



AVISO IMPORTANTE:

Este é um **Material de Demonstração**

Este arquivo é apenas uma amostra do conteúdo completo da Apostila.

Aqui você encontrará algumas páginas selecionadas para que possa conhecer a qualidade, estrutura e metodologia do nosso material. No entanto, **esta não é a apostila completa.**

POR QUE INVESTIR NA **APOSTILA COMPLETA?**



Conteúdo totalmente
alinhado ao edital



Teoria **clara, objetiva**
e sempre **atualizada**



Questões **gabaritadas**



Diferentes práticas que
otimizam seus estudos



Ter o material
certo em mãos
transforma sua
preparação e
aproxima você da
APROVAÇÃO.



Garanta agora o acesso completo e
aumente suas chances de aprovação:

<https://www.editoragabaritei.com.br/>





SECRETARIA DE EDUCAÇÃO DO ESTADO DO CEARÁ

SEDUC-CE

Professor de Física

EDITAL Nº 014/2026

GBT-047AG-26

SUMÁRIO

CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

História e evolução das ideias da Física. Modelos cosmológicos na Antiguidade e construção histórica do conhecimento científico. Concepções clássicas de movimento e transformação da natureza: Aristóteles e seus desdobramentos. Desenvolvimento histórico da Mecânica: contribuições de Galileu, Kepler e Newton. Crise da Física clássica e emergência da Relatividade e da Mecânica Quântica: aspectos históricos, conceituais e implicações para o ensino.....	5
Mecânica. Descrição e representação do movimento: cinemática unidimensional e bidimensional, interpretação gráfica e tratamento vetorial. Movimento circular e aplicações. Interações mecânicas: referenciais, Leis de Newton, diagramas de forças e aplicações. Trabalho, energia, potência e conservação da energia. Impulso, quantidade de movimento e conservação: colisões e aplicações. Gravitação: leis do movimento orbital e aplicações contemporâneas. Equilíbrio mecânico e estática dos corpos rígidos. Hidrostática: pressão, empuxo e aplicações dos princípios de Stevin, Pascal e Arquimedes.....	16
Termodinâmica. Temperatura, calor e equilíbrio térmico. Dilatação térmica e aplicações. Transferência de energia por calor e calorimetria. Mudanças de fase e representação dos estados físicos. Processos de transferência térmica: condução, convecção e radiação. Modelo cinético da matéria e comportamento térmico dos gases. Energia interna e equivalência entre calor e trabalho (Joule). Transformações termodinâmicas. Leis da Termodinâmica: conservação da energia, entropia e irreversibilidade. Máquinas térmicas, ciclo de Carnot, eficiência energética e aplicações.....	49
Eletromagnetismo. Carga elétrica e interação eletrostática: conservação e quantização da carga, processos de eletrização e Lei de Coulomb. Campo elétrico e potencial elétrico: representação das interações elétricas, energia potencial elétrica e diferença de potencial. Lei de Gauss: formulação física, interpretação conceitual e aplicações, incluindo tratamento matemático compatível com a formação em licenciatura. Corrente elétrica, resistência e potência elétrica: condução elétrica, Lei de Ohm, efeito Joule e análise energética. Circuitos elétricos e aplicações: associação de elementos, instrumentos de medida, análise e resolução de circuitos. Campo magnético e interação eletromagnética: movimento de partículas carregadas e campos produzidos por correntes elétricas. Lei de Ampère: formulação física, aplicações e tratamento matemático compatível com a formação em licenciatura. Indução eletromagnética: Lei de Faraday, força eletromotriz, geração, transmissão e transformação de energia elétrica. Propriedades elétricas e magnéticas da matéria: condutores, isolantes, semicondutores, materiais magnéticos e aplicações tecnológicas. Equações de Maxwell: formulação matemática e interpretação física dos fenômenos eletromagnéticos, em nível compatível com a formação superior em Física.....	58

Oscilações, ondulatória e Ótica. Movimento oscilatório e movimento harmônico simples: descrição, modelagem e aplicações. Oscilações livres, amortecidas e forçadas: frequências naturais, ressonância e aplicações. Fenômenos ondulatórios: propagação, superposição e transporte de energia. Ondas sonoras e eletromagnéticas: propriedades, espectros e aplicações tecnológicas. Ótica geométrica: propagação da luz, reflexão, refração e formação de imagens. Instrumentos ópticos: princípios físicos, formação de imagens e aplicações científicas e tecnológicas	79
Ótica Física Natureza ondulatória da luz e fenômenos ópticos. Interferência da luz: superposição, coerência e aplicações. Difração da luz: propagação ondulatória, resolução óptica e aplicações. Polarização da luz: natureza transversal e aplicações tecnológicas.....	91
Física Moderna. Relatividade Especial: postulados, transformações de Lorentz, equivalência massa-energia e implicações físicas. Relatividade Geral: princípios fundamentais, gravitação e aplicações contemporâneas. Dualidade onda-partícula e fundamentos da Física Quântica. Fundamentos da Mecânica Quântica: quantização, interação radiação-matéria e aplicações tecnológicas. Modelos atômicos e estrutura eletrônica da matéria: do modelo de Bohr às interpretações modernas. Estrutura nuclear e fenômenos nucleares: estabilidade, radioatividade e aplicações. Energia nuclear: princípios físicos, aplicações, impactos tecnológicos e aspectos energéticos	104
Ensino de Física. Conhecimento científico, conhecimento pedagógico do conteúdo e transposição didática no ensino de Física. Processos de ensino e aprendizagem em Física: abordagens metodológicas e construção do conhecimento científico escolar. Recursos didáticos e práticas experimentais no ensino de Física: atividades em sala e laboratório, experimentação investigativa, materiais didáticos, tecnologias educacionais e normas de segurança.....	128
Tecnologias digitais no ensino de Física. Tecnologias digitais da informação e comunicação no ensino de Física: mediação pedagógica, recursos educacionais e práticas de aprendizagem. Recursos digitais e experimentação no ensino de Física: simulações, laboratórios virtuais, aquisição e análise de dados. 9.3. Ambientes e linguagens digitais aplicados ao ensino e à comunicação científica.....	148
Avaliação da aprendizagem no ensino de Física. Fundamentos e funções da avaliação da aprendizagem no ensino de Física. Instrumentos e estratégias de avaliação: atividades escritas, resolução de problemas, práticas experimentais e comunicação científica. Avaliação diagnóstica, formativa e somativa no acompanhamento do desenvolvimento científico escolar.....	157
Currículo, competências e habilidades no ensino de Física. Competências e habilidades propostas para o componente curricular, com base na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e no Documento Curricular Referencial do Ceará (DCRC). Organização curricular das Ciências da Natureza: contextualização, interdisciplinaridade e integração do conhecimento científico. Planejamento e desenvolvimento do ensino de Física orientado por competências, investigação e alfabetização científica. Articulação entre referenciais curriculares nacionais e orientações curriculares da rede pública de ensino.	167



