatividade).

Para compreender com mais detalhes a Mecânica Newtoniana, clique nas imagens ao lado e veja os dois vídeos que realizam uma síntese de todo o conteúdo disponível nos cinco capítulos deste material didático.



Teoria Newtoniana – Parte 1



Teoria Newtoniana – Parte 2