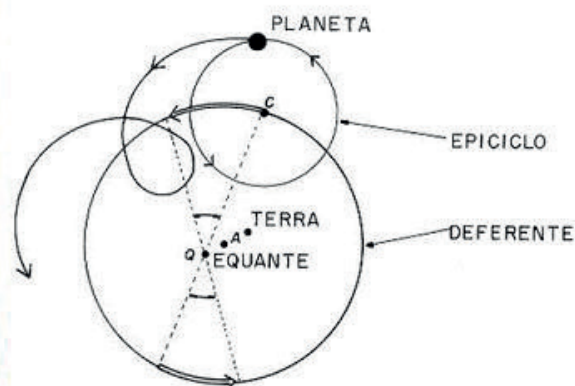
- **HISTÓRIA E EVOLUÇÃO DAS IDEIAS DA FÍSICA. MODELOS COSMOLÓGICOS NA ANTIGUIDADE E CONSTRUÇÃO HISTÓRICA DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO. CONCEPÇÕES CLÁSSICAS DE MOVIMENTO E TRANSFORMAÇÃO DA NATUREZA: ARISTÓTELES E SEUS DESDOBRAMENTOS. DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DA MECÂNICA: CONTRIBUIÇÕES DE GALILEU, KEPLER E NEWTON. CRISE DA FÍSICA CLÁSSICA E EMERGÊNCIA DA RELATIVIDADE E DA MECÂNICA QUÂNTICA: ASPECTOS HISTÓRICOS, CONCEITUAIS E IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO.**

O SISTEMA SOLAR: EVOLUÇÃO HISTÓRICA E SEUS MODELOS

O Sistema Solar é o conjunto de planetas, planetas anões, asteroides e demais corpos celestes que orbitam ao redor do Sol, uma estrela de pequeno porte que orbita em um dos braços da galáxia da Via Láctea.

Os oito planetas que compõem o Sistema Solar são, em ordem de proximidade com o Sol: Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno. Os quatro primeiros possuem uma proporção menor de gases em suas composições físicas, sendo formados basicamente por rochas e, por isso, chamados de planetas rochosos. Os quatro últimos, em função da distância do sol, apresentam uma quantidade maior de gases em suas composições estruturais, sendo por isso chamados de planetas gasosos ou até mesmo de *gigantes gasosos*, graças ao diâmetro elevado que possuem em relação aos demais.

Na Grécia antiga apareceram as primeiras tentativas para, fazendo uso da grande quantidade de observações registadas ao longo dos anos, criar um modelo geométrico que permitisse não só descrever o real movimento dos planetas de uma forma mais precisa, como também dar capacidade de previsão sobre a sua posição futura. Este esforço culmina com o modelo de Ptolomeu, que é em muitos sentidos a primeira teoria científica.



O modelo ptolomaico, que data do séc. II D.C., é o primeiro modelo da antiguidade capaz de prever o movimento dos planetas conhecidos e a teoria que dominou a Astronomia durante mais de 14 séculos. No entanto, tratando-se de um modelo geocêntrico assente na hipótese de que qualquer planeta segue um movimento circular composto, foi necessário introduzir uma geometria progressivamente mais complexa para ir dando conta das observações cada vez mais precisas.

Muito mais tarde, no princípio do séc. XVI, Nicolau Copérnico (1473 – 1543) fez a proposta de um modelo parecido com o ptolemaico nos seus métodos mas com o Sol no centro do sistema solar. O modelo copernicano teve o mérito de ter trazido uma nova hipótese, ainda que polémica, para discussão nos círculos de astrónomos.

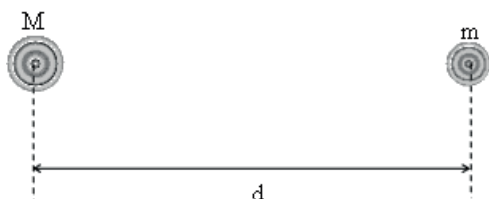
Esta discussão culminou com o trabalho de Johannes Kepler (1571 – 1630), o talentoso matemático, que após um longo escrutínio das observações de grande precisão efetuadas por Tycho Brahe (1546 – 1601) chegou ao enunciado das suas famosas 3 leis. Kepler acreditava que a divina harmonia se manifesta num Universo regido por leis matemáticas simples, e foi isso o que o levou a substituir os complicados modelos de Copérnico e Ptolomeu pela lei simples que descobriu escondida nos registos astronómicos mais precisos da época: todos os planetas descrevem elipses com o Sol num dos focos.

Força Gravitacional

Ao estudar o movimento da Lua, Newton concluiu que a força que faz com que ela esteja constantemente em órbita é do mesmo tipo que a força que a Terra exerce sobre um corpo em suas proximidades. A partir daí criou a Lei da Gravitação Universal.

Lei da Gravitação Universal de Newton:

“Dois corpos atraem-se com força proporcional às suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que separa seus centros de gravidade.”



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

Onde:

F=Força de atração gravitacional entre os dois corpos

G=Constante de gravitação universal

$$G \cong 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$$

M e m = massa dos corpos

d=distância entre os centros de gravidade dos corpos.

Exemplo:

A intensidade da força gravitacional com que a Terra atrai a Lua é F. Se fossem duplicadas a massa da Terra e da Lua e se a distância que as separa fosse reduzida à metade, a nova força seria:

- (A) 16F
- (B) 8F
- (C) 4F
- (D) 2F
- (E) F

Resolução

$$F = G \cdot \frac{M_T \cdot m_l}{r^2}$$

$$d = r/2, M = 2M_T \text{ e } m = 2m_l$$

$$F' = G \cdot \frac{2M_T \cdot 2m_l}{(r/2)^2}$$

$$F' = 4 \cdot \frac{G \cdot M_T \cdot m_l}{r^2/4}$$

$$F' = 16 \cdot \frac{G \cdot M_T \cdot m_l}{r^2}$$

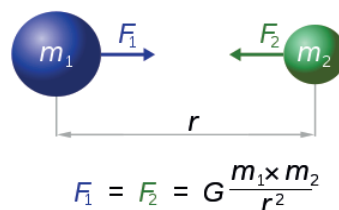
$$F' = 16F$$

Lei da Gravitação Universal

A gravitação universal é uma força fundamental de atração que age entre todos os objetos por causa de suas massas, isto é, a quantidade de matéria de que são constituídos. A gravitação mantém o universo unido. Por exemplo, ela mantém juntos os gases quentes no sol e faz os planetas permanecerem em suas órbitas. A gravidade da Lua causa as marés oceânicas na terra. Por causa da gravitação, os objetos sobre a terra são atraídos em seu sentido. A atração física que um planeta exerce sobre os objetos próximos é denominada força da gravidade.

A lei da gravitação universal foi formulada pelo físico inglês Sir Isaac Newton em sua obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, publicada em 1687, que descreve a lei da gravitação universal e as Leis de Newton - as três leis dos corpos em movimento que se assentaram como fundamento da mecânica clássica.

Formulação da Lei da Gravitação Universal



Dois corpos puntiformes m_1 e m_2 atraem-se exercendo entre si forças de mesma intensidade F_1 e F_2 , proporcionais ao produto das duas massas e inversamente proporcionais ao quadrado da distância (r) entre elas. G é a constante gravitacional.

A lei da gravitação universal diz que dois objetos quaisquer se atraem gravitacionalmente por meio de uma força que depende das massas desses objetos e da distância que há entre eles. Dados dois corpos de massa m_1 e m_2 , a uma distância r entre si, esses dois corpos se atraem mutuamente com uma força que é proporcional à massa de cada um deles e inversamente proporcional ao quadrado da distância que separa esses corpos. Matematicamente, essa lei pode ser escrita assim:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r}$$

Onde

F_1 (F_2) é a força, sentida pelo corpo 1 (2) devido ao corpo 2 (1), medida em newtons;

CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2$ é constante gravitacional universal, que determina a intensidade da força, m_1 e m_2 são as massas dos corpos que se atraem entre si, medidas em quilogramas; e r é a distância entre os dois corpos, medida em metros;

$\vec{r}$ o versor do vetor que liga o corpo 1 ao corpo 2.

A constante gravitacional universal foi medida anos mais tarde por Henry Cavendish. A descoberta da lei da gravitação universal se deu em 1685 como resultado de uma série de estudos e trabalhos iniciados muito antes. Tomando como exemplo a massa de próton e um elétron, a força da gravidade será de $3,6 \times 10^{-8} \text{ N}$ (Newtons) ou 36 nN. O estabelecimento de uma lei de gravitação, que unifica todos os fenômenos terrestres e celestes de atração entre os corpos, teve enorme importância para a evolução da ciência moderna.

Contudo, podemos aprimorar a lei da gravitação universal adicionando sinais (+ ou -) à resposta, quando estivermos considerando “massas de luz” ou “fótons”. A lei da gravitação universal assume o sinal (-) quando ocorre o deslocamento de fótons “massas de luz” de uma fonte luminosa (Sol), ou melhor, assumindo característica de repulsão e não de atração. Por outro lado, a lei da gravitação universal reassume o sinal (+) quando ocorre o deslocamento de fótons para locais de atração desta “massas de luz”, locais conhecidos como “Buracos Negros”.

Exemplo:

1. Determine a força de atração gravitacional da Terra sobre a Lua, sendo dados: massa da Lua = 1.10^{23} kg ; massa da Terra = 6.10^{24} kg ; distância do centro da Terra ao centro da Lua = 4.10^5 km ; $G = 6,7.10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$.

Usando a Lei de Gravitação Universal, temos: $F = G \cdot \frac{Mm}{d^2}$ substituindo os valores dados na equação, notando que $4.10^5 \text{ km} =$

$$4.10^8 \text{ m, obtemos: } F = 6,7.10^{-11} \cdot \frac{6.10^{24} \cdot 10^{23}}{(4.10^8)^2} \approx 2,5.10^{22} \text{ N.}$$

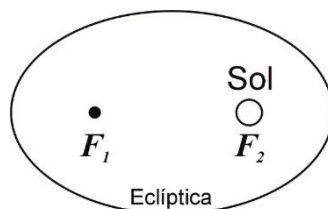
Leis De Kepler

Quando o ser humano iniciou a agricultura, ele necessitou de uma referência para identificar as épocas de plantio e colheita. Ao observar o céu, os nossos ancestrais perceberam que alguns astros descrevem um movimento regular, o que propiciou a eles obter uma noção de tempo e de épocas do ano. Primeiramente, foi concluído que o Sol e os demais planetas observados giravam em torno da Terra. Mas este modelo, chamado de Modelo Geocêntrico, apresentava diversas falhas, que incentivaram o estudo deste sistema por milhares de anos.

Por volta do século XVI, Nicolau Copérnico (1473-1543) apresentou um modelo Heliocêntrico, em que o Sol estava no centro do universo, e os planetas descreviam órbitas circulares ao seu redor. No século XVII, Johannes Kepler (1571-1630) enunciou as leis que regem o movimento planetário, utilizando anotações do astrônomo Tycho Brahe (1546-1601). Kepler formulou três leis que ficaram conhecidas como *Leis de Kepler*.

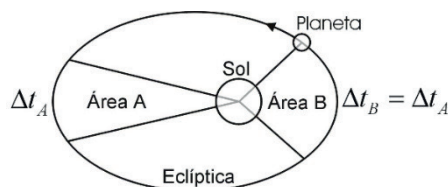
1ª Lei de Kepler - Lei das Órbitas

Os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, que ocupa um dos focos da elipse.



2ª Lei de Kepler - Lei das Áreas

O segmento que une o sol a um planeta descreve áreas iguais em intervalos de tempo iguais.



$$\frac{A_1}{\Delta t} = \frac{A_2}{\Delta t}$$

CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

3ª Lei de Kepler - Lei dos Períodos

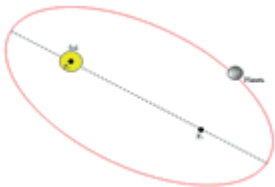
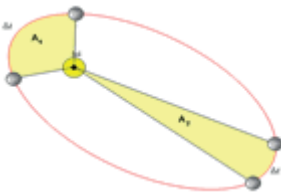
O quociente dos quadrados dos períodos e o cubo de suas distâncias médias do sol é igual a uma constante k , igual a todos os planetas.

$$\frac{T^2}{a^3} = k$$

$$T^2 = k \cdot a^3$$

Tendo em vista que o movimento de translação de um planeta é equivalente ao tempo que este demora para percorrer uma volta em torno do Sol, é fácil concluirmos que, quanto mais longe o planeta estiver do Sol, mais longo será seu período de translação e, em consequência disso, maior será o “seu ano”.

Para uma melhor compreensão sobre Gravitação universal, segue abaixo um quadro com as fórmulas, mais importantes a serem utilizadas.

Força gravitacional		
Força Gravitacional	$F_g = G \frac{M_1 \cdot M_2}{r^2}$	$F_g = \text{Força gravitacional}$ $G = \text{Constante de gravitação universal}$ $M_1 \text{ e } M_2 = \text{Massas dos objetos considerados}$ $r = \text{distância entre os objetos considerados}$
Constante de gravitação universal	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$	
Leis de Kepler		
1ª Lei de Kepler - Lei das Órbitas		“Os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, que ocupa um dos focos da elipse.”
2ª Lei de Kepler - Lei das Áreas		“O segmento que une o sol a um planeta descreve áreas iguais em intervalos de tempo iguais.”
3ª Lei de Kepler - Lei dos Períodos	$\frac{P^2}{a^3} = \text{constante}$	$P = \text{período orbital}$ $a = \text{raio médio da órbita}$

Movimento dos Corpos Celestes, Satélites e Naves no Espaço

O movimento dos corpos celestes ao redor das estrelas é dado pela lei da gravitação universal, em que o campo gravitacional da estrela atrai os demais corpos celestes. O mesmo ocorre com os satélites planetários: o campo gravitacional do sol e do planeta faz o satélite o orbitar.

Conforme a primeira lei de Kepler, as orbitas dos planetas e dos satélites não são perfeitamente circulares. Elas apresentam excentricidade, e sua trajetória aproxima-se a formatos elípticos. Além disso, as estrelas não se localizam exatamente no centro da órbita. Dá-se o nome de *afélio* ao ponto em que o planeta está mais distante do sol, e *periélio* ao ponto onde o planeta está mais próximo ao sol. As órbitas também podem ter inclinação, o que dá origem a diferentes temperaturas no decorrer do ano planetário, em diferentes hemisférios. Em uma órbita perfeitamente circular, o deslocamento de um corpo celeste durante um ano astral é dado pela seguinte equação:

$$S = 2\pi r$$

Na qual:

- S é o deslocamento;
- r é o raio da órbita.

Equação básica

As três equações que representam o movimento dos corpos celestes, são baseadas em uma equação básica. Nesta, considera-se que a órbita dos corpos celestes é circularmente perfeita, e que somente a força da estrela define o movimento.

Ao mesmo tempo em que a estrela atrai o planeta para perto de si, o planeta faz uma força repulsória. No caso dos satélites, os planetas os atraem. Já em um corpo celeste de órbita perturbada, este somente terá uma órbita imutável quando a força resultante for zero. Assim:

$$F_c = F_g$$

Velocidade de Escape

A velocidade que um corpo celeste segue em sua trajetória ao redor do sol ou de um planeta é variável. A segunda lei de Kepler descreve a velocidade. A velocidade média de um corpo celeste, que tenha sua órbita perfeitamente circular, é dada pela resultante das forças: $F_c = F_g$

$$\text{Então: } \frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2} \quad \text{Eliminando-se as mesmas}$$

$$\text{variáveis: } v^2 = \frac{GM}{r}$$

$$\text{Logo, } v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

Em que:

- v é a velocidade, em metros por segundo;
- G é a constante gravitacional, igual a $6,67 \times 10^{-11}$;
- M é a massa da estrela, em quilogramas;
- r é o raio da órbita, em metros;

Campo Gravitacional

O campo gravitacional é gerado nas regiões próximas aos corpos que têm massa. Seu valor é proporcional à massa e inversamente proporcional à distância ao centro do corpo.

A força da gravidade ($\vec{P}$) que age sobre uma massa numa certa região está relacionada ao campo gravitacional produzido pela Terra nesse local.

$$P = m \cdot g$$

Desse modo, o módulo do campo gravitacional pode ser definido como o quociente entre a força gravitacional e a massa do objeto.

$$\vec{g} = \frac{\vec{P}}{m}$$

Utilizando a expressão da lei da gravitação universal e a expressão da força peso,

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \quad \text{e} \quad P = m \cdot g$$

é possível calcular o módulo do campo gravitacional na superfície da Terra, mesmo sem colocar uma massa nela, e medir seu peso.

$$m \cdot g = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

Nas duas expressões, a letra m representa a massa do objeto colocado na superfície da Terra. Simplificando m, obtemos a expressão do valor do campo gravitacional.

$$g = G \cdot \frac{M}{r^2}$$

Substituindo-se os valores de G, M (massa da Terra) e r (raio da Terra), temos:

$$g = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,98 \times 10^{24}}{(6,37 \times 10^6)^2}$$

$$g = \frac{39,9 \times 10^{13}}{40,6 \times 10^{12}}$$

$$g \approx 9,83 \text{ m/s}^2$$

Em síntese, o campo gravitacional é um modo de descrever a interação entre objetos em razão de suas massas.

A constante de gravitação universal G não deve ser confundida com g (em minúscula), que é o símbolo normalmente associado à variável que representa a intensidade da aceleração da gravidade terrestre junto à superfície do planeta, ou outro astro, quando explicitamente especificado. Em termos de G, g expressa-se como:

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

onde M e r representam nesse caso a massa e o raio do astro esférico. Para a Terra tem-se que a aceleração da gravidade vale por volta de $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

O Surgimento do Universo e Sua Evolução

A origem do universo é um tema que sempre interessou a toda a humanidade. Em todos os povos, em todas as épocas, surgiram muitas e muitas tentativas de compreender de onde veio tudo o que conhecemos. No passado, a religião e a mitologia eram as únicas fontes de conhecimento. Elas propunham certa visão de como um ou vários deuses produziram este mundo. Há mais de dois mil anos, surgiu o pensamento filosófico. Ele propôs novas ideias, modificando ou mesmo abandonando a tradição religiosa. Por fim, com o desenvolvimento da ciência, apareceu outro modo de estudar a evolução do universo.

Atualmente, a ciência predomina. É dessa ciência que muitos esperam obter a resposta às suas indagações sobre a origem do universo. Muitas vezes, lemos notícias em jornais e revistas

apresentando pesquisas recentes sobre a formação do universo. Na tentativa de chamar a atenção para uma nova descoberta, os jornalistas às vezes exageram sua importância e publicam manchetes do tipo: “Acaba de ser provado que o universo começou de uma explosão”. Mas foi provado, mesmo?

As notícias, quase sempre, dão a impressão de que acabaram todos os mistérios, que não há mais dúvidas sobre o início e evolução do cosmo. Mas a verdade não é exatamente essa. Há dezenas de anos, os jornais repetem as mesmas manchetes, com notícias diferentes. Quem se der ao trabalho de consultar tudo o que já se publicou sobre o assunto, verá que os meios de comunicação revelam sempre um enorme otimismo. O resultado de cada nova pesquisa é apresentado como se tivesse sido conseguida a solução final. Mas se a notícia de trinta anos atrás fosse correta, não poderiam ter surgido todas as notícias dos anos seguintes - até hoje - repetindo sempre que certo cientista ou grupo de pesquisadores “acaba de provar” que o universo começou assim e assim.

A ciência tem evoluído, isso é inegável. Durante o século XX, nossos conhecimentos aumentaram de um modo inconcebível. Entretanto, nem todos os problemas foram resolvidos. A ciência ainda não esclareceu a maior parte das dúvidas. As teorias sobre a origem do universo ainda devem sofrer muitas mudanças, no futuro. Por isso, ninguém deve esperar encontrar aqui a resposta final. A última palavra ainda não foi dita.

A ciência não é o único modo de se estudar e tentar captar a realidade. O pensamento filosófico e religioso possuem também grande importância. As antigas indagações ressurgem sempre: será possível que esse universo tenha surgido sem uma intervenção divina? Até que ponto a ciência e a religião se contradizem ou se completam?

Ao longo da história da humanidade, desenrolou-se - e ainda se desenrola - um enorme esforço para descobrir de onde veio tudo aquilo que existe. É a história desse esforço que será descrita neste livro. Apenas sabendo todas as fases pelas quais já passou o pensamento humano, podemos tentar avaliar corretamente o estágio atual de nossos conhecimentos. Para isso, não podemos nos limitar apenas às investigações mais recentes, nem apenas à ciência. Devemos recuar a um passado distante, e acompanhar essa grandiosa aventura intelectual da humanidade: a tentativa de entender a origem do universo, a sua própria origem e o seu próprio significado.

Em nossa viagem, encontraremos alguns dos maiores pensadores de toda a história. Muitas teorias são difíceis ou obscuras. É preciso certo esforço para entendê-las. Mas vale à pena esse esforço de elevar-se e poder dialogar com alguns dos maiores gênios da humanidade. Nossa viagem pela história do pensamento humano nos mostrou muitas tentativas realizadas para se compreender a origem de nosso universo. Essa busca existiu em todas as civilizações, em todos os tempos. Mas a forma de buscar essa explicação variou muito. O mito, a filosofia, a religião e a ciência procuraram dar uma resposta às questões fundamentais: O universo existiu sempre, ou teve um início? Se ele teve um início, o que havia antes? Por que o universo é como é? Ele vai ter um fim?

Nosso conhecimento moderno sobre o universo está muito distante daquilo que era explicado pelos mitos e pela religião. Nenhum mito ou religião descreveu o surgimento do sistema solar, do Sol, das galáxias ou da própria matéria. Esperaríamos da ciência uma resposta às nossas dúvidas, mas ela também não tem as respostas finais. Por que não desistimos, simplesmente, de conhecer o início de tudo? Que importância pode ter alguma coisa que talvez tenha ocorrido há 20 bilhões de anos?

A presença universal de uma preocupação com a origem do universo mostra que esse é um elemento importante do pensamento humano. Possuir alguma concepção sobre o universo parece ser importante para que possamos nos situar no mundo, compreender nosso papel nele. Em certo sentido, somos um microcosmo. O astrônomo James Jeans explicava o interesse dos cientistas por coisas tão distantes de nossa vida diária, da seguinte maneira:

Ele quer explorar o universo, tanto no espaço quanto no tempo, porque ele próprio faz parte do universo, e o universo faz parte do homem. Essa busca de uma compreensão do universo e do próprio homem ainda não terminou. De uma forma ou de outra, todos participamos dessa mesma procura. Uma procura que tem acompanhado e que ainda deverá continuar a acompanhar todos os passos da humanidade.

Teoria do Big Bang

O Big Bang, ou a Grande Explosão, é a teoria cosmológica dominante do desenvolvimento inicial do universo. Os cosmólogos usam o termo “Big Bang” para se referir à ideia de que o universo estava originalmente muito quente e denso em algum tempo finito no passado e, desde então tem se resfriado pela expansão ao estado diluído atual e continua em expansão atualmente. A teoria é sustentada por explicações mais completas e precisas a partir de evidências científicas disponíveis e da observação. De acordo com as melhores medições disponíveis em 2010, as condições iniciais ocorreram por volta de 13,3 a 13,9 bilhões de anos atrás.

Georges Lemaître propôs o que ficou conhecido como a teoria Big Bang da origem do Universo, embora ele tenha chamado como “hipótese do átomo primordial”. O quadro para o modelo se baseia na teoria da relatividade de Albert Einstein e hipóteses simplificadoras (como homogeneidade e isotropia do espaço). As equações principais foram formuladas por Alexander Friedmann. Depois Edwin Hubble descobriu em 1929 que as distâncias de galáxias distantes eram geralmente proporcionais aos seus desvios para o vermelho, como sugerido por Lemaître em 1927. Esta observação foi feita para indicar que todas as galáxias muito distantes e aglomerado de galáxias têm uma velocidade aparente diretamente para fora do nosso ponto de vista: quanto mais distante, maior a velocidade aparente.

Se a distância entre os aglomerados de galáxias está aumentando hoje, todos deveriam estar mais próximos no passado. Esta ideia tem sido considerada em detalhe volta no tempo para as densidades e temperaturas extremas, e grandes aceleradores de partículas têm sido construídos para experimentar e testar tais condições, resultando em significativa confirmação da teoria, mas estes aceleradores têm capacidades limitadas para investigar em tais regimes de alta energia.

Sem nenhuma evidência associada com a maior brevidade instantânea da expansão, a teoria do Big Bang não pode e não fornece qualquer explicação para essa condição inicial, mas sim, que ela descreve e explica a evolução geral do Universo desde aquele instante. As abundâncias observadas de elementos leves em todo o cosmos se aproximam das previsões calculadas para a formação destes elementos de processos nucleares na expansão rápida e arrefecimento dos minutos iniciais do Universo, como lógica e quantitativamente detalhado de acordo com a nucleossíntese do Big Bang.

Fred Hoyle é creditado como o criador do termo Big Bang durante uma transmissão de rádio de 1949. Popularmente é relatado que Hoyle, que favoreceu um modelo cosmológico alternativo chamado “teoria do estado estacionário”, tinha por objetivo criar um termo pejorativo, mas Hoyle explicitamente

CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

negou isso e disse que era apenas um termo impressionante para destacar a diferença entre os dois modelos. Hoyle mais tarde ajudou consideravelmente no esforço de compreender a nucleossíntese estelar, a via nuclear para a construção de alguns elementos mais pesados até os mais leves. Após a descoberta da radiação cósmica de fundo em micro-ondas em 1964, e especialmente quando seu espectro (ou seja, a quantidade de radiação medida em cada comprimento de onda) traçou uma curva de corpo negro, muitos cientistas ficaram razoavelmente convencidos pelas evidências de que alguns dos cenários propostos pela teoria do Big Bang devem ter ocorrido.

A importância da descoberta da radiação cósmica de fundo é que ela representa um “fóssil” de uma época em que o universo era muito novo, sendo a maior evidência da existência do Big Bang. Ela é proveniente da separação da interação entre a radiação e matéria (época chamada de recombinação).

Unidades Astronômicas

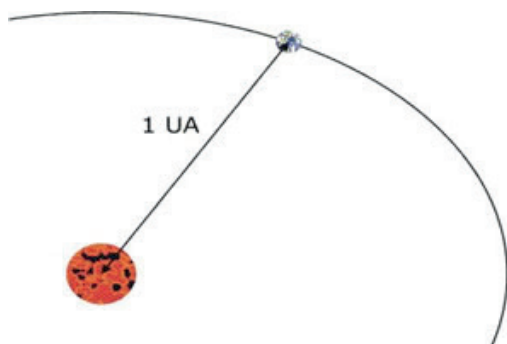
No estudo de astronomia muitas vezes as unidades do Sistema Internacional (SI) são insuficientes pois as distâncias que devem ser expressas são muito grandes.

Por exemplo: A distância da Terra até Marte é de cerca de 75 milhões de quilômetros, que no SI é expresso por 75 000 000 000 metros.

Devido à necessidade de unidades mais eficientes são utilizadas: Unidade Astronômica (UA), Anos-luz (AL) e Parsec (Pc).

Unidade Astronômica (UA)

É a distância média entre a Terra e o Sol. É empregada principalmente para descrever órbitas e distâncias dentro do Sistema Solar.



$$1 \text{ UA} = 150\,000\,000 \text{ km} = 150\,000\,000\,000 \text{ m} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

O tamanho médio da órbita dos planetas do Sistema Solar, ou seja, sua distância ao Sol é:

Planeta	Distância ao Sol (UA)
Mercúrio	0,39
Vênus	0,72
Terra	1,00
Marte	1,52
Júpiter	5,20
Saturno	9,53
Urano	19,10
Netuno	30,00

Ano-Luz (al)

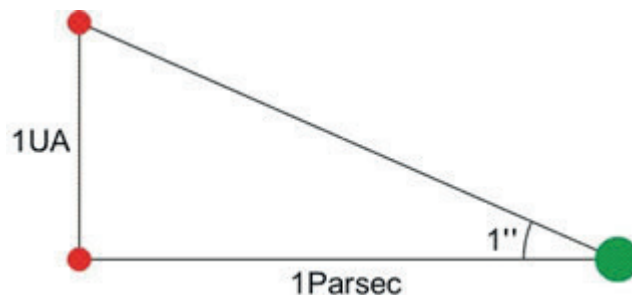
É a distância percorrida pela luz, no vácuo, no tempo de 1 ano terrestre.

Sendo a velocidade da luz $c = 299\,792\,458 \text{ km/s}$, temos que:
 $1 \text{ al} = 9\,460\,536\,207\,068\,016 \text{ m} = 63241,07710 \text{ UA}$

A estrela mais próxima do Sol é chamada Próxima Centauri, localizada na constelação de Centauro. A sua distância ao Sol é de 4,22 al

Parsec (Pc)

É a distância na qual 1 UA é representada por 1" (1 segundo de arco), em uma medição por paralaxe.



Esta unidade é usada para distância muito grandes, como a distância entre estrelas, entre galáxias ou de objetos muito distantes, como quasares. $1 \text{ Pc} = 206265 \text{ UA}$

ARISTÓTELES¹

(384 a.C. - 322 a.C.) Nasce em Estagira, antiga Macedônia (hoje, Província da Grécia). Aos 17 anos muda-se para Atenas e passa a estudar na Academia de Platão, onde fica por 20 anos. Em 343 a.C. torna-se tutor de Alexandre, o grande, na Macedônia. Quando Alexandre assume o trono, em 335 a.C., volta a Atenas e começa a organizar sua própria escola, localizada em um bosque dedicado a Apolo Liceu - por isso, chamada de Liceu. Até hoje, se conhece apenas um trabalho original de Aristóteles (sobre a Constituição de Atenas). Mas as obras divulgadas por meio de discípulos tratam de praticamente todas as áreas do conhecimento: lógica, ética, política, teologia, metafísica, poética, retórica, Física, psicologia, antropologia, biologia. Seus estudos mais importantes foram reunidos no livro Órganon.

Física Aristotélica

Aristóteles ensinava que os elementos que compunham a Terra eram diferentes daqueles que compunham o céu e o espaço exterior. Segundo ele, a maior parte da dinâmica dos movimentos era determinada principalmente pela natureza e características próprias das substâncias que constituíam o objeto movente. É com Aristóteles que a Física e as demais ciências ganham o maior impulso na Antiguidade. Suas principais contribuições para a Física são as ideias sobre o movimento, queda de corpos pesados (chamados “graves”, daí a origem da palavra “gravidade”) e o geocentrismo. A lógica aristotélica irá dominar os estudos da Física até o final da Idade Média.

A concepção aristotélica de Física parte do movimento, elucidando-o nas análises dos conceitos de crescimento, alteração e mudança. A teoria do ato e potência, com implicações metafísicas, é o fundamento do sistema. Ato e potência relacionam-se com o movimento enquanto que a matéria e forma com a ausência de movimento.

Os princípios fundamentais da física de Aristóteles são:

- Lugares naturais: cada elemento preferia estar em um lugar diferente e específico no espaço, em relação ao centro da Terra, que também é o centro do universo.
- Gravidade/Leviandade: para alcançar este lugar específico, os objetos sofreriam a ação de uma força para baixo ou para cima.
- Movimento retilíneo: é o movimento em resposta a esta força: em linha reta a uma velocidade constante.
- Relação com densidade e velocidade: a velocidade é inversamente proporcional à densidade do meio.
- Impossibilidade da existência do vácuo: no vácuo o movimento teria velocidade infinita.
- O éter preenchendo o espaço: todos os pontos do espaço são preenchidos pela matéria.

Um universo infinito: não poderia existir uma fronteira no espaço.

- Teoria do continuum: entre os átomos existe o vácuo, por isso a matéria não poderia ser diminuta, atômica.
- Quintessência: objetos muito acima da superfície da Terra não são constituídos por matéria originalmente terrestre.
- Cosmo incorruptível e eterno: o Sol e os planetas são esferas perfeitas que não se alteram.
- Movimento circular: os planetas descrevem um movimento circular perfeito

Observação:

Os princípios de Aristóteles não são corretos sob quaisquer aproximações, e não descrevem com exatidão coisa alguma em nosso universo.

Física Aristotélica: O movimento

“Dada a distinção em cada gênero do que está em potência e do que está em ato, o movimento é o ato do que está em potência enquanto está em potência; por exemplo: do alterado em relação a alterável o ato é a alteração”. (Física).

Física Aristotélica: Como Aristóteles classificou o movimento

Movimento natural: cada elemento possuiria um movimento natural. Para os corpos celestes, seria circular, em torno da terra. Para os quatro elementos do mundo sublunar, o movimento natural seria retilíneo e vertical:

- Água e terra tenderiam naturalmente para baixo, em direção ao centro do mundo;
- Ar e fogo tenderiam naturalmente para cima.

Para um corpo qualquer, constituído de uma mistura dos quatro elementos, o movimento natural seria o do elemento que predominasse na composição do corpo.

Exemplo: Abandono de uma pedra.

Elemento predominante: Terra.

Movimento natural: para baixo.

Explicação: Durante a subida o movimento é violento, já a descida é um caso de movimento natural, onde a mesma está buscando o lugar natural, o centro do universo. Assim, o pedaço de pedra fica em repouso no solo, pois o seu movimento é impedido pelo próprio solo. Se quiser que ele se movimente deve-se exercer continuamente uma força.

Movimento violento: para Aristóteles, são os provocados por “puxões” ou “empurrões” e só persistiria enquanto durasse o empurrão. Na medida em que se deixasse de puxar ou de

empurrar, o corpo rapidamente perderia o movimento. A situação se complicava no caso em que o objeto é lançado e continua se movendo após ter cessado o contato com o lançador, que o que ocorre no caso de lançamento de projéteis, por exemplo o movimento de uma flecha que continua a se deslocar mesmo depois de ter abandonado o arco.

Explicações para o Movimento violento:

Explicação 1: Quando do lançamento do projétil, o ar deslocado para frente da flecha, pedra, etc. movia-se rapidamente ao longo da mesma para ocupar o “vazio” deixado pela mesma e fazer com isto que exerça uma força empurrando o projétil.

Explicação 2: No instante do lançamento uma camada de ar era movimentada e que este movimento era transmitido às sucessivas camadas, que de alguma forma exerciam força ao projétil.

O primeiro motor móvel: “Posto que todo móvel é movido necessariamente por algo (assim, uma coisa que se move em movimento local por outra em movimento) e, por sua vez, esse motor é movido por outro móvel e este por outro e assim sucessivamente, é necessário que haja um primeiro motor (...)” (Física).

Há mais de dois mil anos, questões como essas já eram discutidas por cientistas. Aristóteles, filósofo grego, foi um dos primeiros a estudar seriamente a natureza do movimento e propor uma explicação para esse fenômeno.

Universo Aristotélico:

- Terra no centro do universo (geocentrismo);
- Mundo sublunar: formado a partir de quatro elementos: terra, água, ar e fogo;
- Mundo supralunar: formado por um quinto elemento (quinta-essência) chamado éter.

Geocentrismo: Aristóteles descreve o cosmo como um enorme (porém finito) círculo onde existem nove esferas concêntricas girando em torno da Terra, que se mantêm imóvel no centro delas.

Gravidade: Aristóteles considera que os corpos caem para chegar ao seu lugar natural. Na antiguidade, consideravam-se elementos primários a terra, a água, ar e fogo. Quanto mais pesado um corpo (mais terra) mais rápido cai no chão. A água se espalha pelo chão porque seu lugar natural é a superfície da Terra. O lugar natural do ar é uma espécie de capa em torno da Terra. O fogo fica em uma esfera acima de nossas cabeças e por isso as chamas queimam para cima e a velocidade do movimento era suposta proporcional à massa do objeto.

Física Aristotélica: Metafísica

No conjunto de obras denominado Metafísica, Aristóteles buscou investigar o “ser enquanto ser”. Significa que buscou compreender o que tornava as coisas o que elas são. Nesse sentido, as características das coisas apenas nos mostram como as coisas estão, mas não definem ou determinam o que elas são. É preciso investigar as condições que fazem as coisas existirem, aquilo que determina “o que” elas são e aquilo que determina “como” são.

Vida e morte da teoria aristotélica

O reinado dos conceitos da física aristotélica perdurou por quase dois milênios e foi a base de todas as teorias especulativas

mais antigas conhecidas da física. Após o trabalho de Alhazen, Avicena, Avempace, al-Baghdadi, Jean Buridan, Galileu, Descartes, Isaac Newton e muitos outros, finalmente foi amplamente aceito que a física aristotélica não era correta nem viável.

O modelo de Aristóteles para a física foi o principal obstáculo acadêmico para a criação da ciência física moderna, mesmo muito depois da morte de Aristóteles, uma vez que seus conceitos ainda foram lecionados nas universidades da época.

Algumas teorias aristotélicas derrubadas

A teoria de Aristóteles foi pela primeira vez derrubada de forma convincente na Europa, através do trabalho de Galileu Galilei. Usando um telescópio, Galileu observou que a Lua não era totalmente lisa, e sim que havia crateras e montanhas, contrariando a ideia aristotélica de uma Lua incorruptível perfeitamente lisa.

Aristóteles dizia que um corpo mais pesado cai mais rápido que um mais leve e de mesmo formato somente num meio denso, como a água, e isto levou Aristóteles a especular que a taxa de queda é proporcional à massa e inversamente proporcional à densidade do meio. Novamente Galileu provou de forma experimental o equívoco de Aristóteles quando deixou cair esferas de diferentes densidades da Torre de Pisa e observou que esferas tanto leves como pesadas caíam à mesma velocidade.

Cosmologia²

A concepção do Cosmos na teoria aristotélica-ptolemaica: Aristóteles (384-322 a.C.) continuou, de certa forma, a ideia platônica da dualidade do mundo em sua concepção do Cosmos. Ele encontrava-se dividido em dois domínios, um celeste (onde existe a ordem eterna e a justiça plena), com movimento constante, formado pela essência divina, eterna e completamente distinta, dominada pelo éter que enlaçava o Sol, a Lua e os planetas em geral, e o terrestre ou sublunar, onde domina o eterno nascer e perecer formado pelos 4 elementos (Terra, Fogo, Ar, Água) em Permanente mistura, gerando matérias “uniformes” e “não uniformes”. Estes dois mundos permanecem unidos mas sua essência é radicalmente diferente, uma é divina a outra é humana.

O sábio alexandrino Ptolomeu (100-170) concordava inteiramente com as conclusões de Aristóteles. Seu trabalho maior foi o “Sistema Matemático” divulgado pelos árabes como “Al-Magesto” e suas teses principais são que:

- 1) o mundo (o céu) é esferiforme e move-se como uma esfera;
- 2) analogamente à Terra é esferiforme;
- 3) ela situa-se “no meio do mundo, como um centro”;
- 4) ela se encontra, em relação às estrelas fixas, na relação de um ponto;
- 5) a terra não realiza nenhum movimento local, é imóvel.

A longa duração da aceitação dessas teorias, 14 séculos, explica-se devido corresponderem à visão religiosa do homem antigo e obedecerem ao senso comum. Além do mais, as conclusões de Ptolomeu, casavam com o que as pessoas pensavam sobre a influência dos astros em seu destino.



A Revolução Copernicana³.

Nicolau Copérnico (1473-1543) realizou uma das mais radicais revoluções científicas de todos os tempos na medida em que alterou completamente o entendimento que se tinha até então do Cosmos. No entanto, foi um revolucionário sem o querer. Relutou a vida inteira em publicar suas conclusões que mantinha à sete chaves em sua torre de observações em Frauenburg. Ao contrário da lenda que afirma ele temer os efeitos da perseguição religiosa, sabe-se que sua indecisão deveu-se às razões de ordem ideológica. Fortemente influenciada pelo pitagorismo, acreditava ser o saber um privilégio da minoria e temia que a água pura do conhecimento fosse misturada à lama do senso comum, temia a reação dos ignorantes, não da religião.

O objetivo científico de Copérnico ao estudar o “Al-Magesto” de Ptolomeu, encontrou uma série de imprecisões sobre o movimento dos astros. Sua decisão original não era afirmar que a terra se movia mas sim provar que o sistema ptolomaico estava errado, porque matematicamente era improvável que ele se comportasse como o sábio helênico o descreveu. Entre um e outro passaram-se quase 14 séculos e a capacidade de observação havia se alterado neste tempo. A conclusão a que chegou é que a única justificativa plausível para explicar o funcionamento do Cosmos era adotando o princípio da mobilidade da Terra (com o qual já concordavam uma série de outros pensadores do mundo antigo, citados por Copérnico no prefácio do seu livro).

